

Oscilações e ondas - Projeto computacional

Manual de instruções

Afonso Sequeira Azenha nº 96502

Junho 2020

Resumo

Este manual foi escrito apenas com o intuito de clarificar o funcionamento do programa desenvolvido. Neste sentido, na existência de alguma dúvida, deve então ser consultado para o seu esclarecimento.

Conteúdo

1	Visão geral	2
2	Simulação	3
2.1	Escala	3
2.2	Tempo e frequências máxima e mínima	3
3	Parâmetros	4
3.1	Velocidades e frequência de emissão	4
3.2	Exemplos	5
3.2.1	Exemplo 1	5
3.2.2	Exemplo 2	5
3.2.3	Exemplo 3	5
3.3	Controlo da simulação	6
3.3.1	'Começar'	6
3.3.2	'Pausar'	6
3.3.3	'Reset'	6
4	Detalhes do código	7
4.1	<i>Redshift</i> e <i>Blueshift</i>	7
4.2	Cone de <i>Mach</i>	7
4.3	Limitações de memória e otimização	8

1 Visão geral

Este programa foi desenvolvido com o intuito de ilustrar graficamente o efeito de *Doppler*, bem como outros fenómenos que surgem como consequência do mesmo (nomeadamente, o cone de *Mach*). Neste sentido, dividi a interface em duas partes:

- (i). Um primeiro quadro, à esquerda, onde se encontra a simulação propriamente dita.
- (ii). E um segundo quadro, à direita, onde é possível alterar os parâmetros de controlo da simulação.

O programa permite alterar 3 valores:

- (i). A velocidade do movimento da fonte.
- (ii). A velocidade de propagação das ondas no meio.
- (iii). E a frequência de emissão da fonte.

Decidi, ainda, colocar 3 exemplos, com o intuito de ilustrar vários fenómenos interessantes consequentes do efeito de *Doppler*. Estes exemplos estarão explicados em detalhe na nota informativa que acompanha o programa.

De agora em diante, passarei a detalhar cada uma das 2 secções do programa mencionadas anteriormente.

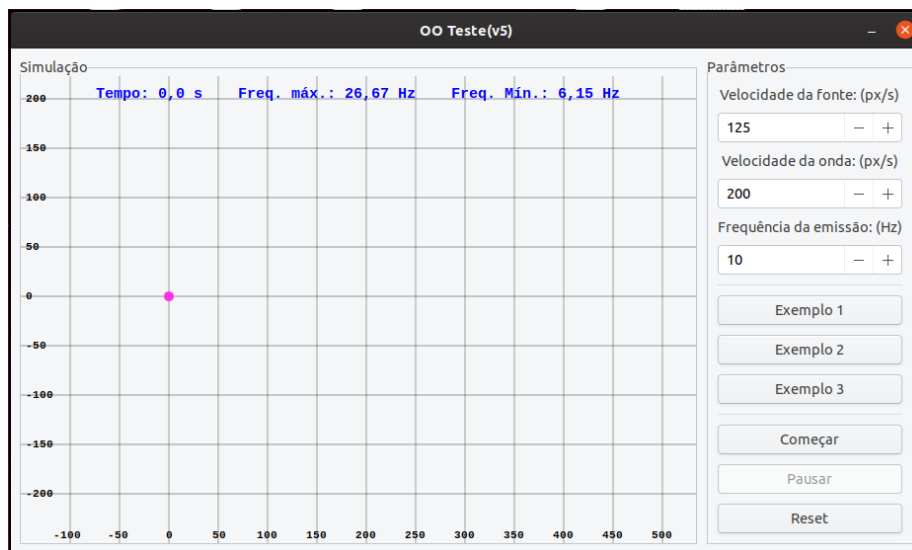


Figura 1: Janela do programa

2 Simulação

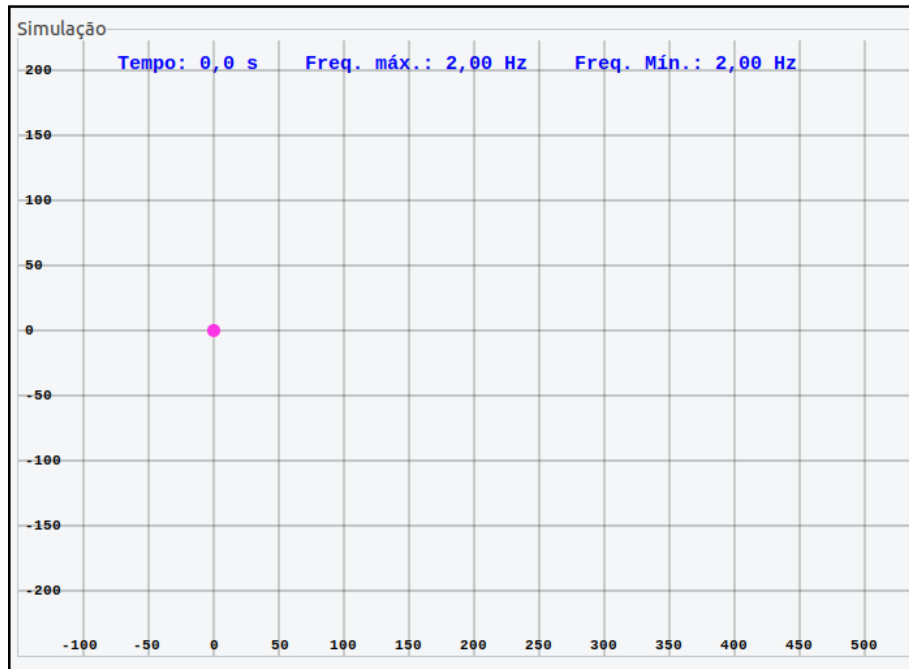


Figura 2: Quadro da simulação

2.1 Escala

O quadro da simulação foi construído com uma escala a fim de melhor se visualizar o movimento das ondas e da fonte. Os números presentes na escala vêm todos afetados da unidade *pixel*. Adicionalmente, a escala é relativa à posição inicial da fonte emissora.

2.2 Tempo e frequências máxima e mínima

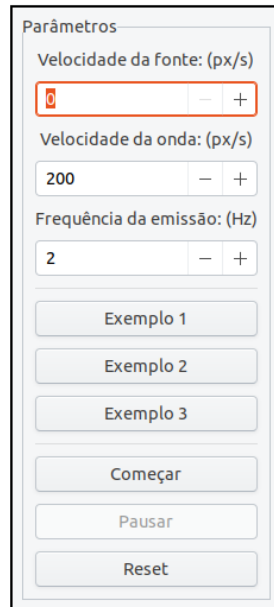
Para além de uma escala, este quadro possui informações relativas ao tempo decorrido desde o início da simulação, bem como as frequências máxima e mínima percebidas, como consequência do efeito de *Doppler*, obtidas com a expressão:

$$f = \left(\frac{v_o}{v_o \pm v_f} \right) f_0, \text{ admitindo um observador estático (relativamente ao meio).}$$

Em que:

f - frequência percebida; v_o - velocidade de propagação da onda no meio considerado; v_f - velocidade da fonte relativamente ao meio; f_0 - frequência emitida.

3 Parâmetros



Parâmetros

Velocidade da fonte: (px/s)

0 - +

Velocidade da onda: (px/s)

200 - +

Frequência da emissão: (Hz)

2 - +

Exemplo 1

Exemplo 2

Exemplo 3

Começar

Pausar

Reset

Figura 3: Quadro com os parâmetros

3.1 Velocidades e frequência de emissão

O programa permite alterar os 3 parâmetros visíveis na figura 2, como já mencionado anteriormente. É importante mencionar que as velocidades vêm afetadas da unidade *pixel* por segundo (px/s) e a frequência vem afetada de *Hertz* (Hz). Os limites de variação dos parâmetros são os seguintes¹:

- (i). A velocidade do movimento da fonte varia entre 0 e 500 px/s.
- (ii). A velocidade de propagação das ondas no meio varia entre 0 e 500 px/s.
- (iii). E a frequência de emissão da fonte varia entre 0 e 20 Hz.

O utilizador pode fazer variar livremente os parâmetros dentro destes limites, a fim de observar diferentes comportamentos do sistema.

¹Nota: verifiquei que valores mais elevados que estes não permitiam uma boa visualização do efeito de *Doppler* e do cone de *Mach*, por isso excluí-os.

3.2 Exemplos

Como já foi referido no início deste manual, decidi colocar 3 exemplos para ilustrar os diversos comportamentos do sistema. Clicar nos botões altera automaticamente os valores dos parâmetros para os referidos nas alíneas seguintes.

3.2.1 Exemplo 1

Exemplo clássico do efeito de *Doppler*. Foram considerados os valores:

- (i). Velocidade do movimento da fonte = 125 px/s.
- (ii). Velocidade de propagação das ondas = 200 px/s.
- (iii). Frequência de emissão da fonte = 10 Hz.

3.2.2 Exemplo 2

Este exemplo permite a visualização de um cone de *Mach*. Admite os valores:

- (i). Velocidade do movimento da fonte = 350 px/s.
- (ii). Velocidade de propagação das ondas = 200 px/s.
- (iii). Frequência de emissão da fonte = 15 Hz.

3.2.3 Exemplo 3

O último exemplo é algo curioso. A explicação deste estará presente na nota informativa que acompanha o programa. De qualquer modo, considera os seguintes valores:

- (i). Velocidade do movimento da fonte = 200 px/s.
- (ii). Velocidade de propagação das ondas = 200 px/s.
- (iii). Frequência de emissão da fonte = 20 Hz.

Os valores em cada um destes exemplos foram escolhidos arbitrariamente por mim para facilitar a visualização dos fenómenos relevantes para o trabalho, nomeadamente, o efeito de *Doppler* e o cone de *Mach*. É claro que o utilizador é livre para experimentar com quaisquer valores quiser.

3.3 Controlo da simulação

É aqui que há algo mais a constatar para além do óbvio. Como se pode ver na figura 2, o programa possui outros 3 botões: 'Começar', 'Pausar' e 'Reset'.

3.3.1 'Começar'

Este botão serve para inicializar a simulação. Uma vez premido, o programa bloqueia os valores dos parâmetros para que não possam mais ser alterados. Naturalmente, clicar no 'Começar' irá também reiniciar a simulação, caso o botão 'Pausar' tenha entretanto sido premido. Caso pretenda alterar novamente os valores dos parâmetros, deverá premir o botão 'Reset'. Falarei mais acerca disto na secção 3.3.3 à frente.

3.3.2 'Pausar'

O botão 'Pausar' serve apenas para pausar a simulação, nada mais faz. Permite observar melhor as figuras geradas.

3.3.3 'Reset'

Este último botão serve para dar um *reset* completo à simulação. Essencialmente, o que ele faz é voltar atrás até ao ponto onde o movimento ainda não tinha começado, isto é, torna a meter a fonte na sua posição inicial, ao mesmo tempo que limpa o quadro da simulação e coloca o tempo a zero. Quando o 'Reset' for premido, a simulação é pausada e os botões que permitem alterar os valores dos parâmetros são desbloqueados. Este botão deve ser utilizado quando pretendermos reiniciar a simulação ou alterar os seus valores. Adicionalmente, ao clicar no 'Reset', os valores que anteriormente se tinham guardados para as velocidades e frequência são conservados. Isto permite uma rápida e fácil repetição de simulações.

Relativamente aos aspetos técnicos do programa, nada mais há para falar. Existem, no entanto, mais alguns mecanismos utilizados que eu acho relevante mencionar. Veremos isto na próxima secção.

4 Detalhes do código

Caso ainda não tenha reparado, o programa tem mais algumas funcionalidades criadas para complementar a interpretação dos fenómenos do efeito de *Doppler* e do cone de *Mach*.

4.1 *Redshift* e *Blueshift*

Foi implementado no código um mecanismo que permite alterar a cor das ondas, como maneira de refletir os fenómenos de *Redshift* e *Blueshift* característicos do efeito de *Doppler*. Onde for perceptível uma menor frequência do que a originalmente emitida, é visível uma tonalidade mais avermelhada do roxo tomado como cor base. Por outro lado, onde a frequência percebida for maior do que a original, é visível uma tonalidade mais azulada. Quanto mais pronunciadas forem estas diferenças de frequência, mais pronunciadas serão, também, as diferenças de cor. O método utilizado na representação do *Redshift* e *Blueshift* foi implementado de maneira não muito rigorosa. Isto é, as variações de cor não são exatamente as que se verificariam no caso do efeito de *Doppler* real. É um mecanismo meramente ilustrativo utilizado apenas para dar uma ideia destes conceitos. No entanto, desconsiderando a sua imprecisão face ao real, funciona bastante bem no contexto deste programa².

4.2 Cone de *Mach*

Adicionalmente, quando a velocidade da fonte é superior à velocidade de propagação das ondas no meio, verifica-se a formação de um cone de *Mach*. Parte do código do programa está encarregue de identificar situações em que se verifique a formação de tais cones, bem como calcular o designado ângulo de *Mach*, isto é, o ângulo característico do cone em causa. Este ângulo é calculado com a expressão:

$$\mu = \arcsin \left(\frac{1}{M} \right)$$

Em que:

$$M = \frac{v_f}{v_o}, \text{ representa o número de } Mach.$$

Com:

v_f - velocidade da fonte relativamente ao meio.

v_o - velocidade de propagação da onda no meio em causa.

A designação número de *Mach* é utilizada quando o meio em causa é o ar, considerando-se a propagação de ondas sonoras. Aqui é utilizado de uma maneira mais geral.

²Nota: as variações de cor são calculadas tendo em conta as frequências máxima e mínima visíveis no topo do quadro da simulação.

4.3 Limitações de memória e otimização

Aquando do desenvolvimento do programa decidi que a fonte emissora iria ser capaz de emitir, no máximo, 200 pulsos. Na frequência máxima permitida pelo programa (20 Hz) isto corresponderia a uma emissão que duraria 10 segundos. Após isso, a fonte deixaria de emitir. O motivo por detrás desta limitação prende-se, principalmente, com questões de memória e rapidez do programa. Se permitisse à fonte emitir mais pulsos, acabaria por comprometer o funcionamento suave e fluído do programa. No entanto, tendo em conta o tamanho da janela da simulação, isto raramente será um problema, motivo pelo qual fixei o número máximo de pulsos em 200 e não algo mais elevado.