

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Simulação Computacional da Estabilidade de um Sistema de Assimetria nas Pregas Vocais

Caren Louize Brancaglioni¹

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas - SP

Fábio Roberto Chavarette²

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP), FEIS, Ilha Solteira - SP

Sunamita Souza Silva de Alarcão³

Universidade Federal de Mato Grosso, ICEN, Rondonópolis - MT

1 Introdução

A fala humana é um fenômeno complexo originado pela vibração das pregas vocais, que é causado pela passagem do fluxo de ar vindo pelos pulmões nas camadas da mucosa das pregas que vibram modulando o fluxo, resultando em uma onda de pressão acústica [2].

Grande parte dos trabalhos relacionados ao movimento das pregas vocais admitem um comportamento simétrico para o movimento oscilatório de cada prega. Este comportamento simétrico produz um movimento sincronizado caracterizado pela geometria considerada no trato vocal e pela igualdade nos parâmetros mecânicos (massa, rigidez e amortecimento) das pregas [1, 2].

2 Modelo e Simulação

O modelo (1) descreve o movimento bidimensional das pregas vocais com o objetivo de entender a dinâmica deste movimento. Assumindo que o movimento de cada prega vocal (direita /esquerda) pode ser definido como o movimento de propagação de uma onda na direção do fluxo de ar que através de um balanço de forças na direção do movimento podem ser dadas respectivamente por [2]:

$$\begin{aligned} M_r \ddot{x}_r(t) + \beta_r(1 + \eta_r^2(t)) \dot{x}_r(t) + k_r x_r(t) &= P_g \\ M_l \ddot{x}_l(t) + \beta_l(1 + \eta_l^2(t)) \dot{x}_l(t) + k_l x_l(t) &= P_g \end{aligned} \quad (1)$$

em que $x_{r,l}$ são os deslocamentos do ponto médio das pregas direita e esquerda, respectivamente. Os termos, $M_{r,l}$, $\beta_{r,l}$ e $k_{r,l}$ são a massa ($0.5g/cm^2$), amortecimento ($50dyns/cm^3$) e

¹caren.brancaglioni@gmail.com

²fabioch@mat.feis.unesp.br

³sunamitaalarcao@gmail.com

rigidez ($200000\text{dyn}/\text{cm}^3$), respectivamente. $\eta_{r,l}$ é o amortecimento não linear (5000cm^{-2}). Além disso, temos que a força externa que age na glote será a pressão média na glote que denotaremos de $P_g(800\text{Pa})$.

O diagrama de estabilidade traz uma noção do comportamento do sistema dinâmico, isto é, mostrará as situações onde o mesmo se encontra estável ou não. Os parâmetros variados escolhidos para essa análise foram a rigidez $k_{r,l}$ e o amortecimento $\beta_{r,l}$. A figura (1) apresenta uma representação discreta de pontos, isso porque o cálculo para esse caso é efetuado numericamente.

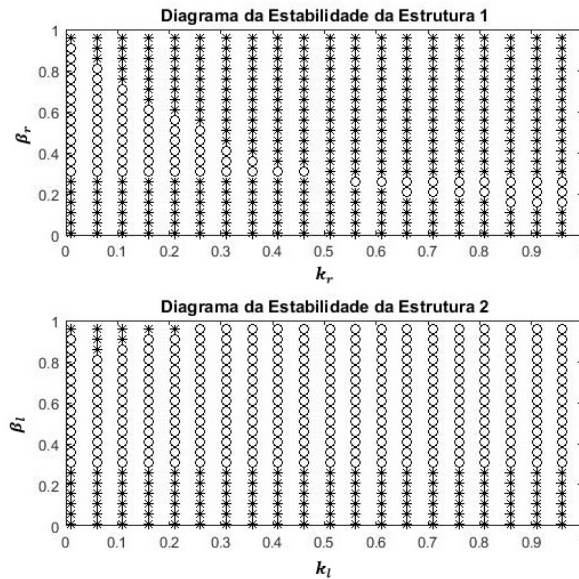


Figura 1: Diagrama de Estabilidade (a) Prega Vocal Direita e (b) Prega Vocal Esquerda

3 Conclusões

Neste trabalho visou-se o movimento bidimensional das pregas vocais com o objetivo de entender a dinâmica e a estabilidade do sistema analisado. Da figura (1) nota-se que há casos de estabilidade e instabilidade, ou seja, os pontos representados por um asterisco são instáveis, enquanto que os pontos em círculos pretos possuem característica estável. Logo, por meio do gráfico é fácil verificar as situações em que o sistema se comporta de maneira estável ou instável, para as condições iniciais impostas. Este tipo de análise do sistema é primordial para prever sobre o desempenho e comportamento futuro do mesmo.

Referências

[1] I. R. Titze. On the mechanics of vocal fold vibration, *J. Acoustic Soc. Am.*, v.60, pp. 1366-1380, 1976.

[2] I. R. Titze. *Principles of Voice Production*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, pp. 252-271, 1994.