



Análise de desvios vocais provocados por lesões laríngeas por meio da análise dinâmica não-linear e teoria do caos

W R Andrade^{1*}, S C Costa¹, S E N Correia¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, Paraíba

*walliomar.andrade@academico@ifpb.edu.br

Background, Motivation and Objective. As disfonias ou desvios vocais, assim como algumas patologias de lesões de massa da prega vocal (nódulos, pólipos, cistos e edemas) geralmente ocorrem devido ao abuso e esforço vocal ou mau hábitos sociais como fumo e alcoolismo. A teoria de sistemas dinâmicos não lineares ou caóticos oferece técnicas de análise de sinais onde não é conhecido o modelo detalhado do mecanismo de produção desses sinais. A abordagem principal desta técnica é avaliar a progressão do sinal no tempo, assumindo que o sinal provém de um sistema dinâmico não linear. Algumas medidas podem ser extraídas dos resultados dessa abordagem, a exemplo do espaço de fase e da informação mútua. O espaço de fase é um espaço abstrato, utilizado na análise da evolução de uma série temporal, que representa a dinâmica de um sistema. Cada estado corresponde a um ponto no espaço de fase. O conjunto de todos os pontos de estado de um sistema é denominado atrator. O objetivo desta pesquisa é realizar uma análise acústica de sinais de voz por meio da análise dinâmica não-linear utilizando as características do espaço de fase reconstruído e da Função de Informação Mútua, que capturem a dinâmica do sistema e as alterações provocadas nos sinais de vozes afetadas por patologias laríngeas. Espera-se obter uma ferramenta que auxilie no diagnóstico e no acompanhamento de tratamento de patologias laríngeas por meio de terapias fonoaudiológicas.

Methods. Foram analisados os áudios da base de dados comercial (*Disordered Voice Database, Model 4337*, da *Kay Elemetrics*) gravada pelo Massachusetts Eye and Ear Infirmary (MEEI) *Voice and Speech Lab*, sendo 53 sinais de vozes saudáveis, 44 sinais com vozes de pacientes com edema e 18 com nódulos, totalizando 115 sinais de voz. Sendo todos os sinais resultados da produção da vogal /a/ sustentada e com duração média de 3 segundos para os sinais de normais e entre 1 e 1,5 segundos para os sinais com algum tipo de patologia. Dentre as técnicas de reconstrução do espaço de fases foi utilizada a das coordenadas defasadas de TAKENS, que se baseia no Teorema da Imersão, que afirma ser possível reconstruir certas propriedades do espaço de fase a partir da série temporal com vetores m -dimensionais, sendo cada vetor construído a partir de uma versão do sinal original, com uma defasagem determinada pelo passo de reconstrução τ . Para determinação do passo de reconstrução foi utilizada a técnica da informação mútua média estimada (MIF – *Mutual Information Function*) que quantifica a quantidade de informação que está contida em um sinal em relação a outro. O valor utilizado para τ foi o primeiro mínimo local da MIF, garantindo o menor atraso entre as duas versões e também que haja o máximo de independência entre as duas versões do sinal, a original e a defasada. Isso faz com que o atrator seja mais facilmente analisado, pois as trilhas dos estados ficam mais espaçadas entre si.

Results. Os atratores dos sinais de vozes normais possuem trilhas com percursos mais definidos, devido a sua periodicidade. Componentes de frequência com energia igual ou superior a da fundamental além de formarem laços, podem causar assimetria da série temporal em relação à amplitude, o que ocasiona a passagem de um laço mais interno sobre um mais externo, visto no espaço de fase do sinal de indivíduo. Principalmente devido a presença de sopro, causada

pele fechamento incompleto em razão de lesão de massa, em indivíduos com nódulo e edema de Reinke, há energia considerável em altas frequências, acima de 3 kHz. Quando essa energia é notavelmente mais elevada que das vozes consideradas normais, há a presença de desvios pontiagudos instantâneos no atrator, vistos na Figura 1, proporcionais a essa quantidade de energia. Os sinais afetados por nódulos e edema apresentaram função de informação mútua (Figura 2), com morfologia mais plana e passo de reconstrução maior comparado aos sinais normais.

Discussion and Conclusions. As diferenças observadas nos traçados e nos loops dos espaços de fase representam as desordens vocais provocadas nos sinais pelas patologias laríngeas analisadas. Podendo caracterizar a necessidade de uma investigação mais profunda do sistema vocal do indivíduo e verificar a progressão do tratamento comparando os atratores de cada etapa da terapia. Como continuidade da pesquisa, serão utilizadas medidas quantitativas do espaço de fase e da informação mútua para classificar os sinais e detectar a presença de patologias laríngeas de forma objetiva.

Figura 1: Espaços de fase reconstruído de sinal (a) normal; afetado por (b) nódulo; (c) edema de Reinke.

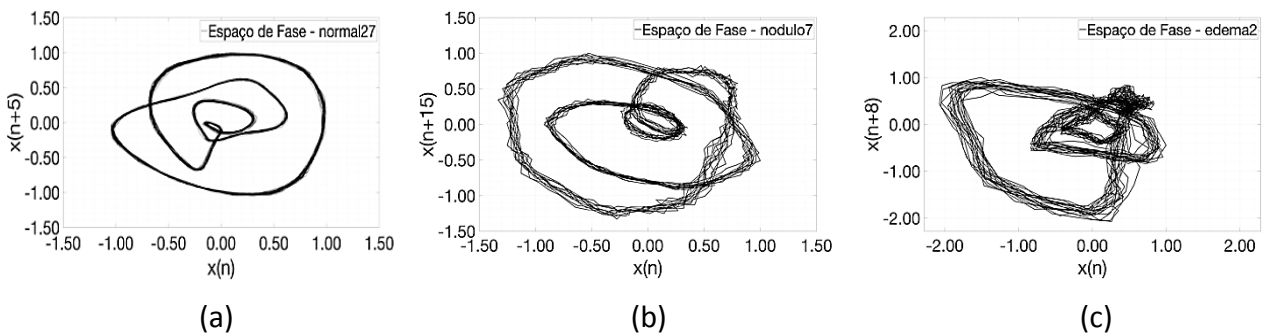
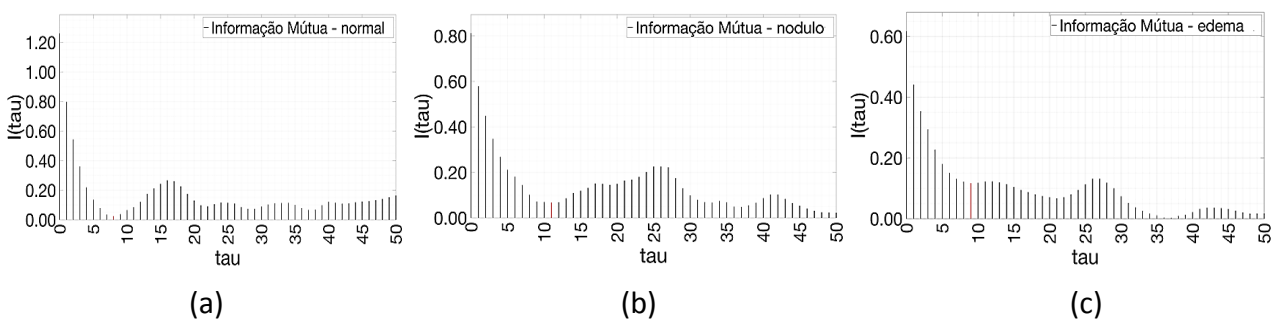


Figura 2: MIF para voz: (a) normal; (b) afetada por nódulo; (c) afetada por edema.



Acknowledgment. Os autores agradecem ao CNPq e ao IFPB pelo suporte financeiro.

Keywords. Análise dinâmica não linear, patologias laríngeas, Função de Informação Mútua, espaço de fase.