

# USE OF MODIFIER EFFECTS WITH DIGITAL PROCESSING OF SIGNALS IN MUSIC SIGNALS

DANIEL ABREU MACEDO DA SILVA\*

\*Rua dos 48, 99

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica - UFPA  
Belém, Pará, Brasil

Email: daniel.abreu@itec.ufpa.br

**Abstract**— The proposed work aims to recreate musical effects, present in pedalboards and keyboards, via Digital Processing of Signals. In addition to presenting an approach to how these effects alter signals and spectrograms.

**Keywords**— Musical Effects, Digital Processing of Signals.

**Resumo**— O trabalho proposto visa recriar populares efeitos musicais, presentes em pedaleiras e teclados, via processamento digital de sinais. Além de apresentar uma abordagem de como esses efeitos alteram os sinais e os espectrogramas.

**Palavras-chave**— Efeitos Musicais, Processamento Digital de Sinais.

## 1 Introdução

O processamento digital de sinais musicais, no trabalho proposto, visa analisar como são os espectros e os sinais de uma música quando gravada a uma certa frequência de amostragem. O uso de uma pedaleira ou um teclado, modifica notas musicais utilizando circuitos analógicos com o propósito de gerar efeitos que permitem alterar ou criar sons diferentes (JOT, 1997). Assim, a proposta de desenvolver códigos que permitam a entrada de arquivos .WAV e que alterem tais sinais é interessante, visto que pode ser popular aos que não tem a possibilidade de adquirir um equipamento desses, além de alterar os sinais com comandos e técnicas vistas durante a disciplina de processamento digital de sinais.

Os efeitos implementados via código, com o uso do *Matlab*, são delay, eco, distorção, reverberação, flanger e Wah Wah. Estes são brevemente explicados abaixo e no próximo capítulo a metodologia para implementação é apresentada.

- Delay: Uso de um vetor de zeros, que define o atraso do sinal de áudio que é enviado para a saída.
- Eco: Geralmente gerado pelo armazenamento do sinal de áudio por um certo período de tempo para depois ser reenviado para a saída de áudio (BROVIG-HANSEN, 2016). É obtido pela soma do sinal original com o sinal atrasado.
- Distorção: É a modificação de um som usando processamento de sinal não linear, em alguns instrumentos musicais, como as guitarras eletrônicas, aproveitam o efeito de distorção para aumentar e variar seu timbre. Isso modifica o som, introduzindo produtos de distorção não linear do sinal de entrada (K. Byun and Koo, 2011)

- Reverberação: resultado de muitos reflexos do som que ocorrem em uma sala e nas paredes circundantes em um teatro, o som por meio de um caminho indireto é refletido, atrasado e atenuado, essas ondas refletidas podem novamente ricochetear em outra parede antes de chegar aos nossos ouvidos, e assim por diante (K. Byun and Koo, 2011).
- Flanger: cria um som de "avião a jato" ou "nave espacial", isso é realizado com a adição de uma versão sonora com atraso variável do sinal de áudio ao original, criando um filtro similar ao de efeito Doppler.
- Wah Wah: funciona a partir de um MRB (*Mid range booster*) que é um booster de frequências médias onde se pode mudar a faixa que será amplificada.

## 2 Desenvolvimento dos Sinais

Os sinais utilizados são trechos de músicas, estas foram amostradas com uma frequência de 44100 Hz. No código apresentado, tem-se um sample de guitarra (arquivo GuitarHeroW.WAV), cujo download foi feito pela internet e que possui canal de gravação mono. Além deste, também foi utilizada a abertura de Mortal Kombat, que fora gravada utilizando o software Audacity, para análise dos sinais quando a música é gravada por uma placa de som com limitações físicas, tais quais computadores de baixo custo.

A análise dos sinais implementados se inicia com o plot do sinal, também é realizada a análise da DFT dos sinais em Hz, que é realizada com a função espectro anexada. Ademais, o espectrograma do sinal também é utilizado, este avalia em um gráfico de cores a frequência dos sinais em função do tempo, é uma forma também de avaliar como a frequência é distorcida conforme um efeito

é aplicado. Os gráficos obtidos do sinal do sample de guitarra são apresentados nas Figuras 1 à 3.

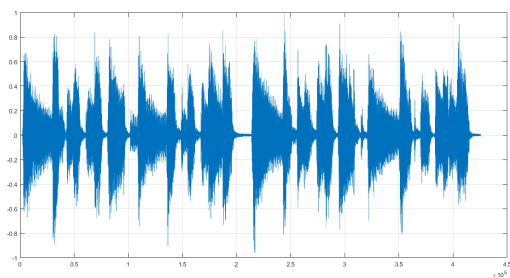


Figura 1: Gráfico do sinal do sample de guitarra.

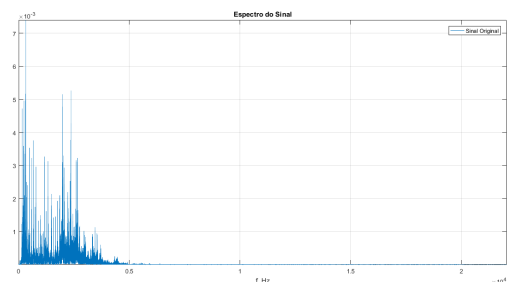


Figura 2: Gráfico da DFT do sample de guitarra.

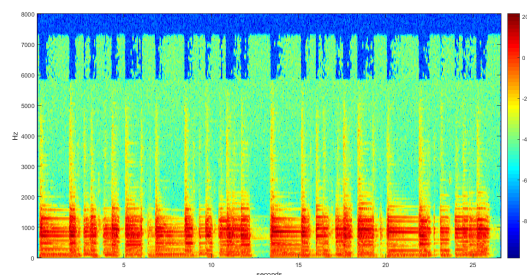


Figura 3: Espectrograma do sample de guitarra.

Os gráficos obtidos do sinal da abertura de mortal kombat são apresentados nas Figuras 4 à 6. Na última fica visível que a placa de som satura a frequência do sinal musical.

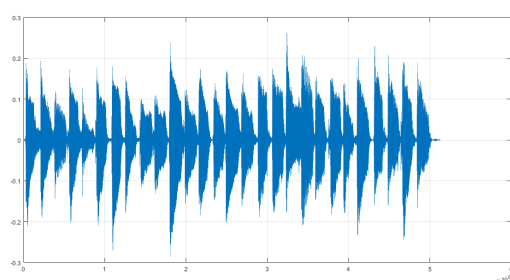


Figura 4: Gráfico do sinal da abertura de Mortal Kombat.

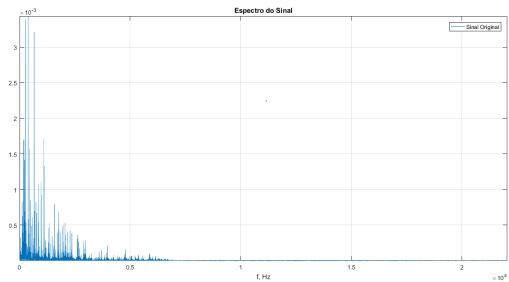


Figura 5: Gráfico da DFT da abertura de Mortal Kombat.

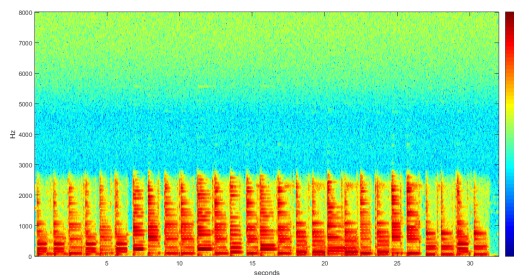


Figura 6: Espectrograma da abertura de Mortal Kombat.

### 3 Desenvolvimento e Implementação dos Efeitos

#### 3.1 Delay

A implementação do delay é realizada com o uso de uma matriz de zeros que é inserida no início do sinal, assim, o sinal de saída é atrasado. Para o trabalho, esta matriz possui 100000 zeros, para que o atraso seja visto de forma bem aparente nos gráficos. Nas Figuras 7 à 9 são apresentadas, respectivamente, as saídas com delay, a DFT e o espectrograma do sample de guitarra.

Nas Figuras 10 à ?? são apresentadas, respectivamente, as saídas com delay, a DFT e o espectrograma aplicadas à abertura do mortal kombat.

Tal efeito altera apenas quando ocorre o início do sinal, sendo visível que não altera a frequência.

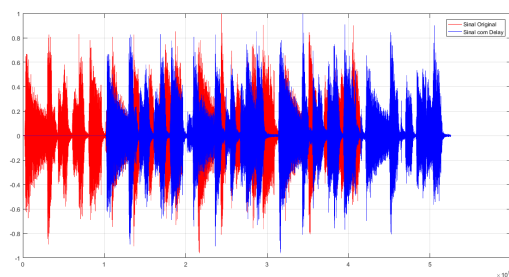


Figura 7: Gráfico do sinal do sample de guitarra com delay.

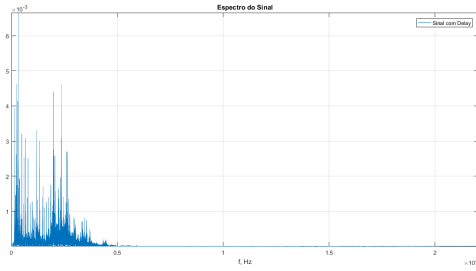


Figura 8: Gráfico da DFT do delay no sample de guitarra.

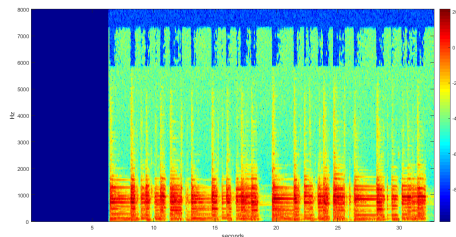


Figura 9: Espectrograma do delay no sample de guitarra.

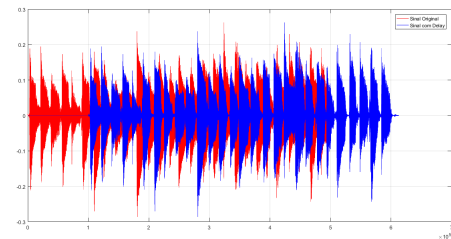


Figura 10: Gráfico do sinal com delay na abertura de Mortal Kombat.

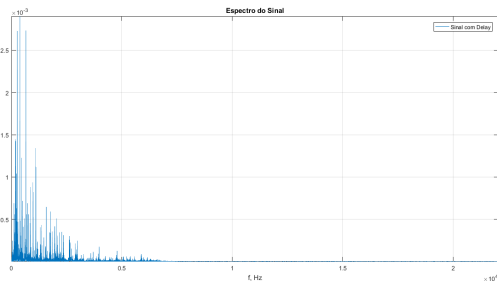


Figura 11: Gráfico da DFT do delay na abertura de Mortal Kombat.

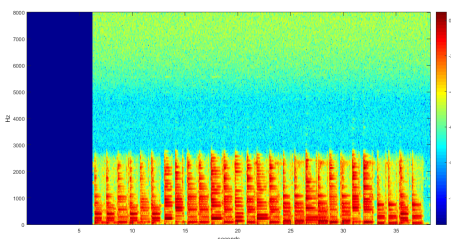


Figura 12: Espectrograma do delay na abertura de Mortal Kombat.

### 3.2 Eco

A implementação do eco é realizada com o uso de uma matriz de zeros que é inserida similar ao delay, assim, o sinal de saída é atrasado. No entanto, esse sinal atrasado é adicionado ao sinal original para dar uma sensação de eco. Para o trabalho, esta matriz que desloca e atrasa o sinal possui 10000 zeros, pois assim a análise sonora é bem perceptível e similar a da pedaleira, este sinal também possui um ganho de 0,3 para amplificar o sinal deslocado que é adicionado ao original. Nas Figuras 13 à 15 são apresentadas, respectivamente, as saídas com delay, a DFT e o espectrograma do sample de guitarra.

Nas Figuras 16 à 18 são apresentadas, respectivamente, as saídas com delay, a DFT e o espectrograma aplicadas à abertura do mortal kombat.

Tal efeito altera levemente a frequência devido ao ganho e isso é visto nos plots dos sinais e nos espectrogramas de forma sutil.

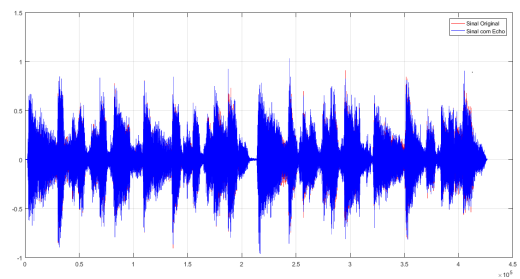


Figura 13: Gráfico do sinal do sample de guitarra com eco.

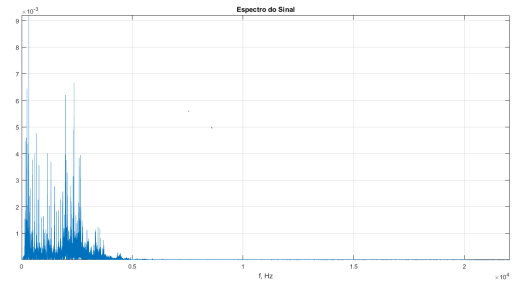


Figura 14: Gráfico da DFT do eco no sample de guitarra.

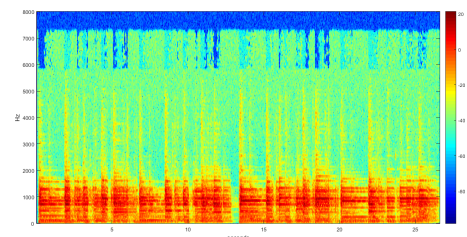


Figura 15: Espectrograma do eco no sample de guitarra.

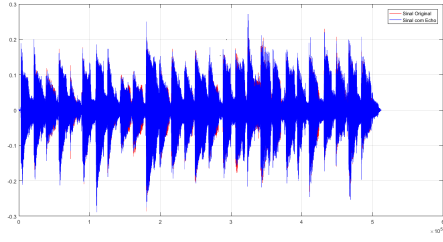


Figura 16: Gráfico do sinal com eco na abertura de Mortal Kombat.

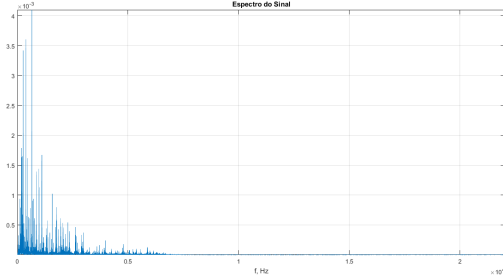


Figura 17: Gráfico da DFT do eco na abertura de Mortal Kombat.

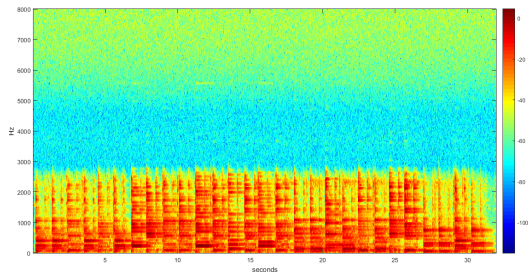


Figura 18: Espectrograma do eco na abertura de Mortal Kombat.

### 3.3 Distorção

A implementação da distorção é realizada com o uso de uma não linearidade que altera a saída do sinal (BROVIG-HANSSEN, 2016). A não linearidade visa distorcer os sinais agudos e graves, distorcendo o sinal para ser similar ao de um disco arranhado. Esta pode ser obtida apenas com a exponenciação do sinal ao quadrado, esta que é uma clássica não linearidade vista em processamento digital de sinais. Em (K. Byun and Koo, 2011), esta não linearidade obedece o que é apresentado em (1).

$$x_{dist} = \frac{(1 + k_{dist}) \cdot x}{(1 + k_{dist}) \cdot |x|} \quad (1)$$

onde,  $x$  é o sinal original e  $k_{dist}$  obedece a relação em (2) em que  $a$  pode ser alterado de 0 à 1 para amplificar a distorção, no trabalho proposto  $a = 0,9$ .

$$k_{dist} = \frac{2 \cdot a}{(1 - a)} \quad (2)$$

Essa não linearidade altera de forma constante o sinal original, possuindo uma saturação. É possível calcular que para valores nulos de  $a$ , o sinal se mantém o mesmo. Já para valores iguais a 1, o valor da distorção amplifica fortemente os valores de  $x$  e nos espectrogramas é notório o aumento das frequências das notas. Vale ressaltar que é um efeito utilizado com a ideia de metalizar as notas, assim, no sinal do mortal kombat, feito em violão, é obtido um sinal similar ao de uma guitarra. Nas Figuras 19 à 21 são apresentadas, respectivamente, as saídas com distorção, a DFT e o espectrograma do sample de guitarra.

Nas Figuras 16 à 18 são apresentadas, respectivamente, as saídas com distorção, a DFT e o espectrograma aplicadas à abertura do mortal kombat.

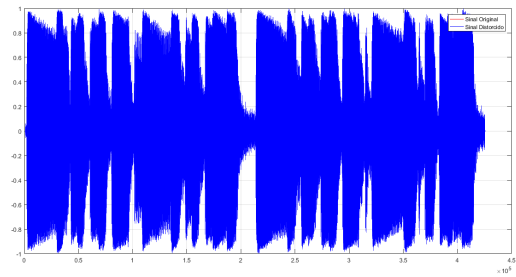


Figura 19: Gráfico do sinal do sample de guitarra com distorção.

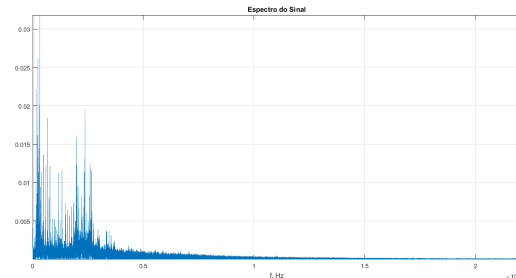


Figura 20: Gráfico da DFT da distorção no sample de guitarra.

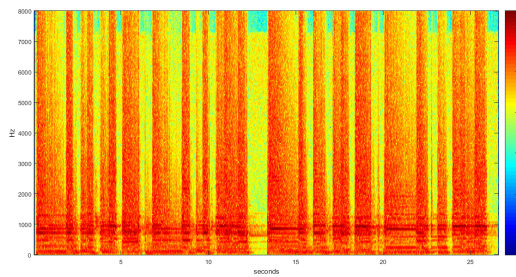


Figura 21: Espectrograma da distorção no sample de guitarra.

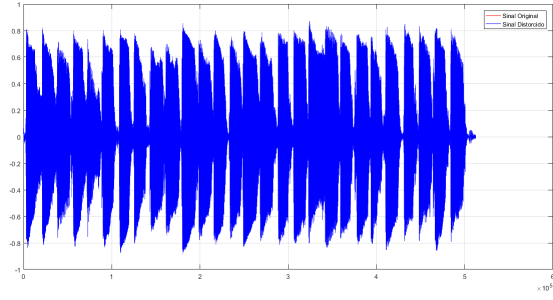


Figura 22: Gráfico do sinal com distorção na abertura de Mortal Kombat.

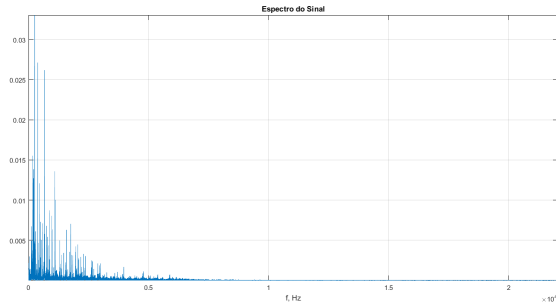


Figura 23: Gráfico da DFT da distorção na abertura de Mortal Kombat.

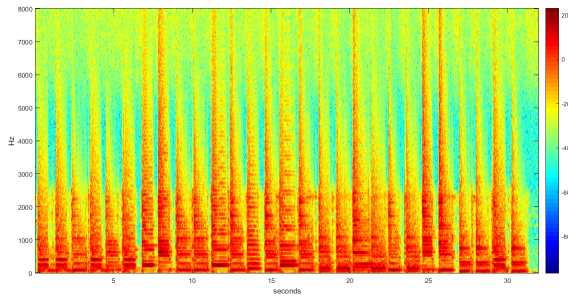


Figura 24: Espectograma da distorção na abertura de Mortal Kombat.

### 3.4 Flanger

A implementação do flanger é realizada com a utilização de uma senoide com delays amostrados programados, esta senoide altera de maneira constante o final das notas. Essa possui a forma de (3).

$$senoide = \sin(2 \cdot index \cdot \frac{rate}{F_s}) \quad (3)$$

onde, index é o tamanho do sinal original e rate um valor de amplificação do efeito.

Por ser uma senoide, os valores variam de 0 a 1 e o produto do módulo desta com um delay máximo escolhido, é utilizado junto a um vetor de amostras atrasadas amplificado. Assim, o efeito do flanger é uma mistura entre a o eco e a distorção (BROVIG-HANSEN, 2016). Outras formas podem ser utilizadas, como ondas quadradas, mas em pedaleiras são mais comuns as utilizações de senóides.

Os valores de rate e o delay máximo utilizado, são, respectivamente, 0,1 e 0,025 ms; a amplificação no sinal atrasado, similar a do eco, é de 0,7, pois este é um sinal que tem uma sensação de maior frequência nas notas que são ecoadas, podendo ser notado nos espectogramas.

Nas Figuras 25 à 27 são apresentadas, respectivamente, as saídas com flanger, a DFT e o espectograma do sample de guitarra.

Nas Figuras 28 à 30 são apresentadas, respectivamente, as saídas com flanger, a DFT e o espectograma aplicadas à abertura do mortal kombat.

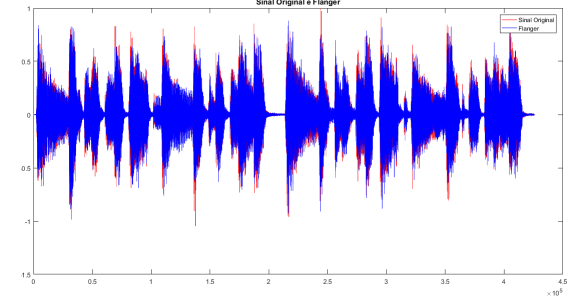


Figura 25: Gráfico do sinal do sample de guitarra com flanger.

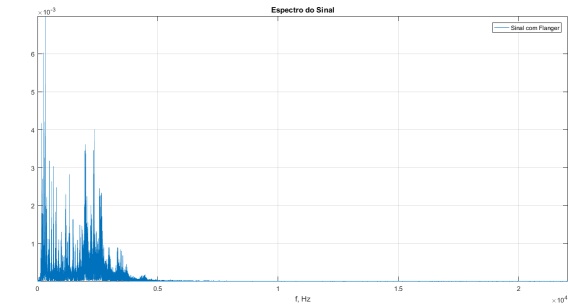


Figura 26: Gráfico da DFT do flanger no sample de guitarra.

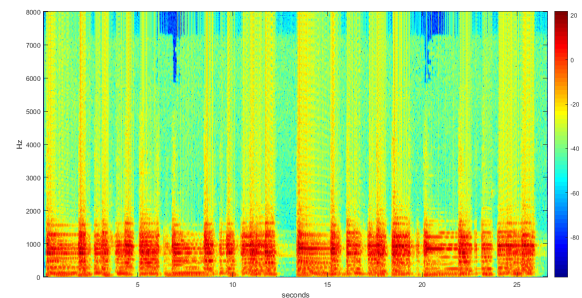


Figura 27: Espectograma do flanger no sample de guitarra.

### 3.5 Reverberação

Esse efeito simula a reflexão natural das ondas sonoras nas paredes do ambiente. Ele é frequente-



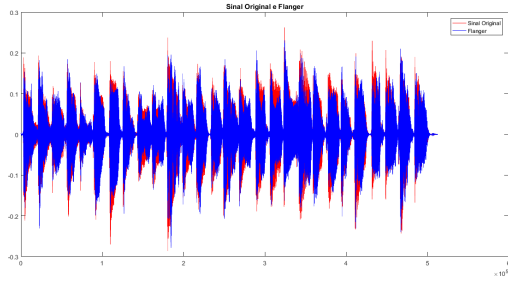


Figura 28: Gráfico do sinal com flanger na abertura de Mortal Kombat.

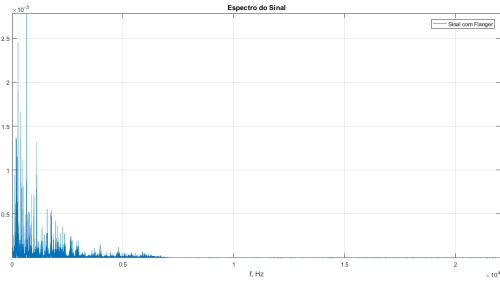


Figura 29: Gráfico da DFT do flanger na abertura de Mortal Kombat.

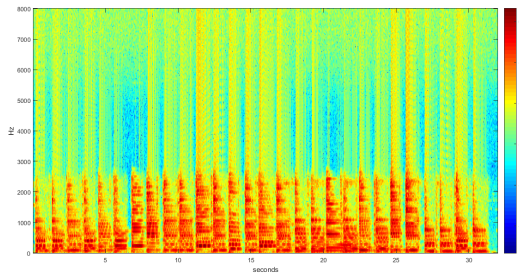


Figura 30: Espectrograma do flanger na abertura de Mortal Kombat.

mente utilizado para dar uma sensação de profundidade ao som, e geralmente já vem incluído em muitos amplificadores, de forma analógica ou digital (Gold and Morgan, 2000). A implementação da reverberação pode ser feita de algumas maneiras, no código é desenvolvido um filtro que possui algumas etapas que são vistas durante a disciplina de processamento digital de sinais.

Para iniciar, são utilizadas unidades de delay usando a função de transferência FIR. A função de transferência é  $y[n] = x[n] + \alpha x[n - R]$ , onde  $|\alpha| < 1$ . O diagrama de blocos do projeto é como a Fig. 31. No trabalho proposto, é utilizado  $\alpha = 0,8$  e  $R = 5000$ , conforme proposto por (JOT, n.d.).

Nas Figuras 32 à 34 são apresentadas, respectivamente, as saídas com reverberação, a DFT e o espectrograma do sample de guitarra.

Nas Figuras 35 à 37 são apresentadas, respectivamente, as saídas com reverberação, a DFT e o espectrograma aplicadas à abertura do mortal kombat.

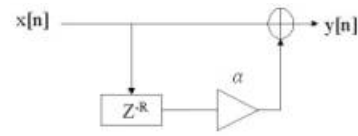


Figura 31: Diagrama de blocos do filtro FIR implementado.

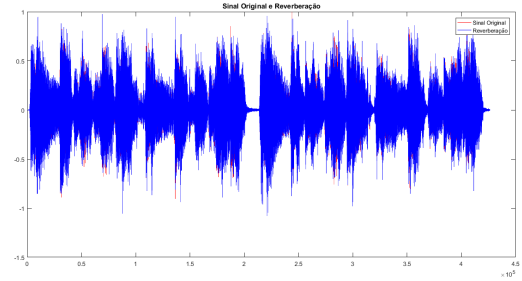


Figura 32: Gráfico do sinal do sample de guitarra com reverberação.

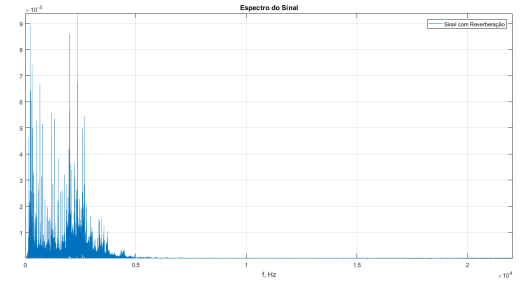


Figura 33: Gráfico da DFT da reverberação no sample de guitarra.

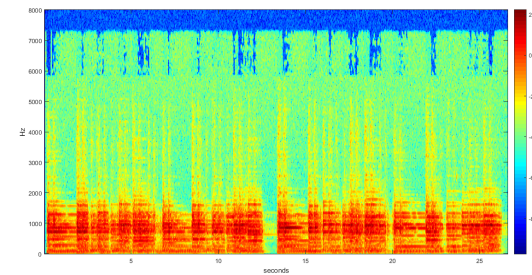


Figura 34: Espectrograma da reverberação no sample de guitarra.

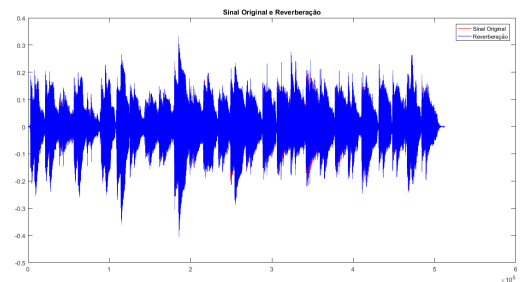


Figura 35: Gráfico do sinal com reverberação na abertura de Mortal Kombat.

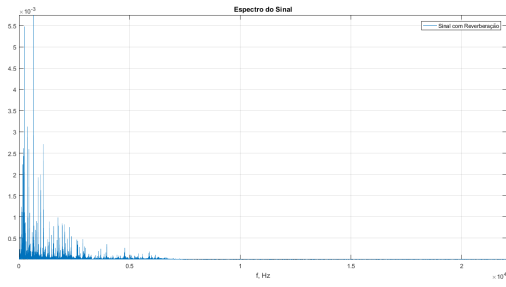


Figura 36: Gráfico da DFT da reverberação na abertura de Mortal Kombat.

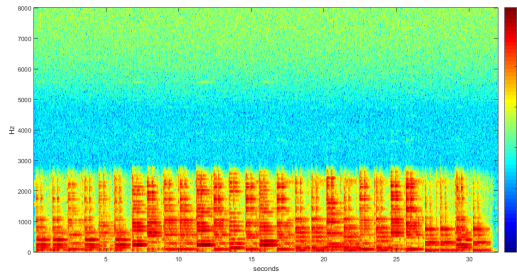


Figura 37: Espectograma da reverberação na abertura de Mortal Kombat.

### 3.6 Wah Wah

Um pedal de guitarra wah-wah contém um filtro passa-banda ressonante com frequência central variável (Alex Loscos, n.d.), esta que é alterada movendo o pedal conforme se deseja usar o efeito, visto que continuamente o sinal é similar a um sirene de bombeiro.

Nas Figuras 38 à 40 são apresentadas, respectivamente, as saídas com wah wah, a DFT e o espectograma do sample de guitarra.

Nas Figuras 41 à 43 são apresentadas, respectivamente, as saídas com wah wah, a DFT e o espectograma aplicadas à abertura do mortal kombat.

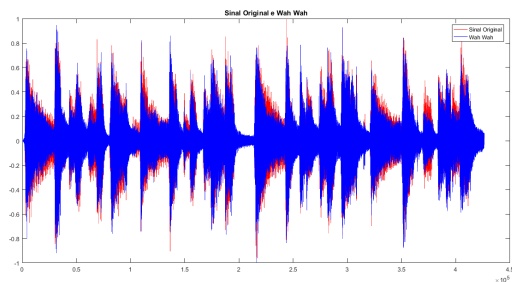


Figura 38: Gráfico do sinal do sample de guitarra com wah wah.

## 4 Conclusões

No trabalho proposto fora desenvolvido filtros musicais que distorcem ou alteram os sinais de en-

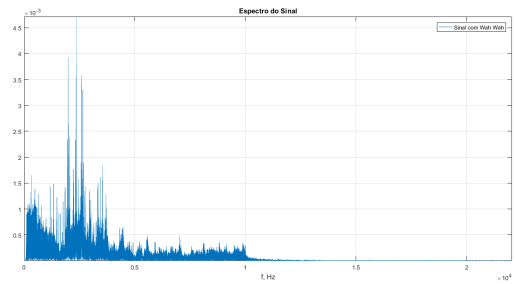


Figura 39: Gráfico da DFT do wah wah no sample de guitarra.

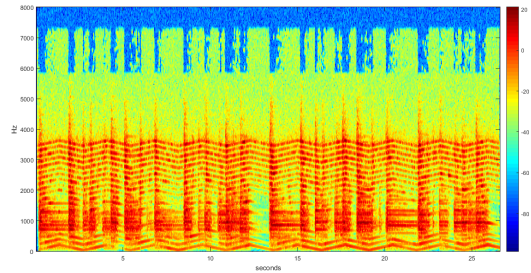


Figura 40: Espectograma do wah wah no sample de guitarra.

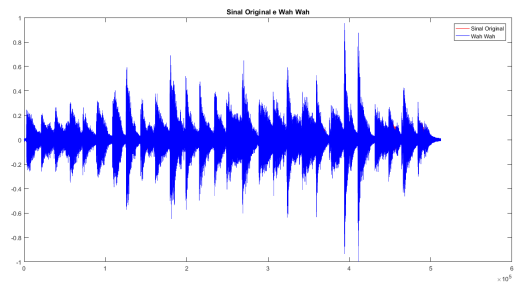


Figura 41: Gráfico do sinal com wah wah na abertura de Mortal Kombat.

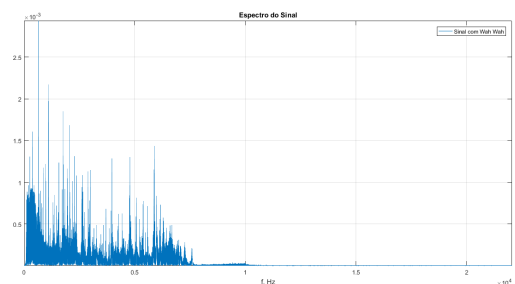


Figura 42: Gráfico da DFT do Wah Wah na abertura de Mortal Kombat.

trada (músicas) para obter saídas similares aos de pedaleiras ou teclados.

Efeitos simples como delay e eco são a base para os mais complexos, estes são utilizados para atrasar sinais e ressoar estes com um certo atraso. São sinais que tendem a não alterar a frequência

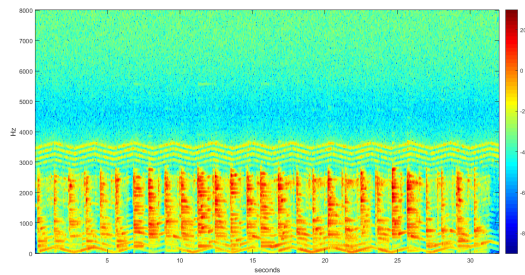


Figura 43: Espectograma do Wah Wah na abertura de Mortal Kombat.

das músicas. A distorção utilizada visa a inclusão de uma não linearidade no sinal e um aumento significativo na frequência das notas, o famoso som metalizado. No flanger, o uso do delay e do eco para o desenvolvimento de um senoide que altera o sinal inicial é realizado. A reverberação e o wah wah utilizam filtros, o primeiro com um filtro FIR projetado para dar a sensação de profundidade ao som (podem ser utilizadas convoluções também); o segundo utiliza um filtro passabanda ressonante com o intuito de distorcer o sinal.

### Referências

- Alex Loscos, T. A. (n.d.). *THE WAHWACTOR: A VOICE CONTROLLED WAH-WAH PEDAL*, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Spain.
- BROVIG-HANSEN, Ragnhild; DANIELSEN, A. (2016). *Digital signatures: The impact of digitization on popular music sound.*, Mit Press.
- Gold, B. and Morgan, N. (2000). *Speech And Audio Signal Processing*.
- JOT, J.-M. (1997). *Efficient models for reverberation and distance rendering in computer music and virtual audio reality.* . . , ICMC.
- JOT, J.-M. (n.d.). *An Analysis/Synthesis Approach To Real-Time Artificial Reverberation*, 1992 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing.
- K. Byun, N. Eum, H.-B. J. K.-H. J. and Koo, J.-E. (2011). *Development of portable sound effector*, 2011 IEEE International Conference on Multimedia and Expo.