

## O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO<sup>1</sup>

**Michele Alberton Andrade** [mi.andrade@terra.com.br]

*Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Física – PUCRS*

*Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 96A - Sala 211, 90619-900, Porto Alegre, RS - Brasil*

**Sayonara Salvador Cabral da Costa** [sayonara@pucrs.br]

*Faculdade de Física – PUCRS*

*Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 10 - Sala 216, 90619-900, Porto Alegre, RS - Brasil*

### Resumo

Neste trabalho apresenta-se o uso de uma ferramenta computacional, *softwares* educativos, para o ensino de Óptica no Ensino Médio com o objetivo de auxiliar os alunos a construir modelos mentais adequados sobre modelos físicos abordados. Trabalhou-se com dois grupos de alunos, de escolas distintas, uma particular e uma pública, que ainda não haviam estudado os assuntos propostos. As atividades sucederam-se nos laboratórios de Informática das respectivas escolas e as tarefas a serem executadas estavam contidas em um roteiro de atividades que elaboramos. Observou-se que as aulas foram realizadas com sucesso, no que diz respeito à participação dos alunos e com entusiasmo dos mesmos com a atividade proposta. Ainda assim houve desistência de alguns. Parece-nos que este tipo de trabalho auxiliou na compreensão dos modelos físicos estudados, pois através da leitura dos roteiros, que eram entregues ao professor, pôde-se perceber que para todos os fenômenos, exceto a *difração*, os alunos manifestaram indícios de terem construído bons modelos mentais sobre o que estava sendo estudado. Um questionário de avaliação das atividades resultou favoravelmente à metodologia utilizada.

**Palavras-chave:** simulações computacionais; ótica; modelos mentais.

### 1. INTRODUÇÃO

Muitas escolas já instituíram laboratórios de Informática em suas instalações, porém poucas são as que estimulam o uso dessa ferramenta durante as aulas. No que diz respeito ao ensino de Física, o laboratório de Informática pode ser um grande aliado, por exemplo, para aula de fixação, na qual o aluno pode trabalhar com as simulações computacionais dos conteúdos que estuda.

As simulações computacionais consistem em arranjos de dados programados segundo valores iniciais instituídos por seu utilizador ou criador. Podem conter ou não imagens. Essas descrevem, momento a momento, o comportamento de um sistema físico, como lançamentos de projéteis ou mudanças no comportamento de ondas quando encontram obstáculos. Podem permitir, ou não, que seus valores iniciais sejam alterados. Caso positivo, é um recurso muito útil para certificação de hipóteses.

Um tipo de simulação computacional que não dispõe de imagens pode ser utilizada para obtenção de previsões de acontecimentos no mundo microscópico para dada situação, como por exemplo a interação dos Raios X com os tecidos biológicos. Neste tipo de simulação o computador somente realiza cálculos e os resultados apresentados são interpretados pelo pesquisador.

Como o uso das simulações computacionais é relativamente novo, é difícil saber como ocorre o processo de aprendizado através destas. Ainda não se tem dados ou resultados que avaliem a efetividade deste recurso, apesar de que o uso desta ferramenta já seja objeto de muitos estudos.

---

<sup>1</sup> Trabalho originalmente publicado nas Atas do I Encontro Estadual de Física – RS, 2005 ([www.if.ufrgs.br/mpenf/ieefis/Atas\\_IEEFIS.pdf](http://www.if.ufrgs.br/mpenf/ieefis/Atas_IEEFIS.pdf)).

Os modelos mentais se relacionam diretamente com este trabalho, uma vez que o objetivo deste é oferecer ao aluno subsídio visual e conceitual para que ele possa, mais facilmente, construir modelos mentais sobre os sistemas físicos em questão.

A partir do contato do aluno com *softwares* educacionais, *Java Applets*, e um “roteiro de atividades”, dirigido e elaborado pelo professor, pretendeu-se facilitar a construção de modelos mentais apropriados tanto para finalidades estudantis como resolução de problemas e uso no decorrer de sua vida visando a equilíbrio cognitiva.

*Java Applets* são *softwares* escritos em linguagem Java que não são compilados, ou seja, necessitam de um outro programa para executá-los. Este programa geralmente está incorporado a um navegador, *browser*, como o *Internet Explorer* ou *Netscape Navigator*.

Trabalhou-se com alunos do segundo ano do Ensino Médio, uma vez que é nessa etapa que a Óptica é abordada, na maior parte das escolas.

Conforme nova proposta de ensino da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (instituída pela lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996), as escolas devem praticar a interdisciplinaridade, ou seja, relacionar os conteúdos estudados em duas ou mais disciplinas. Além disso, o professor deve oferecer ao seu aluno exemplos que envolvam seu cotidiano, ou seja, relatos de acontecimentos reais que possam ser relacionados com o conteúdo estudado. Recursos modernos e que possam facilitar a aprendizagem também devem ser utilizados, de modo que o ensino deixe de ser o tradicional, com o professor centralizador da atenção.

Um destes recursos é o computador que, quando surgiu, consistia apenas em máquinas gigantescas que somente realizavam cálculos. Aproximadamente na década de 70 os adultos jovens começaram a desvendar os mistérios do computador e da programação. A partir de suas descobertas, construíram recursos que hoje tornam esta máquina uma ferramenta multi-tarefa, que é capaz de oferecer desde simples calculadoras até editores de imagens, textos, etc. Mais tarde criou-se a *internet*, que permite a acessibilidade da informação em qualquer lugar do mundo e é um dos recursos mais utilizados como fonte de pesquisa para todas as idades, principalmente na faixa dos adolescentes.

O emprego das técnicas computacionais no ensino de Física têm fornecido subsídios didáticos importantes tanto para o professor quanto para o aluno. O professor passa a contar com técnicas didáticas diferenciadas, ou seja, que fogem do conceito de ensino praticado na escola tradicional, onde usa-se apenas o quadro negro e giz. Além disso, o uso dessas técnicas computacionais permitem ao aluno o reforço e/ou a compreensão dos fenômenos físicos através de visualização de uma demonstração simulada e sem o uso direto de fórmulas matemáticas. Um outro aspecto importante é que o uso das simulações evita preocupações, por parte do corpo docente, acerca dos equipamentos que seriam utilizados, pois os alunos não estarão em contato direto com os equipamentos, ou seja, estes não correm o risco de serem danificados, ou de trazerem risco aos alunos. No caso de a escola não possuir um laboratório especial de Física, o aprimoramento de um laboratório virtual pode carregar a responsabilidade de manter o aluno em contato com algumas demonstrações importantes.

Abaixo encontram-se listadas algumas das vantagens de se trabalhar com *softwares* educativos:

- versatilidade (o mesmo *software* pode adaptar-se a diversos contextos);
- referência visual (o aluno exercita sua memória visual);
- capacidade de motivação (os alunos, em geral, têm prazer em trabalhar com o computador);
- pode adequar-se ao ritmo de trabalho de cada aluno;
- facilidade de recorrência (o aluno não necessita remontar um experimento, apenas manipula o *software*);
- o aluno pode isentar-se de manipulações de fórmulas matemáticas, prendendo-se apenas ao conceito.

Algumas simulações podem mostrar-se melhores até mesmo que a realização da própria experiência, pois não requerem situações especiais como pouco luminosidade (como experiências

voltadas para o ensino de Óptica), ou uso de material didático de alto custo. Este tipo de atividade também dispensa o aluno de preocupar-se com o material da experiência caso solicitado pelo professor na aula anterior. Com o uso de atividades com o computador a realização da atividade não fica comprometida caso o aluno não traga o material solicitado.

O trabalho no laboratório de Informática da escola permite que alunos e professores tenham uma maior interatividade. O trabalho passa a ser mais divertido e, juntos, eles podem construir novos conhecimentos. O aluno passa a abordar mais o professor porque o ambiente de trabalho torna-se mais “afetivo” e descontraído. Com relação a esta situação, é importante que o professor mantenha uma liderança sem a qual o trabalho pode não ser levado a sério. É necessário também que o professor construa um roteiro para guiar a atividade, ou seja, elabore questionamentos por meio dos quais os alunos possam esclarecer dúvidas enquanto realizam a atividade proposta, ainda que novas questões possam surgir durante a tarefa, sem estarem planejadas.

As simulações utilizadas são interpretações da realidade segundo um modelo teórico. Ou seja, são modelos de um sistema conceitual. Numa atividade com estes modelos, o professor pode instigar seus alunos a relacionarem as simulações (modelos) com a realidade. Assim estarão adquirindo uma habilidade importante: capacidade de crítica. Para alguns alunos o que acontece na tela do computador pode não funcionar exatamente daquela forma. Nestes casos, é importante que o professor discuta o caso com o aluno, ao invés de incentivá-lo a simplesmente aceitar o que lhe é dito. Numa atividade mais elaborada, pode-se discutir quais fatores fazem com que a situação apresentada na tela do computador não se repita exatamente igual na realidade. Isso com certeza enriqueceria o trabalho, estimulando os estudantes a levantarem hipóteses sobre o que pode dar errado e o que pode dar certo.

A proposta deste trabalho consistiu, então, em trabalhar com alunos do segundo ano do Ensino Médio, abordando conceitos de Óptica, com o auxílio das simulações computacionais, com o objetivo de que esta ferramenta pudesse facilitar a construção de modelos mentais adequados sobre modelos físicos que foram enfocados.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O modo pelo qual as pessoas processam as informações externas recebidas é particular e intrínseco para cada uma. Pode-se dizer que essa maneira de processar as informações assemelha-se à do computador, pois a informação é recebida e o cérebro trata de decodificá-la para ser interpretada em seus módulos internos. Assim sendo, do mesmo modo que o computador trabalha em binário, podemos dizer que a mente humana trabalha em mentalês, uma linguagem própria e interna. A maneira particular de cada indivíduo processar e interpretar as informações que chegam até ele, consiste de representações internas, ou representações mentais, que podem ser *analógicas* (concretas), representando algo específico do mundo exterior; ou *proposicionais* (abstratas), na qual apenas a idéia do que se quer transmitir é coletada, ou seja, uma visão mais geral. Há psicólogos cognitivos que defendem as *imagens* também como representações mentais, outros reduzem-nas a representações proposicionais.

Johnson-Laird (apud Moreira, 1996) propôs uma outra forma de representação mental: o modelo mental. Para ele, *proposições* são representações de significados verbalmente expressáveis; *imagens* são representações específicas e *modelos mentais* são representações analógicas de conceitos ou eventos situados espacialmente e temporalmente, análogos a impressões sensoriais. Estes podem ser vistos de qualquer ângulo e são compostos por elementos e relações entre esses elementos. Para exemplificar, podemos analisar a situação “a roupa está sobre a cama”: é uma proposição porque é verbalmente expressável e pode ser representada como uma imagem de certa roupa em certa cama, ou ainda como modelo mental, qualquer roupa pode estar sobre qualquer cama.

Modelos mentais são representações internas e características que cada pessoa faz do mundo externo, ou seja, uma forma de representação analógica do conhecimento. Assim, as proposições

podem ser verdadeiras ou falsas em relação a um modelo mental; quanto às imagens, são visualizações dos modelos mentais. O essencial do conceito, as características das coisas que descreve, está representado no núcleo do modelo; os estados possíveis que o modelo descreve definem a amplitude deste. O modelo mental de automóvel, por exemplo, possuirá tantas versões quanto os diferentes usos que se possa fazer dele: construí-lo, dirigi-lo, falar sobre ele. Representá-lo parado ou em movimento também corresponde a diferentes versões do modelo mental. Cada versão, no entanto, possui um núcleo central que identifica o modelo como sendo um automóvel.

A teoria de Johnson-Laird é dita não racionalista, pois, ao invés de se usar a lógica mental, os modelos mentais são construídos para raciocinar. Esses modelos devem servir não somente para uma situação específica, como devem ser capazes de testar conclusões obtidas a partir desse modelo. A manipulação desses modelos deve ser capaz de permitir a resolução de tarefas. É importante lembrar que o êxito nas tarefas a serem realizadas também depende do conhecimento prévio de cada indivíduo e da experiência de cada um em manipular o modelo mental. Essa é uma diferença entre experientes e novatos. Outra diferença é o uso da memória de trabalho. Pessoas mais experientes não manipularão muitos modelos mentais para representar adequadamente aquilo que desejam. A manipulação de múltiplos modelos acarreta do uso de muita memória de trabalho, causando desgaste, e dificultando a obtenção de conclusões precisas.

Para que as pessoas possam construir modelos mentais, elas necessitam de informações, dados, projetados para dar-nos significação a alguns conceitos. Esse conjunto de informações que recebemos, chamamos então de *modelos conceituais*. Estes são inventados por professores, pesquisadores, engenheiros, técnicos, entre outros, para facilitar o entendimento de sistemas físicos. Assim sendo, são formulados por pessoas que também usam modelos mentais. No ensino, além de modelos conceituais, são necessárias estratégias didáticas que auxiliem a construção de modelos adequados.

São características gerais dos modelos mentais: serem incompletos (apenas as informações mais essenciais para a construção do modelo serão utilizadas), serem instáveis (detalhes podem ser esquecidos principalmente quando não são utilizados por certo tempo), não possuírem fronteiras bem definidas (operações similares podem ser confundidas umas com as outras), serem “não-científicos” (basearem-se nos “pré-conceitos” e crenças do indivíduo), serem recursivo (a mente cria um modelo mental de determinada situação e usa o mesmo modelo para obter respostas de seu estado em estágios subsequentes).

Johnson-Laird, impõe princípios que limitam os modelos, como por exemplo: *finitude* (os modelos mentais não podem representar um domínio infinito de tamanho), *economia* (apenas o estritamente necessário é utilizado na construção dos modelos mentais), *inatismo* ( todos os primitivos conceituais subjazem nossas experiências perceptivas, habilidades motoras, nossa capacidade de representar o mundo).

Existem metodologias para investigação desses modelos mentais por meio daquilo que as pessoas verbalizam. Isto é, ela entra em contato com um modelo conceitual sobre algum sistema físico, cria um modelo mental a respeito do mesmo, ‘roda’ o modelo para testar suas hipóteses e expressa verbalmente aquilo que entendeu. O problema é que não há plena consciência do modelo criado. A prática mais utilizada na pesquisa dos modelos mentais é a da verbalização através da *análise de protocolos*. Esta tem por base entrevistas, pensamentos em voz alta e a descrição do processo utilizado para realização da tarefa sugerida. Protocolos gerados enquanto a tarefa é realizada, ou seja, a pessoa verbaliza e executa a tarefa ao mesmo tempo, são chamados *protocolos concorrentes*. Quando o indivíduo fala a respeito da forma que solucionou o problema após tê-lo resolvido, o protocolo é dito *retrospectivo*.

### 3. METODOLOGIA E RESULTADOS

Este trabalho foi realizado no Colégio Batista, uma escola particular de Porto Alegre, e no Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga, uma escola pública, também de Porto Alegre.

No Colégio Batista esta atividade foi realizada em nível extracurricular, por sugestão da escola, com alunos do segundo ano do Ensino Médio. No Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga esta foi uma atividade curricular e trabalhou-se com os alunos formandos do núcleo de Educação de Jovens e Adultos (EJA). Ambas os grupos de alunos não haviam recebido instrução anterior relativa aos abordados neste trabalho, o que motivou maior interesse dos mesmos.

As tarefas a serem realizadas pelos alunos estavam contidas em um roteiro elaborado pelos autores deste trabalho, e que lhes foi entregue depois das orientações de como utilizar o *software* ou *applet*.

Para a realização deste trabalho utilizou-se um *software* chamado Ótica, desenvolvido por André M. Marquardt e Michele A. Andrade (autora deste trabalho), para estudos de *reflexão* e *refração* (incluindo *reflexão total*); e três *applets*, disponíveis na *internet*, nos seguintes endereços eletrônicos:

- [http://ww2.unime.it/dipart/i\\_fismed/wbt/ita/physlet/bancottico/](http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/physlet/bancottico/)
- [http://ww2.unime.it/dipart/i\\_fismed/wbt/ita/waveforms/waveforms\\_ita.htm](http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/waveforms/waveforms_ita.htm)
- [http://ww2.unime.it/dipart/i\\_fismed/wbt/ita/slitdiffr/slitdiffr\\_ita.htm](http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/slitdiffr/slitdiffr_ita.htm)

O primeiro *applet* simula uma fibra ótica e foi usado como complemento ao estudo da *reflexão* e *refração*, fazendo referência à tecnologia que nos cerca e suas aplicações. O segundo *applet* simula o fenômeno da *interferência* e o terceiro, o fenômeno da *difração*.

A preferência pela confecção de um *software* contra a utilização de *applets* para os estudos de *reflexão* e *refração*, é justificada tendo em vista que a maioria dos *applets* dispostos na *internet*: não estudava os fenômenos simultaneamente, sendo necessário um *applet* para cada fenômeno; não exibia os ângulos de incidência, *reflexão* e *refração*, o que não permite que o aluno faça relações entre estes; exibia o fenômeno da *reflexão total*, mas não caracterizavam o ângulo crítico; não permitia que se alterasse os meios de propagação, restringindo o estudo a uma configuração única ar-água.

Por outro lado, a escolha dos *applets* utilizados neste trabalho deve-se principalmente às seguintes razões: possuírem ótima apresentação visual; simplicidade de uso; possuírem animação, como no caso da *interferência*; possuírem boa capacidade de exploração.

No Colégio Batista as aulas no laboratório de Informática tinham duração de duas horas, sem intervalo, com exceção da primeira aula na qual conteúdos teóricos foram ministrados. Os alunos trabalharam individualmente nos computadores, mas os resultados obtidos eram comentados entre os mesmos. No Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga, as aulas tinham duração de uma hora e meia, sem intervalo. Os alunos trabalhavam em duplas ou trios nos computadores, discutindo os resultados apenas entre os integrantes do grupo. Quando julgavam necessário os alunos solicitavam ajuda do professor.

No primeiro encontro com os alunos, em as ambas escolas, introduzimos conceitos sobre ondas (o que é uma onda, tipos de ondas, natureza de uma onda, velocidade de uma onda, comprimento de onda, frequência, período). Nesse mesmo encontro houve abordagem sobre o espectro eletromagnético e a relação de seus componentes com sua forma de aparição na natureza e nos utensílios criados pelo homem.

Os assuntos *interferência* e *difração* não foram tratados e discutidos no Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga devido ao ritmo mais lento com que trabalhávamos e a precariedade de tempo que dispúnhamos para finalizar este trabalho.

Abaixo segue uma descrição mais detalhada sobre cada tópico (*reflexão*, *refração*, *interferência* e *difração*) abordado nas práticas no laboratório de informática e as respostas obtidas dos alunos.

### 3.1 REFLEXÃO

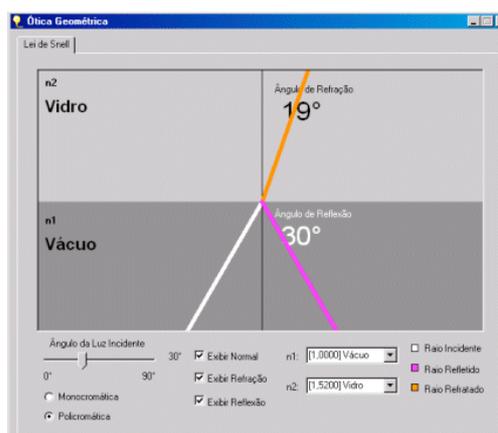


Figura I : *Software Ótica*

A *reflexão* foi o primeiro assunto tratado com auxílio de *software*.

Para os alunos do Colégio Batista, neste tema, não surgiram dúvidas. As dúvidas dos alunos do Colégio Gen. Álvaro Alves da Silva Braga diziam respeito à utilização do próprio computador (como utilizar mouse, teclado, etc) e do *software*. Muitos destes alunos jamais haviam tido contato com computador até aquele momento, o que acabou lhes proporcionando certo deslumbramento frente à atividade.

Sanadas as dúvidas dos alunos, a atividade foi realizada com rapidez em ambas as escolas, sendo considerada uma atividade bastante fácil, por parte dos alunos.

### 3.2 REFRAÇÃO

O segundo assunto tratado foi a *refração*. O mesmo *software* (*Ótica*) da aula anterior foi utilizado.

Os alunos do Colégio Batista observaram a mudança na direção de propagação do feixe de luz e questionaram se aquilo era normal. Ao trocarem a cor da luz monocromática incidente de vermelho para violeta, observaram diferentes resultados e atribuíram a mudança nos resultados a diferentes velocidades de propagação naquele meio e conforme citou um aluno: “*mudando a cor, muda-se por consequência a onda e cada onda terá uma relação diferente*”.

Os alunos do Colégio Estadual Gen. Álvaro Alves da Silva Braga apenas indicaram a alteração dos resultados devido à alteração da cor, não se preocupando em explicá-los.

Quando perguntamos aos alunos, das duas escolas, se a *reflexão* e a *refração* ocorriam simultaneamente, dois alunos se manifestaram que não, um respondeu que talvez e outro aluno explicitou a seguinte relação: “*...se o material não for ‘forte’ suficiente a luz sofre refração e atravessa o material, se o material for ‘forte’ suficiente a luz sofre reflexão e não atravessa o material, mas volta em sentido oposto*”.

### 3.3 REFLEXÃO TOTAL

O estudo da *reflexão total* realizou-se após estudos separados da *reflexão* e *refração*. Aconteceu no mesmo dia em que os alunos realizaram estudo sobre a *refração*.

No estudo da *reflexão total* o aluno escolhia um meio de propagação, ou seja, um valor para  $n_2$  enquanto  $n_1$  mantinha-se fixo, representando a acetona. Seguindo o roteiro os alunos deveriam aumentar o ângulo de incidência da luz desde um qualquer, pequeno, até  $90^\circ$  e descrever o que estava enxergando. Nesse momento, para alguns, o fenômeno acontecia e para outros não, pois a ocorrência ou não dependia da configuração escolhida. Isso despertou certa ansiedade nas turmas. A instrução dada era de que continuassem o roteiro de tarefas, pois o próximo passo consistia em inverter os meios e refazer o procedimento. Logo um aluno exclamou: “*Ah, agora deu certo, por quê?*”. Depois de muita observação, perceberam a relação entre os índices de *refração* dos meios,

concluindo que o fenômeno acontecia somente quando a luz provinha de um meio mais refringente, para outro, menos refringente.

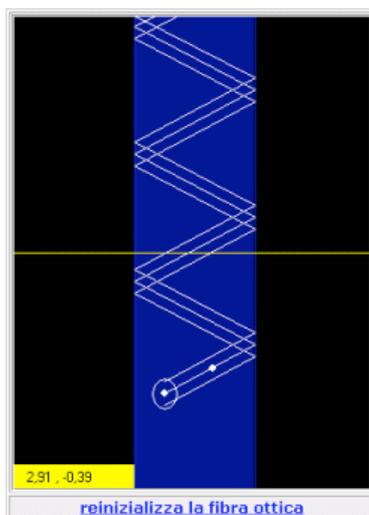


Figura II : Applet sobre fibra ótica

Um fator que causou confusão, tanto na *refração* quanto na *reflexão*, foram as cores dos raios luminosos incidente, refletido e refratado, que são diferentes no *software*. Para o caso monocromático, a cor do incidente pode ser alterada, mas as demais cores não. Alguns alunos ficaram confusos em relação a estas cores, comentando que um raio vermelho refletia rosa e refratava laranja. Essa confusão foi percebida e explicado, então, que esta outra cor do raio refletido ou refratado foi convencionalizada pelos criadores do *software*, o que não significava que efetivamente essa mudança ocorre quando ocorrem os fenômenos.

### 3.4 INTERFERÊNCIA

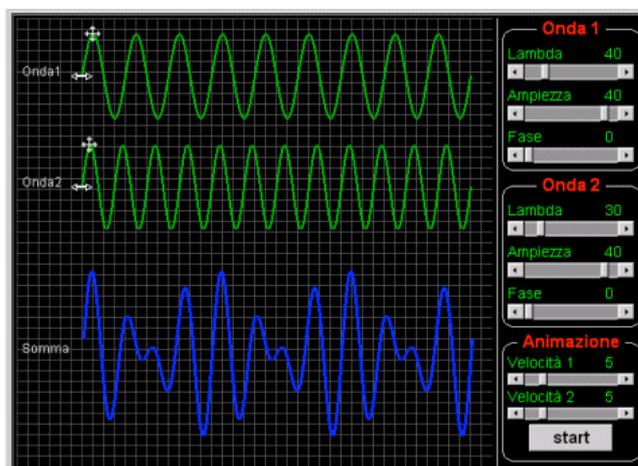


Figura III: Applet sobre interferência

Na terceira aula, no Colégio Batista, foi estudado o fenômeno da *interferência*. Antes de começar a realização dos roteiros, foram revisados os conceitos de comprimento de onda, frequência e amplitude. Nesta fase abordou-se o que é *fase*, orientando os alunos a visualizar no *applet* a variação permitida para o valor da fase, pois esses diziam não saber do que se tratava. “De zero a 360° !”, respondeu um aluno. Depois escolheram duas fases quaisquer e diferentes, aplicaram à onda 1 e onda 2 e observaram a ‘origem’ e o ‘começo’, dessas ondas. Perceberam que partiam de “lugares diferentes”, como definiram, e então comentamos sobre estar *em fase* ou *fora de fase*. Quando perguntados se as ondas 1 e 2 estavam em fase, responderam que estavam fora de fase, definindo fora de fase como “*não andarem juntas*”.

Quando as ondas 1 e 2 (que sofriam *interferência*) estavam configuradas com o mesmo comprimento de onda e mesma fase, facilmente determinaram que a *Onda Somma* não passava de uma soma/subtração das amplitudes das ondas que interferiam. Porém quando apenas as fases das ondas 1 e 2 eram quaisquer e não mais podiam utilizar a relação que haviam estabelecido, um ponto de interrogação pairou sobre a turma. Olhavam fixamente a tela e contavam quadradinhos incansavelmente. Nesse momento lhes foi dito que imaginassem as ondas 1 e 2 em um sistema de eixos XY, de modo que cada onda fosse composta de infinitos pontos associados. Então, mentalmente tracejaram uma linha vertical que interceptasse ambas as ondas. Novamente deveriam contar os quadradinhos desde o eixo imaginário X até o ponto das ondas na qual tal linha imaginária as interceptavam e assim tentar estabelecer alguma relação. Perceberam que o processo envolvido ainda tratava-se de soma e/ou subtração, mas não compreendiam o motivo de a soma das amplitudes não gerar a amplitude da onda *Somma* se para aqueles pontos das respectivas ondas o processo funcionava. Refizeram o processo para mais pontos aleatórios. Então perguntaram: “*Se fizermos para todos os pontos, funciona?*”. Apesar de terem obtido resposta positiva afirmativa, refizeram outras vezes.

Em outra parte da atividade, as ondas 1 e 2 possuíam a mesma configuração exceto fases “opostas”, isto é, com uma diferença de  $180^\circ$ . Os alunos visualizaram uma *interferência* destrutiva simbolizada por uma linha contínua. Neste momento, pedia-se que interpretassem fisicamente o que observavam. Um aluno exclamou: “*É a morte!*”. Surpresa da resposta, o aluno foi pedido a explicar o seu raciocínio. Ele explicou que associou a linha contínua à uma parada cardíaca, pois esta é a figura que observa-se em um monitor cardíaco encontrado nos hospitais; e assim pensou na morte, pois parada cardíaca significa o fim da vida. Foi feita uma pausa na atividade e comentado aos alunos que as “ondas” exibidas pelo monitor cardíaco são provenientes de impulsos elétricos e definidas por letras do alfabeto: P, Q, R, S, T e U. Portanto eram diferentes daquelas que estávamos estudando.

Voltando à questão da interpretação física da linha contínua, a seguinte pergunta foi feita: “*Esta linha é uma onda?*”. Responderam que não, que não havia onda *Somma*. A próxima pergunta foi se a linha poderia ser luz visível e novamente responderam não. Receosos, formularam uma explicação na qual a linha era o preto, ou seja, ausência de luz.

### 3.5 DIFRAÇÃO

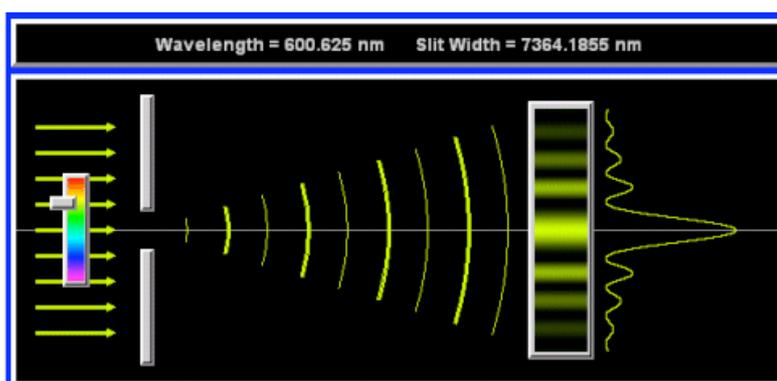


Figura IV: *Applet* sobre Difração

Após o estudo da *interferência*, no mesmo dia, realizamos estudo da *difração*. Antes de começar o estudo com o auxílio dos *applets*, os alunos responderam duas questões acerca da passagem da luz por uma fenda situado a uma distância  $d$  de um anteparo. Essas perguntas tinham por objetivo analisar os pré-conceitos ou modelos mentais que o aluno utiliza e fazê-lo refletir, caso o resultado encontrado na simulação não coincida com aquele que produziu mentalmente. Os alunos desenharam a luz proveniente da fenda espalhando-se em todas as direções, em linha reta, sendo que apenas um respondeu que o anteparo seria integralmente atingido pela luz oriunda da fenda,

enquanto que os demais responderam que a imagem observada no anteparo correspondia a própria imagem da fenda, ou seja, a luz atinge somente o centro do anteparo, localizado perfeitamente na altura da fenda.

Os alunos observaram que os modelos de imagens no anteparo que conceberam foram diferentes da imagem percebida no *applet*. Alguns relataram que não esperavam a formação das demais ‘franjas’ além da central, outros que a imagem que visualizavam nada tinha a ver com aquela que imaginaram. Porém interpretaram corretamente as faixas escuras que aparecem no anteparo do *applet* como a ausência de luz naquela parte devido ao fenômeno da *interferência luminosa*.

Antes de inicializarem a execução das tarefas com auxílio do *applet*, apresentamo-lhes o princípio de Huygens, através de um desenho. Por meio das imagens fornecidas pelo *applet* foram capazes de fazer relações entre o comprimento de onda e a largura das franjas; e entre o tamanho da fenda e a largura das franjas. Perceberam que quanto menor era o comprimento de onda, maiores eram as “curvaturas” da luz que passava pela fenda, mas não associaram essas “curvaturas”, nem o número que apareciam, com ocorrência mais acentuada ou menos acentuada do fenômeno da *difração*.

### 3.6 “REVISANDO”

A aula seguinte não utilizou *softwares*, sendo apenas uma revisão de todos os conteúdos enfocados nas aulas anteriores. Esta teve por objetivo reconhecer os pontos fortes e fracos do aprendizado, proporcionado por prática computacional. Observou-se que todos os alunos foram capazes de criar modelos mentais sobre a *reflexão*, *refração* e *interferência*, pois foram capazes de responder perguntas acerca dos temas estudados de maneira positiva. No assunto *interferência* apenas o conceito de *fase* teve de ser lembrado. Quanto ao assunto *difração*, percebeu-se que os alunos percebiam que outro fenômeno acontecia, o da *interferência*, mas não compreendiam o fenômeno da *difração*. Isso deve-se ao fato de que em seu cotidiano, esse fenômeno não é observado, pois os obstáculos a serem superados pela luz (fendas) têm ordem de grandeza muito maior do que o comprimento de onda. Assim sendo, seus modelos mentais parecem mais consistentes apenas para situações macroscópicas, nas quais o fenômeno da *difração* não é perceptível.

### 3.7 OPINIÕES DOS ALUNOS

Como encerramento, os alunos responderam um questionário avaliador da atividade. Neste 89% afirmaram que nunca haviam realizado atividades deste tipo, desenvolvidas com auxílio de computador e 91% responderam que este tipo de atividade poderia ser realizada mais vezes. Quanto ao roteiro de atividades, 77% assinalou que este fazia com que pensassem sobre o que estavam estudando.

O gráfico abaixo mostra o grau de dificuldade expressado pelos alunos, através do questionário:

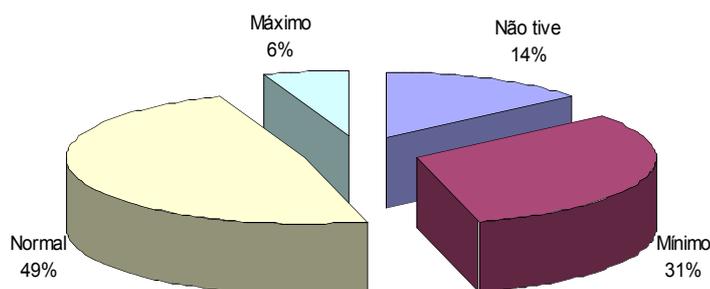


Figura VI : Grau de dificuldade expressado pelos alunos

A maior dificuldade apareceu no estudo da *difração*, para os alunos do Colégio Batista; e no estudo da *refração* para os alunos do *Colégio Gen. Álvaro Alves da Silva Braga*, lembrando que estes não tiveram oportunidade de estudar *interferência* e *difração*.

Uma opinião mais geral, dos alunos, em relação aos assuntos enfocados, dividiu-se conforme visualizado no seguinte gráfico:



Figura VII : Opiniões, dos alunos, a respeito dos conteúdos abordados.

Sobre se a atividade ajudou na compreensão dos modelos físicos estudados, 66% responderam que sim e 34% responderam 'mais ou menos'.

No final do questionário havia algumas linhas para que descrevessem o significado daquela atividade para cada um; 23% mencionou que o contato com a Informática é muito importante, pois vivemos inseridos numa sociedade na qual este tipo de conhecimento é fundamental. Assim sendo, sentiram-se mais seguros.

Os demais itens do questionário avaliador não foram incluídos devido ao fato de que os alunos do Colégio Gen. Álvaro Alves da Silva Braga não terem concluído os assuntos *interferência* e *difração*, o que os impossibilitou de responder algumas questões.

#### 4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este trabalho teve por objetivo prover uma nova ferramenta para o ensino de Física, o uso de simulações computacionais, contando que auxiliasse os alunos a construir modelos mentais consistentes sobre determinados modelos físicos, no campo da Óptica, especificamente sobre *reflexão*, *refração*, *interferência* e *difração*.

A atividade foi realizada em uma escola particular e uma escola pública, ambas localizadas na cidade de Porto Alegre. Para a prática desta foram elaborados roteiros de tarefas a serem executadas através da utilização do *software* correspondente ao assunto estudado.

Observou-se que as primeiras aulas (*reflexão* e *refração*) tiveram grau de facilidade maior que as últimas (*interferência* e *difração*), mas, mesmo com algumas dificuldades, os alunos continuavam compenetrados na atividade que estava sendo realizada.

A realização as tarefas mostrou indícios de que construíram modelos adequados para todos os fenômenos, exceto o da *difração*. Acredita-se que a construção desse modelo foi mais difícil devido à vivência macroscópica do aluno com a luz visível, por exemplo, pois não lhes é comum observar esse fenômeno no cotidiano. Sugere-se a elaboração de um *software* para o estudo da *difração* através do qual a variação do tamanho da fenda (obstáculo) seja maior, de modo que englobe o caso no qual não seja possível detectar-se a *difração*. Assim sendo, o aluno poderá comparar as ordens de grandeza envolvidas e fazer relações que incluam seus modelos macroscópicos inseridos no seu cotidiano.

O método tem limitações quando o estudante propõe um questionamento que não pode ser simulado pelo *software*, pois estes quase sempre possuem limitações bem marcadas.

A maioria dos alunos nunca havia participado de atividades como esta, com o auxílio direto do computador. Isso mostra que, embora as escolas possuam laboratórios, tanto de Física como de Informática, bem equipados, seu uso é praticamente nulo. A maioria dos professores ainda recorre à técnica de ensino tradicional, utilizando quadro negro e giz. Muitos alunos da escola pública onde trabalhou-se sequer haviam tido contato anterior com um computador, o que possibilitou um aprendizado duplo: o de como utilizar a máquina e o dos modelos físicos propostos. Foi surpreendente o fato de uma escola pública com bons computadores utilizá-los para raríssimas atividades.

Infelizmente a Física ainda é vista como um emaranhado de fórmulas matemáticas e números que não fazem sentido, para a maioria dos estudantes. O ambiente de trabalho num laboratório torna-se mais descontraído e, portanto, os alunos que efetivamente envolvem-se com a proposta, sentem-se mais livres para discutir com os colegas e tecer mais questionamentos ao professor. Assim sendo, a preocupação passa a ser de entender o conceito ao invés de decorar fórmulas matemáticas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMILETTI, G., FERRACIOLI, L.. A utilização da modelagem computacional quantitativa no aprendizado exploratório de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, V.18, n.2, p. 214-227, ago 2001.

MONAGHAM, J. M., CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, V. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. *Investigações em Ensino das Ciências*, V.1, n.3, p. 193-232, 1996.

SANTOS, G., OTERO, M. R., FANARO, M. A. Como usar software de simulación en classes de Física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, V.17, n.1, p. 50-66, abr 2000.

NECHEV, Plamen N. Importancia Pedagogica de la Informática Educativa en el Laboratorio de Fisica de la Escuela Secundaria. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION, Canela: ARB, 2000. 1 CD-ROM.

WHEELER, Paul A., ROSSING, Thomas D. Teaching acoustics on the internet. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION, Canela: ARB, 2000. 1 CD-ROM.

TABARES, Raúl, H., SILVEIRA, Enio F. Suporte Multimídia ao Ensino de Física. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION, Canela: ARB, 2000. 1 CD-ROM.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. *Física 2: Física Térmica / Óptica*. São Paulo : Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 366p : volume 2.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física 4: Ótica e Física Moderna*. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p: volume 4.

HEWITT, Paul G. *Conceptual Physics*. United States of America: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1998. p. 451-535: volume único.