

ATIVIDADE 1

Primeiramente se capturou a voz com uma taxa de amostragem de 22050Hz.

Figura 1 – Voz capturada pelo microfone (domínio do tempo)

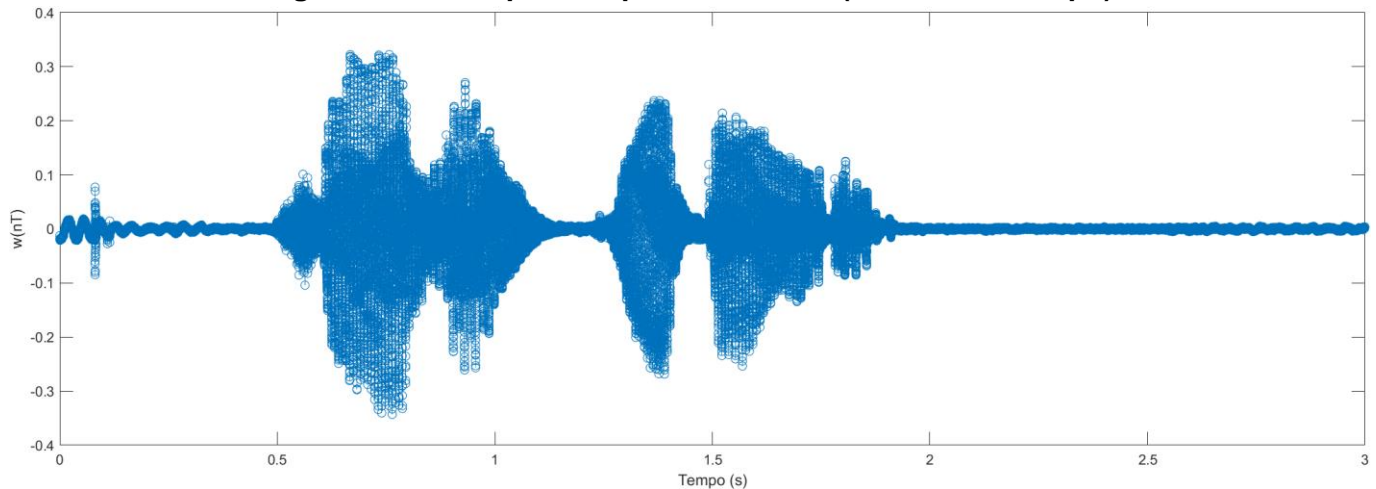
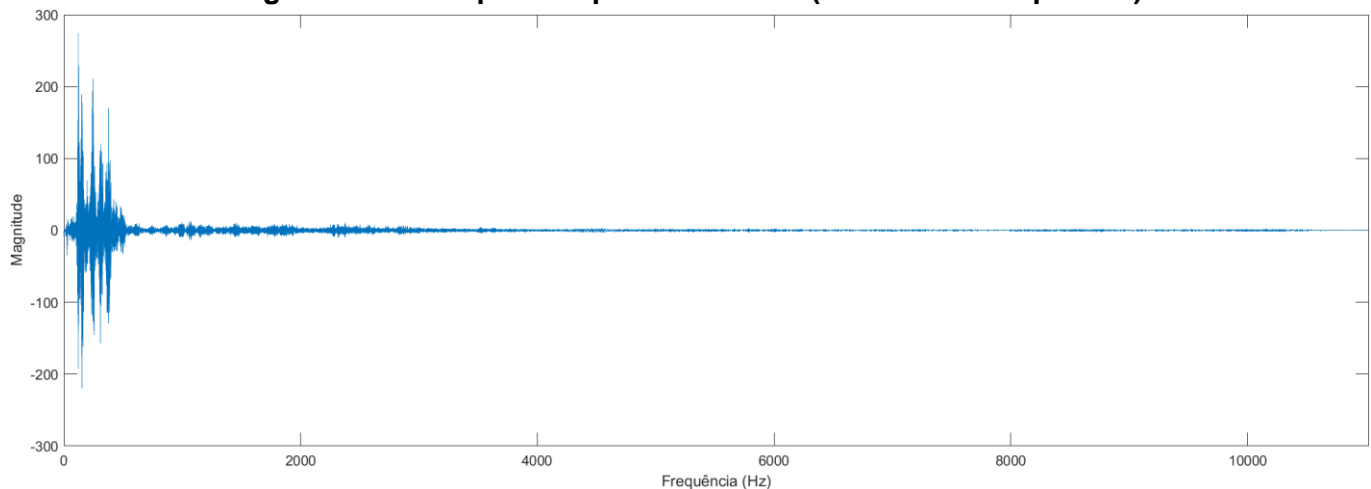


Figura 2 – Voz capturada pelo microfone (domínio da frequência)



As frequências obtidas estão na faixa dos 100Hz – 250Hz, o que caracteriza uma voz humana.

Em seguida se utilizou um celular para gerar um som sonoro na frequência de 7999Hz. Essa frequência foi utilizada obedecendo a fórmula:

$$\delta = y + (m + d) * 100$$

Onde $y = 1999$, $m = 9$ e $d = 29$.

O sinal foi capturado utilizando uma amostragem de 22050Hz.

Figura 3 – Sinal de 7999Hz capturado pelo microfone (domínio do tempo)

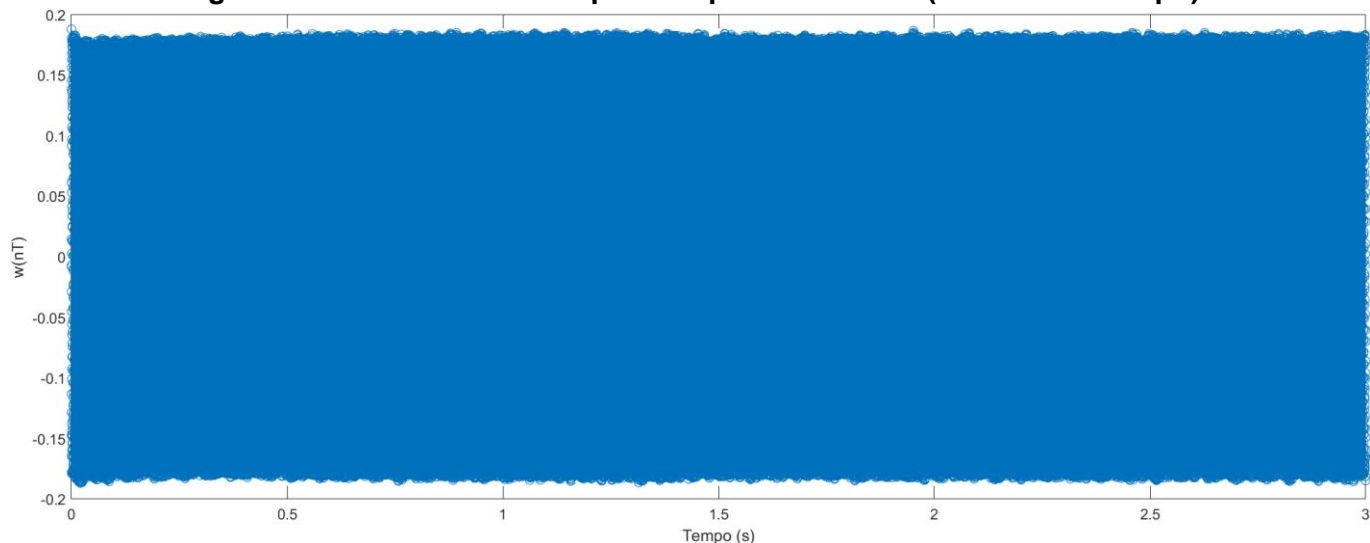
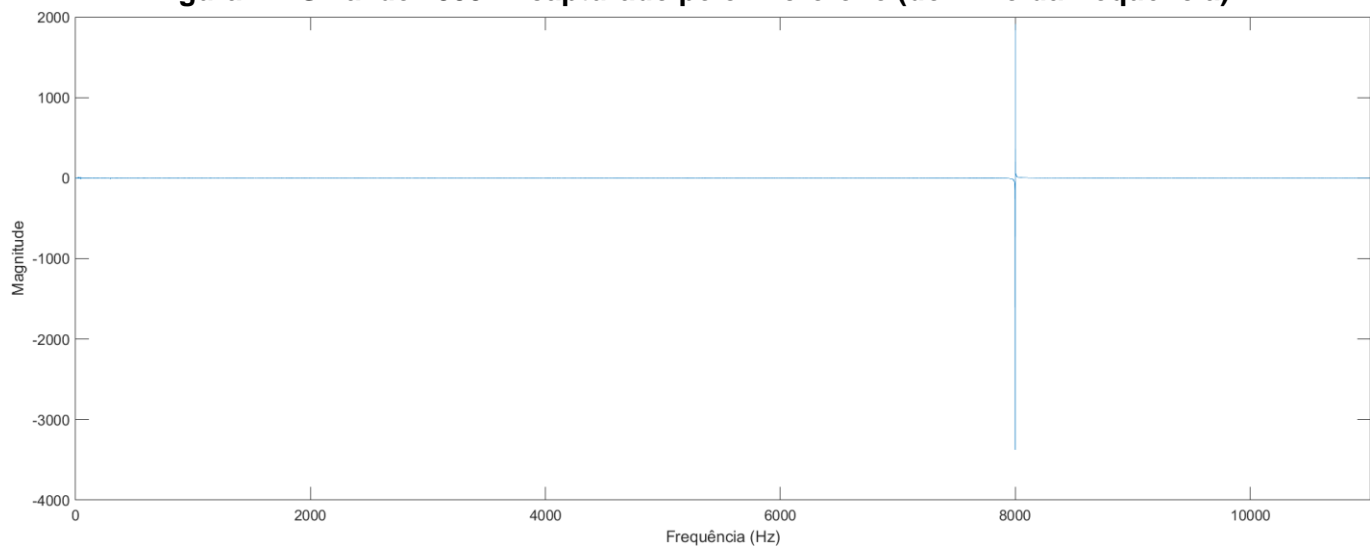


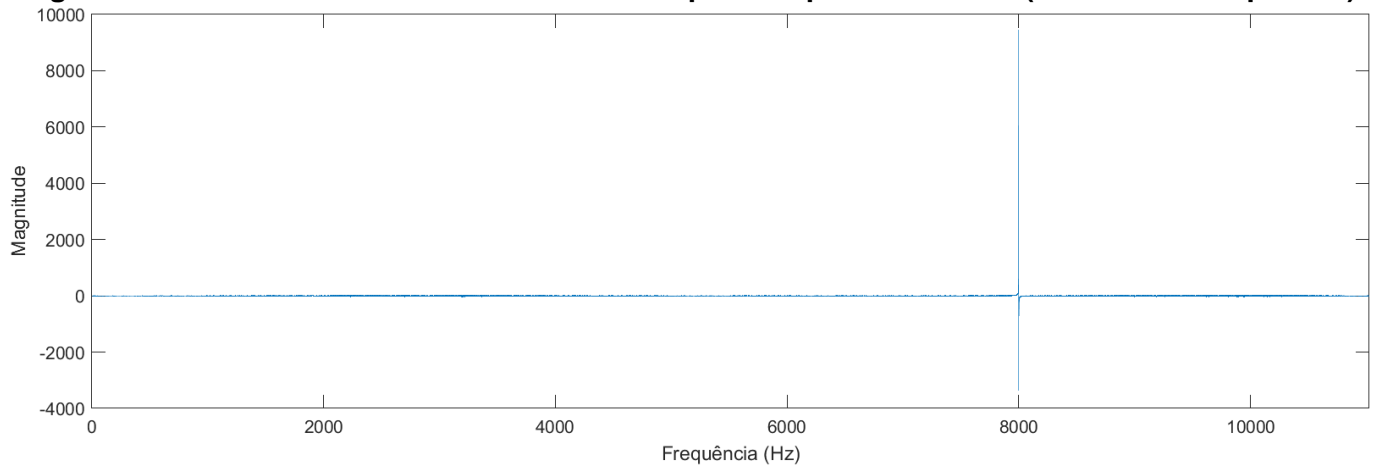
Figura 4 – Sinal de 7999Hz capturado pelo microfone (domínio da frequência)



Se percebe, com a Figura 4 que a resposta em frequência aponta apenas uma componente em aproximadamente 8000Hz (aproximadamente 7999Hz).

Era então pedido para se adicionar 5% de ruído branco (ruído que contemple todas as faixas de frequência), mas foi utilizado 10% de ruído pois a resposta em frequência do sinal quase não sofria alteração utilizando apenas 5% de ruído.

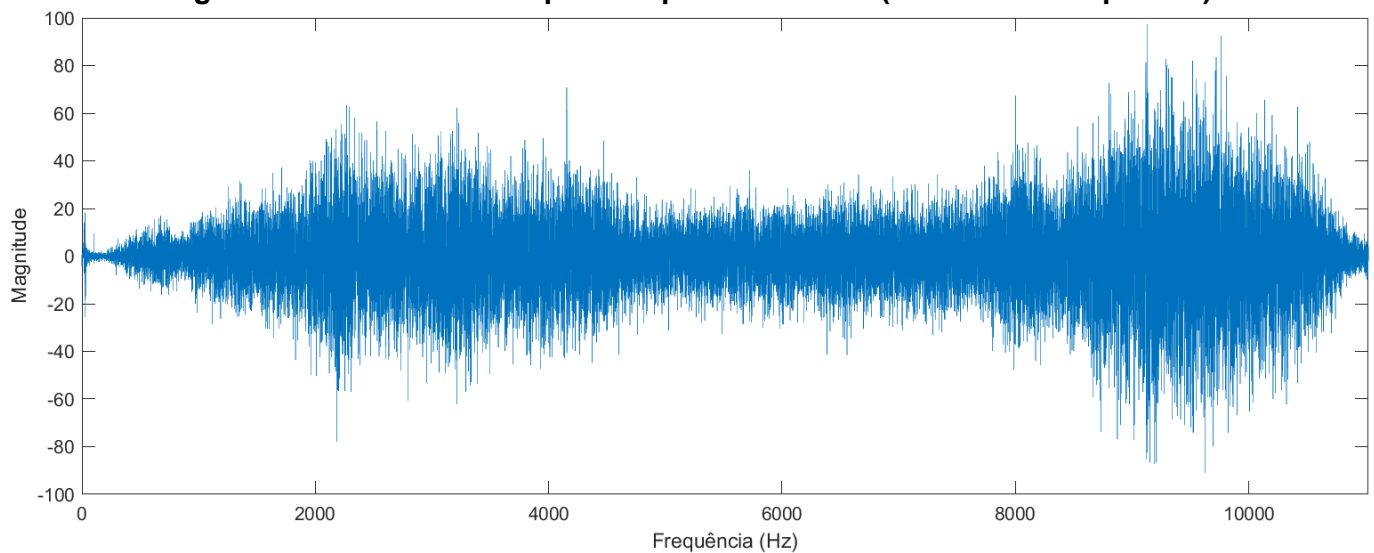
Figura 5 – Sinal de 7999Hz com ruído branco capturado pelo microfone (domínio da frequência)



Não é muito perceptível, mas se pode perceber um pequeno aumento na grossura da linha de resposta em frequência. Isso se dá pois agora existem componentes em todas as faixas de frequências.

Para confirmar este fato foi realizada a captura do ruído branco isolado, que pode ser observado com a Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Ruído branco capturado pelo microfone (domínio da frequência)



Para conseguir visualizar o efeito de *aliasing* foi realizando a captura deste sinal com taxas de amostragem diferente. Com as Figuras 7, 8, 9 e 10 se pode observar as repostas no tempo e na frequência dos sinais capturados com amostragem de 8000Hz, 11025Hz, 44100Hz e 48000Hz.

Figura 7 – Sinal de 7999Hz capturado com amostragem de 8000Hz

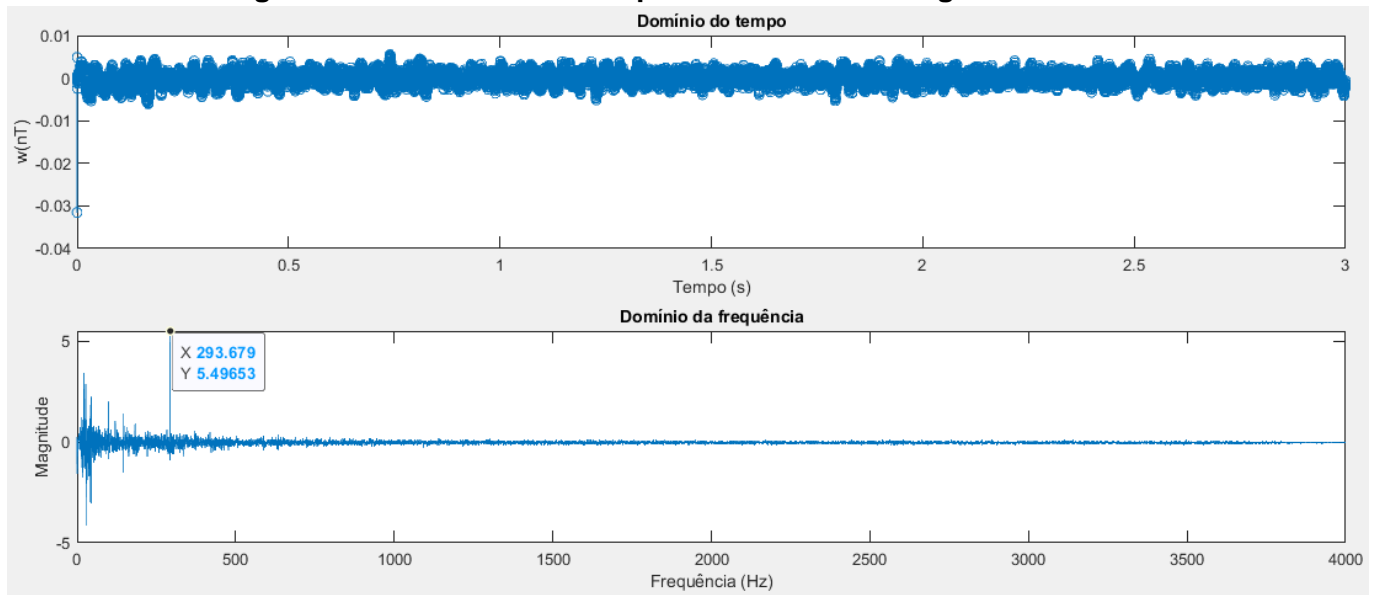


Figura 8 – Sinal de 7999Hz capturado com amostragem de 11025Hz

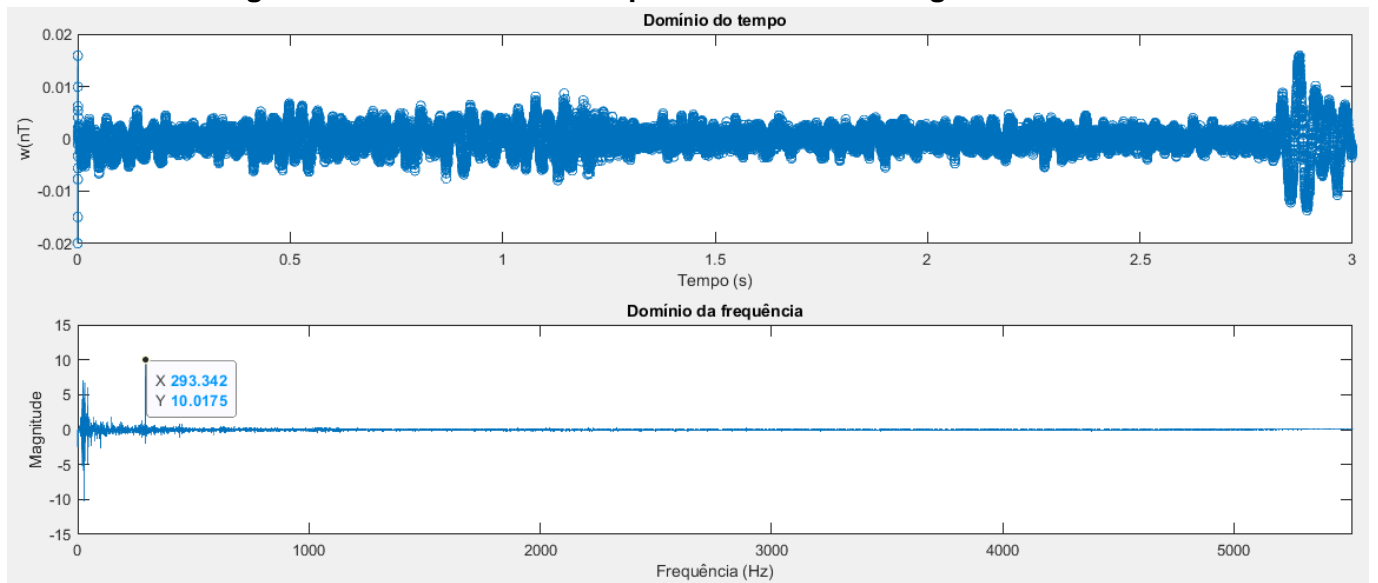


Figura 9 – Sinal de 7999Hz capturado com amostragem de 44100Hz

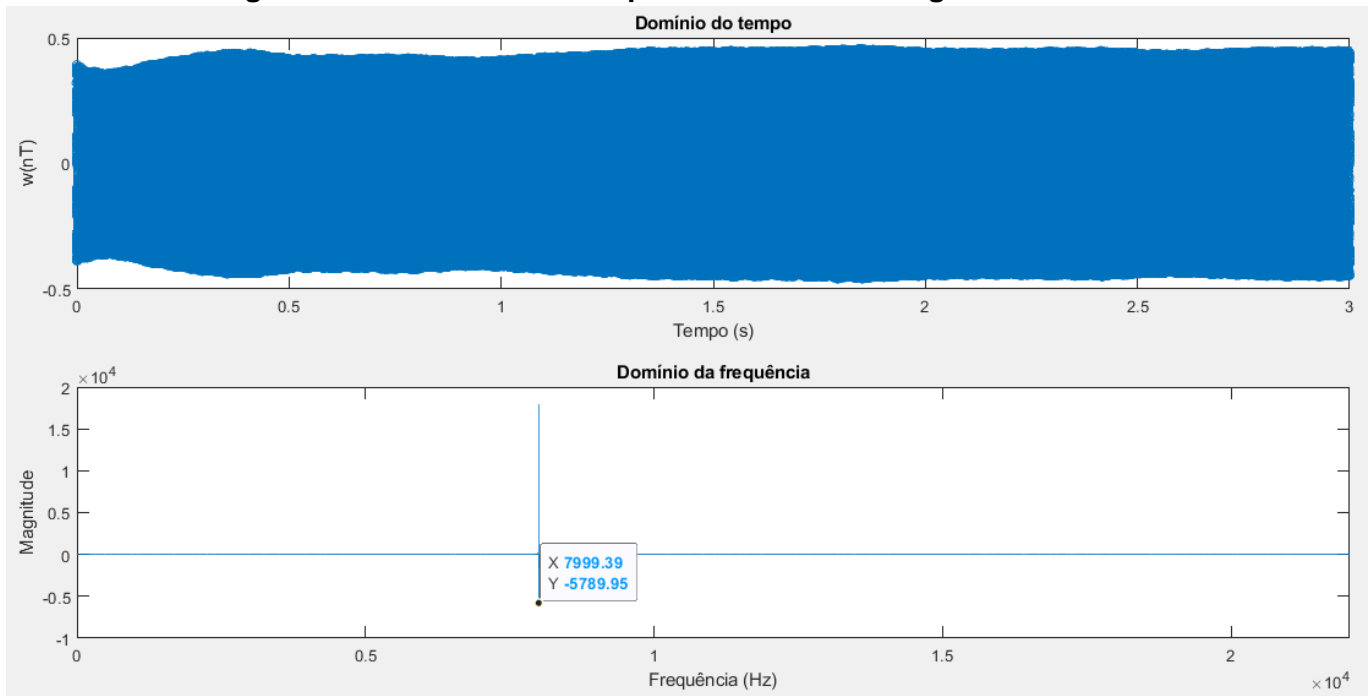
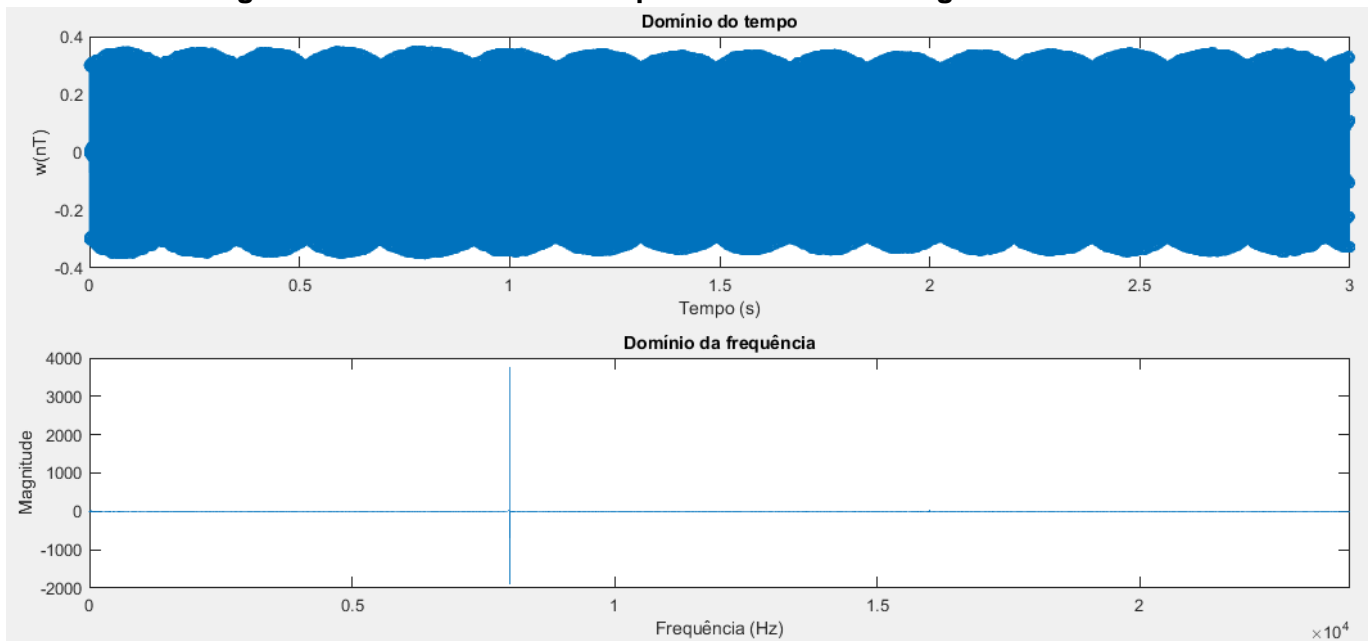


Figura 10 – Sinal de 7999Hz capturado com amostragem de 48000Hz



Se observa que, com amostragem de 8000 e 11025 a resposta em frequência não representa a frequência real do sinal. Isso ocorre pois a maior frequência que pode ser representada é da metade da frequência de amostragem.

Como a frequência de amostragem da Figura 7 e 8 são 8000 e 11025, respectivamente, a maior frequência representável é de 4000Hz e 5512Hz. Como a frequência do sinal é superior a estes valores ele sofre efeito de *aliasing*, que diminui a sua frequência (no caso para aproximadamente 300Hz).

No caso da Figura 9 e 10 este efeito não ocorre, pois, a amostragem é grande o suficiente para englobar o sinal utilizado.

Por fim, utilizando uma frequência de amostragem de 8000Hz, se variou a frequência do sinal entre 2000Hz, 4000Hz, 8000Hz e 16000Hz e se obteve as repostas no domínio da frequência. Essas respostas estão contidas nas Figura 11, 12, 13 e 14 abaixo.

Figura 11 – Sinal de 2000Hz capturado com amostragem de 8000Hz

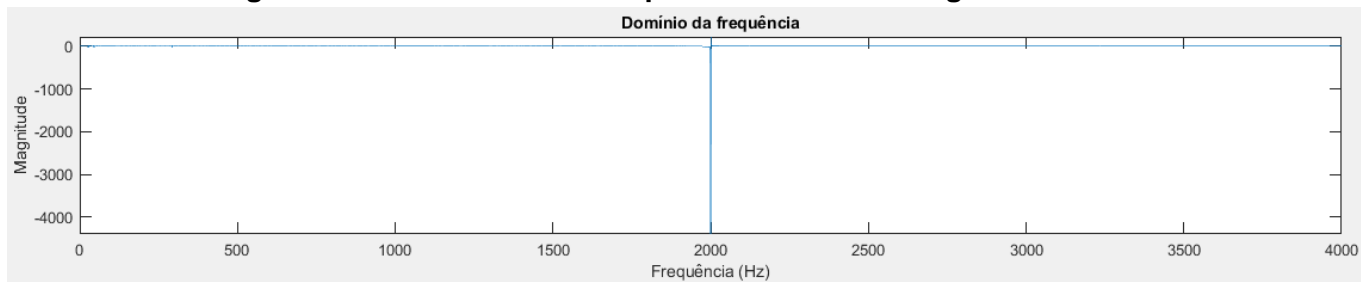


Figura 12 – Sinal de 4000Hz capturado com amostragem de 8000Hz

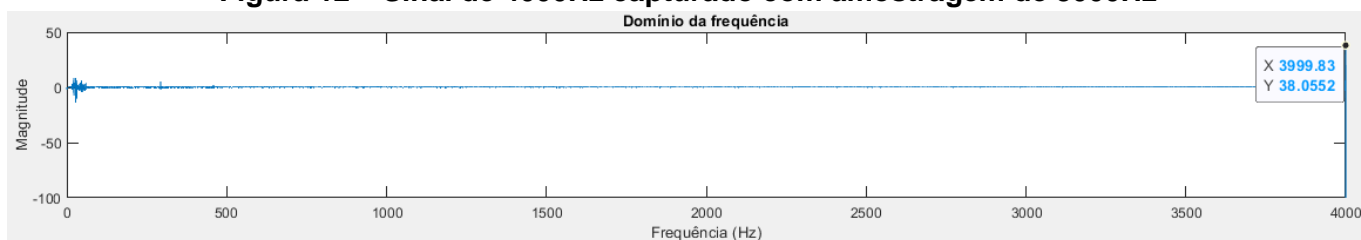


Figura 13 – Sinal de 8000Hz capturado com amostragem de 8000Hz

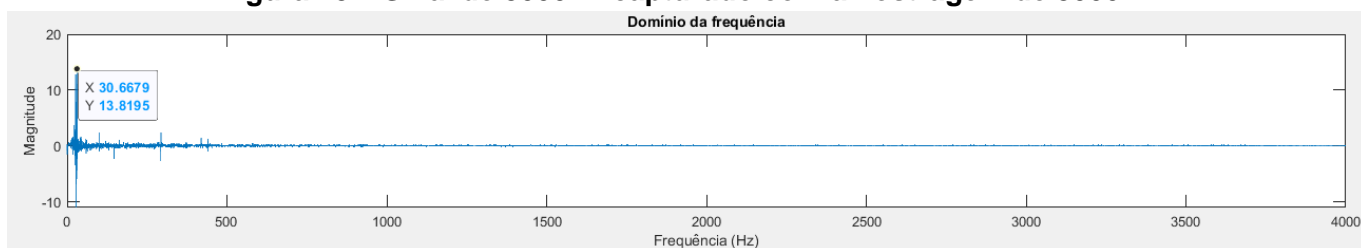
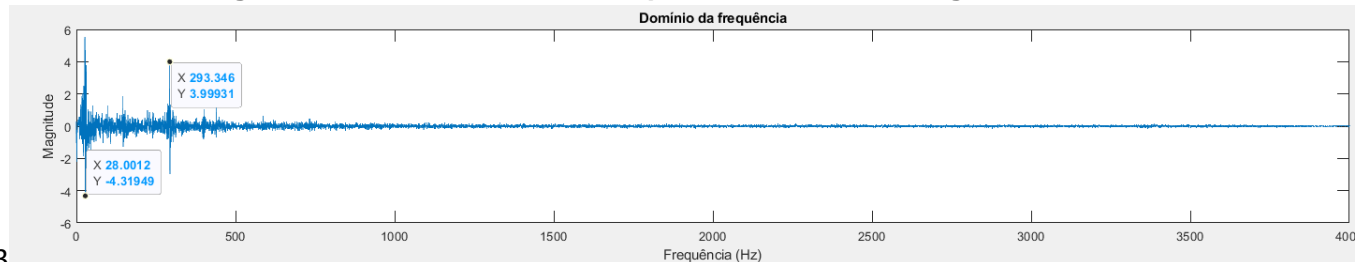


Figura 14 – Sinal de 16000Hz capturado com amostragem de 8000Hz



3

O sinal pode ser reconstruído sem problemas com a resposta da Figura 11, onde a frequência é representada com sucesso.

A Figura 12 demonstra um sinal no limiar da taxa de amostragem, a sua componente de frequência pode ser observada no final do gráfico.

Por fim, mais uma vez se observa efeito de *aliasing* nas Figuras 13 e 14, devido à alta frequência do sinal em relação a frequência de amostragem.

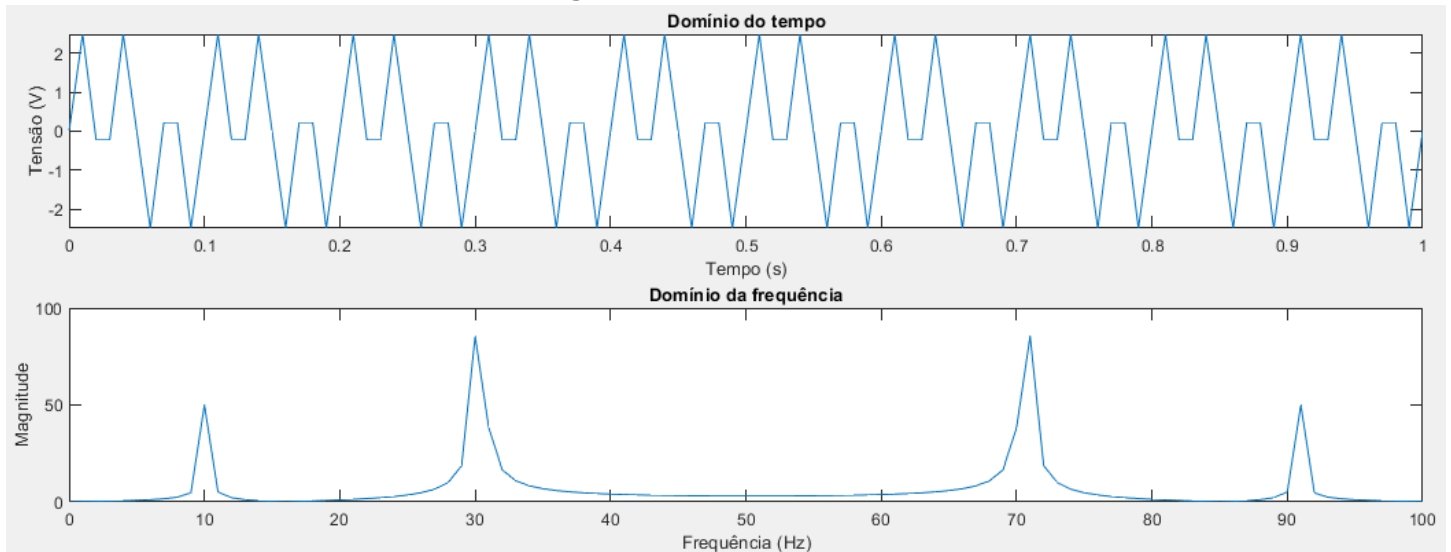
ATIVIDADE 2

O sinal simulado é descrito pela equação abaixo:

$$H(t) = \text{sen}(2\pi * 10 * t) + 2\text{sen}(2\pi * 30 * t)$$

Foi realizada a simulação com uma taxa de amostragem de 100Hz. Os resultados no domínio do tempo e da frequência podem ser observados com a Figura 15 abaixo.

Figura 15 – Sinal simulado



Este mesmo sinal, gerado por duas fontes em série foi gerado no LTspice. A resposta temporal e em frequência podem ser observadas abaixo.

Figura 16 – Resposta temporal do sinal simulado no LTspice

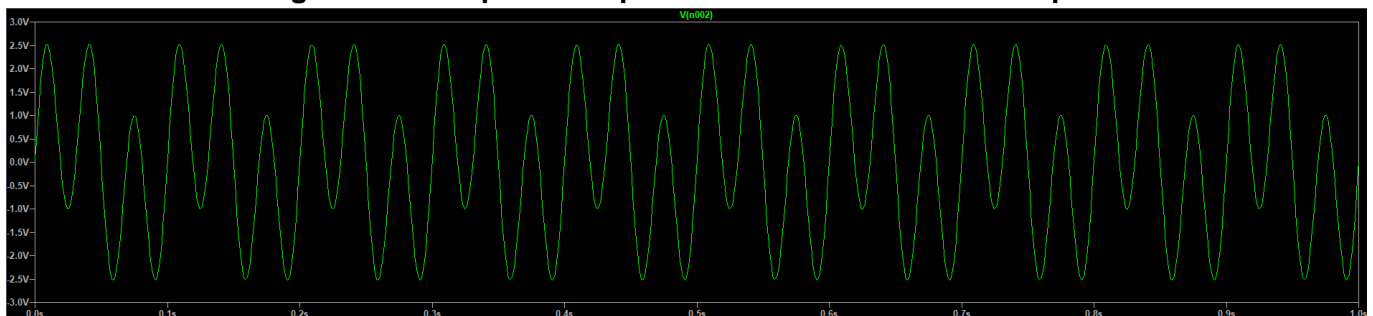
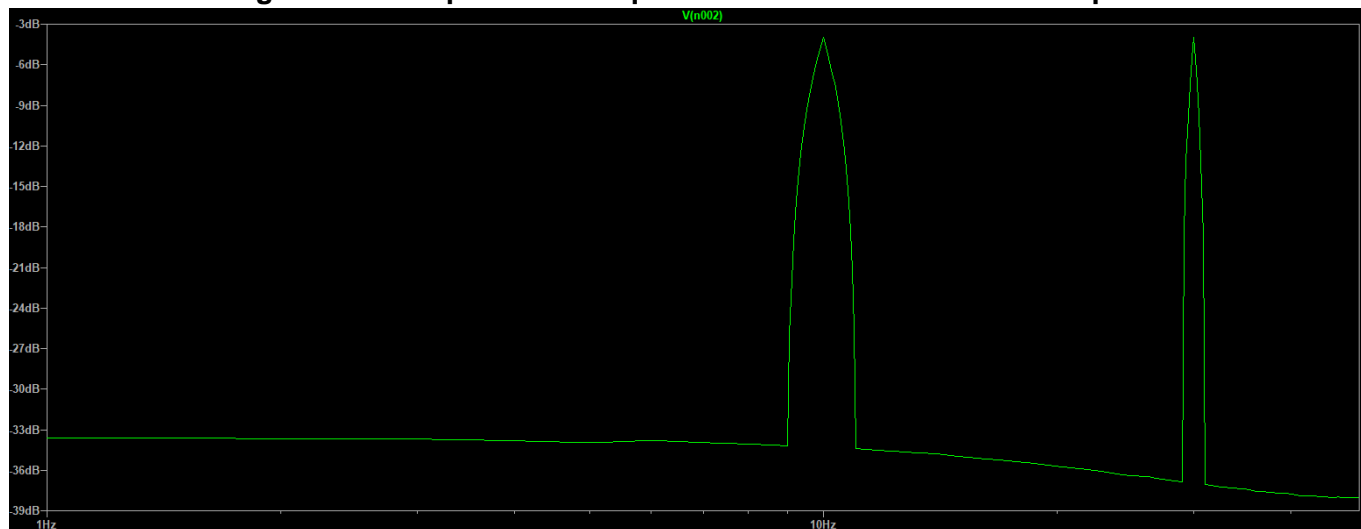


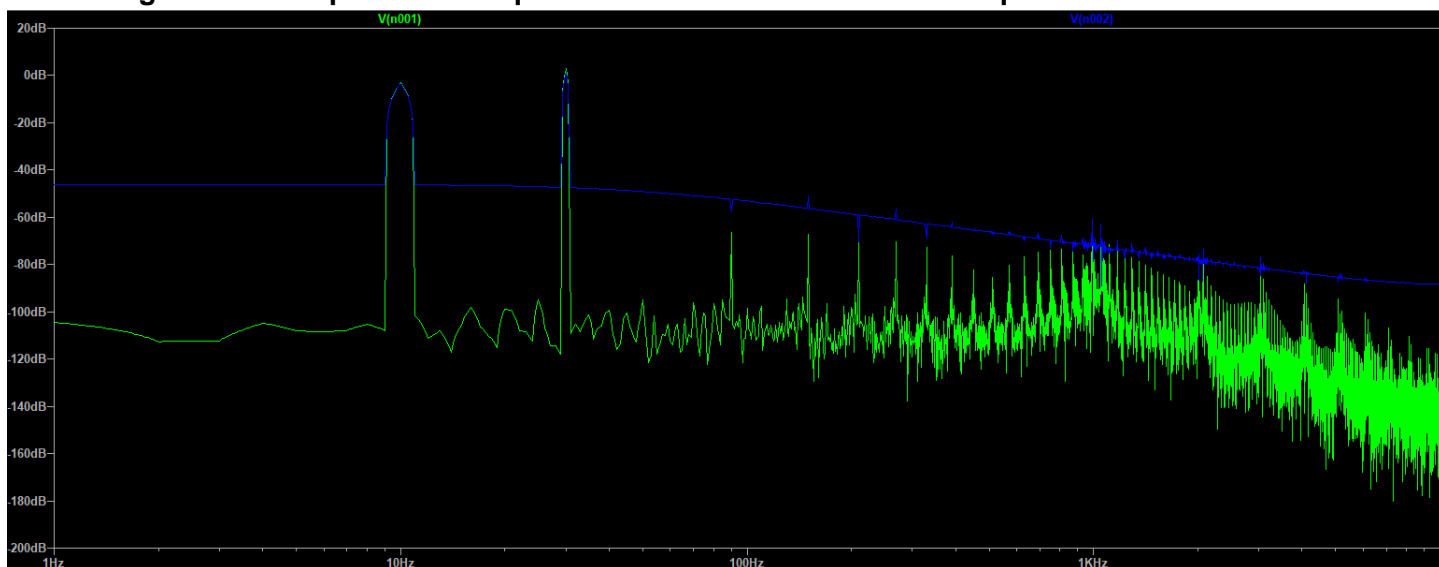
Figura 17 – Resposta em frequência do sinal simulado no LTspice



A transformada de Fourier foi gerada com amostragem de 100Hz.

Se observa o efeito do dobramento espectral na Figura 15. Este efeito pode ser removido utilizando filtros *anti-aliasing* (filtros passa baixa) que, a partir de uma frequência de corte atenuam os sinais com frequências superiores a projetada como frequência de corte.

Figura 18 – Resposta em frequência do sinal com filtro com frequência de corte de 50Hz

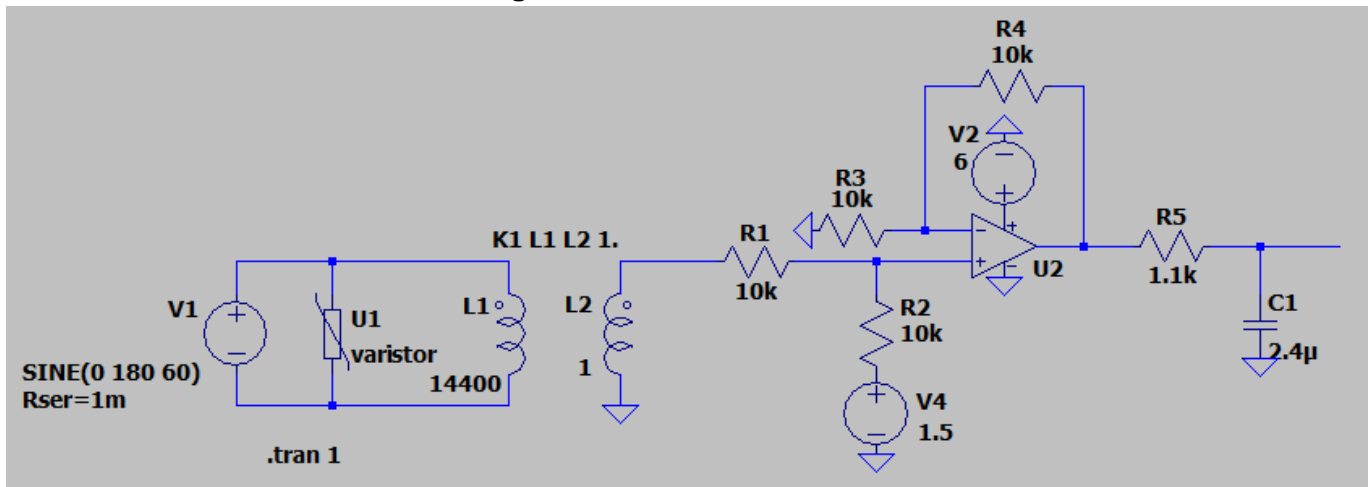


Se observa que a curva em azul (sinal filtrado) possui apenas componentes em 10Hz e 30Hz, removendo as outras componentes de maior frequência.

ATIVIDADE 3

O circuito construído pode ser observado na Figura 19 e contém 3 estágios.

Figura 19 – Circuito montado



O primeiro contempla a proteção contra surtos de tensão e atenuação da tensão da rede elétrica.

A proteção é garantida por um varistor, dispositivo que tem sua resistência variável em função da tensão aplicada, se a tensão for muito grande o dispositivo coloca a fonte em curto-circuito, protegendo o restante do circuito.

A atenuação do sinal é feita por um transformador com uma relação 1/120 e este também produz a isolação galvânica do restante do circuito.

O segundo estágio introduz uma componente CC no sinal atenuado para que este varie de 0 até 3V. Isso é feito utilizando um amplificador operacional na função de somador não inversor.

Por fim, o filtro passa baixa composto pelo resistor e capacitor garante que as frequências acima de 60Hz sejam desconsideradas na saída, evitando o efeito de *aliasing*. Estes componentes foram calculados utilizando a seguinte expressão:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Se encontrou um valor para RC para uma frequência de corte de 60Hz, com este valor se fixou um valor para o capacitor e se calculou o valor da resistência com base neste valor de C .

Os sinais e a resposta em frequência do circuito podem ser observados com as Figuras abaixo.

Figura 20 – Sinal de saída do amplificador somador (em vermelho) e do filtro passa baixa (em verde)

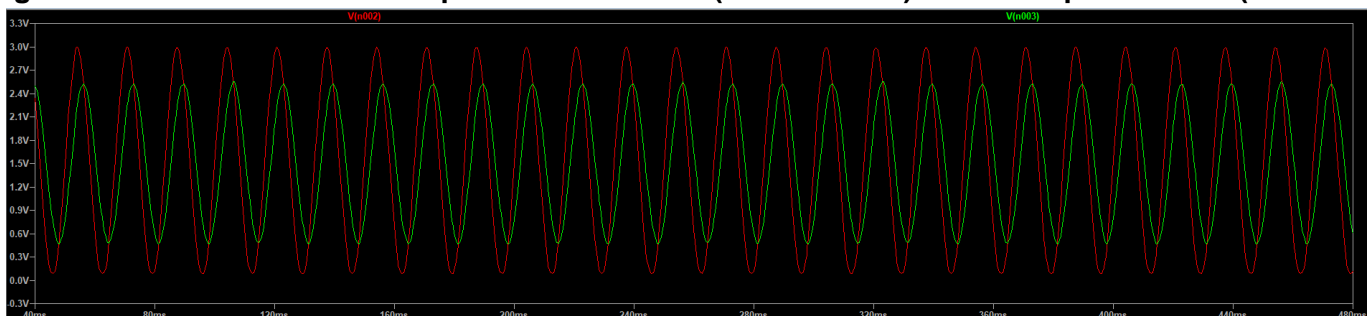
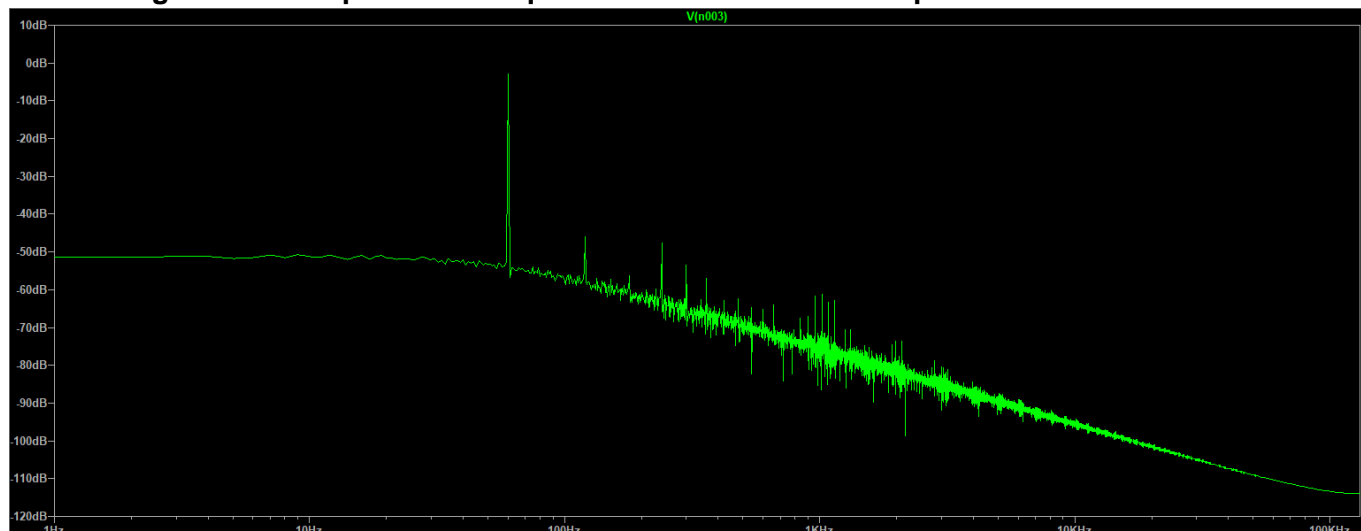


Figura 21 – Resposta em frequência do sistema com frequência de corte de 60Hz



Se observa com a Figura 21 que o sinal de saída do filtro passa baixa sofre uma pequena queda de tensão e uma pequena defasagem devido ao filtro. Como a frequência de corte foi definida como a mesma frequência do sinal, haverá uma atenuação em -3dB no sinal de saída, o que causa a atenuação no sinal.

Se utilizada uma frequência de corte de 120Hz para o filtro, utilizando um capacitor de $1\mu\text{F}$ e um resistor de $1,3\text{k}\Omega$ calculados como anteriormente, se tem os seguintes resultados.

Figura 22 – Sinal de saída do amplificador somador (em azul) e do filtro passa baixa (em verde)

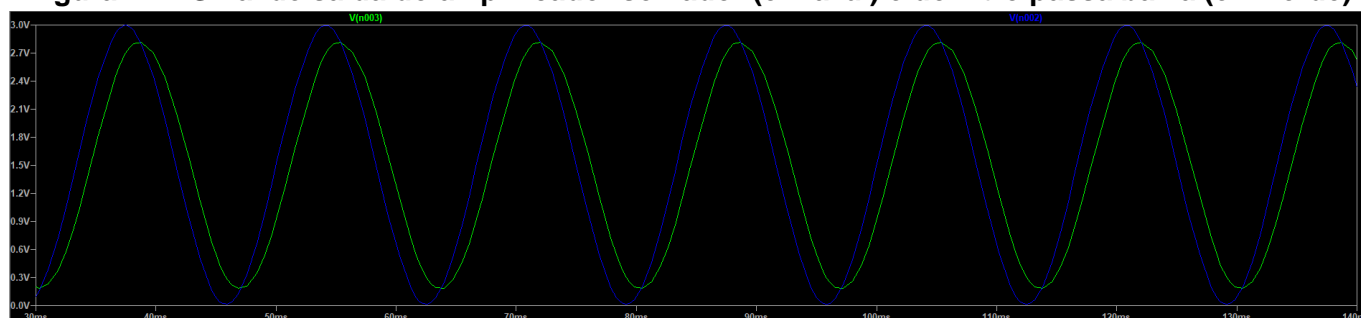
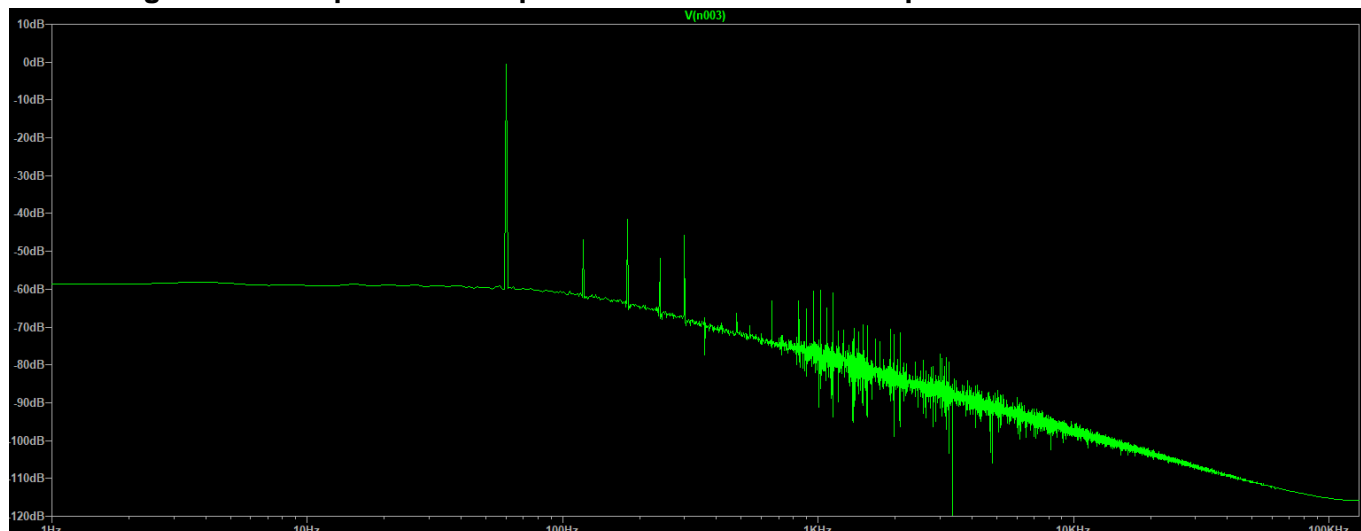
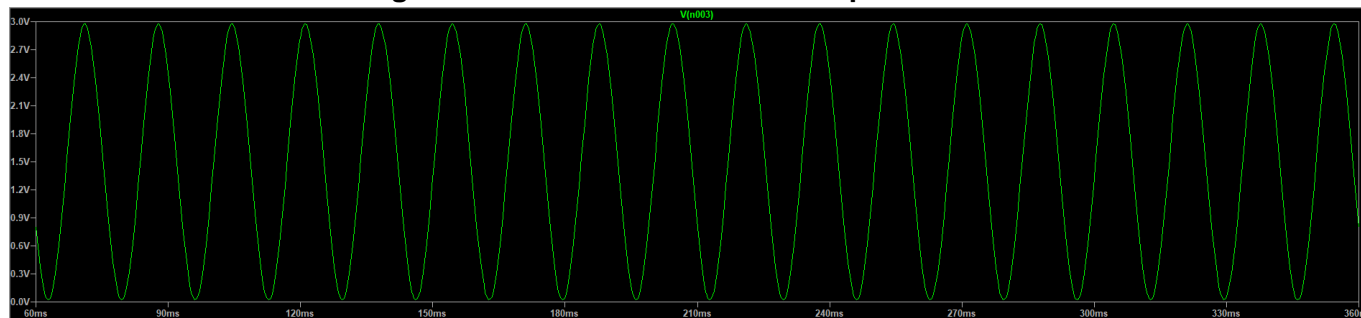


Figura 23 – Resposta em frequência do sistema com frequência de corte de 120Hz



Se observa que a atenuação do sinal de saída é menos expressiva. Se a frequência de corte for aumentada ainda mais, a atenuação do sinal em 60Hz irá se tornar desprezível, o que é confirmado com a Figura 24 abaixo (utilizando uma frequência de corte de 500Hz).

Figura 24 – Sinal de saída do filtro passa baixa



REFERÊNCIAS

DINIZ, B. R. A.; EVANGELISTA, A. A.; ALEXANDRIA, A. Projeto e desenvolvimento de um medidor digital de energia elétrica monofásico para aplicações residenciais. HOLOS, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, v. 7, p. 55–68, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15628/holos.2017.5118>>.

SILVA, Priscila de Paula. Implementação de um medidor digital de qualidade da energia elétrica: análise de harmônicos e variações de tensão de longa duração. 2017. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2017. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/466/6/MONOGRAFIA_ImplementaçãoMediçãoDigital.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.