

A TRANSFORMADA WAVELET APLICADA NA REDUÇÃO DE RUÍDO EM SINAIS DE VOZ

Leandro Aureliano da Silva¹; William Gigo²; Sanmia Shunn de Oliveira Jesus Costa³; Júlio César Ferreira⁴; Antonio Carlos Lemos Júnior⁵

^{1,2,5} Faculdade de Talentos Humanos - FACTHUS, Uberaba (MG), Brasil
³Centro Universitário Brasília de Goiás, São Luís de Montes Belos (GO), Brasil
⁴Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM, Uberaba (MG), Brasil

lasilva@facthus.edu.br, wgigo@facthus.edu.br, sanmia@brasiliaeducacional.com.br, juliocesar@iftm.edu.br, acjunior@facthus.edu.br

RESUMO: A transformada wavelet é uma técnica utilizada em diversas áreas como imagens, localização tempo-frequência, análise de distúrbios elétricos, dentre outras. Essa ferramenta também pode ser muito útil na redução de ruído em sinais de voz, pois ela permite a decomposição deste sinal em várias faixas de frequência, favorecendo a redução do ruído nestes sinais. Assim, o presente trabalho apresenta um estudo para redução de ruído em sinais de voz que utiliza-se da transformada Wavelet para essa finalidade. Para verificação do desempenho deste trabalho, utilizou-se a relação sinal ruído segmentada. Após análise dos resultados extraídos, verificou-se que a técnica usando a transformada wavelet apresentou relação sinal ruído satisfatória no teste executado.

PALAVRAS CHAVE: Transformada Wavelet, Supressão de Ruído e Sinais de Voz.

THE WAVELET TRANSFORM IN NOISE REDUCTION IN SPEECH SIGNALS

ABSTRACT: The wavelet transform is a technique used in several areas such as imaging, time-frequency localization, analysis of electrical disturbances, among others. This tool can also be very useful in reducing noise in speech signals, as it allows the decomposition of this signal into various frequency ranges, favoring noise reduction in these signals. Thus, the present work presents a study for noise reduction in voice signals that uses the Wavelet transform for this purpose. To verify the performance of this work, the segmented signal-to-noise ratio was used. After analyzing the extracted results, it was found that the technique using the wavelet transform presented a satisfactory signal-to-noise ratio in the test performed.

KEYWORDS: Wavelet Transform, Noise Reduction and Speech Signals.

INTRODUÇÃO

Na transmissão de sinais de voz é muito comum a presença de ruído que pode comprometer a qualidade deste sinal degradando-o. Neste sentido muitas pesquisas vem se destacando e algumas técnicas como subtração espectral, filtro de Wiener, filtros adaptativos, redes neurais e técnicas de psicoacústicas vem sendo aprimoradas (BEROUTI; SCHWARTZ; MAKHOUL, 1979); (VASEGHI, 2008); (DAQROUQ; ABU-ISBEIH; ALFAURI, 2009).

Contudo, este artigo apresenta o uso da transformada Wavelet como técnica para redução de ruído, usando como medida a relação sinal ruído segmentada (STRANG e NGUYEN, 1996).

O tipo de ruído que será considerado para os testes neste trabalho é o ruído gaussiano aditivo que segundo Duarte (2005), os métodos baseados em wavelets na sua maioria, são eficientes na redução deste ruído.

Outro ponto importante a se destacar foi a utilização do limiar *Hard Thresholding* com algumas modificações depois de testes realizados.

Este artigo foi dividido em quatro partes: a introdução, descrita acima; a descrição do algoritmo,

demonstrando o funcionamento na redução de ruído nos sinais de voz. Já a seção de resultados, comprovaram a eficiência das técnicas propostas e por fim, tem-se a conclusão deste trabalho.

DESCRIÇÃO DO ALGORITMO

Seja $f(t)$ um sinal de tempo contínuo. A Transformada Wavelet (TW) (Equação 1) deste é definida (MISITI, et al. 1996):

$$Wf(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{a,b}(t) dt \quad (1)$$

Para um sinal discreto de N pontos, a integral acima pode ser aproximada por um somatório, tal que (Equação 2):

$$Wf(a, b) = \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \psi_{a,b}(t) \quad (2)$$

A função $\psi_{a,b}(t)$, chamada wavelet, é derivada de uma função $\psi(t)$ através da seguinte transformação (Equação 3) (STRANG e NGUYEN, 1996):

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (3)$$

em que: “b” representa posição ou translação da wavelet e “a” chamado parâmetro de escala, o qual está associado à largura da janela (MISITI, et al. 1996).

Há uma ampla gama de escolha para função $\psi(t)$, denominada “wavelet mãe”, dentre elas: *Daubechies*, *symlets*, *coiflet*, entre outras (STRANG e NGUYEN, 1996).

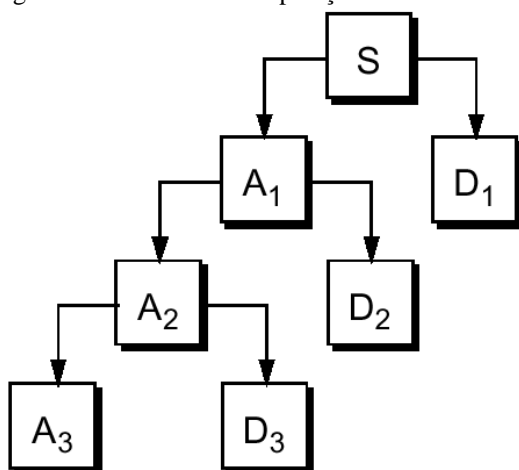
Seja o sinal de voz $y(n)$ (Equação 4) contaminado por um ruído aditivo de tal forma que:

$$y(n) = x(n) + v(n) \quad (4)$$

em que: $x(n)$ é o sinal de voz sem ruído e $v(n)$ é o ruído aditivo gaussiano.

O princípio básico da redução de ruído no sinal $y(n)$ utilizando transformada wavelet (TW), consiste em realizar decomposições no sinal original em coeficientes de aproximação e detalhe, gerando a árvore de decomposição. Nesse artigo, usou-se a decomposição até o nível ($m = 3$). Os coeficientes de aproximação (A_m) trazem as informações de baixa frequência associadas a wavelet adotada, no caso (*coiflet* suporte 6). Já os de detalhe (D_m) trazem as informações de alta frequência (Equação 5). A Fig. 1 mostra a decomposição. Após realizar a decomposição é necessário escolher quais coeficientes serão mantidos para preservar a informação e, em quais coeficientes serão aplicados um limiar, cujo objetivo é eliminar ou reduzir a intensidade do ruído.

Figura 1: Árvore de decomposição.



Fonte: Misiti, et al (1996).

$$D_1(n) = \begin{cases} D_1(n), & \text{se } D_1(n) \geq 0,3 \times \text{Máx}(D_1(n)) \\ 0, & \text{Caso Contrário} \end{cases} \quad (5)$$

Após o processo de corte, utiliza-se a transformada de wavelet inversa (TWI), para obter o sinal após o processamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação do algoritmo apresentado anteriormente, foram utilizados diferentes sinais de voz, amostrados numa taxa de 22050 Hz com 16 bits. Esses sinais foram contaminados por ruído branco.

A Wavelet utilizada foi a *Coiflet* suporte 6, sendo ambos os algoritmos desenvolvidos no ambiente Matlab R2013B.

Partindo de observações realizadas dos coeficientes de aproximação e detalhe, nota-se que o coeficiente de detalhe 1 (D_1) é o que possui maior intensidade de ruído. Dessa forma, o limiar descrito na equação (5), será aplicado diretamente nesse coeficiente.

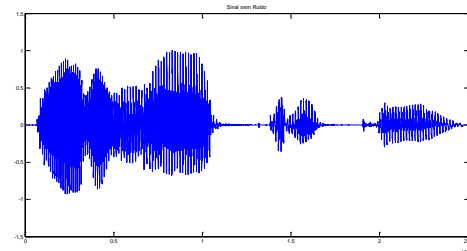
Para avaliar os resultados, foi utilizada a sinal ruído segmentada (SNRseg). A SNRseg é uma medida mais efetiva que pode ser calculada em segmentos curtos de sinal de voz de forma a equilibrar os pesos atribuídos aos trechos de maior e menor intensidades do sinal. Essa medida é calculada, utilizando-se a Equação 6 a seguir: (DELLER JR; PROAKIS; HANSEN, 1997).

$$SNR_{seg} = \frac{10}{M} \sum_{j=0}^{M-1} \log_{10} \left[\frac{\sum_{n=mj-N+1}^{mj} x^2(n)}{[x(n) - \hat{x}(n)]^2} \right] \quad (6)$$

em que: mj representa o limites de cada um dos M quadros de tamanho N.

No teste executado neste trabalho, o sinal de voz foi contaminado com ruído branco, obtendo uma relação sinal ruído de entrada (SNRI) de 3 dB. O sinal sem ruído, o sinal contaminado e o sinal após o processamento são mostrados nas Fig. 2, 3 e 4, respectivamente.

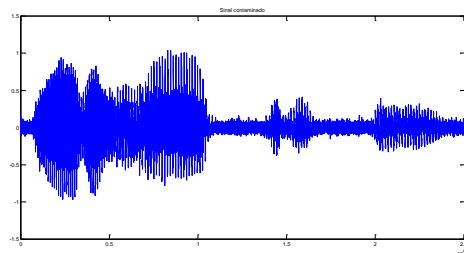
Figura 2: Sinal sem ruído da palavra elétrica.



Fonte: Os autores (2021).

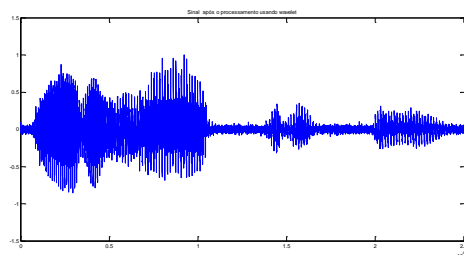
Analisando a Fig. 4 em relação à Fig. 3, percebe-se uma considerável redução de ruído principalmente em instantes de silêncio. Esse processamento resultou em uma relação sinal ruído segmentada de saída (SNRO) de 5 dB.

Figura 3: Sinal contaminado por ruído branco.



Fonte: Os autores (2021).

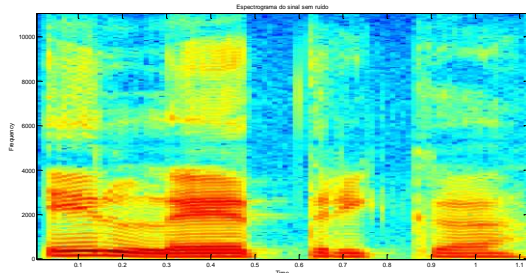
Figura 4: Sinal após o processamento usando a wavelet.



Fonte: Os autores (2021).

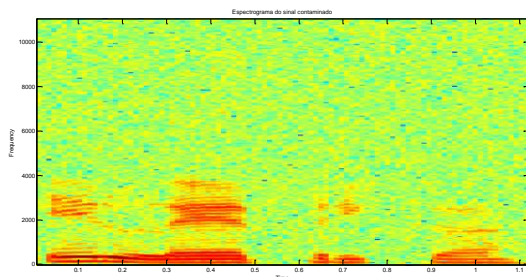
Outro parâmetro utilizado também para avaliar os resultados oriundos do processamento é o espectrograma. As Fig. 5, 6 e 7 correspondem aos espectrogramas do sinal sem ruído, sinal contaminado e sinal estimado após o processamento usando o algoritmo de decomposição de wavelet.

Figura 5: Espectrograma do sinal sem ruído da palavra elétrica.



Fonte: Os autores (2021).

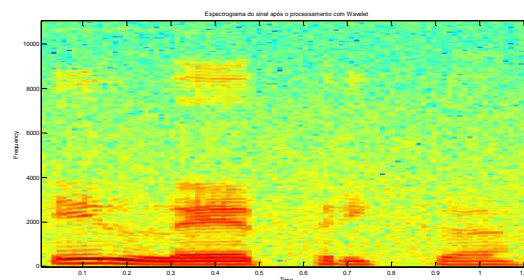
Figura 6: Espectro do sinal contaminado com ruído branco.



Fonte: Os autores (2021).

Conforme análise dos três espectrogramas, percebe-se na Fig. 7 que nas frequências entre 2000 e 3000 Hz, a intensidade do sinal foi ressaltada pelo algoritmo de Wavelet se comparado com o espectrograma da Fig. 6. Pode-se perceber também que apesar de uma redução da intensidade do ruído, um ruído residual permanece.

Figura 7: Espectrograma do sinal após o processamento usando Wavelet.



Fonte: Os autores (2021).

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o estudo do uso da transformada wavelet na redução de ruído em sinais de voz. Para a comprovação da eficiência desta técnica utilizou-se a medida de relação sinal ruído segmentada. Após testes realizados, conclui-se que a técnica de Wavelet apresenta resultados satisfatórios, visto que para uma relação sinal ruído segmentada de entrada (SNRI) de 3 dB, o algoritmo de decomposição de wavelet, melhorou o sinal em 2 dB, obtendo uma relação sinal ruído segmentada de saída (SNRO) de 5 dB. Além disso, foi possível verificar pelo uso dos espectrograma a recuperação dos sinais nas faixas de 2000 e 3000 Hz, sendo estas faixas de maior parcela de energia do sinal de voz.

REFERÊNCIAS

- BEROUTI, Michael; SCHWARTZ, Richard; MAKHOUL, John. Enhancement of speech corrupted by acoustic noise. In: **ICASSP'79. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. IEEE**, 1979. p. 208-211.
- DAQROUQ, Khaled; ABU-ISBEIH, Ibrahim N.; ALFAURI, Mikhled. Speech signal enhancement using neural network and wavelet transform. In: **2009 6th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices. IEEE**, 2009. p. 1-6.
- DELLER JR, John R.; PROAKIS, John G.; HANSEN, John H. **Discrete time processing of speech signals**. Prentice Hall PTR, 1993.
- DUARTE, M. A. **Redução de ruído em sinais de voz no domínio Wavelet**. 2005. 105 f. 2005. Tese de Doutorado.

Tese (Doutorado)-Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2005.

MISITI, Michel et al. Wavelet toolbox user's guide. **The MathWorks**, 1996.

STRANG, Gilbert; NGUYEN, Truong. **Wavelets and filter banks**. SIAM, 1996.

VASEGHI, Saeed V. **Advanced digital signal processing and noise reduction**. John Wiley & Sons, 2008.