

## Modelagem da Pressão Acústica de Transdutores para o Processo de Levitação Acústica

Andreina S. Dourado<sup>1</sup>, Celso V. Abud<sup>2</sup>  
 UFCAT, Catalão, GO

A técnica de levitação acústica baseia-se na utilização de ondas sonoras para gerar uma força de radiação acústica capaz de contrabalançar a gravidade e manter objetos suspensos no ar [1]. Diferentemente de qualquer outra técnica de levitação, a levitação acústica quase não possui restrições quanto ao material a ser levantado, tornando-a fundamental em diversos campos da ciência [3, 5].

Um sistema simples de levitação acústica baseia-se em um conjunto de pequenos transdutores posicionados de maneira a gerar ondas pseudoestacionárias unidimensionais [4]. Neste caso, as ondas emitidas pelos transdutores devem ser ajustadas em relação à sua fase para focar em um determinado ponto no espaço, permitindo um aumento no campo de pressão (veja Figura 1).

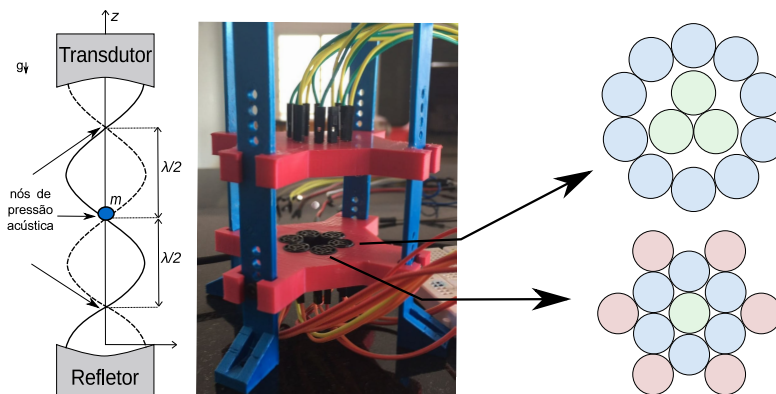


Figura 1: (Esquerda) Esquema e foto de um levitador ultrassônico de eixo-único. (Direita) Possibilidades de arranjo dos transdutores. As cores indicam as diferentes fases eletrônicas para criação de um nó de pressão no centro do equipamento. Fonte: Autoral

Para o caso de um conjunto de transdutores acústicos dispostos no plano e emitindo ondas sonoras em frequência e amplitude constantes, um modelo da pressão acústica de campo distante para uma fonte circular do tipo pistão é dado por [2]:

$$P_n(r) = P_0 V \frac{D_f(\theta_n)}{d_n} e^{i(\phi + k d_n)}, \quad (1)$$

onde  $P_0$  representa a amplitude da pressão,  $V$  é a tensão aplicada,  $D_f(\theta_n)$  é a função de diretividade,  $d_n$  é a distância entre o transdutor e o ponto analisado,  $k$  é o número de onda e  $\phi$  é a fase eletrônica.

<sup>1</sup>andreinadourado@discente.ufcat.edu.br

<sup>2</sup>cabud@ufcat.edu.br

A modulação da fase eletrônica, que foca as ondas em um ponto no espaço  $(x_f, y_f, z_f)$  é dada por

$$\phi_n = -k \left( \sqrt{(x_f - x_t)^2 + (y_f - y_t)^2 + (z_f - z_t)^2} + \sqrt{x_f^2 + y_f^2 + z_f^2} \right), \quad (2)$$

onde,  $x_t$ ,  $y_t$  e  $z_t$  representam as posições dos transdutores. Dessa forma, cada um dos  $n$  transdutores pode ser modulado de maneira que o campo acústico total  $P = \sum_{n=1}^n P_n(r)$  gere um nó de pressão intensificado no centro do equipamento. É importante mencionar que a Equação 1 indica que transdutores equidistantes ao eixo de levitação contribuirão igualmente para a intensidade do campo. Portanto, tais transdutores devem ser ajustados pela mesma fase  $\phi$  (Equação 2).

Neste trabalho investigou-se o campo de pressão acústica resultante para diferentes configurações com o mesmo número de transdutores ultrassônicos de  $40kHz$ . As simulações demonstram que a simples reconfiguração dos transdutores pode dobrar a intensidade do campo de pressão. De fato, tal resultado implica na possibilidade de se levitar objetos mais densos, mesmo mantendo a quantidade de transdutores no equipamento.

Por fim, através da simulação do campo de pressão acústico será possível obter uma previsão analítica sob a capacidade de levitação do equipamento para objetos de diferentes densidades.

## Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo N° 88887.970148/2024-00.

## Referências

- [1] E. Brandt. “Acoustic physics - Suspended by sound”. Em: **Nature** 413 (nov. de 2001), pp. 474–5. DOI: 10.1038/35097192.
- [2] L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppers e J. V. Sanders. **Fundamentals of Acoustics**. Wiley, 2000. ISBN: 9780471847892.
- [3] T. Laurell, F. Petersson e A. Nilsson. “Chip integrated strategies for acoustic separation and manipulation of cells and particles”. Em: **Chem. Soc. Rev.** 36 (3 2007), pp. 492–506. DOI: 10.1039/B601326K. URL: <http://dx.doi.org/10.1039/B601326K>.
- [4] A. Marzo, S. Seah, B. W. Drinkwater, D. R. Sahoo, B. Long e S. Subramanian. “Holographic Acoustic Elements for Manipulation of Levitated Objects”. Em: **Nature Communications** 6 (out. de 2015). ISSN: 2041-1723. DOI: 10.1038/ncomms9661.
- [5] S. Santesson e S. Nilsson. “Airborne chemistry: acoustic levitation in chemical analysis”. Em: **Analytical and bioanalytical chemistry** 378.7 (abr. de 2004), pp. 1704–1709. ISSN: 1618-2642. DOI: 10.1007/s00216-003-2403-2.