

Caracterização de padrões de radiação de um violão

Bruno Lopes Campolina¹, José Maria Campos dos Santos¹

¹Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas
(UNICAMP)
Caixa Postal 13083-970 – Campinas – SP – Brasil

brunocampolina@yahoo.com, zema@fem.unicamp.br

Abstract. *The subjective quality of an instrument is related to certain physical properties that are different for each manufactured instrument. In this paper is analyzed for an acoustic guitar one important property in this subject, the radiation pattern, that means how the sound propagate when distancing from the instrument depending on the bands of frequencies reached. The technique used is the Nearfield Acoustic Holography. To do this, values of the acoustical pressure are obtained in a matrix of points chosen along the guitar, and for some values of natural frequencies the respective graphics are plotted.*

Resumo. *A qualidade subjetiva de um instrumento está relacionada com certas propriedades físicas as quais são diferentes para cada instrumento manufaturado. Neste trabalho é analisada para um violão uma propriedade importante nesse contexto, o padrão de radiação, ou seja, como o som se propaga ao se distanciar do instrumento em função das faixas de freqüências atingidas. A técnica utilizada é a Holografia Acústica de Campo Próximo. Para isso, são determinados valores de pressão sonora para uma grade de pontos escolhidos ao longo da face frontal do violão e para alguns valores de freqüências naturais são traçados os seus respectivos gráficos.*

1. Holografia Acústica de Campo Próximo

A Holografia Acústica de Campo Próximo é uma técnica que permite reconstruir as características de um campo de ondas acústicas usando a Transformada de Fourier Discreta (Discrete Fourier Transform - DFT) a partir de uma grade de pontos de medições regularmente espaçados (holograma) obtidos em um ambiente acústico onde a função de Green é conhecida. Esta técnica é explicada em mais detalhes no trabalho de Colinas [1].

Considere uma fonte acústica onde se obtém um plano de medição (holograma) medido dentro do campo próximo desta fonte. A HACP permite prever o campo de pressão sonora para frente (em direção ao campo distante) e para trás (em direção a fonte acústica) do holograma medido em planos paralelos a este.

2. Descrição das Atividades

O objetivo principal deste trabalho consiste em caracterizar o padrão de radiação acústica de um violão para as diferentes freqüências naturais encontradas dentro da faixa de freqüências medidas.

No interior de uma sala semi-anecóica de dimensões 2,6m³, o violão foi disposto na vertical e suspenso por finos fios de nylon presos no teto e na parte de cima do braço do violão. Um sensor de força foi fixado no cavalete entre as cordas Si e Mi do violão. Através de um *stinger* de aço conectou-se o sensor a um excitador eletrodinâmico (*shaker*). Em uma estrutura móvel na frente do violão montaram-se 15 microfones em linha. De acordo com os conceitos estudados e as formulações, os 15 microfones foram fixados e alinhados com espaçamento $d = 32$ mm entre seus centros na direção horizontal. Essa distância foi determinada usando a seguinte equação [2]:

$$d \leq \frac{\lambda_{\min}}{2} = \frac{c}{2f_{\max}} \quad (1)$$

Considerando o ar a 22°C sua velocidade do som seria $c = 344,2$ m/s [2]. A freqüência máxima de medição foi escolhida como $f_{\max} = 2048$ Hz devido o interesse maior na região de baixas freqüências e as referências de trabalhos anteriores similares. Usando a equação (1) d teria que ser menor ou igual que 84 mm a fim de evitar erros de superposição. Na direção vertical foram utilizados 22 espaços de 50mm, representando as linhas de medições do plano de medição, obtendo-se assim uma grade com um total de 330 pontos de pressão medidos ao longo da face frontal do violão. A grade foi posicionada a uma distância $z_o = 32$ mm do plano da face do violão, de acordo com a seguinte equação [2]:

$$d \leq z_o \leq 2d$$

Assim, a grade deve estar posicionada a uma distância z_o maior ou igual à distância d entre os microfones, visando reduzir o efeito de superposição oriundo das ondas evanescentes de alta freqüência. Também, deve ser menor ou igual a duas vezes a distância entre os microfones ($2d$) visando evitar que o nível das ondas evanescentes fique abaixo do nível de ruído de fundo [2]. Posteriormente, os microfones e o sensor de força foram conectados a entrada do sistema de aquisição de dados e 330 funções de resposta em freqüências (FRF) do sinal de cada microfone em relação ao sinal de referência (sinal do sensor de força) foram obtidos. Após a análise dessas funções foram escolhidas 28 freqüências naturais desse instrumento para realizar a reconstrução holográfica dos campos de pressão acústica à frente da face frontal do violão. [1].

Com estes dados foi possível reconstruir, usando a HACP, os valores de pressão acústica, velocidade da partícula e intensidade acústica para vários planos frontais em diferentes distâncias do violão. Para caracterizar o padrão de radiação acústica foi obtida uma matriz contendo os valores de pressão acústica em 26 planos espaçados de 0,04 m partindo da face frontal do violão até uma distância de 1,0 metro. Para cada combinação desses valores existe um valor correspondente da pressão acústica.

3. Análise dos resultados

A análise foi feita por meio de cortes verticais e horizontais na matriz de pressões. Os cortes verticais foram obtidos utilizando valores de apenas uma coluna, ou seja, medidos por apenas um microfone escolhido e os horizontais foram obtidos utilizando valores de apenas uma linha escolhida. Considerando-se os casos analisados, observou-se que, em geral, os resultados próximos ao orifício do violão (coluna 8 e linha 15) apresentavam maiores variações de pressão e intensidade acústica. Assim,

para facilitar a obtenção e a análise dos resultados, optou-se por construir os gráficos de pressão acústica apenas nos planos verticais e horizontais correspondentes à coluna 8 e a linha 15, respectivamente. A figura 1 mostra os resultados para as freqüências de 195,5; 728,5 e 1037,5 Hz. Para facilidade de compreensão uma figura do violão, de dimensões aproximadas, é mostrada nos gráficos.

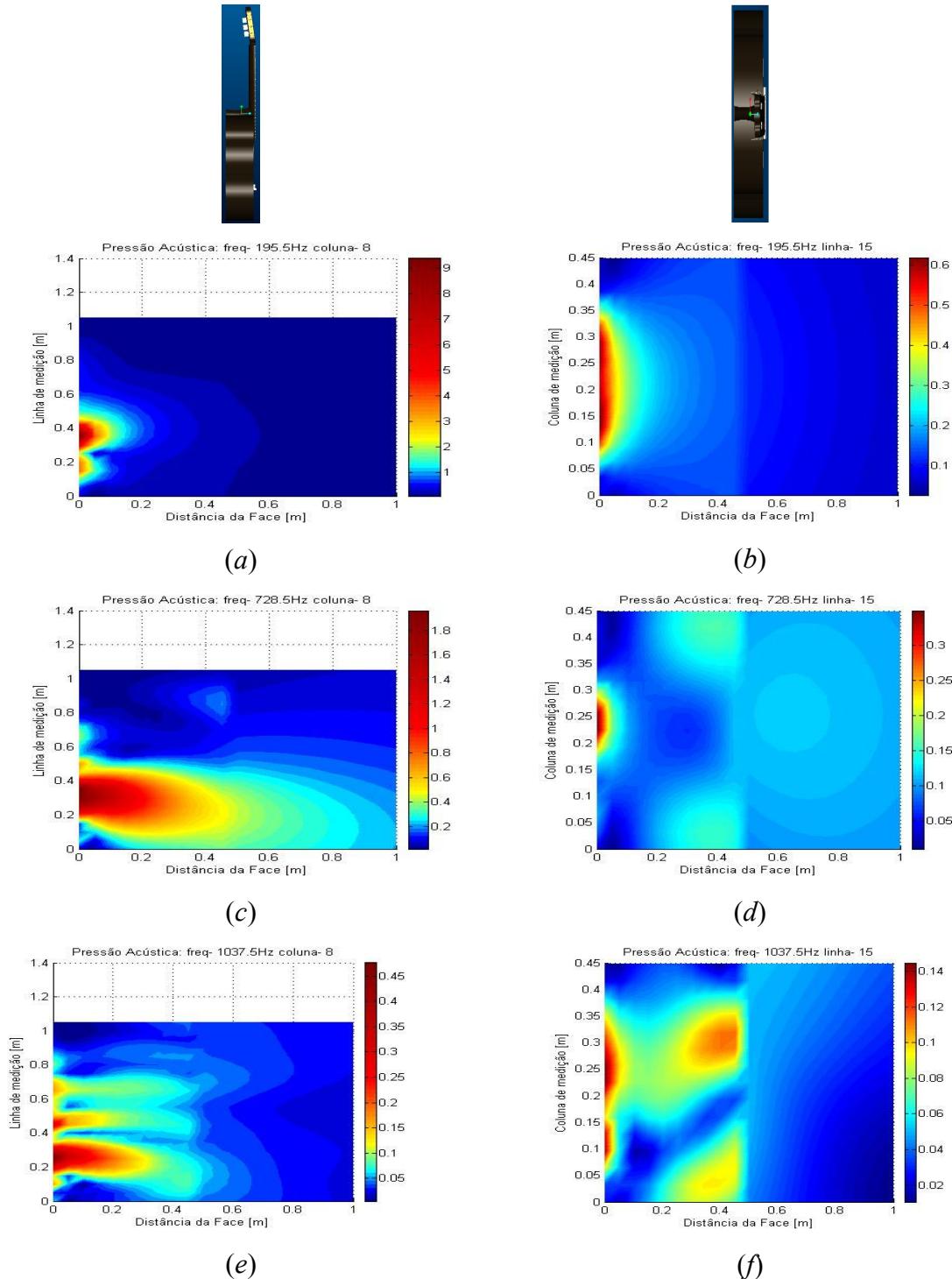


Figura 1. Padrões de radiação sonora para as freqüências de 195,5Hz (a) e (b); 728,5Hz (c) e (d); e 1037,5Hz (e) e (f).

4. Conclusão

Os resultados apresentados mostram padrões de radiação factíveis. Pode-se observar também que estes padrões de radiação sonora podem sofrer variações significativas dependendo da freqüência natural analisada. Por exemplo, para freqüências menores o som ainda é bem direcionado e a localização do pico de pressão no corpo do violão fica bem centrada no orifício da cavidade (figuras 1a e 1b). Conforme a freqüência vai aumentando o padrão de radiação do som se direciona levemente para a parte inferior do instrumento e começa a se dividir em mais lóbulos. O trabalho aqui apresentado é ainda bastante preliminar e espera-se obter resultados com maior profundidade em outros trabalhos hora em andamento.

6. Agradecimentos

Os autores estão agradecidos pelo ajuda financeira fornecida pelo CNPq (PIBIC) para a realização deste trabalho.

7. Referências Bibliográficas

- [1] Colinas, N. G. (1999) “Caracterização Vibroacústica usando Holografia Acústica de Campo próximo”, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. 88 p. (Dissertação de Mestrado).
- [2] Pinho, M. E. V. (2003) “Holografia Acústica usando Modelo de Fontes Elementares”, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 87 p. (Dissertação Mestrado).

8. Bibliografia Complementar

- [3] Hall, D. E. (1987) “Basic Acoustics”, John Wiley, New York.
- [4] Caldersmith, G. (1985) “Radiation from Lower Guitar Modes”, Musical Acoustics, p. 68-72.
- [5] Boullosa, R. R., Orduña-Bustamante, F., Pérez López, A. (1999) “Tuning characteristics, radiation efficiency and subjective quality of a set of classical guitars”, Applied Acoustics, v.56, p. 183-197.
- [6] Lai, J. C. S., Burgess M. A. (1990) “Radiation efficiency of acoustic guitars”, Journal of the Acoustical Society of America, v.88, n.3, p.1222-7.
- [7] Suzuki, H., (1986) “Vibration and sound radiation of a piano soundboard”, Journal of the Acoustical Society Of America, vol.80, n.6, p.1573-82.
- [8] Gough, C. E., (1981) “The Theory of Strings Resonance on Musical Instruments”, University of Birmingham, Acustica, vol. 49, p. 124-141.