

## **Estudo teórico e prático da aplicação da transformada de Fourier a um sinal de onda quadrática**

**Matheus Fernandes de Brito<sup>1</sup>, Maria Isabella de Oliveira Novais<sup>1</sup>, Rayane Elias Sampaio<sup>1</sup>, Maxwell Moura Costa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – IFTO. e-mail: <[matheuzbritto06@gmail.com](mailto:matheuzbritto06@gmail.com)>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – IFTO. Bolsista do PIBIC/IFTO. e-mail: <[rayanesampaio.el@gmail.com](mailto:rayanesampaio.el@gmail.com)>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – IFTO. Bolsista do CNPq/IFTO. e-mail: <[maribella.novais@hotmail.com](mailto:maribella.novais@hotmail.com)>

<sup>2</sup> Professor Doutor em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <[maxwell@ifto.edu.br](mailto:maxwell@ifto.edu.br)>

**Resumo:** A elaboração de experimentos, desenvolvidos pelos acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica, é uma forma didática de incentivar o interesse dos mesmos no desenvolvimento intelectual, conectando o conhecimento teórico ao conhecimento prático. Desta forma, neste artigo analisa-se um sinal produzido por meio de um gerador de funções, com o objetivo de mostrar que um sinal com forma de onda quadrada, gerada a partir de um gerador de funções, foi adquirido pela placa de som de um computador e processada para avaliar a decomposição deste sinal a partir da Transformada de Fourier. É uma pesquisa de natureza experimental e teórica. Para isso, os dados da pesquisa foram construídos e apresentados de modo a realizar uma comparação dos parâmetros inicialmente estabelecidos teoricamente em comparação aos obtidos experimentalmente. A investigação revelou que, apesar de interferências observadas foi possível constatar a semelhança entre a decomposição teórica e a decomposição implementada ao sinal de onda quadrada, contribuindo, portanto para a aprendizagem dos alunos envolvidos.

**Palavras-chave:** Análise de sinal de onda quadrada. Transformada de Fourier. Harmônicas. Gerador de Funções.

## **1 INTRODUÇÃO**

Este artigo visa analisar um sinal produzido por meio de um gerador de funções. Este equipamento gera um sinal de onda quadrada, que com o auxílio de uma placa de som foi adquirido e processado no microcomputador. A finalidade é demonstrar o comportamento da decomposição em frequência do sinal, observando o nível Dc e demais frequências presentes neste sinal.

O gerador de funções é frequentemente utilizado na engenharia elétrica. Neste equipamento normalmente são fornecidas três formas de onda: a quadrada, a triangular e a senoidal. Para este experimento o gerador de funções foi configurado de modo a fornecer uma forma de onda quadrada em sua saída. O sinal quadrático foi regulado para que não houvesse nível dc, já que um pequeno nível de tensão iria ser capturado na placa de som do computador.

Para análise dos dados foi utilizada a Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform* - FFT). É útil lembrar que a expansão em série de Fourier de uma onda quadrada é formada pela soma dos harmônicos ímpares senoidais no tempo, como expresso pela equação 1: (MAGNO *et al*, 2001).

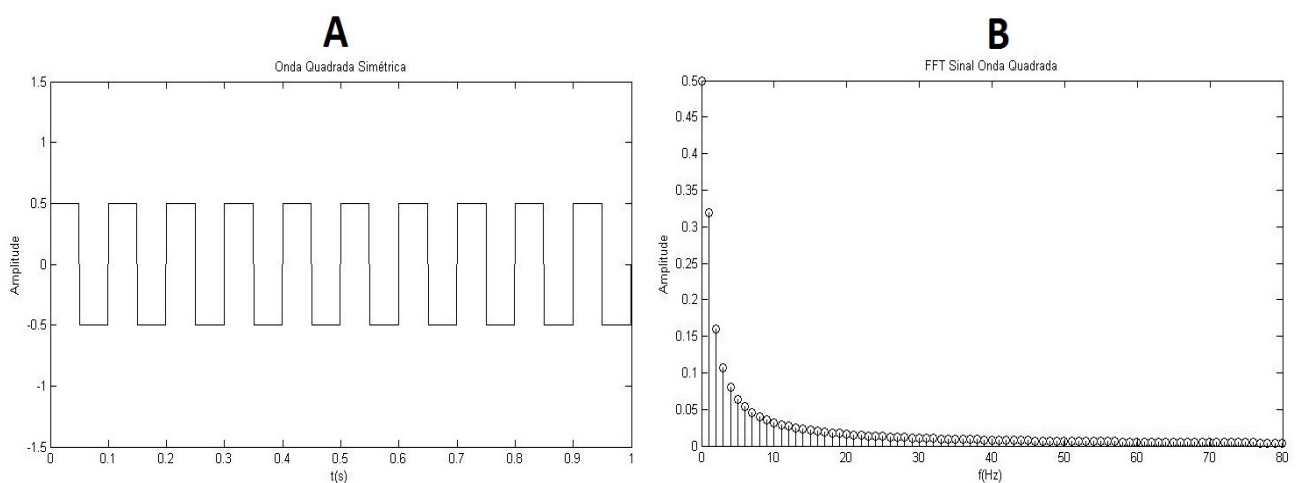
$$f(t) = \frac{V_o}{2} + \frac{2V_o}{\pi} \left[ \text{sen}(t) + \frac{1}{3} \text{sen}(3t) + \dots \right] \quad (1)$$

O conhecimento de sinais usando representações senoidais é denominado de análise de Fourier em homenagem a Joseph Fourier por sua contribuição à teoria de representações de funções como superposição ponderada de senóides. Em processamento de sinais, a transformada de Fourier (FT) é a ferramenta mais utilizada para a manipulação de um sinal no domínio da frequência. A transformada rápida de Fourier (FFT) é uma implementação específica da FT em sistemas computacionais, que se caracteriza pela eficiência de processamento quando comparada à implementação da FT clássica em sistemas discretos (PADOVANI e FREIRE, 2006).

A onda objeto de estudo foi a onda quadrada, que se caracteriza por ser uma onda resultante da soma de componentes senoidais que possuem frequências que são múltiplos inteiros ímpares da fundamental. A forma de onda mais simples é a sonora ela é descrita por funções harmônicas do tipo senoidal, que possuem uma característica periódica, isto é, repetem-se em um certo intervalo de tempo (LAZZARINI, 1998).

Na Figura 1 lado A ilustra-se a forma de onda quadrada gerada a partir do programa MATLAB, e no lado B ilustra-se a decomposição deste sinal em seus harmônicos de frequência.

Figura 1: lado A Onda Quadrada Simétrica, lado B FFT Sinal Onda Quadrada.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

## 2 METODOLOGIA

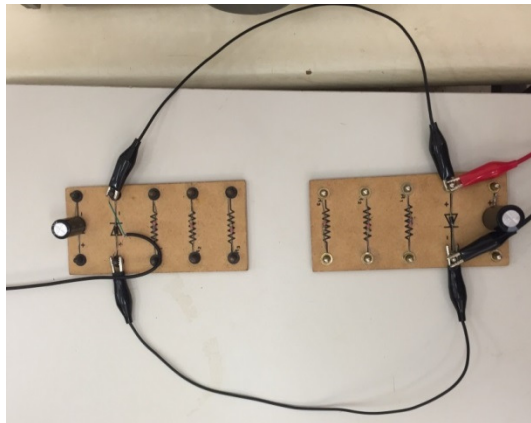
### 2.1 Material utilizado

- 1 Osciloscópio Digital (Tektronix TDS 1012C – EDU);
- 1 Gerador de função (Instrutherm GF 220);
- 2 placa com Diodo;
- 1 Computador;
- Cabos e plugs.

### 2.2 Procedimento Experimental

O sistema experimental utilizado para a geração e aquisição do sinal consistiu de um circuito que interligue o gerador de função a placa de som do computador. Foram utilizados dois diodos ligados em paralelo, com o intuito de limitar a voltagem que chegasse na placa de som do microcomputador, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2: Circuito formado por dois diodos conectados em paralelos.

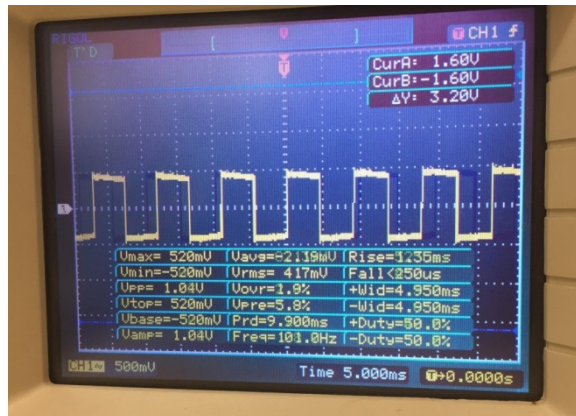


Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

O osciloscópio digital foi utilizado para definição dos parâmetros para observar a onda no gerador de funções. Os parâmetros ajustados foram frequência (Hz) e amplitude do sinal (Volts). É importante ressaltar que o sistema foi ligado a uma placa de som de um microcomputador. Para não danificar o aparelho a tensão fixada foi de 520 mV. O valor fixado varia de pico a pico, ou seja, de

-520 mV a +520 mV, o valor da frequência também foi pré-determinado em 100 Hz, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Configuração de uma onda quadrada com o auxílio do osciloscópio.

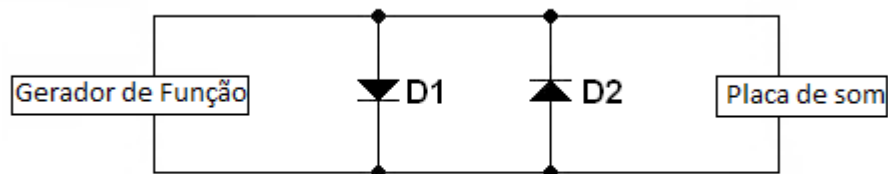


Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Na montagem do circuito foram utilizados cabos de ligação, para conectar o gerador de funções devidamente configurado ao sistema de diodos e a entrada de microfone do microcomputador. A ligação entre o sistema de diodos e a placa de som foi feita utilizando um conector P2, reutilizado de uma caixa de som convencional. Conforme se pode observar a configuração da montagem do sistema na Figura 4.

No microcomputador um software de gravação de áudio foi utilizado para gravar o som produzido pelo sinal de onda quadrada gerada pelo gerador de funções. O som foi salvo no formato .wav para ser utilizado no software MATLAB.

Figura 4: Circuito envolvendo os diodos, placa de som e gerador de funções.

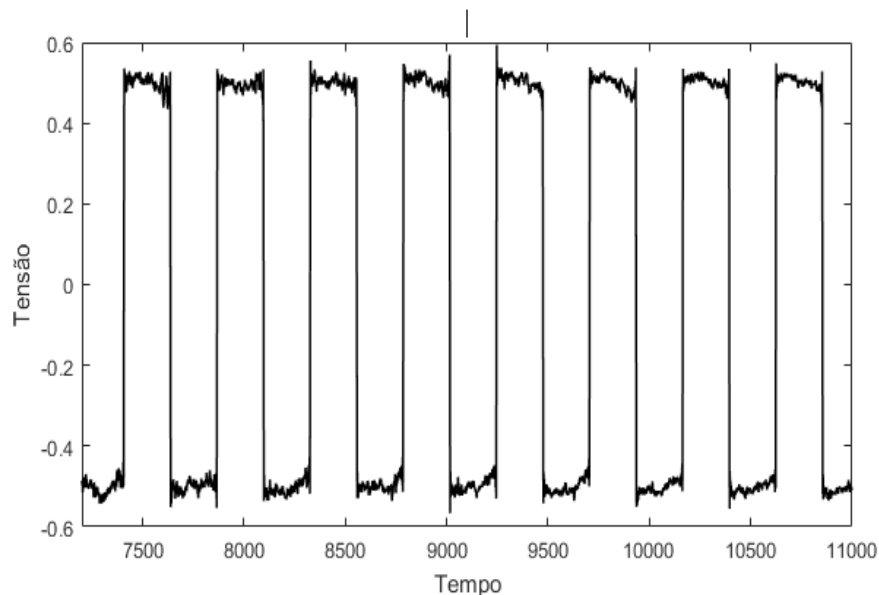


Fonte: Produzido com o auxílio do programa de edição de fotos pelos autores (2017).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o uso da ferramenta MATLAB foi realizado o tratamento do som em forma de sinal, com comandos disponíveis no programa foi possível ler e plotar o sinal, o qual é expresso na Figura 5. Posteriormente para maior análise do sinal e estudos futuros, foi aplicada a FFT (Transformada Rápida de Fourier) ao código no MATLAB, na Figura 6 é possível ver os resultados.

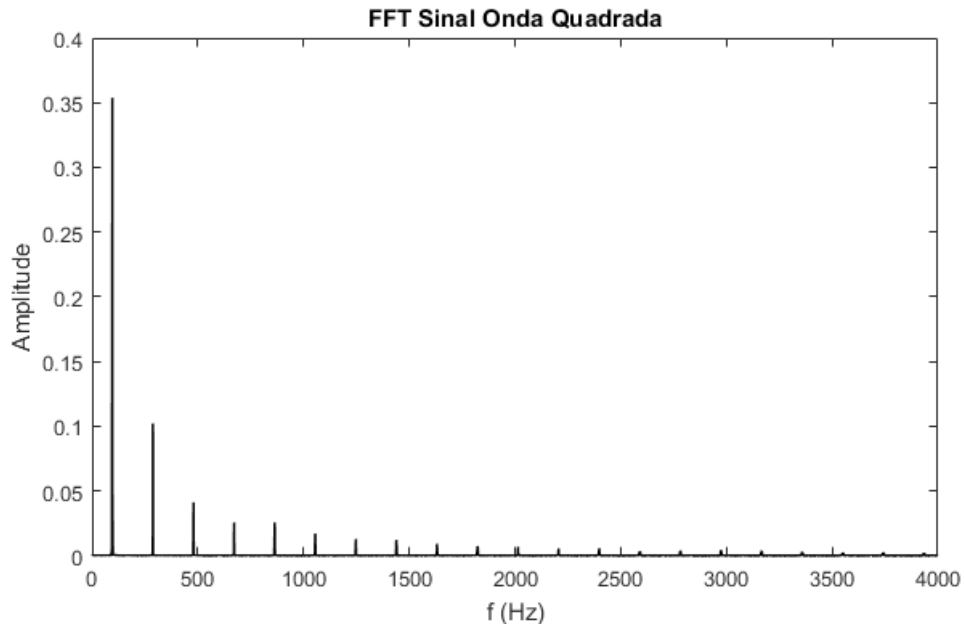
Figura 5: Sinal plotado no software MATLAB.



Fonte: Produzido pelos autores com os dados obtidos em laboratório (2017).

Observando o gráfico da Figura 1, pode-se perceber que a onda gerada se aproxima muito de uma onda quadrada com uma tensão pico a pico de aproximadamente 1 V, amplitudes de -0,5 V a 0,5 V que condiz com o que foi definido no gerador de funções.

Figura 6: FFT do Sinal plotado software MATLAB.

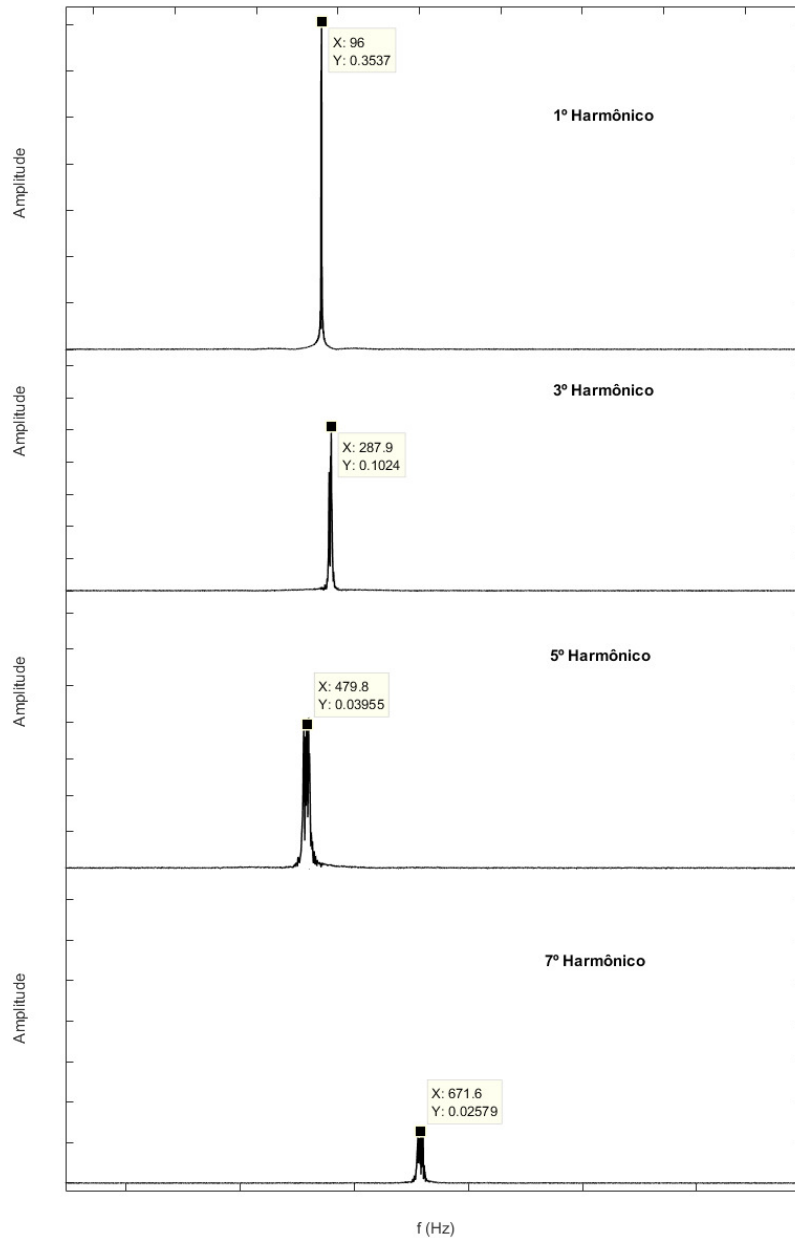


Fonte: Produzido pelos autores com os dados obtidos em laboratório (2017).

O sinal da Figura 5 é o mesmo da Figura 6, no entanto o sinal apresentado na Figura 5 está no domínio do tempo enquanto que o sinal da Figura 6 no domínio da Frequência. No eixo y, podemos observar os valores das amplitudes referentes às harmônicas de diferentes frequências do eixo x.

Conforme a literatura os valores obtidos nas frequências estão próximos aos calculados com a Formula 1, que podem ser observados na Tabela 1 . Observa-se também que a amplitude da segunda harmônica é aproximadamente 1/3 da primeira amplitude. Comparando os dados obtidos com a onda quadrada teórica (Figura1), podemos observar que os resultados deram bem próximos ao esperado, comprovando a parte teórica a partir da experimental. Tanto a frequência quanto a amplitude obtida nos harmônicos podem ser observados na Figura 7.

Figura 7: FFT ponto a ponto plotado software MATLAB.



Fonte: Produzido pelos autores com os dados obtidos em laboratório (2017).

Tabela 1: Comparação dos valores obtidos com os da literatura

Valores Calculados	Valores Obtidos
0,318	0,354
0,106	0,102
0,063	0,039
0,045	0,026

0,035	0,025
-------	-------

Fonte: Produzido com os dados obtidos em laboratório, que faz parte do acervo pessoal.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que esta pesquisa contribuiu para o nosso desenvolvimento e aprendizagem, assim como aponta, também, a relevância do uso da Transformada de Fourier no contexto escolar. Além disso, a exploração deste material didático favoreceu a compreensão de que o uso da Transformada de Fourier possibilita a representação gráfica de vários tipos de ondas, ampliando dessa forma, nossos conhecimentos na utilização da FFT no domínio do tempo e da frequência.

Por outro lado, neste processo de pesquisa, ao explorarmos a utilização da FT para resolver atividades que nos requeira mais habilidades matemáticas nos permitiu a descoberta de novas formas de representação gráfica do objeto de pesquisa.

Por fim, foi possível entender e comprovar experimentalmente os ensinamentos deixados por Fourier em seu trabalho. Outros trabalhos poderão ser desenvolvidos aplicando esse mesmo sistema a novas possibilidades que devem ser desenvolvidas.

Contudo, é possível afirmar que os resultados obtidos foram satisfatórios e próximos ao previsto, uma vez que as diferenças foram insignificantes não comprometendo ao experimento.

#### REFERÊNCIAS

LAZZARINI, Victor EP. Elementos de acústica. **Apostila do Departamento de Artes da UEL, Londrina**, 1998.

MAGNO, W. C. **Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC**. 2004. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 1, p. 117 - 123, (2004).

PADOVANI, J. H.; FREIRE, S. **Explorando Envolvimentos espectrais em sistemas musicais interativos**. 2006. p. 280 – 281. XVI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Música (ANPPOM), Brasília – 2006.