

Transdutores: nem sempre o que se mede é o que se objetivava medir

Diogo Bernardes Tridapalli; Guilherme Nunes Hanninger e Zwinglio de Oliveira Guimarães Filho

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de uma investigação efetuada sobre um experimento realizado nos laboratórios didáticos do IFUSP⁰¹ onde se observou problemas provocados pela interpretação errônea do funcionamento do transdutor utilizado, o que comprometia a descrição do fenômeno.

O experimento na disciplina

O objetivo do experimento executado na disciplina de Física Experimental II do IFUSP⁰¹ é a determinação da velocidade do som utilizando para isso a relação entre a frequência e o comprimento da onda sonora correspondente.

$$v = \lambda \cdot f$$

Para medir o comprimento da onda observa-se a condição de ressonância no interior de um tubo com uma das extremidades fechada por um embolo (figura 1), determinando-se os comprimentos do tubo (posições do embolo) em que a intensidade do sinal do microfone é máxima (posições dos máximos). O comprimento de onda é obtido da relação entre os comprimentos do tubo em função da ordem da ressonância correspondente (equação na figura 2).

Modificação no procedimento experimental proposta por uma das turmas

Durante o experimento uma das turmas decidiu obter o comprimento de onda também a partir dos comprimentos do tubo em que a amplitude do sinal era mínima (posições dos mínimos). Como esperado, os comprimentos de onda obtidos pelos mínimos e pelos máximos eram compatíveis entre si, o que possibilitou melhorar a determinação da velocidade do som com o uso do procedimento proposto.

Problemas no experimento que foram observados devido às modificações

- Ao contrário do que se esperava, as posições dos mínimos não estavam na metade do intervalo entre duas posições sucessivas dos máximos. (figuras 3 e 4)
- Diversos grupos relataram que o máximo de amplitude do sinal não coincidia com o máximo da intensidade sonora escutada.
- Observou-se ainda que as incertezas nas posições dos mínimos (obtidas pela flutuação dos pontos ao redor do comportamento médio) eram equivalentes às dos máximos, embora em um comportamento de ressonância típico os máximos são bem melhores definidos que os mínimos.

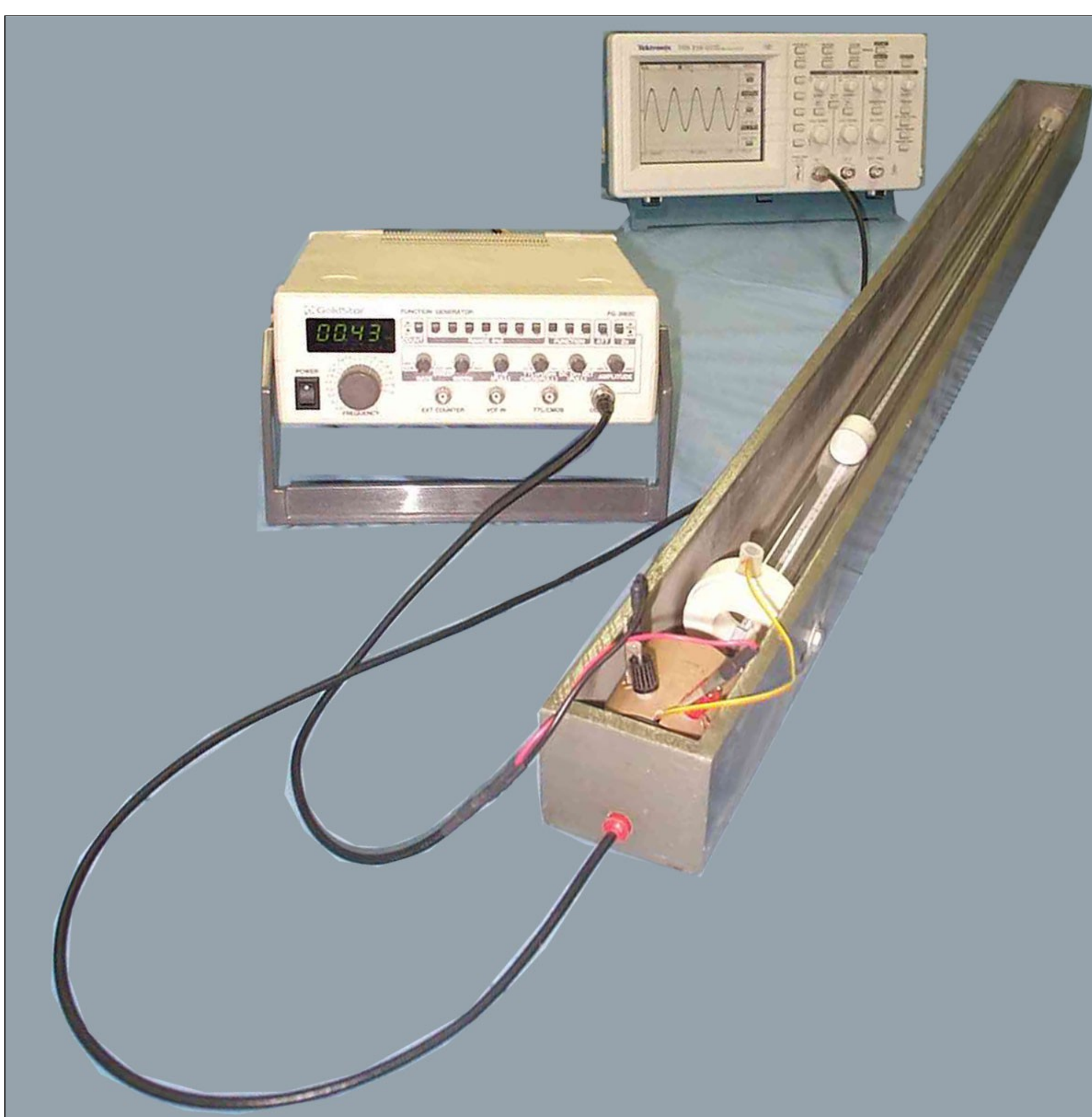


Figura 1: Foto do arranjo experimental utilizado, mostrando o gerador de onda, o osciloscópio e o tubo (dentro da caixa cinza). O microfone de eletreto está adaptado no bocal do tubo.

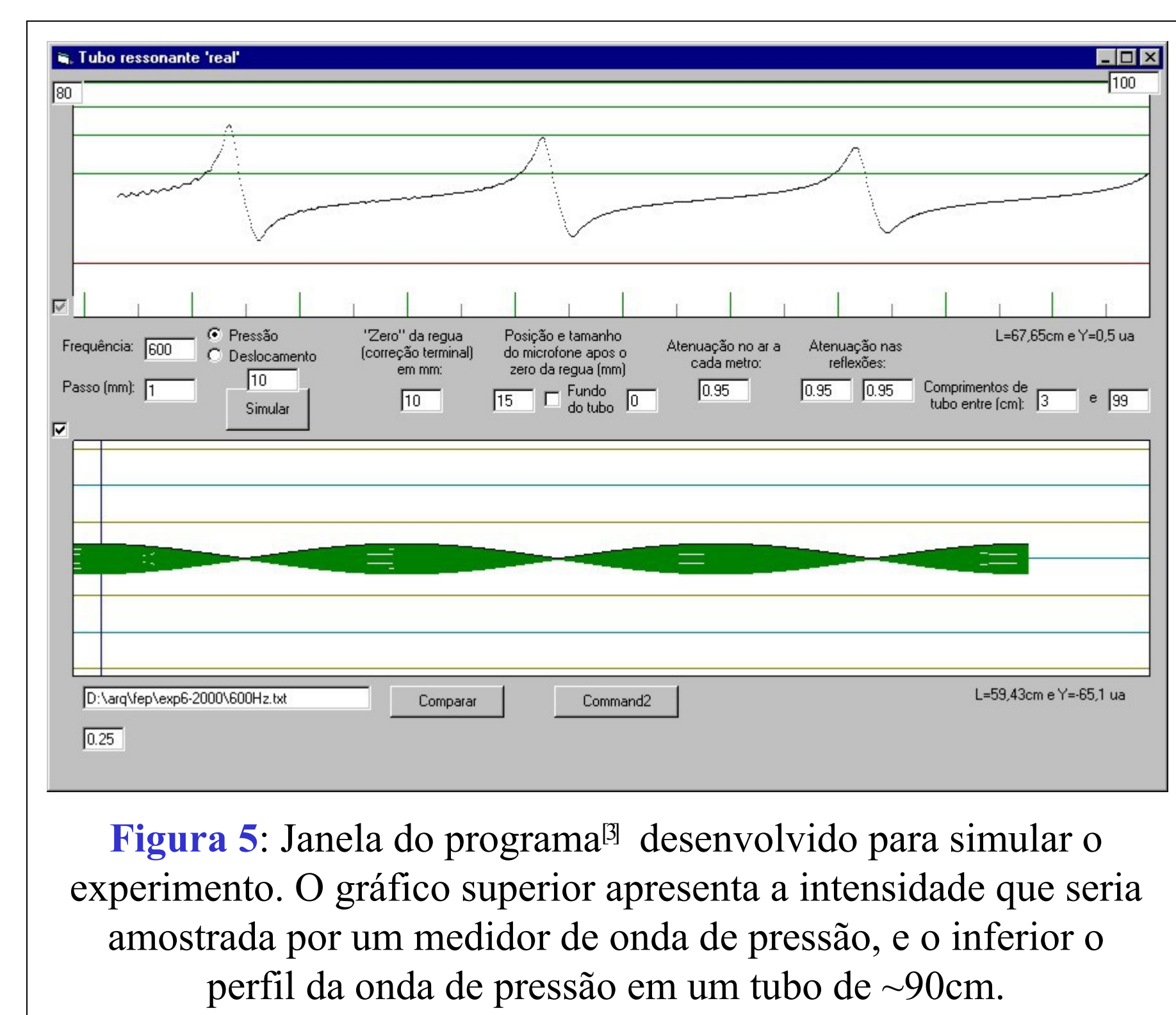


Figura 5: Janela do programa⁰³ desenvolvido para simular o experimento. O gráfico superior apresenta a intensidade que seria amostrada por um medidor de onda de pressão, e o inferior o perfil da onda de pressão em um tubo de ~90cm.

Procedimento para investigar os problemas encontrados

Para estudar o comportamento fora da condição de ressonância, foi determinada a amplitude do sinal do microfone em função do comprimento do tubo, não apenas nas posições dos máximos e dos mínimos, mas em diversas posições entre estes (figura 3).

Na interpretação do comportamento observado foi preciso lembrar que uma onda sonora é na verdade a composição de uma onda de pressão com uma onda de deslocamento, em quadratura (deslocadas de 90°)⁰², e portanto, para ondas estacionárias a intensidade de cada uma destas em um determinado ponto difere da intensidade da onda sonora.

O funcionamento de um microfone de eletreto, que mede a variação de pressão, juntamente com o fato de haver no tubo uma onda estacionária são suficientes para descrever o comportamento observado.

Para facilitar a compreensão do fenômeno desenvolvemos um programa⁰³ que simula o experimento e permite extrair a informação da amplitude da onda de pressão e/ou de deslocamento em um ponto do tubo (equivalente à posição do transdutor).

O programa fornece o gráfico do comportamento do sinal em função do comprimento do tubo para a frequência escolhida (figura 5), que pode ser comparado com os resultados experimentais. Com isso conseguimos descrever o comportamento da amplitude do sinal observado na figura 3.

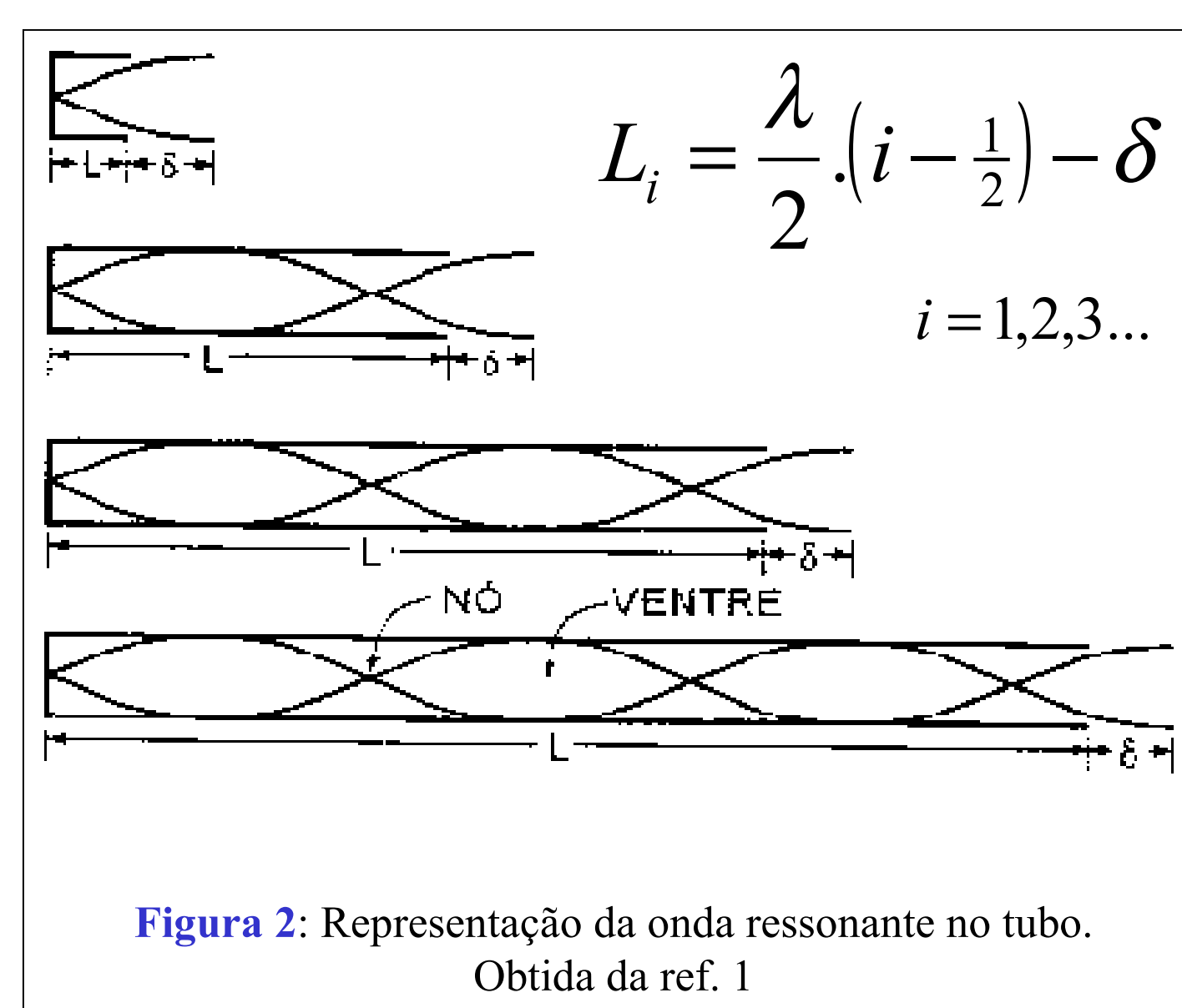


Figura 2: Representação da onda ressonante no tubo. Obtida da ref. 1

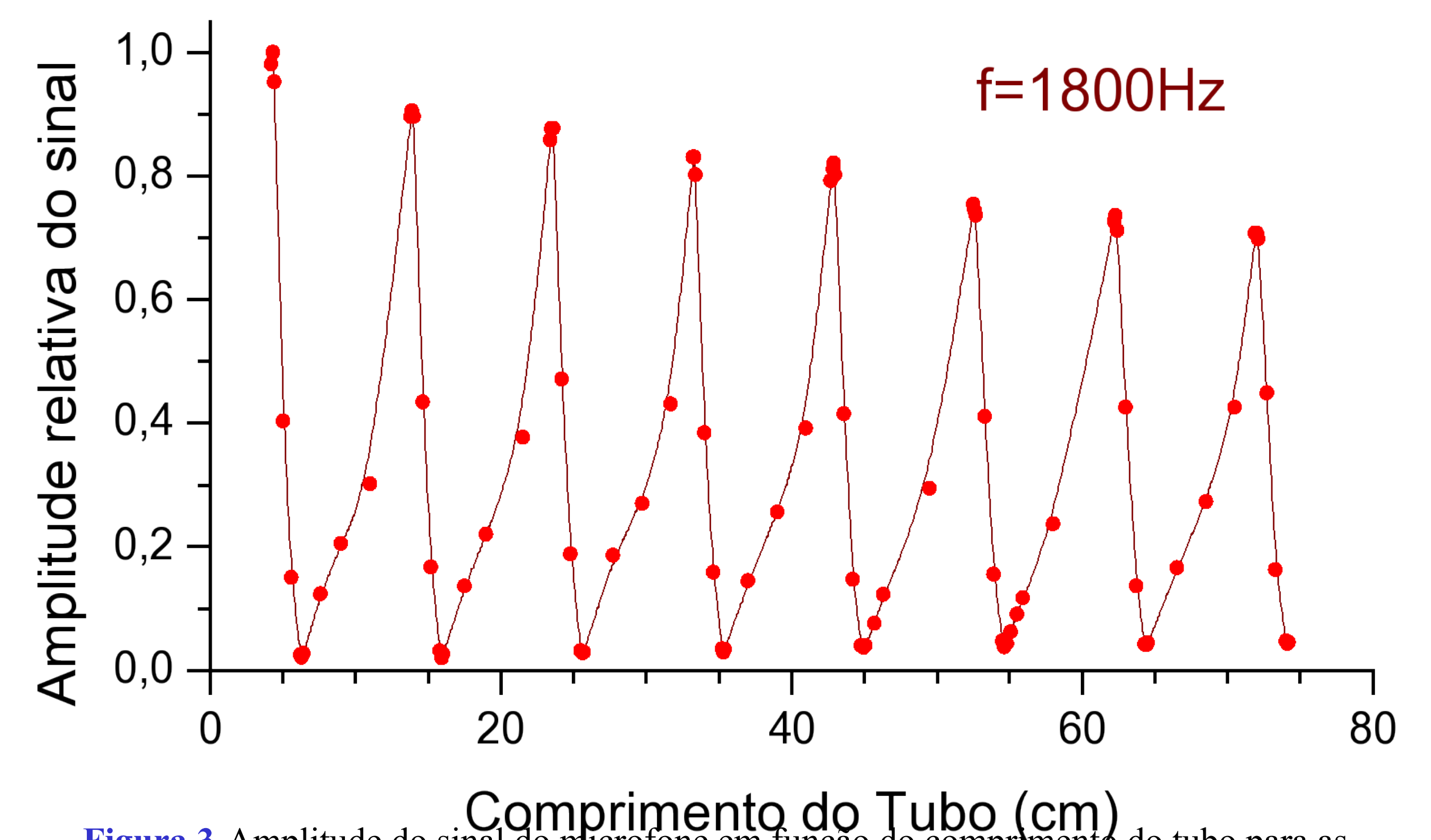
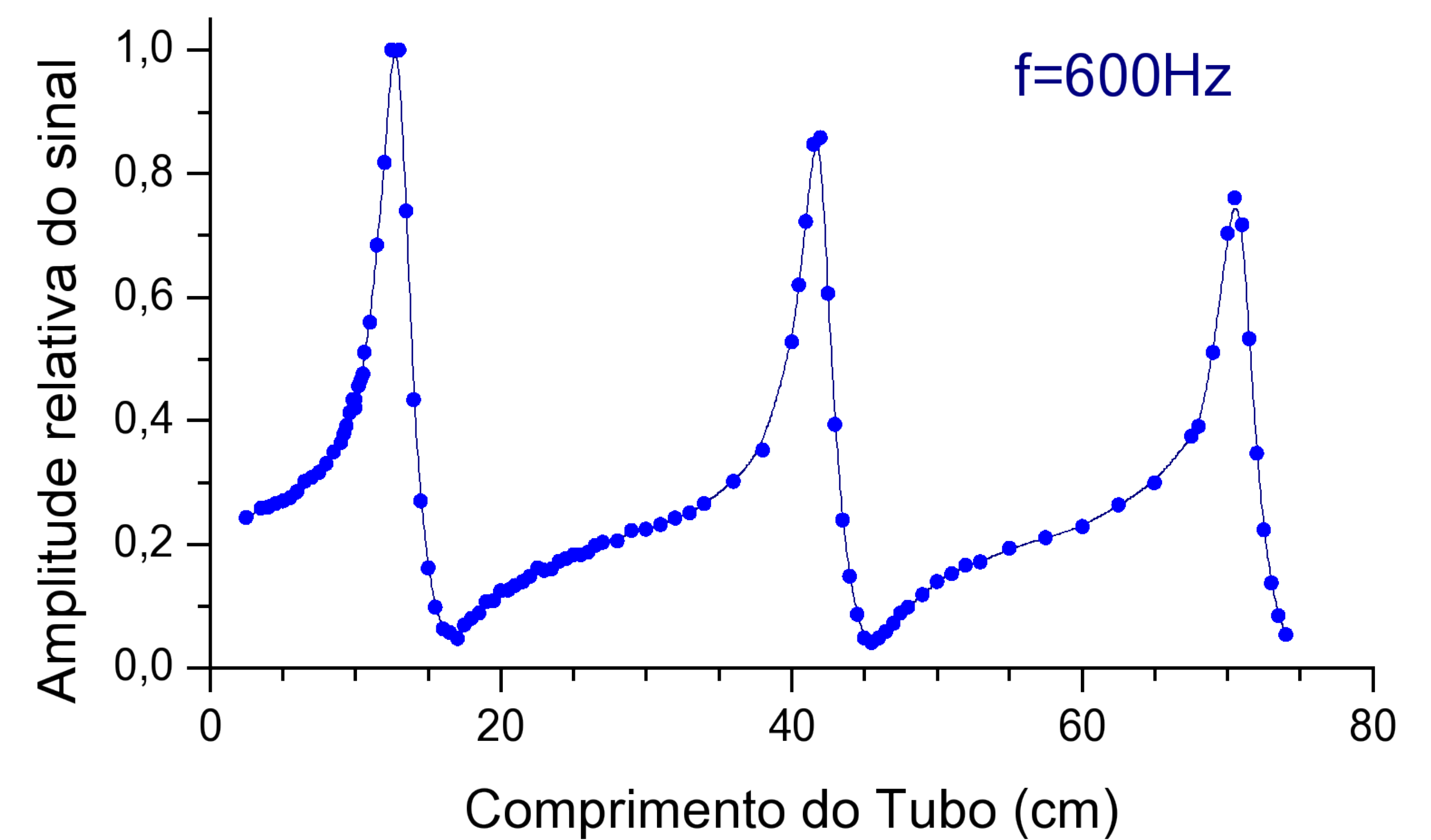


Figura 3- Amplitude do sinal do microfone em função do comprimento do tubo para as frequências de 600Hz e 1800Hz.

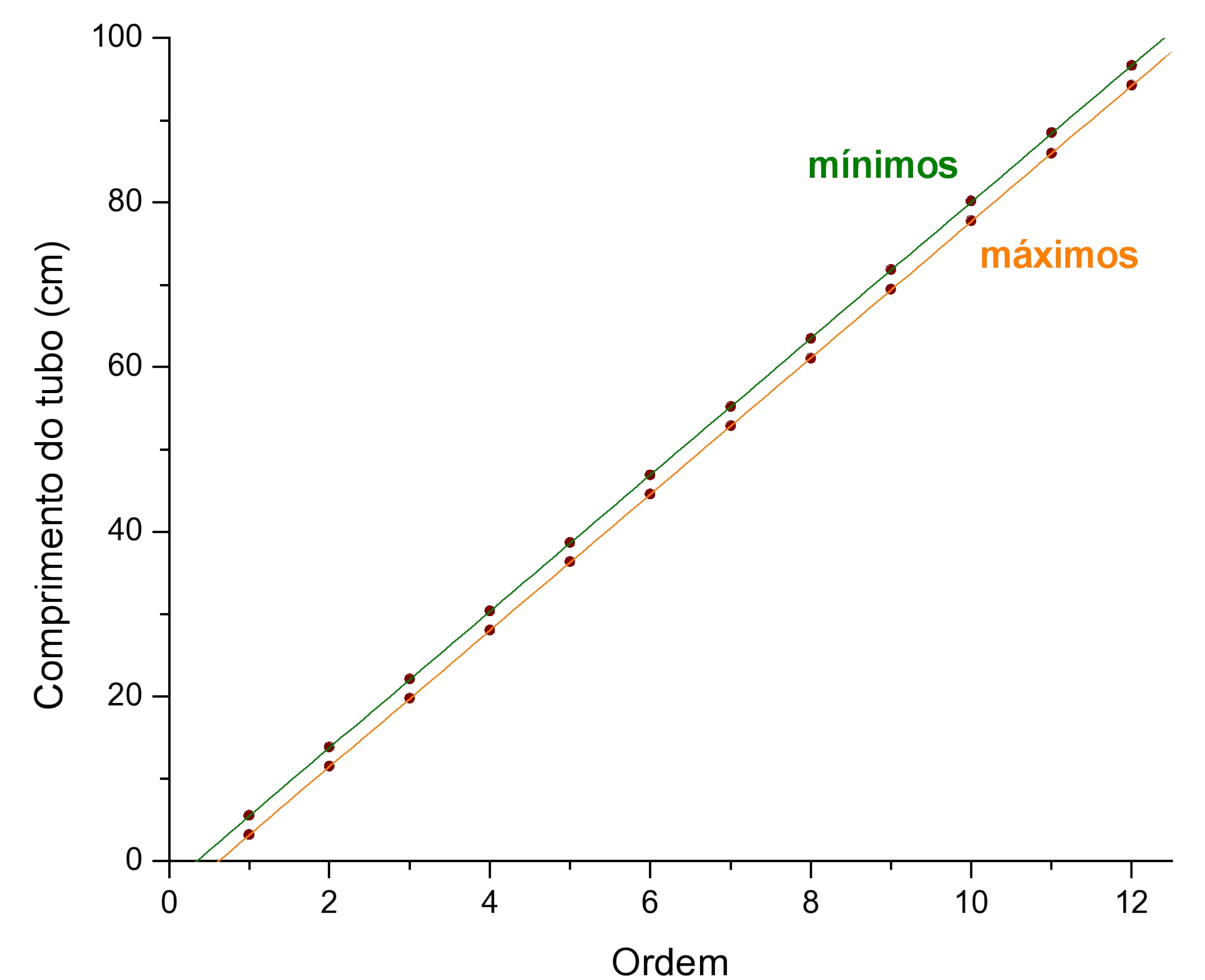


Figura 4 - Posições dos máximos e dos mínimos para a frequência de 2100Hz.

Conclusão

Todos os fenômenos observados foram provocados pelo fato do microfone medir a intensidade da onda de pressão, e não a intensidade sonora, como se imaginava. Este caso revelou também que a utilização de transdutores em laboratórios didáticos com o objetivo de facilitar o processo de obtenção dos dados deve ser cuidadosamente analisada para evitar que isso acarrete em interpretações errôneas do fenômeno estudado.