



EFETOS DIGITAIS APLICADOS VIA MATLAB EM SINAIS DE ÁUDIO DE UM INSTRUMENTO MUSICAL

¹ Matheus Vaz Castro (SENAI CIMATEC) – matheusvazcastro@gmail.com; ² Flora Araújo Valverde (SENAI CIMATEC) – araujovalverde@hotmail.com; ³ Emanuel Benício de Almeida Cajueiro (SENAI CIMATEC) – emanuel.cajueiro@fieb.org.br;

Resumo: O artigo trata sobre o desenvolvimento e aplicação de efeitos digitais em sinais de áudio adquiridos a partir de sistemas contínuos no tempo. Os efeitos desenvolvidos foram: distorção, eco e trêmulo. Como esses timbres foram aplicados em um computador, se fez necessário a digitalização dos sinais de áudio. Este foi amostrado via dispositivo que realiza uma conversão analógica para digital (A/D). A função de teste aplicada à corda de nota Mi (329,6 Hz) de uma guitarra foi uma entrada do tipo impulso. A partir dos dados coletados, os efeitos foram implementados com base em modelos matemáticos utilizando o software MATLAB. Os resultados obtidos mostram que os efeitos produzidos se assemelham aos encontrados comercialmente.

Palavras-Chaves: sinal de áudio; processamento digital de sinais; eco; trêmulo; distorção.

DIGITAL EFFECTS APPLIED VIA MATLAB IN AUDIO SIGNALS OF A MUSICAL INSTRUMENTS

Abstract: The article treats about the development and application of digital effects in audio signals obtain from continuous systems in time domain. The effects were: distortion, echo and tremolo. As these tones were applied to a computer, it was necessary to digitize the audio signals. This was sampled via model which is an analog to digital (A/D) converter. A test function applied to the Mi note (329.6 Hz) of a guitar was an impulse type input. From the data collected, the effects were implemented based on mathematical models using MATLAB software. The results were similar to those found in the archives.

Keywords: audio signal; digital signal processing; tremolo; echo; distortion.



1. INTRODUÇÃO

Os efeitos digitais surgiram no começo da década de 80 logo depois da ascensão dos pedais analógicos [1]. O melhor exemplo é a pedaleira, na qual, atualmente, possui uma verdadeira biblioteca de efeitos e variações. Os fabricantes pioneiros a trabalharem com esses DSP's (*Digital Signal Processor*) foram *Boss*, *Digitech* e *Zoom*. Um desses primeiros efeitos digitais a serem desenvolvidos foi o Trêmulo, no qual, utiliza uma modulação AM, como pode ser visto na seção 1.2.

Como qualquer sinal analógico de um instrumento musical, o sinal de áudio coletado possui harmônicos e amplitudes diversas. Essas características fazem com que os sinais de diferentes instrumentos possuam timbres distintos. Vale ressaltar que, no sinal de áudio, a combinação de determinadas componentes de frequência gera as notas musicais.

Através da coleta de dados de áudio pode-se modelar um sistema dinâmico com o intuito de implementar um determinado efeito. É possível obter, por meio de modificações na forma de onda, modelos matemáticos que atribuam ao sinal de entrada efeitos digitais similares aos obtidos em um circuito analógico.

Este trabalho mostra o desenvolvimento de um sistema digital que implementa efeitos de áudio nos sinais amostrados de uma guitarra.

1.1. Sistema de Amostragem do Sinal de Áudio

Os captadores de uma guitarra são sensores baseados no princípio da indução eletromagnética. Esses convertem a vibração da corda em um sinal elétrico. Por sua vez, o sinal elétrico é, normalmente, encaminhado para um conversor analógico-digital (A/D) e transmitido para um sistema de amplificação, o qual possibilita o uso adequado do instrumento [2].

O conversor A/D realiza a amostragem dos sinais analógicos audíveis com base no teorema de Nyquist. Segundo Nyquist, a frequência de amostragem deve ser maior do que o dobro da máxima frequência de interesse contida no sinal amostrado [2].

Para sinais de áudio, o processo de amostragem na conversão A/D é, em geral, feito a uma frequência de amostragem de 44,1 kHz. Tal frequência é escolhida baseando-se na máxima frequência audível ao ser humano, que é de 20 kHz.

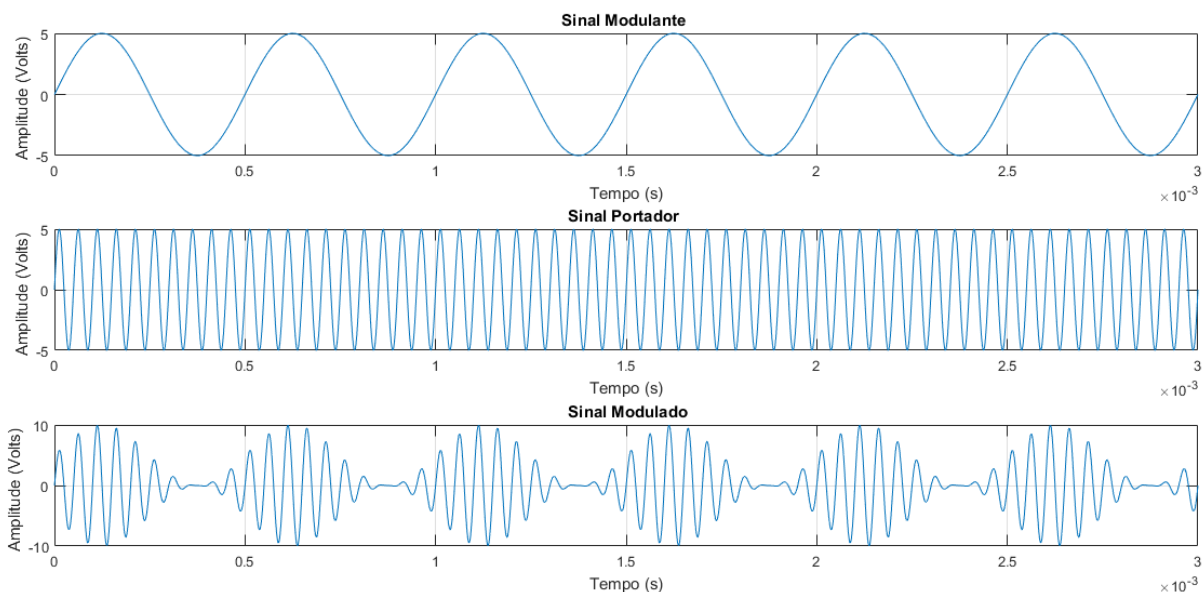
Nesse processo de amostragem, a variável que determina a qualidade da conversão é definida pela quantidade de bits de quantização que o conversor oferece. Após definido o nível de quantização e a taxa de amostragem, é obtido um sinal discreto em termos de amplitude [2].

1.2 Efeito Trêmulo e a Modulação AM

O efeito trêmulo, bastante usado no meio musical, é obtido por meio da modulação AM. Em telecomunicações, a modulação AM é uma forma comum de

transmitir informações. A Figura 1 mostra que, nessa comunicação, existem dois sinais principais: um sinal portador e um sinal modulante [3]. Este último é o sinal que contém a informação, enquanto o sinal portador é o sinal de frequência superior ao modulador, na qual, será multiplicado pelo sinal portador.

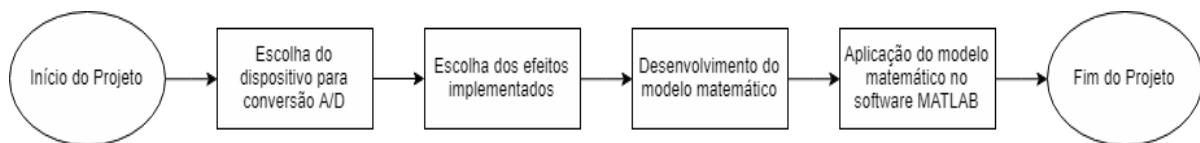
Figura 1. Representação da Modulação AM.



2. METODOLOGIA

Para a realização do trabalho foi seguida a metodologia mostrada na Figura 2.

Figura 2. Metodologia para implementação dos efeitos digitais.



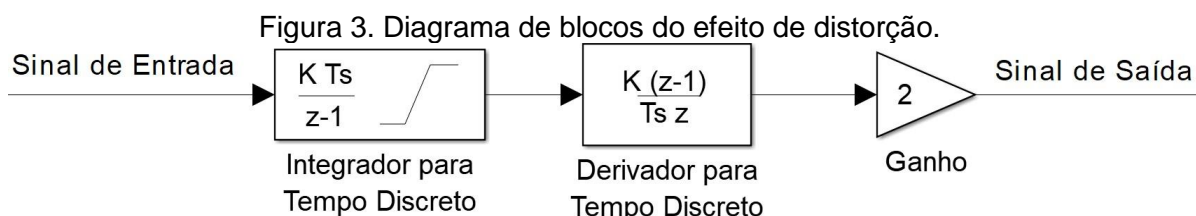
Neste trabalho, como conversor A/D, utilizou-se um dispositivo comercial chamado *Guitar Link*. Este aparelho possui 16 bits de quantização, ou seja, o sinal foi amostrado com 2^{16} níveis de amplitude. A partir desse sinal digitalizado, foi possível implementar os efeitos de distorção, eco e trêmulo.

Foram desenvolvidos modelos que representam matematicamente os efeitos implementados no áudio de entrada. Em seguida, foi feita a validação do funcionamento desses modelos no software MATLAB. A partir do Simulink, ferramenta disponível no software MATLAB, foi possível representar os efeitos individualmente em diagrama de blocos.

No caso do efeito de distorção, o princípio básico é saturar o sinal de entrada,
ISSN: 2447-4215



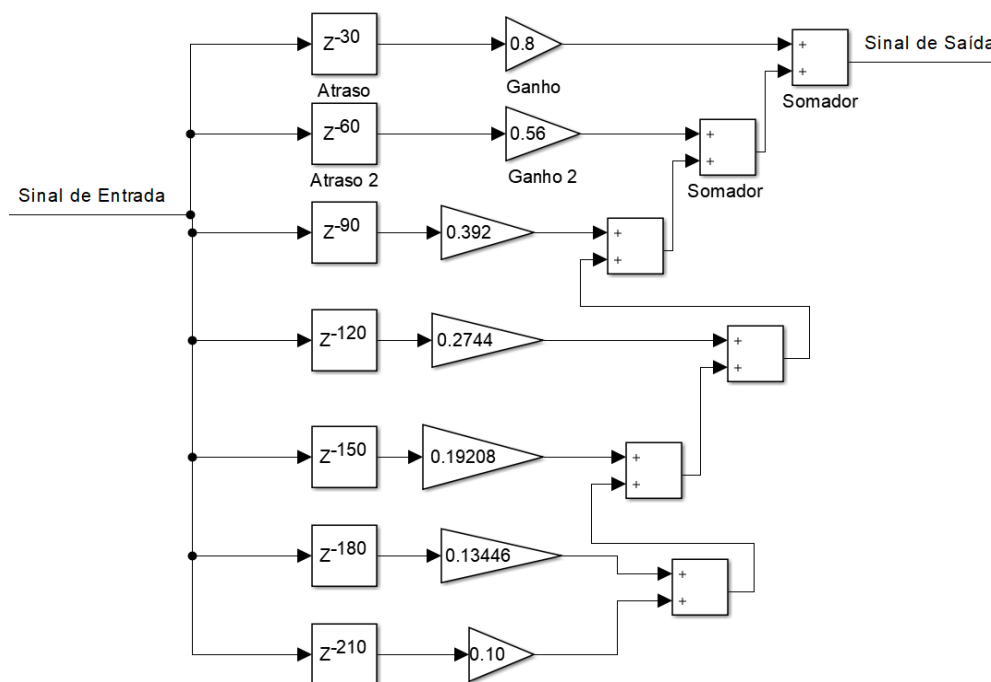
impondo a este, limites superiores e inferiores. Como pode ser visto na Figura 3, utilizando os blocos de integração, derivação e ganho, este sistema amplifica o ruído do sinal fazendo com que o sinal se distorça, entretanto, ainda obedecendo limites máximos e mínimos pré-estabelecidos.



O efeito de eco tem como princípio básico as repetições atenuadas de forma gradativa do sinal medido após um determinado período de tempo. Na Figura 4, foi desenvolvido o efeito do eco possuindo 7 repetições do sinal, as quais, estão defasadas em $0,68 \times 10^{-3}s$ umas das outras.

Para o primeiro atraso, considerou-se uma atenuação de 20% do sinal medido. Os demais atrasos, os quais também podem ser vistos na Figura 4, sofreram uma atenuação de 30% sobre o sinal imediatamente anterior. Estes atrasos são somados para obtenção do sinal de interesse.

Figura 4. Diagrama de blocos no software MATLAB do efeito eco.

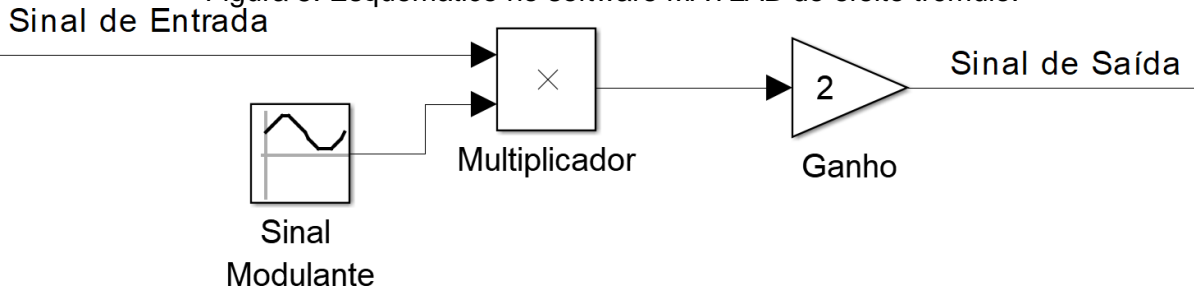


Para o desenvolvimento do efeito de trêmulo foi realizada a modulação do sinal de entrada por uma função senoidal na frequência de 100 Hz (modulação AM), como



mostra a Figura 5.

Figura 5. Esquemático no software MATLAB do efeito trêmulo.

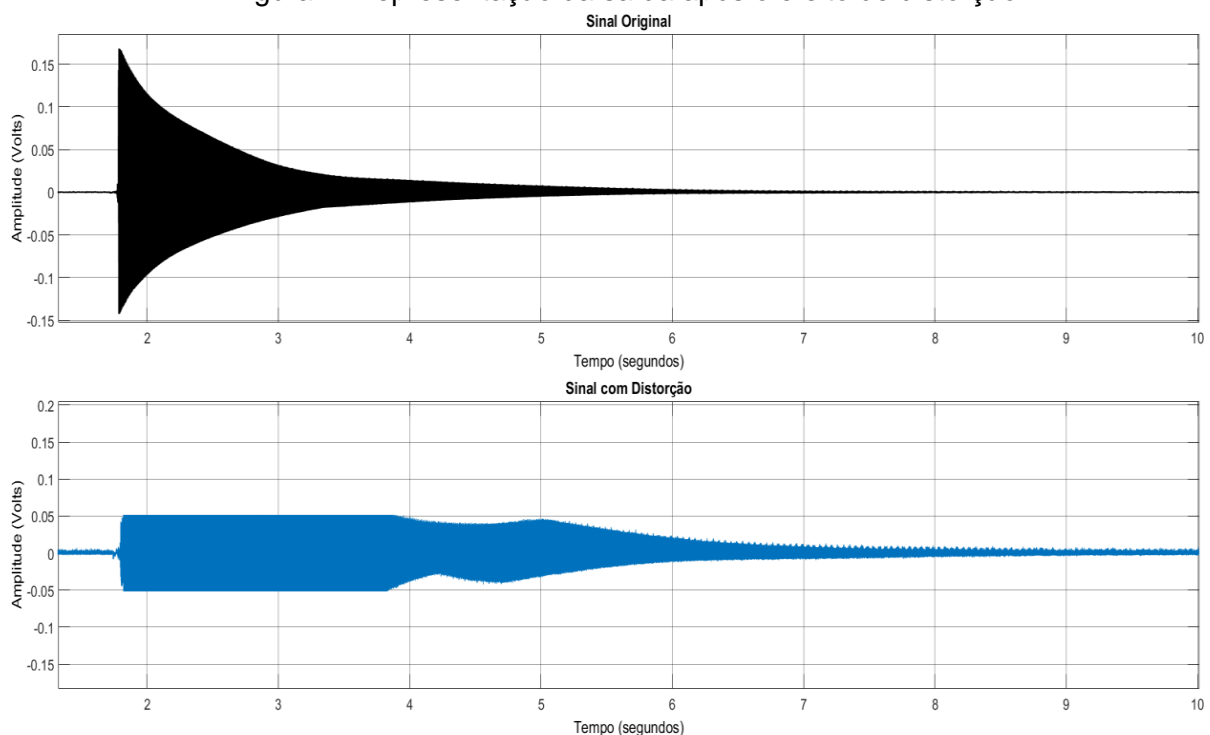


3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a validação dos modelos matemáticos para cada efeito associado, foram gerados gráficos que representam a forma da onda antes e após a passagem pelos sistemas de atribuição de efeitos ao sinal. Para amostragem, o sinal de teste considerado foi uma função do tipo impulso aplicada à corda Mi (329,6 Hz) de uma guitarra.

Como exibido na Figura 7, a forma de onda do sinal original, com a passagem deste pelo bloco do efeito de distorção, descrito na Figura 3, foi verificado que o sinal de áudio de saída excursionou entre 0,05 e -0,05 volts, com o dobro da amplitude, gerando o dobro do ruído contido no sinal original, distorcendo o sinal de entrada.

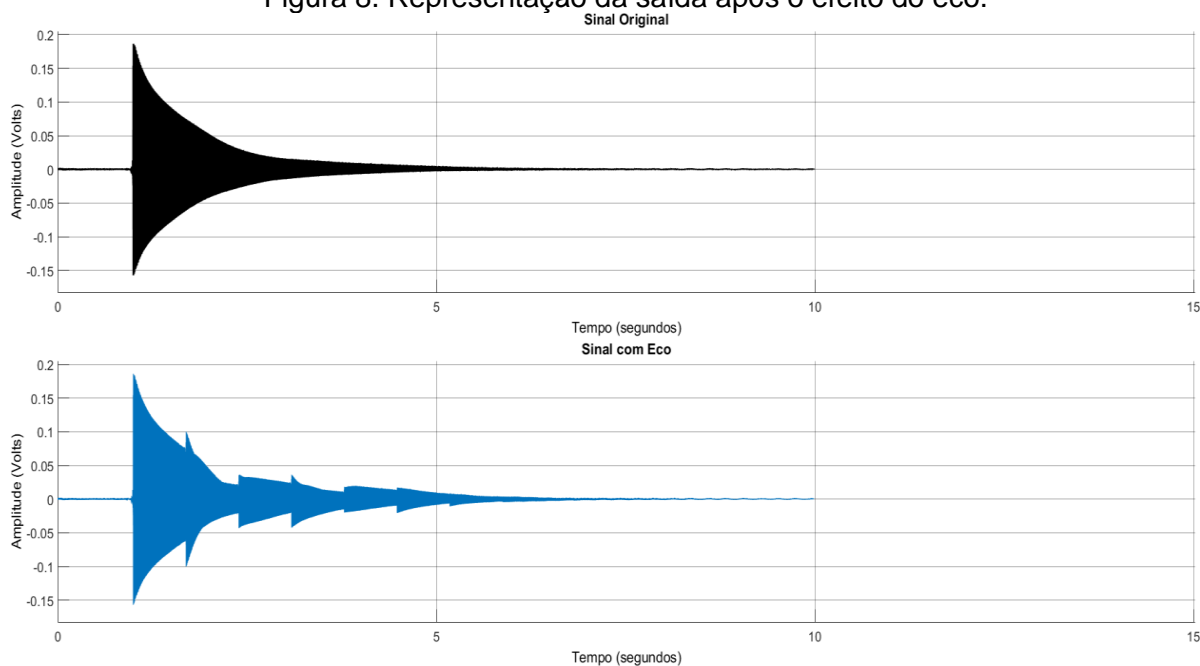
Figura 7. Representação da saída após o efeito de distorção.





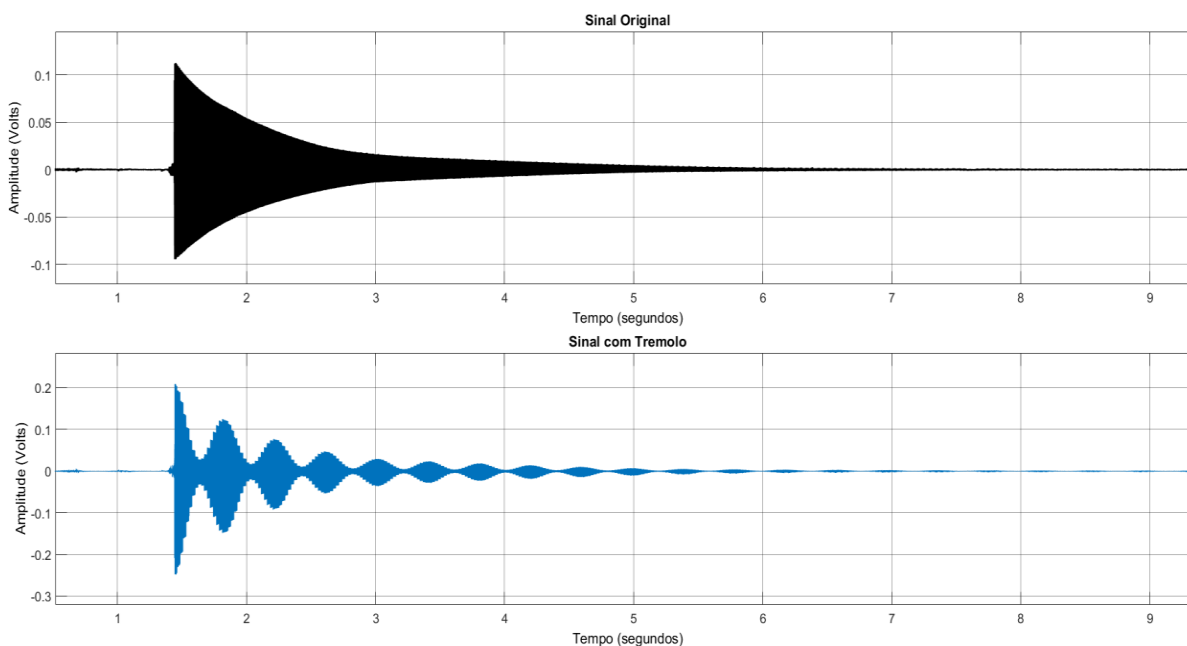
A Figura 8 mostra que, no caso do efeito de eco, primeiramente, o impulso inicial foi atrasado em 0,5 segundos e, após isto, foi verificado que este impulso inicial se repetiu a cada 30 amostras de intervalo, entretanto, com amplitudes linearmente decrescentes.

Figura 8. Representação da saída após o efeito do eco.



No caso do efeito do trêmulo, foi verificado que há uma modulação AM, na qual, a cada $0,68 \times 10^{-3}s$, o sinal de entrada tende a 0 de amplitude, como exposto na Figura 9.

Figura 9. Representação da saída após o efeito de trêmulo.





4. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou resultados referentes ao projeto e simulação de efeitos que são, hoje em dia, usados em sistemas comerciais. Foi possível notar, através dos gráficos obtidos, cada efeito implementado individualmente, atendendo ao escopo principal do artigo.

Os timbres obtidos nas saídas dos blocos de trêmulo e distorção são compatíveis com as pedaleiras de efeitos encontradas comercialmente.

No efeito de eco a quantidade de atrasos foi definida, entretanto, o efeito seria mais próximo ao eco comercial caso houvesse uma relação diretamente proporcional entre a amplitude do sinal de entrada e a quantidade de atrasos aplicados.

Por conta do processamento do sinal de áudio no *Guitar Link* e no software Matlab, ocorreu um atraso relevante entre o toque no instrumento musical e a reprodução do mesmo no amplificador, diferentemente do que ocorre em pedaleiras comerciais.

Como sugestão de trabalho futuro, para melhorar a experiência no uso dos efeitos digitais em tempo real, recomenda-se a implementação de um sistema para minimizar o atraso no reconhecimento dos dados amostrados no *Guitar Link* e encaminhados para o computador pela comunicação serial.

5. REFERÊNCIAS

¹ZÖLZER, Udo. **DAFX- Digital Audio Effects**. 2ª Edição. John Wiley and Sons, 2002. 553 p.

²HAYKIN, Simon. **Sinais e Sistemas**. 1ª Edição. Porto Alegre:Bookman, 2001. 668p.

³E. C. Ifeachor and B. W. Jervis, **Digital Signal Processing A Practical Approach**, Second Edition. Harlow, England: Prentice-Hall, 2002.

⁴T. G. Fernandes e A. N. Panazio, **Do Analógico ao Digital: Amostragem, Quantização e Codificação** em II Simpósio de Iniciação Científica da Universidade Federal do ABC, Santo André-SP, 2009.

⁵NALON, José Alexandre. **Introdução ao Processamento Digital de Sinais**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 209 p.