



## VISUALIZADOR 3D PARA APLICAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS BÁSICAS

**Douglas Coimbra de Andrade** – [douglas@h8.ita.br](mailto:douglas@h8.ita.br) – Bolsista CNPq  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
H8A 125 – CTA  
12228-460 – São José dos Campos - SP

**José Silvério Edmundo Germano** – [silverio@fis.ita.br](mailto:silverio@fis.ita.br)  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Departamento de Física – IEFF  
Praça Marechal Eduardo Gomes, n 50  
Bairro – Vila das Acácias  
12228-900 – São José dos Campos - SP

**Resumo:** *Uma das maiores dificuldades encontradas pelos alunos no processo ensino-aprendizagem de matérias fundamentais para o engenheiro, como física, química e matemática, é a visualização do fenômeno que está sendo estudado. A correta implementação e utilização da computação gráfica em softwares educacionais permite analisar os mais variados fenômenos reais no espaço tridimensional sem a necessidade de montagens experimentais complexas que, na maioria das vezes, envolvem vários fatores alheios ao fenômeno que se deseja analisar. Essas qualidades tornam as técnicas de simulação um instrumento indispensável para pesquisas científicas e projetos de engenharia. No aspecto do ensino, a simulação computacional é muito útil para facilitar e até mesmo possibilitar a compreensão de fenômenos físicos, matemáticos e químicos. Além de ser uma ótima ferramenta de visualização, a aplicação dos recursos gráficos em sala de aula estimula o interesse dos alunos sobre o fenômeno estudado, possibilitando melhorar o processo de ensino e aprendizagem. Nesse trabalho, serão apresentados os resultados de um visualizador 3D baseado na ferramenta gráfica OpenGL, que permite, de modo simples, mostrar simulações tridimensionais de fenômenos cujas representações esquemáticas são bastante complexas. As aplicações são, principalmente, em matemática (gráficos de curvas e superfícies) e física (sistemas oscilatórios, interferência e difração).*

**Palavras-chave:** *Simulação tridimensional, matemática computacional, OpenGL*



## **1. INTRODUÇÃO**

A computação gráfica é um excelente recurso para visualização e manipulação de objetos tridimensionais a partir de ferramentas digitais. Sua correta implementação e utilização permite analisar os mais variados fenômenos reais no espaço tridimensional sem a necessidade de montagens experimentais muitas vezes complexas e que, na maioria das vezes, envolvem vários fatores alheios ao fenômeno que se deseja analisar.

São essas características que tornam as técnicas de simulação computacional um instrumento indispensável para as pesquisas científicas e projetos de engenharia: químicos quânticos utilizam softwares para aplicar a teoria de Schrödinger a moléculas relevantes e descobrir propriedades fundamentais de materiais importantíssimos para a indústria e para a sociedade em geral. Engenheiros desenham peças mecânicas e estruturas no computador e podem fazer simulações virtuais de esforços das estruturas ou análise do escoamento de fluidos em torno das peças, identificando problemas operacionais antes de sua execução real. As aplicações são numerosas e têm alta relevância.

No aspecto acadêmico, a simulação computacional é muito útil para facilitar e, às vezes, até mesmo possibilitar a compreensão de fenômenos físicos, matemáticos e químicos. Além de ser uma ótima ferramenta de visualização, a aplicação dos recursos gráficos em sala de aula estimula o interesse dos alunos sobre o fenômeno estudado, possibilitando melhorar o processo de ensino e aprendizagem.

Nesse aspecto, um visualizador tridimensional amplo, com vários recursos, é uma ferramenta de extrema utilidade ao professor de física e matemática, que irá dispor de uma ferramenta poderosa para mostrar graficamente aos alunos o fenômeno físico ou a equação matemática estudada.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do trabalho é desenvolver algoritmos em matemática computacional para a confecção de aplicativos tridimensionais de fácil utilização que sejam capazes de evidenciar aspectos físicos e matemáticos de fenômenos reais. Para isso, foi desenvolvido um ambiente tridimensional na linguagem Visual Basic com recursos de câmera e zoom em OpenGL.

Os softwares desenvolvidos são: Visualizador de moléculas químicas, visualizador de gráficos matemáticos, simulador de difração em fenda única, simulador de difração e interferência em fenda dupla, simulador de interferência de ondas circulares e simulador de sistema massa-mola.

## **3. CONFECÇÃO DO VISUALIZADOR**

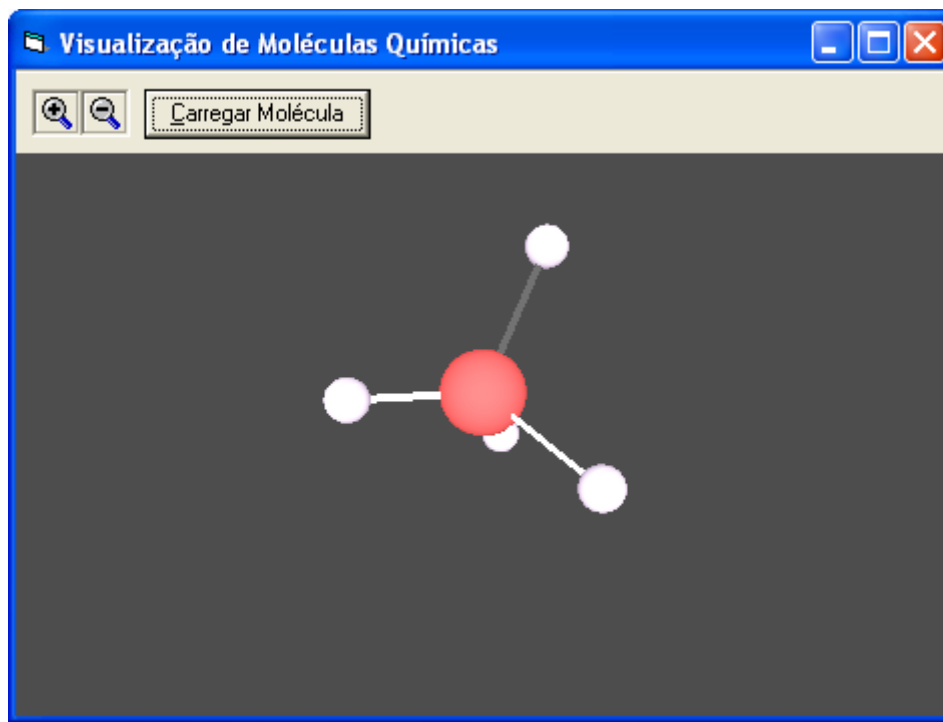
O ambiente gráfico foi construído utilizando os recursos OpenGL oferecidos pelo Visual Basic. A estrutura de todos os programas desenvolvidos está baseada em um ambiente de simulação interativo com o mouse. Sobre essa plataforma básica foram criados os demais aplicativos.

É importante ressaltar que a ferramenta gráfica utilizada funciona de maneira otimizada. Os cálculos gráficos são enviados (se possível) para a placa de vídeo do computador, de forma que possuir essa peça de hardware torna o simulador mais eficiente. A ausência da placa de vídeo, entretanto, não impede a execução dos programas.

A escolha de construir vários aplicativos especializados em vez de um que contivesse todos os fenômenos deve-se à busca pela simplicidade. A idéia é tornar os softwares auto-explicativos, com pouquíssima necessidade de aprendizado para sua manipulação. Essa característica provavelmente estimulará o uso dos programas para fins educativos, pois alunos

e professores ficam mais motivados para utilizar um simulador simples, como por exemplo o mostrado na figura 1, o visualizador de moléculas tridimensionais, em que basta selecionar a molécula a ser visualizada e girá-la com o mouse.

Figura 1 – Software visualizador de moléculas construído sobre a plataforma básica



## 4. MODELOS MATEMÁTICOS UTILIZADOS NOS SIMULADORES

### 4.1 Visualizador de gráficos matemáticos

Esse software foi desenvolvido com o intuito de permitir a visualização de curvas e superfícies representadas por suas equações paramétricas. O usuário pode fornecer as equações e o programa desenha tridimensionalmente (através de retas e triângulos) o gráfico desejado.

Para esse visualizador, foi necessário confeccionar um interpretador matemático capaz de converter textos em números reais. Esse processo é feito em duas etapas: primeiro converte-se o texto para uma estrutura em pilha, tarefa executada uma única vez para cada equação. Após isso, são atribuídos valores às variáveis e a pilha é calculada (do mesmo modo que em uma calculadora científica tipo HP). Esse procedimento torna o processo de interpretação muito eficiente.

### 4.2 Simuladores de difração em fenda única e difração e interferência em fenda dupla

Os softwares para difração em fenda única e difração e interferência em fenda dupla estão fundamentados nas leis físicas que regem esse fenômeno e podem ser encontradas em HALLIDAY et al. (1993) e outros livros de física universitária. A equação básica utilizada é a fórmula para o cálculo da intensidade da onda. Trata-se de um software que mostra qualitativamente os fenômenos e facilitam significativamente sua compreensão, mostrando franjas de interferência construtiva e destrutiva.

### 4.3 Simulador de interferência em ondas circulares

Esse simulador mostra a interferência entre dois gráficos de intensidade com configuração circular (como, por exemplo, a interferência entre as ondas produzidas por duas gotas pingando em uma bacia com água). A simulação é essencialmente qualitativa, e o modelo matemático utilizado é a equação (1):

$$f(x, y) = A e^{(-aux c)} \cos\left(2 \pi \left(1 - \frac{aux}{\lambda}\right) + Tempo v\right) \quad (1)$$

onde

$$\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (2)$$

e os parâmetros são:

$c$  – amortecimento da onda

$\lambda$  – comprimento de onda

$v$  – velocidade da onda

$(x_0, y_0)$  – posição do centro da onda no plano  $xy$

Essa equação corresponde à rotação de uma senóide em torno do eixo  $z$ . O parâmetro de tempo controla a evolução da animação. Cada função  $f$  corresponde a uma onda diferente, e para fazer a figura de interferência basta superpor todas as funções de onda com uma soma algébrica simples.

Figura 2 – Gráfico de onda circular gerada pela fórmula apresentada

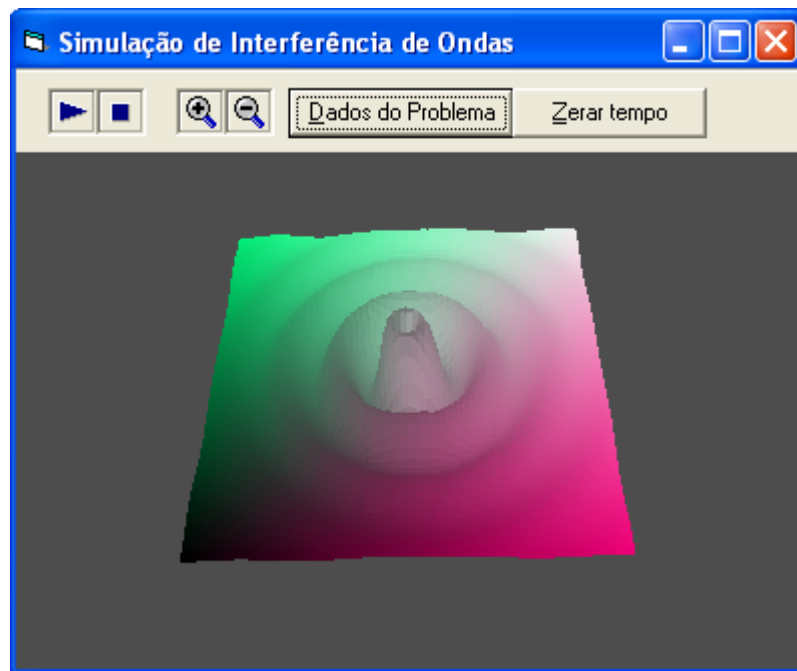
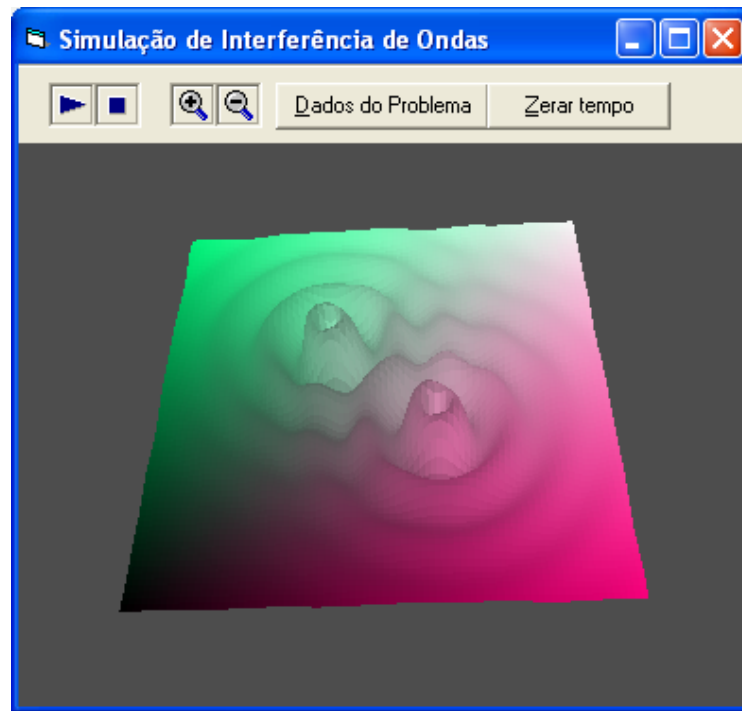


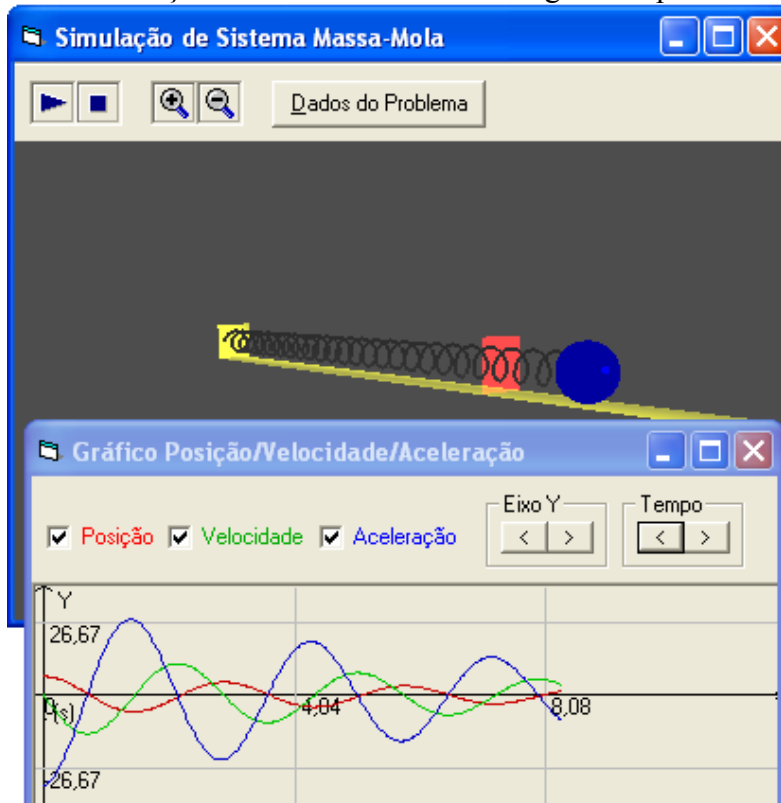
Figura 3 – Superposição de duas ondas circulares



#### 4.4 Simulador de sistema massa-mola

Esse simulador mostra (figura 4) um sistema massa-mola em que a posição da massa é dada pela solução da equação do movimento amortecido, conforme a equação (3):

Figura 4 – Visualização do sistema massa-mola e gráficos para um sistema amortecido



$$m \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} x(t) \right) + c \left( \frac{\partial}{\partial t} x(t) \right) + k x(t) = A \cos(\omega t) \quad (3)$$

Onde  $\mathbf{x}(t)$  fornece a posição da massa como função do tempo,  $\mathbf{m}$  expressa a massa da mola,  $\mathbf{c}$  é o coeficiente de atrito,  $\mathbf{k}$  é a constante elástica da mola,  $\mathbf{A}$  é a amplitude da força externa aplicada e  $\omega$  é a frequência externa.

O método numérico escolhido para a solução da equação diferencial foi o Runge-Kutta clássico com passo fixo, através do recurso de transformação da EDO em um sistema de duas EDOs de primeira ordem:

$$\frac{\partial}{\partial t} v(t) = \frac{-c v(t) - k x(t) + A \cos(\omega t)}{m} \quad (4)$$

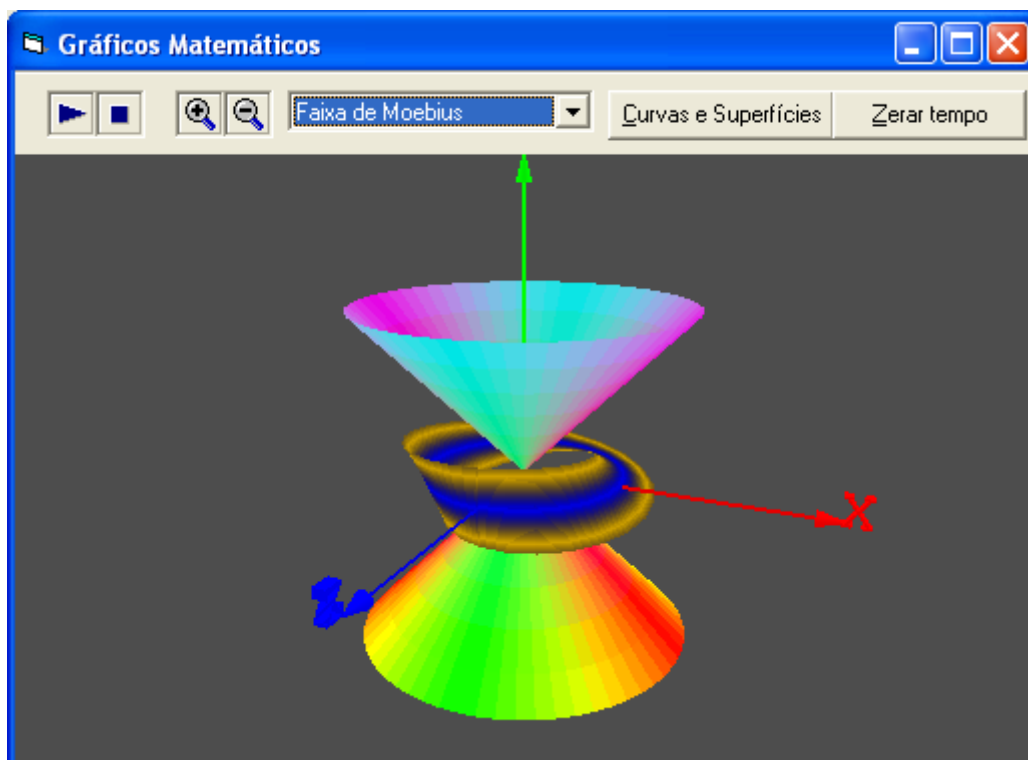
$$\frac{\partial}{\partial t} x(t) = v(t) \quad (5)$$

## 5. RECURSOS DOS SOFTWARES

### 5.1 Visualizador de gráficos matemáticos

O visualizador apresenta curvas e superfícies já parametrizadas para facilitar sua utilização. As curvas são: hélice, trajetória helicoidal, figura de Lissajous e espiral. As superfícies são: parabolóide, cone, esfera, cilindro, distribuição gaussiana e faixa de Moebius (figura 5).

Figura 5 – Visualizador mostrando cone e faixa de Moebius já definidos internamente

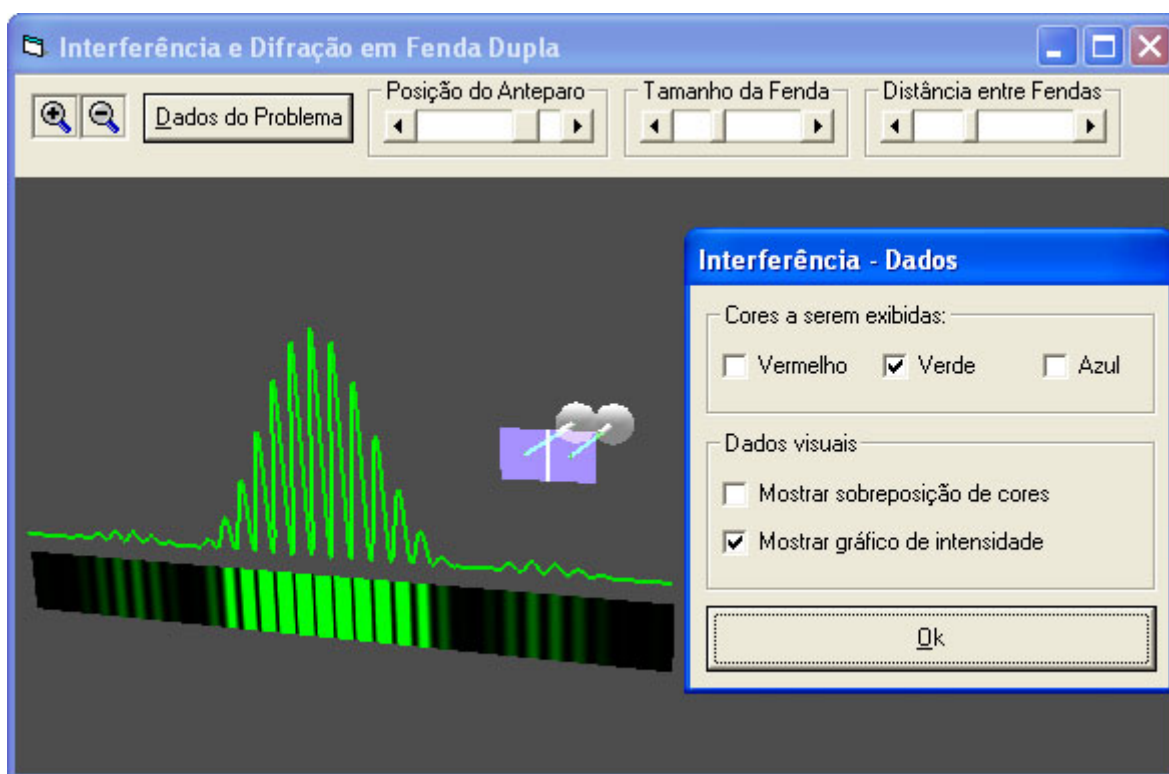


Se o usuário desejar, pode digitar suas próprias parametrizações clicando no botão “Curvas e Superfícies”. O parâmetro das curvas é  $x$ , e os parâmetros das superfícies são  $x$  e  $y$ , sendo também possível utilizar a variável “ $t$ ” para que a parametrização varie ao longo do tempo, permitindo a criação de animações tridimensionais.

## 5.2 Simulador de difração em fenda única e difração e interferência em fenda dupla

Os simuladores de difração em fenda única e fenda dupla são os de mais fácil controle. Barras de rolagem e checkboxes são utilizadas para alteração dos parâmetros relevantes no sistema (posição do anteparo, tamanho da fenda, distância entre fendas e comprimento de onda), com imediata alteração na tela (figura 6). A alteração física que cada parâmetro proporciona é visualizada instantaneamente. As opções de cores é utilizada para permitir a variação do comprimento de onda da luz emitida pelos projetores (e mostrar seu efeito físico).

Figura 6 – Figura de interferência simulada no programa



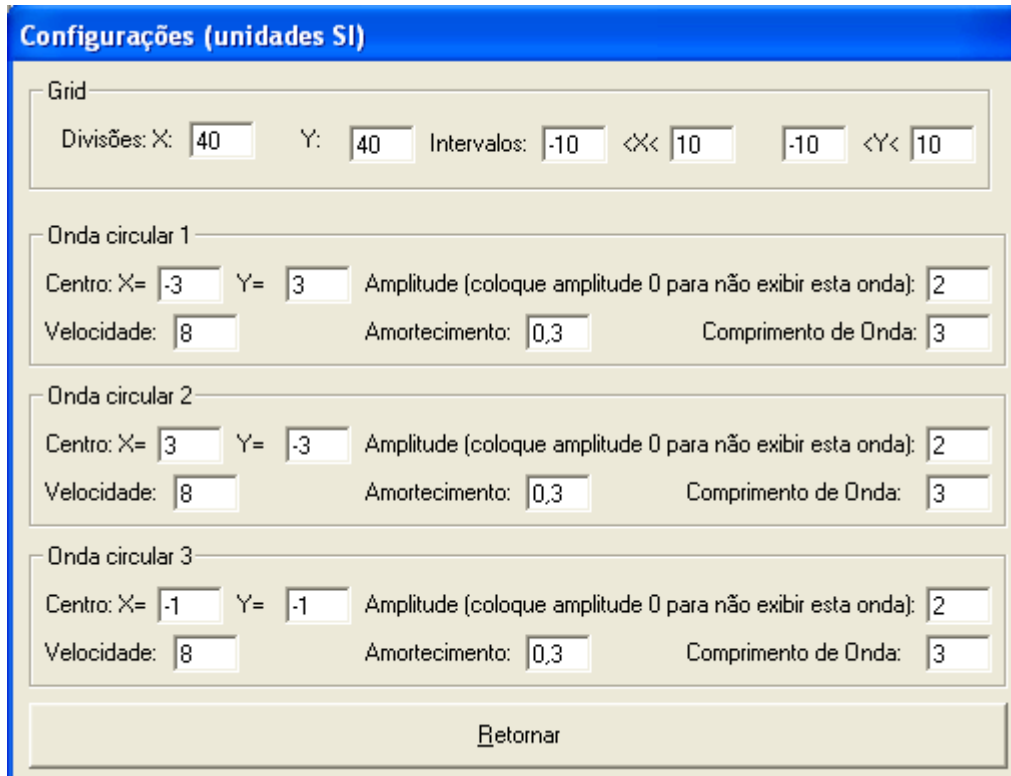
## 5.3 Simulador de interferência em ondas circulares

Nesse simulador é necessário configurar os parâmetros das ondas a serem exibidas, que são valores utilizados na equação (1). Até três ondas podem ser exibidas simultaneamente. Esses gráficos de onda podem ser obtidos com o visualizador de gráficos matemáticos. No entanto, o simulador de interferência em ondas circulares é otimizado para a função que exerce por não precisar de interpretador e porque efetua cálculos com precisão simples em vez de dupla. Esses fatores tornam o simulador significativamente mais rápido para a execução da tarefa proposta.

Os comandos do simulador estão mostrados na figura 7. A opção grid serve para configurar qual região do plano deve ser calculada (intervalos de  $X$  e  $Y$ ) e a resolução da

imagem (divisões X e Y). Quanto mais divisões, melhor a qualidade da imagem e mais lento é o cálculo dos quadros (o número total de cálculos é o produto do número de divisões em X pelo número de divisões em Y).

Figura 7 – Tela de controle dos parâmetros associados às ondas circulares



**Configurações (unidades SI)**

Grid  
 Divisões: X: 40 Y: 40 Intervalos: -10 <X> 10 -10 <Y> 10

Onda circular 1  
 Centro: X= -3 Y= 3 Amplitude (coloque amplitude 0 para não exibir esta onda): 2  
 Velocidade: 8 Amortecimento: 0,3 Comprimento de Onda: 3

Onda circular 2  
 Centro: X= 3 Y= -3 Amplitude (coloque amplitude 0 para não exibir esta onda): 2  
 Velocidade: 8 Amortecimento: 0,3 Comprimento de Onda: 3

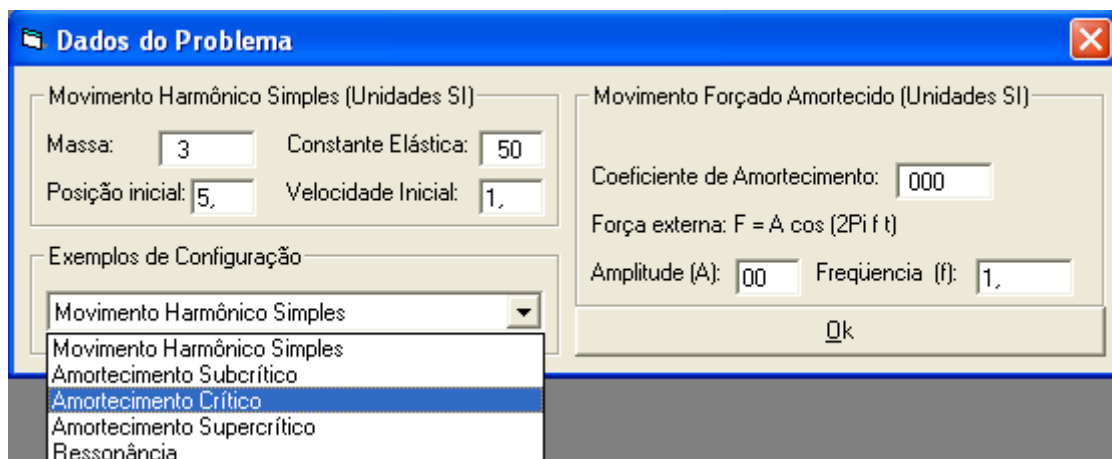
Onda circular 3  
 Centro: X= -1 Y= -1 Amplitude (coloque amplitude 0 para não exibir esta onda): 2  
 Velocidade: 8 Amortecimento: 0,3 Comprimento de Onda: 3

Retornar

#### 5.4 Simulador de sistema massa-mola

Esse simulador tem pré-definidos alguns casos clássicos sobre osciladores: movimento harmônico simples, sistemas com amortecimento crítico, subcrítico e supercrítico e ressonância (figura 8).

Figura 8 – Configurações do sistema massa-mola



**Dados do Problema**

Movimento Harmônico Simples (Unidades SI)  
 Massa: 3 Constante Elástica: 50  
 Posição inicial: 5 Velocidade Inicial: 1

Movimento Forçado Amortecido (Unidades SI)  
 Coeficiente de Amortecimento: 000  
 Força externa:  $F = A \cos(2\pi f t)$   
 Amplitude (A): 00 Frequência (f): 1

Exemplos de Configuração  
 Movimento Harmônico Simples  
 Movimento Harmônico Simples Amortecimento Subcrítico  
 Amortecimento Crítico  
 Amortecimento Supercrítico  
 Ressonância

Ok





Se o usuário desejar, pode utilizar a janela mostrada na figura 8 para alterar os parâmetros do sistema, definidos na equação (3).

### 5.5 Visualizador de moléculas químicas

O visualizador de moléculas químicas permite girar moléculas pré-definidas. As considerações são puramente geométricas: são fornecidas as coordenadas das esferas (que representam os átomos) e o programa exibe na tela as esferas e as ligações (por meio de segmentos de retas)

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os programas desenvolvidos nesse trabalho fazem parte de um trabalho de iniciação científica, cujo objetivo é a construção de uma ferramenta baseada em computação gráfica, que pudesse ser utilizada pelos professores de física e matemática do ITA nas aulas teóricas, para auxiliar na visualização e compreensão de vários fenômenos. Os modelos matemáticos são aqueles estudados nos cursos de matemática e física, de forma que os softwares permitem uma melhor compreensão do significado das equações e de seus termos.

Essas aplicações já estão sendo utilizadas no dia a dia da sala de aula e tem tido ótimos resultados do ponto de vista didático pedagógico. Por fim, vale ressaltar que os recursos de computação gráfica têm um excelente potencial para auxiliar o processo de ensino-aprendizado, apesar de ainda serem pouco utilizados e explorados tanto em escolas de ensino médio quanto no ensino superior.

### *Agradecimentos*

Agradeço o apoio técnico dos departamentos de física e matemática do Instituto Tecnológico de Aeronáutica e ao incentivo do CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

STOER, J., e BULIRSCH, R. **Introduction to Numerical Analysis** New York: SpringerVerlag, 1993.

GEAR, C. W. **Numerical Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations** Academic Press, 1988.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentals of Physics**, LTC, 1993

## 3D ENVIRONMENT FOR TEACHING BASIC SCIENCES

**Abstract:** *One of the greatest difficulties found by students in the learning process of basic subjects for engineers, such as physics, chemistry and mathematics, is the visualization of the studied phenomenon. A correct implementation and use of graphical computing in educational software allows the study of many real phenomena in tridimensional space without needing complex experiences which, most often, include many factors that shouldn't be taken into consideration in the desired phenomenon. These qualities make simulation techniques an extremely important tool for scientific research and engineering projects. For teaching, computational simulation is very useful to make easier or even allow comprehension of physical, mathematical and chemistry phenomena. Besides being a great*



*visualization tool, the use of graphical resources in class stimulates student's interest on the studied phenomenon, allowing a better learning process. This work presents the results obtained from a 3D environment based on the graphic tool OpenGL, which allows showing tridimensional simulations of phenomena whose schematic drawings are very complex in a simple way. The software show mainly uses in mathematics (curves and surfaces graphs) and physics (oscillatory systems, interference and diffraction).*

***Key-words:*** *Tridimensional simulation, computational mathematics, OpenGL*