

**OS RECURSOS DA INFORMÁTICA COMO MEIO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVO PARA A APRENDIZAGEM DE ONDAS SONORAS:  
O JOGO DO ERRO<sup>+</sup>**

**THE RESOURCES OF COMPUTER SCIENCE AS HALF POTENTIALLY  
SIGNIFICANT FOR THE LEARNING OF SOUND WAVES:  
THE ERROR GAME**

**\*Rodrigo Claudino Diogo<sup>1</sup>  
Shirley Takeco Gobara<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Programa de Pós-graduação em Educação, rdiogo@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Programa de Pós-graduação em Educação, gobara@dfi.ufms.br

**Resumo**

Este trabalho apresenta as análises preliminares de uma pesquisa de campo em que as tecnologias da informação e comunicação foram utilizadas como recurso educacional para o ensino introdutório da Física do Som. O objetivo foi verificar se a seqüência elaborada na forma de desafios facilita a aprendizagem de conceitos em Física. Foi realizada inicialmente uma revisão bibliográfica sobre o uso de recursos computacionais na pesquisa em ensino de Física que revelou poucos trabalhos sobre ondas sonoras. O material foi desenvolvido tendo como base a teoria da aprendizagem significativa. Este artigo traz a análise de apenas um dos desafios intitulado “*O Jogo do Erro*” que foi testado com grupos de controle e experimental. Os resultados sugerem que o desafio testado favorece a aprendizagem e a construção do conhecimento pelo aluno.

**Palavras-chave:** ensino de Física, ondas sonoras, desafios, computador no ensino de Física.

**Abstract**

This work presents preliminary analyses of field research in which information and communication technologies were used as educational resources for the introductory teaching of Sound Physics. The objective was to verify if the sequence elaborated in the form of challenges facilitates the apprenticeship of concepts in Physics. An initial revision of bibliography on the use of computer resources in research on the teaching of Physics revealed few works on sound waves. Material was developed based on the theory of significant learning. This article presents the analysis of one of the challenges entitled, “*The Error Game*” that was tested with control and experimental groups. Results suggests that the challenge tested favors the learning and construction of the student's knowledge.

**Keywords:** teaching of physics, sound waves, challenges, computer in teaching of physics.

---

<sup>+</sup> Financiada pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul - FUNDECT.

<sup>\*</sup> Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

## INTRODUÇÃO

O fim dos anos 70, do século passado, marcou o mundo pela consolidação de uma revolução iniciada logo após a Segunda Guerra Mundial e que teve como base a microeletrônica, os transistores e os circuitos integrados. Essa revolução permitiu o desenvolvimento dos computadores pessoais, das redes de computadores, das comunicações por satélite, dos celulares, entre outros tantos dispositivos. Os computadores e suas tecnologias provocaram um aumento tão surpreendente na disponibilidade de informações e na produção do conhecimento “[...] que a literatura aponta como sendo esta a ‘Era da Informação’, pois as mudanças são ainda mais surpreendentes do que quando Gutenberg inventou a imprensa.” (HASSE, 1999, p. 125). Neste contexto, da Era da Informação, é imprescindível que sejam realizadas pesquisas que tenham como objetivo verificar o uso dos computadores e da internet como recursos educacionais.

Este trabalho apresenta a análise preliminar dos dados obtidos na pesquisa de campo de um projeto que tem como foco investigativo a eficácia do uso de computadores<sup>1</sup> como recursos educacionais para a aprendizagem da Física do Som. Para isto foi desenvolvido um material instrucional que faz uso de diversos recursos, tais como: animações em flash, vídeos, simulações em Java, imagens e hipertexto. O material instrucional foi disponibilizado na internet através do Moodle<sup>2</sup>, um sistema gerenciador de cursos à distância. A parte principal do material instrucional é composta por sete atividades: uma atividade introdutória, quatro atividades modeladas como um desafio proposto aos alunos, uma atividade de construção de um mapa conceitual sobre os principais conceitos presentes no próprio material e uma atividade na qual os alunos deveriam fazer um cartaz divulgando os pontos positivos ou negativos do curso.

O referencial teórico utilizado para o desenvolvimento e organização do material foi a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Assim, o material foi desenvolvido de maneira que as duas condições necessárias para que ocorra uma aprendizagem significativa estivessem presentes: a) o aluno deve estar disposto a aprender e a não memorizar o conteúdo, e b) o material de ensino deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve ser passível de ser incorporado às informações relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno (Ibid., p.34-36). Para estimular a disposição em aprender, as atividades foram modeladas como desafios. Para garantir a existência das informações relevantes, ou subsunçores, na estrutura cognitiva dos alunos, a primeira atividade do material instrucional foi desenvolvida como um organizador prévio de maneira a garantir que os alunos tivessem os conceitos subsunçores necessários para a aprendizagem subsequente, atuando como uma ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 11-12). Os conceitos subsunçores presentes nesta atividade introdutória, denominada *É importante saber!!!*, são: regularidades, fenômenos periódicos, movimentos periódicos, período e frequência. Somente após a realização desta atividade o aluno tem acesso às outras atividades do material.

Este trabalho trata apenas da análise de uma dessas atividades: *O Jogo do Erro*. O objetivo desta análise foi verificar se a seqüência elaborada na forma de desafios facilita a aprendizagem de conceitos em Física.

---

<sup>1</sup> O computador é entendido como um dispositivo tecnológico que permite o uso de outras tecnologias, tais como: softwares, multimídia e internet.

<sup>2</sup> O Moodle pode ser obtido no seguinte endereço: <http://moodle.org> .

## REVISÃO DA LITERATURA

As revisões da literatura se configuram como pesquisas que objetivam mapear e “[...] discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares [...]” (FERREIRA, 2002, p. 258). Assim, estas pesquisas se tornam referências importantes àqueles que desejam obter uma visão geral acerca de uma determinada área de pesquisa, mesmo que essa visão se apresente limitada, seja em decorrência da velocidade atual de produção dos conhecimentos científicos ou das considerações feitas por Ferreira (2002), como a qualidade duvidosa das fontes de dados. Mesmo com limitações, estes trabalhos auxiliam os pesquisadores a conhecer as tendências e características das pesquisas de sua área, permitindo um maior conhecimento e esclarecimento sobre a temática de sua pesquisa. Para esta revisão da literatura, buscou-se encontrar pesquisas que tratassem do uso do computador, e de seus recursos, no ensino e aprendizagem de Física. Nesta investigação, uma atenção especial foi conferida aos trabalhos que tratam do ensino de ondas sonoras.

O uso dos computadores no ensino de Física tem sido o foco de várias pesquisas realizadas no Brasil e no exterior (ARAUJO; VEIT, 2004). Normalmente, este uso pode ser enquadrado em uma, ou mais, das categorias descritas por Rosa (1995): coleta e análise de dados; simulação (estática e dinâmica) de fenômenos físicos; instrução assistida por computador; administração escolar; e estudo de processos cognitivos. Outra categorização possível foi feita por Fiolhais e Trindade (2003): aquisição de dados por computador; modelagem e simulação; materiais multimídia; realidade virtual; e busca de informações na internet. Além desta categorização, é possível elencar a área da Física que é o foco de uma determinada pesquisa sobre o uso dos computadores no ensino de Física, e o nível de ensino a que se destina.

A revisão da literatura que será aqui apresentada foi realizada a partir das seguintes fontes<sup>3</sup>: a) *IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física* (2004); b) *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (2005); c) *Revista A Física na Escola* (2000 a 2006); d) *Banco de Teses - CAPES* (1987-2004); e) *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*<sup>4</sup> (1996 a 2006); f) *Revista Ciência e Educação* (1999 a 2005); g) *Revista Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências* (1999 a 2006); h) *Revista Investigações em Ensino de Ciências* (1996 a 2006); i) *Revista Brasileira de Ensino de Física* (1979 a 2006) e j) *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (2002 a 2006).

Um total de 87 trabalhos foi selecionado para análise. Destes, sete trabalhos se referem a uma revisão teórica, ou de literatura, acerca da utilização do computador no ensino de Física, quarenta e seis consistem em propostas de uso de computadores no ensino de Física e trinta e quatro são relatos e análises de procedimentos práticos/empíricos do uso de computadores no ensino de Física.

Quanto à forma de uso do computador, a modalidade mais freqüente nestes trabalhos foi o de modelagem e/ou simulação de fenômenos físicos, com 38 trabalhos. Ao analisar as áreas da Física que mais estão presentes nestes trabalhos foi verificada a predominância da Mecânica, também com 38 trabalhos. Estes resultados estão em conformidade com a revisão da literatura feita por Araújo e Veit (2004). Dentre os trabalhos da área de Mecânica (38), apenas 7 (sete) envolvem a Física do Som: Barbeta e Marzzulli (2000), Bleicher *et al.* (2002), Cavalcante e Tavolaro (2003; 2004), Silva *et al.* (2003; 2004) e Borges e Rodrigues (2005).

---

<sup>3</sup> Esta revisão está em processo de atualização, onde serão incluídos os dados de 2007 e os dados de outras fontes.

<sup>4</sup> Denominado como Caderno Catarinense de Ensino de Física até o ano de 2001.

O trabalho de Barbeta e Marzzulli (2000) apresenta um esquema experimental para a determinação da velocidade do som no ar. Além da proposta do aparato experimental, o artigo descreve o software que foi desenvolvido para efetuar a coleta automática dos dados. Neste trabalho não há o relato da participação ou uso do material desenvolvido por alunos. Bleicher *et al.* (2002) propõem a utilização de um software para permitir que os alunos construam modelos e simulações de efeitos sonoros comumente utilizados por músicos. Os autores ressaltam a possibilidade de aprendizagem sem a interferência ou ajuda do professor, mesmo sem realizar nenhuma verificação junto aos alunos. Já Silva *et al.* (2003) propõem a utilização do computador e seus periféricos para a realização de uma atividade experimental que permita aos alunos determinarem a velocidade do som no ar. Os autores concluem que a forma de utilização é satisfatória, pois os resultados obtidos nos experimentos conduzidos pelos alunos concordam com os valores esperados, não se preocupando em verificar o que os alunos aprenderam ao realizar o experimento.

Cavalcante e Tavolaro (2003) esclarecem que seu trabalho é um artigo que “[...] propõe um experimento de baixo custo para medir com eficiência a velocidade do som.” (p. 1). A proposta do artigo está voltada para o ensino médio, mas não relata o uso do kit por alunos. O trabalho de Cavalcante e Tavolaro (2004) apresenta dois kits experimentais para o estudo de ondulatória e ondas sonoras que foram desenvolvidos para uso em um curso de graduação da PUC/SP, mas, que também foram utilizados em algumas escolas públicas de São Paulo. O artigo não deixa clara a participação dos alunos no trabalho, e não detalha quais resultados levaram à conclusão de que a utilização dos kits contribui para uma melhor compreensão dos conceitos. Silva *et al.* (2004) relatam o uso de um software como alternativa à realização de um experimento. Os autores afirmam que o uso do software se mostra satisfatório ao ser utilizado como um substituto à realização do experimento. O trabalho de Borges e Rodrigues (2005) também fez uso de um software para aquisição e análise de dados. Este software foi utilizado em um curso com alunos voluntários, onde o software assumia um caráter secundário no desenvolvimento das atividades. Os autores obtiveram resultados que comprovaram a melhoria do grupo na compreensão de fenômenos relacionados à Física do Som.

A análise destes trabalhos revelou a predominância das propostas de kits experimentais voltados à determinação da velocidade do som: 4 trabalhos - Barbeta e Marzzulli (2000), Cavalcante e Tavolaro (2003; 2004) e Silva *et al.* (2003). Outro dado que chama a atenção se refere à participação de alunos nos trabalhos: em 4 deles - Barbeta e Marzzulli (2000), Bleicher *et al.* (2002), Cavalcante e Tavolaro (2004) e Silva *et al.* (2003) os alunos estão ausentes e em apenas 1 (um) trabalho a participação dos alunos foi detalhada - Borges e Rodrigues (2005).

A escassez de trabalhos envolvendo computadores e o ensino e aprendizagem da Física do Som (sete), a predominância de propostas para desenvolvimento de kits para determinação da velocidade do som, e a existência de apenas um trabalho que se preocupou em verificar os efeitos do uso do computador no aprendizado dos alunos, evidenciaram a necessidade urgente da realização de pesquisas envolvendo esta área da Física. É fundamental, entretanto, que o aluno e sua aprendizagem se tornem o “foco” destas pesquisas e que as mesmas apresentem uma coerência metodológica e teórica.

## **METODOLOGIA DA PESQUISA**

A análise apresentada neste trabalho é parte de uma pesquisa que tem como hipótese a ser testada: as tecnologias da informação e comunicação (TIC's) representam um material educacional adequado e eficiente para favorecer a aprendizagem de conceitos de Física em alunos do ensino médio. Como procedimento metodológico foi adotado o delineamento com grupo de controle e só pós-teste (CAMPBELL; STANLEY, 1979):

A	X	O <sub>1</sub>
A		O <sub>2</sub>

**Figura 1: Esquema do delineamento com grupo de controle e só pós-teste**

Os alunos foram divididos em dois grupos: o grupo experimental e o grupo de controle. A variável instrucional (X) utilizada foi um material desenvolvido com o intuito de servir como recurso para a aprendizagem de algumas propriedades básicas das ondas sonoras: a) necessidade de um meio material para a propagação do som; b) o som não transporta matéria enquanto se propaga; c) intensidade sonora e amplitude da onda; d) necessidade de uma fonte sonora; e) frequência do som. O delineamento adotado não prevê que os alunos do grupo de controle sejam submetidos à variável instrucional. Nesta pesquisa, entretanto, estes alunos também utilizaram o material educacional que foi desenvolvido, logo após serem submetidos ao pós-teste.

Grande parte da pesquisa educacional que utiliza um delineamento experimental faz uso de um pré-teste para garantir a equivalência entre os grupos experimental e de controle (CAMPBELL; STANLEY, 1979). Mas, a ausência de um pré-teste, como forma de garantia da equivalência entre os grupos, não é comprometedora, principalmente quando o material instrucional se refere a conteúdos que são inéditos para os alunos (CAMPBELL; STANLEY, 1979). No caso dos alunos participantes da pesquisa os conhecimentos em questão eram inéditos para a grande maioria dos participantes, como revelou o opinário que foi aplicado aos alunos do grupo experimental e de controle.

A introdução da variável instrucional (X) ocorreu durante um curso que foi oferecido aos alunos. De maneira semelhante à pesquisa realizada por Antônio Tarciso Borges e Bruno Augusto Rodrigues (BORGES; RODRIGUES, 2005) o curso ocorreu em um turno distinto do turno em que o aluno está em sala de aula. Além disso, o curso foi oferecido em diversos horários de maneira que os alunos pudessem participar no horário que lhe fosse mais conveniente. Para participar do curso os alunos deveriam estar matriculados na segunda ou terceira série do ensino médio. Com esse arranjo a aleatoriedade do delineamento foi garantida. Um dos horários foi escolhido, ao acaso, para constituir o grupo de controle, enquanto os demais formaram o grupo experimental.

O curso foi realizado em oito sessões de aproximadamente uma hora cada. Esse formato foi escolhido em decorrência da disponibilidade da sala de informática da escola e da negociação feita com a direção da escola. Apesar da duração do curso ter sido estipulada para oito sessões, vários alunos conseguiram finalizar as atividades propostas em um tempo menor do que o previsto, evidenciando que cada aluno possui um ritmo próprio de aprendizagem.

## **A ESTRUTURA DO DESAFIO: O JOGO DO ERRO**

O conhecimento físico que está em jogo neste desafio é o da necessidade de um meio material para que uma onda sonora possa se propagar. A atividade teve como fonte de inspiração as brincadeiras nas quais devem ser encontradas as diferenças, ou erros, entre duas imagens semelhantes, mas ao invés de imagens estáticas foram utilizados dois vídeos: um vídeo com um erro de Física<sup>5</sup> (sons se propagando e sendo ouvidos no espaço) e outro que estava de acordo com as leis da Física<sup>6</sup> (sem sons). Neste desafio, assim como nos outros desafios que foram utilizados na pesquisa, o aluno é guiado por um “caminho preferencial”. Este caminho foi elaborado de maneira a permitir que ao atingir a etapa final de cada desafio, o aluno tenha

<sup>5</sup> O vídeo com o erro de Física pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=XPIgmY3nDMs>

<sup>6</sup> O vídeo corrigido de acordo com as leis da Física pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=5WBea6t-rLQ>

construído o conhecimento que lhe possibilite superar o desafio. No desafio *O Jogo do Erro* a seqüência que o aluno percorre pode ser vista no diagrama abaixo:

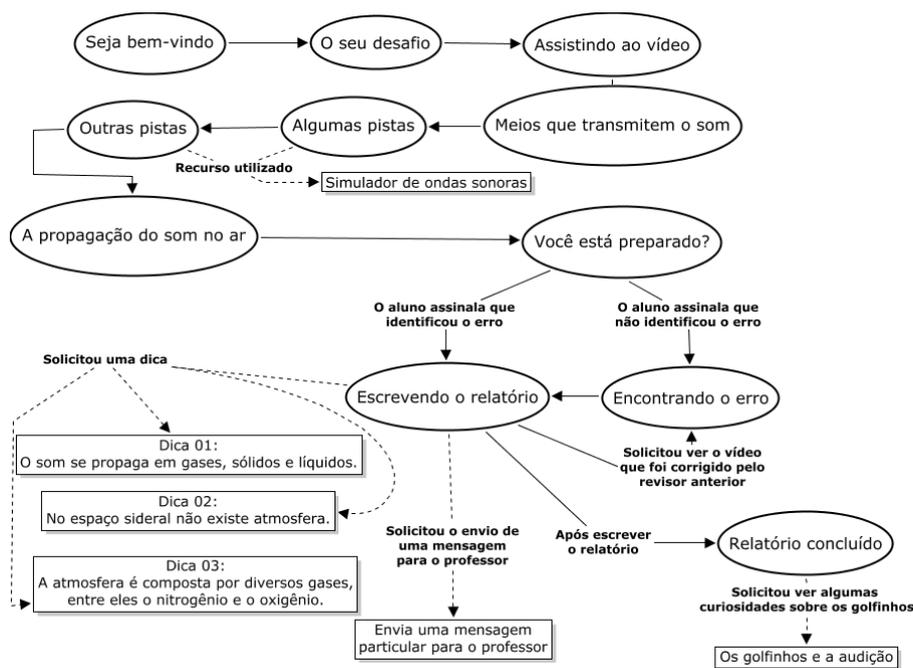


Figura 2: Seqüência do desafio *O Jogo do Erro*.

As elipses representam as páginas que o aluno visita e os retângulos representam recursos que podem ser utilizados pelos alunos e que são vistos em janelas independentes da janela principal do navegador de internet (janelas pop-ups). Abaixo é feita uma descrição sucinta de cada página:

- *Seja bem-vindo*: dá as boas vindas ao aluno;
- *O seu desafio*: apresenta o desafio ao aluno:



Figura 3: Apresentando o desafio.

- *Assistindo ao vídeo*: apresenta o vídeo que foi produzido pelo estúdio. O aluno é alertado que outro revisor já havia iniciado o processo de revisão do vídeo, mas que não pode finalizar o relatório. Além disso, o aluno é avisado que, para conseguir identificar o erro é necessário que ele aprenda um pouco mais sobre o som. Ao final da página o aluno responde a seguinte questão: *O som se propaga apenas no ar?*;
- *Meios que transmitem o som*: chama a atenção dos alunos para o fato de que o som se propaga em outros materiais além do ar;

- **Algumas pistas:** indica um roteiro ao aluno, para que ele utilize o simulador de ondas sonoras<sup>7</sup>:

1. Após o simulador ser carregado, certifique-se de que a opção "Ouvir com pressão do ar variável" está selecionada:

2. Coloque o seu fone de ouvido

3. Localize o controle de som. Habilite o som, e selecione a opção ouvinte:

4. Clique no botão "Retirar o ar da caixa":

5. Aguarde até que o indicador de pressão atmosférica atinja o zero:

6. Use este [link](#) para carregar o simulador de ondas sonoras e realize os passos acima;

7. Você pode movimentar e minimizar a janela do simulador;

8. Não feche o simulador, pois ele será utilizado novamente.

Figura 4: Roteiro da página Algumas pistas

O objetivo desta etapa é fazer com que o aluno relacione a ausência do som com a ausência do ar na caixa em que o alto-falante se encontra. Ao final da página o aluno é questionado: *Quando a caixa está sem ar, você ouve algum som?*;

- **Outras pistas:** aqui o aluno deve utilizar novamente o simulador de ondas sonoras. O roteiro desta etapa repete os procedimentos do roteiro presente na página *Algumas pistas* (figura 4), e adiciona outros passos. O objetivo desta página é fazer com o aluno perceba que o som só é ouvido quando a caixa na qual o alto-falante se encontra está cheia de ar. Ao final da página o aluno é questionado: *Quando a caixa está cheia de ar, você ouve algum som?*;
- **A propagação do som no ar:** nesta etapa o aluno assiste a um vídeo<sup>8</sup> (em câmera lenta) que simula o comportamento aproximado das partículas do ar quando um alto-falante está produzindo som;
- **Você está preparado?:** o aluno revê o vídeo que foi produzido pelo estúdio e assinala se já conseguiu identificar o erro ou se ainda não conseguiu identificar o erro;
- **Encontrando o erro:** o aluno tem acesso ao trabalho que o revisor anterior já havia feito. Assim, o aluno assiste a dois vídeos: a) o vídeo que foi produzido pelo estúdio e b) um vídeo que foi editado de acordo com as leis da Física e que, portanto, não apresenta sons no espaço sideral;
- **Escrevendo o relatório:** o aluno é reapresentado ao seu desafio e é solicitado a escrever o relatório. Nesta página o aluno tem acesso a várias dicas, a um canal de comunicação com o professor e ainda pode acessar a página *Encontrando o erro*;
- **Relatório concluído:** o aluno é avisado que seu relatório será encaminhado aos seus superiores e que será analisado. Além disso, o aluno pode acessar uma página com curiosidades sobre os golfinhos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos durante a pesquisa e que estão relacionados ao conhecimento colocado em jogo pelo desafio foi dividida em duas etapas:

1. Análise isolada das respostas dadas ao desafio e que foram fornecidas pelos alunos submetidos exclusivamente ao uso do computador (grupo experimental). Esta

<sup>7</sup> O simulador de ondas sonoras pode ser acessado no seguinte link: <http://www.episteme.pro.br/applets/PHET/Sound/index.html>

<sup>8</sup> O vídeo pode ser assistido em: <http://www.youtube.com/watch?v=7CXv12f4XL0>

análise tem como objetivo verificar se a atividade é capaz de propiciar aos alunos os conhecimentos necessários para a superação do desafio;

2. Comparação entre o desempenho obtido pelos alunos do grupo de controle e do grupo experimental na questão do teste de conhecimento que verifica se os alunos sabem que a propagação do som só ocorre em um meio material. O objetivo desta comparação é verificar se os alunos que foram submetidos ao uso do computador obtiveram uma performance melhor do que os alunos do grupo de controle, para o conhecimento físico em questão. Além de uma análise qualitativa foi efetuado um teste de hipóteses.

Para que essas análises fossem realizadas as respostas dos alunos foram classificadas em quatro categorias, identificadas na tabela 1:

**Tabela 1: Categorias de análise das respostas dos alunos.**

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
Satisfatória	Na resposta existe a indicação da necessidade de um meio material para que exista a propagação do som.
Insatisfatória	Na resposta não foi explicitada a necessidade de um meio material para que exista a propagação do som.
Não sei	O aluno afirmou que não sabia responder a questão que lhe foi feita/proposta.
Não respondeu	O aluno não respondeu a questão, deixando a resposta em branco ou assinalando outros caracteres.

### **ANÁLISE 01: RENDIMENTO DO GRUPO EXPERIMENTAL NO DESAFIO**

Para esta análise foram considerados apenas os alunos que percorreram toda a seqüência do desafio e que responderam à questão proposta pelo desafio. Suas respostas foram analisadas e categorizadas utilizando-se as categorias da tabela 1. A distribuição do rendimento dos alunos do grupo experimental está sintetizada na tabela 2.

**Tabela 2: Rendimento do grupo experimental no desafio.**

<b>Categoria</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>
Satisfatória	15	62,50%
Insatisfatória	8	33,33%
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	1	4,17%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100,00%</b>

Uma análise dos alunos que não responderam satisfatoriamente foi feita para investigar as causas prováveis do insucesso na realização da atividade. Ao mapear as respostas e ações dos alunos cuja resposta foi categorizada como insatisfatória, se verificou que, do total de oito alunos, seis não responderam corretamente a questão “*Quando a caixa está cheia de ar, você ouve algum som?*”, que foi feita na página *Outras pistas*. Esse fato indica que esses alunos não conseguiram perceber que para o som se propagar até o ouvinte (no simulador de ondas sonoras) é preciso que a caixa em que o alto-falante se encontra estivesse cheia de ar. A provável causa dessa falha surgiu durante a manipulação do simulador de ondas sonoras. Os outros dois alunos, apesar de terem respondido corretamente a essa questão (*Quando a caixa está cheia de ar, você ouve algum som?*), escreveram como resposta uma colagem das dicas fornecidas na última etapa

do desafio. No caso destes dois alunos, o material que foi desenvolvido não foi capaz de proporcionar a aquisição do conhecimento necessário para superar o desafio.

O aluno que não respondeu ao desafio também não conseguiu responder corretamente a questão “*Quando a caixa está cheia de ar, você ouviu algum som?*” da página *Outras pistas*. Este aluno, à semelhança dos seis alunos citados anteriormente, deve ter tido dificuldades durante a utilização do simulador de ondas sonoras que o impediu de perceber que para o som se propagar até o ouvinte (no simulador de ondas sonoras) é preciso que a caixa em que o alto-falante se encontra estivesse cheia de ar.

## ANÁLISE 02: GRUPO EXPERIMENTAL VERSUS GRUPO DE CONTROLE

Tanto o grupo experimental quanto o grupo de controle foram submetidos a um teste de conhecimento que envolvia as propriedades do som que estão presentes no material instrucional que foi desenvolvido e utilizado na pesquisa. No caso específico do conhecimento envolvido no desafio *O Jogo do erro*, os alunos tiveram que responder a pergunta: *O sistema solar é composto por vários corpos celestes. Vários desses corpos celestes possuem atmosfera, tais como a Terra, Marte, Vênus etc.. Outros desses corpos celestes não possuem atmosfera. Entre eles está a Lua, que é nosso satélite natural. Por que a Lua é às vezes descrita como um “planeta silencioso”?*. Esta questão buscava evidências de uma aprendizagem significativa e para isso foi elaborada de maneira a constituir um contexto diferente do contexto presente no material educacional (MOREIRA; MASINI, 1982, p.14-15). O desempenho dos alunos pode ser visto na tabela 3.

**Tabela 3: Rendimento dos grupos experimental e de controle no pós-teste.**

Categoria	Grupo experimental		Grupo de controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Satisfatória	10	66,67%	5	41,67%
Insatisfatória	5	33,33%	4	20,83%
Não sei	0	0,00%	3	25,00%
Não respondeu	0	0,00%	0	0,00%
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100,00%</b>	<b>12</b>	<b>100,00%</b>

O primeiro dado a ser esclarecido é sobre a diferença numérica entre os participantes do grupo experimental que concluíram o desafio *O Jogo do Erro* (24 alunos) e os que se submeteram ao pós-teste (15 alunos). A desistência de nove alunos pode representar um alto índice de mortalidade experimental, mas este fator é considerado controlado para o delineamento adotado (CAMPBELL; STANLEY, 1979). Antes de dar continuidade à comparação entre os resultados do grupo de controle e experimental é oportuna uma análise da relação entre as respostas do desafio e do pós-teste, para os alunos do grupo experimental. A tabela abaixo explicita a frequência da ocorrência de pares de categorias de respostas para estes alunos, considerando-se apenas os alunos que se submeteram ao pós-teste:

**Tabela 4: Distribuição dos pares de respostas entre o desafio e o pós-teste (para o grupo experimental).**

Resposta do desafio	Resposta do pós-teste	Frequência	Percentual
Satisfatória	Satisfatória	10	66,67%
Insatisfatória	Insatisfatória	4	26,67%
Não respondeu	Insatisfatória	1	6,67%
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>100,00%</b>

A tabela 4 revela que os alunos do grupo experimental submetidos ao pós-teste mantiveram o mesmo desempenho obtido no desafio, ou seja, aqueles que responderam de forma satisfatória ao desafio também responderam satisfatoriamente ao pós-teste, o mesmo ocorrendo com os que responderam de maneira insatisfatória. Apenas um aluno teve alteração na categorização de sua resposta, mas tal mudança pode ser considerada como neutra - de não respondeu para insatisfatória. Extrapolando-se essa uniformidade nos pares de respostas para os alunos que não se submeteram ao pós-teste, não existiriam diferenças qualitativas entre as respostas do desafio e do pós-teste. Dessa maneira comprova-se que a mortalidade experimental que ocorreu pode ser considerada realmente controlada, não interferindo de maneira a invalidar a pesquisa. Um exercício de extrapolação permite a construção da tabela 5 na qual estão os “prováveis resultados”, quando são “considerados” os alunos desistentes.

**Tabela 5: Distribuição dos pares de respostas entre o desafio e o pós-teste (extrapolação).**

Resposta do desafio	Resposta do pós-teste	Frequência	Percentual
Satisfatória	Satisfatória	15	62,50%
Insatisfatória	Insatisfatória	8	53,33%
Não respondeu	Insatisfatória	1	4,17%
<b>Total</b>		<b>24</b>	<b>100,00%</b>

Dessa maneira o rendimento atribuído ao grupo experimental expandido fica, conforme especificado na Tabela 6, caso não houvesse uma mortalidade experimental.

**Tabela 6: Rendimento provável do grupo experimental expandido (no pós-teste)**

Categoria	Frequência	Percentual
Satisfatória	15	62,50%
Insatisfatória	9	37,50%
Não sei	0	0,00%
Não respondeu	0	0,00%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100,00%</b>

Comparando-se o rendimento, no pós-teste, do grupo de controle - 41,67% de respostas satisfatórias, com o rendimento do grupo experimental - 66,67% de respostas satisfatórias, ou com o rendimento provável do grupo experimental expandido - 62,50% de respostas satisfatórias, verifica-se que o uso do computador como recurso educacional obteve resultados bastante satisfatórios.

### ***Teste de hipóteses***

O procedimento metodológico adotado permite que sejam feitas análises estatísticas dos resultados obtidos. Como se deseja avaliar a utilização de um material educacional é pertinente questionar se há uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos de controle e experimental. Para responder a esta questão cada uma das respostas fornecidas ao pós-teste foi convertida para uma escala numérica, a saber: a) satisfatória - valor de 0,8 pontos; b) insatisfatória - valor de 0,4 pontos; c) incorreta e não sei - 0,0 pontos. A partir desta conversão foram calculados a média e o desvio padrão de cada grupo, obtendo-se os seguintes valores: i) *Grupo experimental*: média ( $X_1$ ) igual a 0,67 e desvio padrão ( $s_1$ ) igual a 0,19; ii) *Grupo de controle*: média ( $X_2$ ) igual a 0,47 e desvio padrão ( $s_2$ ) igual a 0,33. Em seguida, com base no tratamento estatístico para pequenas amostras (SPIEGEL, 1985, p. 233-248), buscou-se avaliar as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$ , e não há, essencialmente, diferença significativa entre os grupos.
- $H_1: \mu_1 > \mu_2$ , e o uso do computador ocasiona um melhor o rendimento na avaliação da aprendizagem, indicando uma melhor aprendizagem em decorrência do uso do computador.

O teste unilateral foi efetuado nos níveis de significância 0,01 e 0,05. Os resultados obtidos se encontram na tabela 7. A partir dos dados da tabela 7 pode-se concluir que o uso do computador é provavelmente significativo.

**Tabela 7: Testes de significância para análise da hipótese nula.**

Valor obtido para t	Nível de significância	Condição para rejeição de $H_0$	Resultado
1,87	0,01	$t > t_{0,99}$ ( $t > 2,48$ )	Não se pode rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ).
	0,05	$t > t_{0,95}$ ( $t > 1,71$ )	Pode-se rejeitar $H_0$ no nível de significância 0,05.

## CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica revelou poucos trabalhos sobre o uso do computador no ensino e aprendizagem de ondas sonoras. Entre estes trabalhos apenas um se preocupou em verificar os efeitos na aprendizagem dos alunos. Dessa maneira, o uso de recursos computacionais no ensino e aprendizagem de ondas sonoras se configura como uma vasta área a ser pesquisada.

Os resultados e as análises que foram aqui apresentados demonstraram que o desafio *O Jogo do Erro* proporcionou uma diferença no índice de acertos no pós-teste a favor do grupo experimental, indicando que o material elaborado é potencialmente significativo. Foi verificado, entretanto, que a falta de habilidade no uso do computador e de alguns recursos pode ter comprometido a aprendizagem de alguns alunos (sete) que não conseguiram responder a questão que dependia da utilização do simulador de ondas sonoras. Em uma situação “de sala de aula” a falta de habilidade com o computador pode ser minimizada com sessões de ambientação orientadas pelo professor.

A análise qualitativa sugere que o desafio proposto por meio do computador se constituiu em um recurso educacional que favorece a aprendizagem e a construção do conhecimento pelo aluno. O teste de hipóteses reforça os resultados qualitativos ao demonstrar que a diferença entre os rendimentos do grupo experimental e de controle é potencialmente significativa. Estas análises indicam, portanto, que o uso do computador, na forma do desafio *O Jogo do Erro*, contribuiu para a aprendizagem dos alunos. A partir destes resultados não se pretende, entretanto, advogar que o computador seja um recurso que possa substituir as aulas expositivas, mas que o computador - quando devidamente utilizado, pode favorecer o aprendizado dos alunos e que, desta maneira deve ser considerado como mais um recurso a ser utilizado pelo professor para favorecer a aprendizagem de seus alunos.

Este trabalho sugere, também, que materiais que façam uso de vários tipos de recursos computacionais (animações em flash, vídeos, simulações em Java, imagens e hipertexto) podem ser eficazes no aprendizado dos alunos, desde que tais materiais tenham seu desenvolvimento norteado por alguma teoria de aprendizagem. Os resultados também indicam que a elaboração do material na forma de desafios foi capaz de motivar o aluno de maneira que ele se dispôs a aprender e não a memorizar o conteúdo, fator fundamental para que ocorra uma aprendizagem significativa.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, I. S.; VEIT., E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 4, n. 3, p. 5-18, set./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V4N3/v4n3a1.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2007.
- AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARBETA, V. B. e MARZZULLI, C. R. Experimento Didático para Determinação da Velocidade do Som no Ar, Assistido por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 22, n. 4, dezembro de 2000.
- BLEICHER, Lucas *et al.* Análise e Simulação de Ondas Sonoras Assistidas por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.02, p. 129-133, 2002.
- BORGES, Antônio T.; RODRIGUES, Bruno A.. O ensino da física do som baseado em investigações. **ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1-24, dez. 2005. Disponível em: <[http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v7\\_n2/ATBR%20-%20Mar%E7o-2005-rev.pdf](http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v7_n2/ATBR%20-%20Mar%E7o-2005-rev.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2006.
- CAMPBELL, Donald T.; STANLEY, Julian C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. São Paulo: E.P.U., 1979.
- CAVALCANTE, Marisa A.; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues C.. Ondulatória e Acústica através de experimentos assistidos por computador. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** Jaboticatubas: SBF, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/posteres/po51-39.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2006.
- \_\_\_\_\_. Medindo a Velocidade do Som. **A Física na Escola**, São Paulo, v.4, n.1, p. 29-30, 2003. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a10.pdf>>. Acesso em 15 set. 2006.
- FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. **Educação e Sociedade**. n. 79, p. 257-272, 2002.
- FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.3, p. 259-272, 2003.
- HASSE, Simone Hedwig. A Informática na Educação: Mito ou Realidade. In: LOMBARDI, José Claudinei (org.). **Pesquisa em educação: história, filosofia e temas transversais**. Campinas: Autores Associados; Caçador: UnC, 1999. p. 123-139.
- MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Masini. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- ROSA, Paulo Ricardo da Silva. O uso de computadores no Ensino de Física. Parte I: Potencialidade e Uso Real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.17, n.02, p. 182-195, 1995.
- SILVA, Wilton Pereira *et al.* Velocidade do Som no Ar: Um Experimento Caseiro com Microcomputador e Balde D’água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.1, p. 74-80, 2003.
- SILVA, Wilton Pereira *et al.* Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n.01, 2004. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/21-1/artpdf/a5.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2006.
- SPIEGEL, Murray Ralph. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.