



# SISTEMA COMPUTACIONAL PARA CORREÇÃO DE PERDAS AUDITIVAS

Caio Marcelo Fernandes Barros<sup>1</sup>; Hélio Magalhães de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Engenharia Eletrônica – CTG – UFPE; E-mail: caio1408@yahoo.com.br,

<sup>2</sup>Docente/pesquisador do Depto de Eletrônica e Sistemas – CTG – UFPE. E-mail: hmo@ufpe.br.

**Sumário:** Apresenta-se um sistema computacional de correção de perdas auditivas, baseado em exames audiométricos. Através de técnicas de processamento digital de sinais e de posse de curvas de perdas auditivas no domínio da frequência foi possível realizar tal correção. Toda a base computacional foi concebida em plataforma Matlab<sup>®</sup> utilizando uma interface gráfica com o usuário. Uma inovação do sistema é a identificação de usuário com base em transformada de *wavelets* discreta. A transformada de *wavelets* é bastante atraente por apresentar uma medida de caráter local, tornando-se assim uma ferramenta atraente.

**Palavras-chave:** audiogramas; curvas isofônicas; equalizadores perceptuais; processamento de sinais de voz

## INTRODUÇÃO

Ante ao rápido desenvolvimento das tecnologias no cenário mundial atual, várias alternativas inteligentes de melhorias da qualidade de vida do cidadão comum aparecem dia após dia, desde os telefones portáteis aos computadores de mão. Nessa grande onda de inovações tecnológicas, alternativas que recuperem sentidos humanos básicos são bem-vindas. Uma alternativa para a correção da perda auditiva é a proposta básica deste trabalho. Sabe-se que a capacidade auditiva de um indivíduo não permanece invariável durante toda a vida; vários fatores podem ser listados para que este fenômeno ocorra: idade, doenças, exposição excessiva a ruídos, má formação da estrutura do ouvido, entre outras [1-6]. Uma maneira eficiente de analisar esta perda auditiva é através de ferramentas no domínio da frequência, ou seja, através da resposta em frequência do aparelho auditivo. Para este tratamento em específico usa-se um determinado conjunto de curvas isofônicas que – padronizadas pela ISO em 2003 [6] – são regulamente usadas nos exames audiométricos. O papel das curvas isofônicas é fornecer uma medida de pressão relacionada com o espectro em frequência quando o indivíduo analisado percebe uma intensidade constante para um tom puro. Como parte integrante do aparelho auditivo, a cóclea e o nervo auditivo podem apresentar mau funcionamento; este mau funcionamento por sua vez é conhecido como perdas “sensoriais” [6]. Na década de 50, Fletcher apresentou um método de estimar a perda auditiva para a voz baseado em audiogramas [8]. Os exames audiométricos [10] são realizados frequentemente empregando frequências padrão [7]. Em suma, a idéia de apresentar uma alternativa viável para o problema de perda auditiva revela-se bastante atraente. A utilização de plataformas computacionais estabelecidas foi escolhida como uma alternativa menos onerosa, utilizando uma interface gráfica com o usuário e permitindo uma interação em tempo real. As técnicas de processamento digital de sinais são de vital importância neste projeto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Como mencionado na introdução, a plataforma utilizada foi o Matlab<sup>®</sup> em sua interface gráfica com o usuário. O bolsista participou na última edição do Conic-UFPE do minicurso de



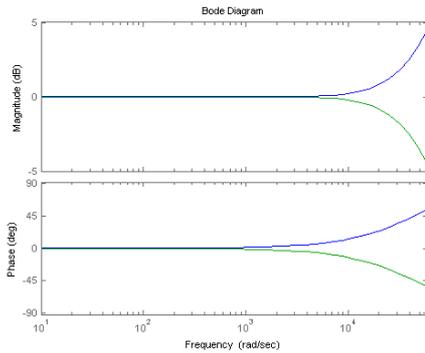
interface gráfica do Matlab<sup>®</sup> com o prof. Geraldo Torres. Esta participação incentivou o bolsista a aplicar os conhecimentos adquiridos neste mini-curso em um projeto que necessitasse de uma interação estreita com o usuário. De posse de curvas de perdas auditivas médias variáveis com a idade, foi possível projetar um sistema que simulasse a perda auditiva referente a uma determinada faixa de idade. A partir dessa simulação, iniciou-se a fase de projeto do filtro de correção da perda auditiva. A alternativa mais segura de resultado foi seguida: o sistema inverso [11]. Foi projetado, a partir das curvas de perda auditiva no domínio da frequência, o sistema inverso que variaria de acordo com a idade informada pelo usuário. Foi criado um banco de dados para cada usuário contendo a sua idade e sua curva própria de perda auditiva. Automaticamente, um sistema inverso é projetado e caso o usuário solicite ouvir algum arquivo de áudio, a correção é aplicada ao arquivo, de modo que o som ouvido pelo usuário seja o equivalente inverso da sua perda característica, para que pudesse ser compensado com a perda auditiva. Um aperfeiçoamento do sistema foi implementado utilizando a ferramenta de transformada de wavelets discreta. A idéia seria identificar automaticamente o falante de acordo com a sua própria voz. Foram testados cinco tipos de wavelets: haar, daubechies, symlets, coiflets, wavelets discreta de Meyer. Para alguns tipos de wavelets foram testadas variações internas dessas funções. Foi realizada a aquisição de 12 sinais de áudio provenientes de 10 usuários de sexos e idades diferentes. Para cada arquivo de áudio foram utilizados quadros de 20 milissegundos de duração e uma decomposição de coeficientes de wavelets em sete níveis. Uma série de médias entre os coeficientes foi realizado de modo a obter um conjunto de 8 coordenadas para cada usuário, e assim identificá-lo. Outra abordagem consistiu na utilização da idéia de *wavelets packets* [12]. A partir da árvore gerada e munido do conceito de entropia de Shannon, pôde-se eliminar alguns ramos da árvore e nos ramos restantes extrair a energia média dos coeficientes dos mesmos de modo a obter um padrão média das energias nas bandas de frequências próprias de cada falante variando com o tempo e obtendo assim um padrão com 5 coordenadas. A abordagem final foi utilizar o conceito de desvio padrão média em todo o processo descrito. Um novo sistema de identificação de falante projetado com as duas abordagens foi denominado de sistema híbrido, apresentando uma melhora em relação aos sistemas previamente investigados.

## RESULTADOS

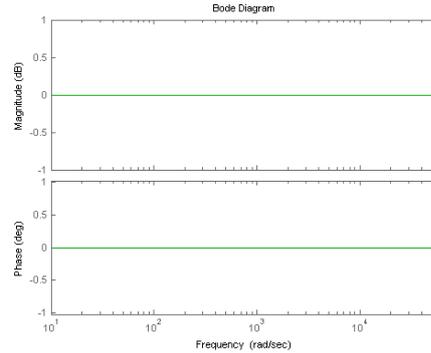
Como o objetivo inicial e primordial da proposta foi de conceber um sistema computacionalmente viável para o problema da compensação de perda auditiva, a primeira parte do trabalho foi obter os exames audiométricos padrões médios para determinadas faixas de idade, como descrito anteriormente. A seguir estão as curvas representadas nos diagramas de Bode.

*As linhas de cor azul representam o sistema característico para a perda auditiva em função da frequência.*

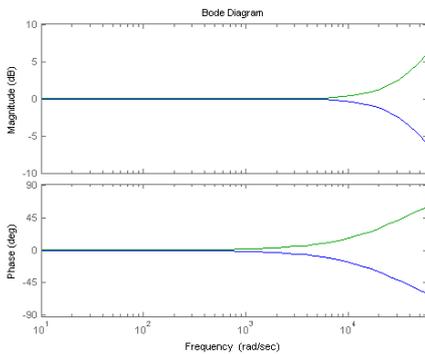
*As linhas de cor verde representam o sistema inverso para correção da deficiência.*



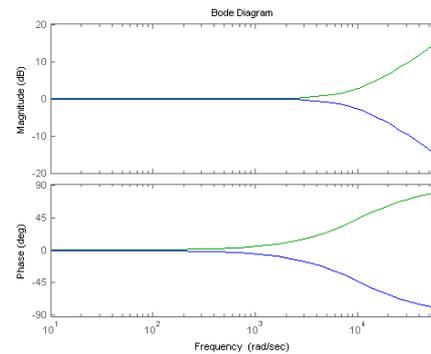
a) Perda característica entre 10-19 anos.



b) Perda característica entre 20-29 anos.



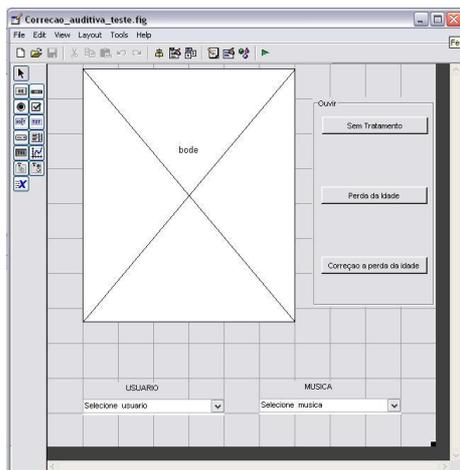
c) Perda característica entre 30-39 anos.



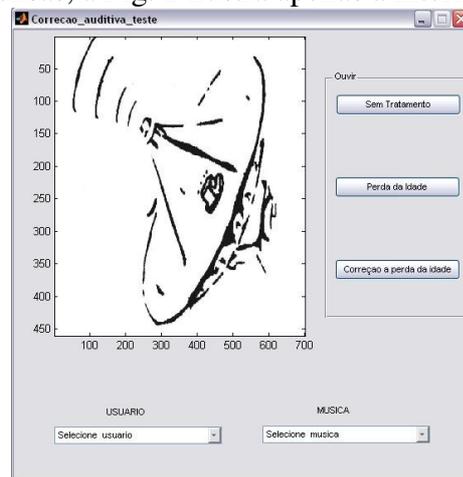
d) Perda característica entre 40-49 anos.

Figura 1. Perdas características de ouvintes de acordo com a faixa etária.

Mesmo sabendo-se que o ouvido humano é praticamente insensível a fase foi preferível realizar um sistema que também equalizasse a fase. Como foi utilizada uma interface gráfica com o usuário e sendo as linhas de comando bastante extensas, a Fig. 2 ilustra apenas a interface.



a) Interface em Projeto.



b) Interface em Trabalho.

Figura 2. Ilustração da interface gráfica do aplicativo: a) inicial b) versão em trabalho.

O problema da identificação de falante foi abordado obtendo uma curva de desempenho do sistema híbrido e calculando as respectivas taxas de acerto (ligeiramente superior a 50%).

### DISCUSSÃO & CONCLUSÕES

Diante das simulações realizadas e dos resultados obtidos concluí-se que o sistema de correção de perda auditiva é bastante interessante e viável, embora carecendo ainda de alguns



aperfeiçoamentos. É de fácil manuseio por parte de usuários que não têm contato com computadores digitais e pode ser acoplado aos sistemas de áudio em geral. O sistema híbrido de identificação de falante necessita de aperfeiçoamento, mas fornece uma alternativa mais econômica que as empregadas usualmente, em detrimento de uma resolução mais baixa. Outras técnicas de identificação de falante envolvendo as wavelets devem ser pesquisadas para melhorar a identificação automática do falante.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): CMFB por bolsa de PIBIC-I; HMdO por apoio financeiro parcial CNPq#301996.

### REFERÊNCIAS

- [1] E.P. Fowler: "The recruitment of loudness phenomenon," *Laryngoscope*, vol. **60**, pp. 680–695, 1950.
- [2] J.B. Allen, "Recruitment compensation as a hearing aid signal processing strategy". ISCAS '98. *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, vol. **6**, pp. 565–568, 31 May-3 Jun 1998.
- [3] T. Dillon Ching and D.H., Byrne, "Speech recognition of hearing impaired listeners: Predictions from audibility and the limited role of high-frequency amplification," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. **103**, pp. 1128–1140, 1998.
- [4] A. Lindgren, A. Kaelin and S. Wyrsh, "A digital frequency-domain implementation of a very high gain hearing aid with compensation for recruitment of loudness and acoustic echo cancellation," *Signal Processing*, vol. **64**, pp. 71–85, 1998.
- [5] B.C.J. Moore, "Speech processing for the hearing-impaired: successes, failures, and implications for speech mechanisms," *Speech Communication*, vol. **41**, pp. 81–91, 2003.
- [6] J. C. Rutledge and M. A. Clements, "Compensation for recruitment of loudness in sensorineural hearing impairments using a sinusoidal model of speech," *International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - ICASSP-91*, vol. **5**, pp. 3641–3644, 1991.
- [7] International Organization for Standardization, "Iso/IEC 226:2003: Acoustics - normal equal loudness- level contours," 2003.
- [8] A Method of Calculating Hearing Loss for Speech from an Audiogram. Harvey Fletcher, *J. Acoust. Soc. Am.* vol. **22**, 1 doi:10.1121/1.1906567 1950.
- [9] H. Fletcher and W.A. Munson, Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation, *The Journal of the Acoustical Society of America* vol. **5**, pp. 82–108, 1933.
- [10] L.J. Sivian and S.D. White, On Minimum Audible Sound Fields, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. **4**, pp.288–321, 1933.
- [11] P.S.R. Diniz, S.L. Netto, and E.A.B. da Silva, Digital Signal Processing, 1<sup>a</sup> ed., CAMBRIDGE-USA 2005.
- [12] H.M. de Oliveira, Análise de Sinais para Engenheiros: Uma abordagem via WAVELETS, 1<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro: Brasport, 2007, Série da Soc. Bras. de Telecomunicações SBrT.