

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

Andreina S. Dourado¹ Celso V. Abud²
UFCAT, Catalão, GO

A técnica de levitação acústica baseia-se na utilização de ondas sonoras para gerar uma força de radiação acústica capaz de contrabalancear 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 levitado, 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).

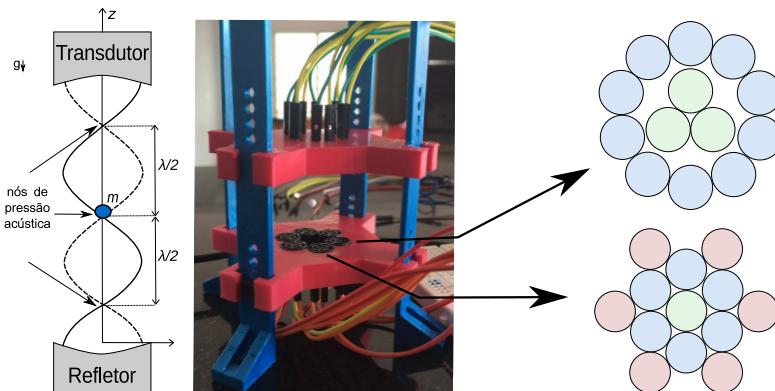


Figura 1: (Esquerda) Esquema e foto de um levitador ultrassônico de eixo único. (Direita) Possibilidades de arranjo dos transdutores. As cores indicam as diferentes fases eletrônicas para criação de um nó de pressão no centro do equipamento. Fonte: Autoral

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]:

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

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

¹andreinadourado@discente.ufcat.edu.br

²cabud@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 ϕ (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](https://doi.org/10.1038/35097192).
- [2] L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1007/s00216-003-2403-2).