

# Avaliação do Desempenho de Técnicas de Supressão de Ruído

Caio Fernandes Gabi, Silvana Cunha Costa e Suzete E. N. Correia.

**Resumo**—Este artigo apresenta um estudo comparativo de técnicas de redução de ruído em sinais de vozes degradados por ruído acústico ambiental. São comparadas três técnicas: Subtração Espectral, Filtragem de Wiener e Filtragem de Wiener Adaptativa. É avaliado o ganho obtido na relação sinal-ruído após a filtragem. A Filtragem de Wiener Adaptativa oferece o melhor desempenho, com um ganho na SNR superior a 6 dB.

**Palavras-Chave**—Redução de ruído, Filtragem adaptativa, filtro de Wiener.

**Abstract**—This article presents a comparative study of techniques to reduce noise in voice signals degraded by acoustic environmental noise. Three techniques are compared: Spectral Subtraction, Wiener filtering and Adaptive Wiener filtering. It's assessed the gain in signal to noise ratio after filtering. The adaptive Wiener filtering provides the best performance, with a gain in SNR above 6 dB.

**Keywords**—Noise Reduction, Adaptive Filtering, Wiener Filter.

## I. INTRODUÇÃO

A melhoria da qualidade do sinal de voz está diretamente ligada com a redução ou até mesmo eliminação dos ruídos presentes no sinal em aplicações tais como: reconhecimento automático de fala e de locutor, telefonia, sistemas de codificação, engenharia biomédica, comunicação em ambientes industriais, entre outros [1]. A utilização de técnicas de processamento digital de sinais para supressão de ruídos deve ser aplicada de forma que o ruído seja reduzido ou cancelado sem que, no entanto, haja perdas consideráveis na qualidade do sinal.

Este trabalho tem por objetivo avaliar algumas das técnicas mais comumente empregadas na supressão de ruído acústico ambiental: Subtração Espectral, filtragem de Wiener e filtragem de Wiener Adaptativa [2].

## II. ALGORITMOS DE SUPRESSÃO DE RUÍDO

### A. Subtração Espectral

Seja  $y(n)$  o sinal resultante do sinal de voz  $v(n)$ , degradado pelo ruído acústico ambiental  $r(n)$  processos aleatórios estacionários e independentes entre si, como apresenta a Equação (1):

$$y(n) = v(n) + r(n) \quad (1)$$

Na subtração espectral, a voz degradada é inicialmente segmentada e a cada segmento são determinadas estimativas espectrais a curto intervalo de tempo tanto da voz degradada quanto do ruído que, subtraídas entre si, representam a estimação espectral do sinal de voz. Genericamente, é possível

expressar a  $B$ -ésima potência da magnitude do espectro do sinal de voz como:

$$\hat{V}^B(\omega_k) = Y^B(\omega_k) - \hat{R}^B(\omega_k) \quad (2)$$

em que  $\hat{V}^B(\omega_k)$  e  $\hat{R}^B(\omega_k)$  são as estimativas dos espectros dos sinais de voz original e do ruído, respectivamente,  $B$  é um inteiro (igual a 1 ou a 2) e  $\eta$  é o controle da quantidade de ruído a ser subtraída do sinal de voz degradado [1]. É importante lembrar que, devido à aleatoriedade da fase do ruído, a subtração espectral apresenta ruído musical [3].

### B. Filtro de Wiener

O Filtro de Wiener tem como objetivo minimizar o valor esperado do erro quadrático médio entre o sinal de entrada e o sinal desejado [3].

O algoritmo do filtro de Wiener estima o ruído nos momentos de silêncio, onde se supõe ter apenas a presença de ruído. Sendo assim, pode-se definir o Filtro de Wiener como sendo:

$$\hat{H}_{PW}(\omega_k) = \left[ \frac{Y^B(\omega_k) - \eta \hat{R}^B(\omega_k)}{Y^B(\omega_k)} \right] \quad (3)$$

em que  $Y^B(\omega_k)$  e  $\hat{R}^B(\omega_k)$  são, respectivamente, as magnitudes do espectro do sinal de voz degradado e da estimativa do ruído presente no sinal,  $\eta$  é um parâmetro que define a quantidade de ruído a ser reduzido do sinal ruidoso (variando de zero a um), e o parâmetro  $\beta = 1/B$  é fixo para todos os quadros e para toda a banda de frequência, sendo o valor típico igual a 0,5 ( $B = 2$ ) [3]. O problema central no Filtro de Wiener é computar o ganho do filtro para cada frequência, portanto, define-se a relação sinal ruído a *posteriori* como sendo:

$$E(\omega_k) = \frac{Y(\omega_k)}{R(\omega_k)} \quad (4)$$

Assim, a Equação (2) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\hat{H}_{PW}(\omega_k) = \left[ 1 - \eta \frac{1}{E^B(\omega_k)} \right]^\beta \quad (5)$$

A Equação (5) mostra a característica de atuação mais forte em regiões de baixa relação sinal ruído que o Filtro de Wiener possui. Por outro lado, em regiões com alta relação sinal-ruído, o filtro de Wiener praticamente não altera o sinal de entrada. É importante lembrar que, por ser um método baseado em subtração de espectros, a filtragem de Wiener também apresenta ruído musical devido à aleatoriedade de fase do ruído [3].

### C. Filtro de Wiener Adaptativo

O Filtro de Wiener Adaptativo é um método que exibe comportamento satisfatório em ambientes onde não há conhecimento estatístico prévio dos sinais de entrada e desenha-se automaticamente a partir de parâmetros iniciais que indicam o desconhecimento do ambiente no qual está inserido. Caso o ambiente seja estacionário, os parâmetros do Filtro de Wiener Adaptativo convergem para a solução ótima do Filtro de Wiener convencional, caso contrário, o filtro irá acompanhar as variações estatísticas ao longo do tempo, desde que suficientemente lentas [4].

Normalmente, o ruído residual pode ser reduzido com o aumento do valor de  $\beta$  da equação (3). No entanto, isso introduz distorções indesejadas ao sinal, pois a atenuação extra é igualmente aplicada para todo  $\omega_k$ , em todos os quadros processados. Para garantir mais flexibilidade à função de ganhos, foi proposta por [5] a utilização do parâmetro  $\beta(\omega_k, m)$ , função agora de  $\omega_k$  e  $m$  ( $m$ -ésimo quadro processado). Como a maior parte da energia do sinal de voz está concentrada em torno da frequência fundamental (*pitch*) e de suas primeiras harmônicas o valor de  $\beta$  dentro de cada quadro é ajustado de acordo com o valor do *pitch* estimado para o quadro. Como o valor do *pitch* pode ser extraído facilmente do sinal de voz, sua utilização na determinação de  $\beta(\omega_k, m)$  não deve aumentar significativamente a complexidade computacional em relação ao filtro de Wiener convencional.

## III. RESULTADOS

Para a implementação dos algoritmos foi utilizado o *software* MATLAB®, e uma amostra de sinal de voz masculina, pronunciando a frase foneticamente balanceada: “As crianças estão brincando”, com taxa de amostragem de 8000 amostras/s com 16 bits por amostra, degradado com ruído aditivo gaussiano branco com SNR de 10 dB. Para todos os métodos, foi aplicada uma estimação de ruído nos momentos de silêncio do sinal [3][5]. Na Figura 1 são apresentados o espectrograma e a forma de onda do sinal original e do sinal degradado. Na Figura 2 são apresentados a forma de onda e o espectrograma dos sinais processados, após a aplicação dos métodos de supressão de ruído.

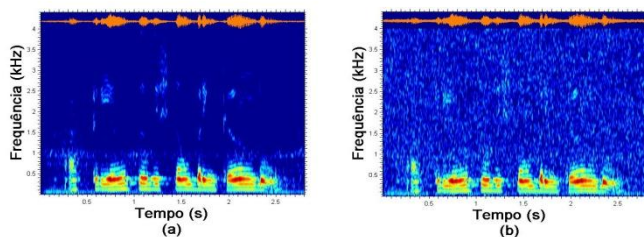


Fig. 1. Espectrogramas: a - Sinal original; b - Sinal Degradado (SNR = 10dB).

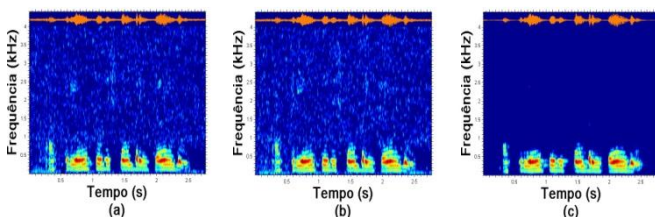


Fig. 2. Espectrograma do Sinal Processado- a - Subtração Espectral; b - Filtragem de Wiener; c - Filtragem de Wiener Adaptativa.

Na Tabela I são mostrados os valores de ganho na relação sinal-ruído (SNR) para cada técnica implementada. A Filtragem Wiener Adaptativa proporcionou o maior ganho na SNR em relação à Filtragem de Wiener Convencional, o que pode ser observado pelo aspecto mais limpo do espectrograma da Figura 3.

TABELA I. GANHO DE RELAÇÃO SINAL RUÍDO PARA TÉCNICAS DE SUPRESSÃO

Método	Ganho na SNR
Subtração espectral	3,92
Filtro de Wiener	4,10
Filtro de Wiener Adaptativo	6,27

Os resultados obtidos, apresentados nas Figuras 1 e 2, e também na Tabela I, mostram que a Subtração Espectral, o Filtro de Wiener e o Filtro de Wiener adaptativo geraram uma melhoria na qualidade do sinal de voz, sem que o mesmo tenha sofrido perdas significativas na inteligibilidade. Porém, devido ao fato da Subtração Espectral e do Filtro de Wiener convencional serem métodos que utilizam modificação de espectros, houve a inserção de ruído musical nos sinais processados por essas técnicas. O Filtro de Wiener Adaptativo foi mais eficiente em suprimir o ruído do sinal degradado, pois o filtro conseguiu preservar a energia do sinal de voz em torno das mais baixas frequências do sinal, reduzindo o ruído residual. No entanto, se compararmos a Figura 2.c, que contém o espectrograma do sinal processado pelo Filtro de Wiener adaptativo, com o sinal original da Figura 1.a, observa-se uma supressão do sinal nas frequências mais altas, o que acarreta a eliminação de alguns sons de fricativos ou surdos do sinal de voz.

## IV. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que a aplicação das técnicas implementadas proporciona uma melhoria na qualidade do sinal, sem perda relevante na inteligibilidade do mesmo. A filtragem adaptativa de Wiener proporcionou o maior ganho na relação sinal-ruído (6,27 dB), aumentado em 2,17 dB em relação à filtragem de Wiener. Como continuidade do trabalho será avaliado o desempenho da técnica de supressão de ruído baseada na Transformada de Wavelet, como também uma análise comparativa entre esta técnica e as outras já implementadas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de educação, Ciência e tecnologia da Paraíba (IFPB) e ao CNPq (Projeto PIBITI), pelo suporte técnico e financeiro.

## REFERÊNCIAS

- [1] CUNHA, S. L. do N. Sistema Multicanal Adaptativo para Supressão de Ruído Usando Arranjo de Microfones. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 1994.
- [2] MARTINS, A. Signal analysis: wavelets, filter banks, time-frequency transforms, and applications. New York, John Wiley & Sons, 2000.
- [3] SANTANA, F. F. Remoção de ruído em voz para aplicação em tempo real. Escola Politécnica – UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.
- [4] MARQUES, P. A. C. Introdução a Filtragem Adaptativa. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Disponível em: <http://www.deetc.isel.ipl.pt/sistemastele/stds/Bibliografia/Texto-FiltragemAdaptativa.pdf>. Acesso em 14 de janeiro de 2013.
- [5] SILVA, L. F. Redução de ruído em sinais de voz utilizando uma função de ganhos adaptativa para o filtro de Wiener. Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UFSC, Florianópolis, 2011.