

ATIVIDADE 1

O circuito foi montado no Simulink (demonstrado com a Figura 1) seguindo os parâmetros de frequência de amostragem de 6000Hz e resolução de 12 bits. Os resultados podem ser observados com as Figuras 2, 3 e 4 abaixo.

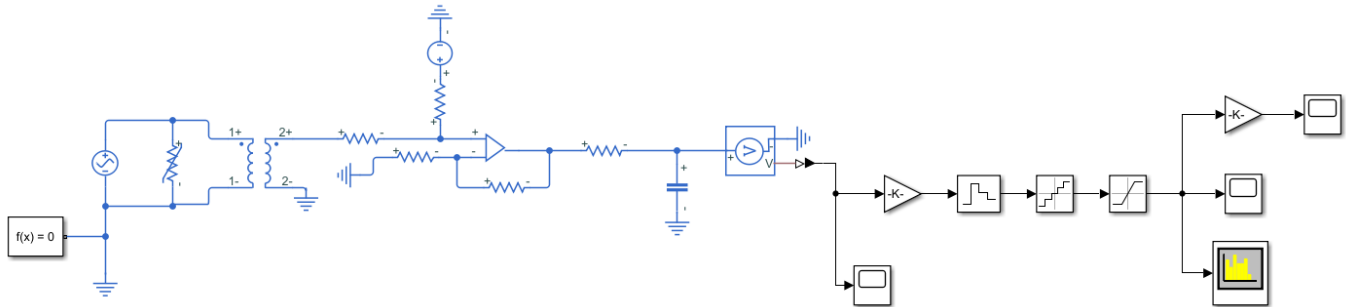
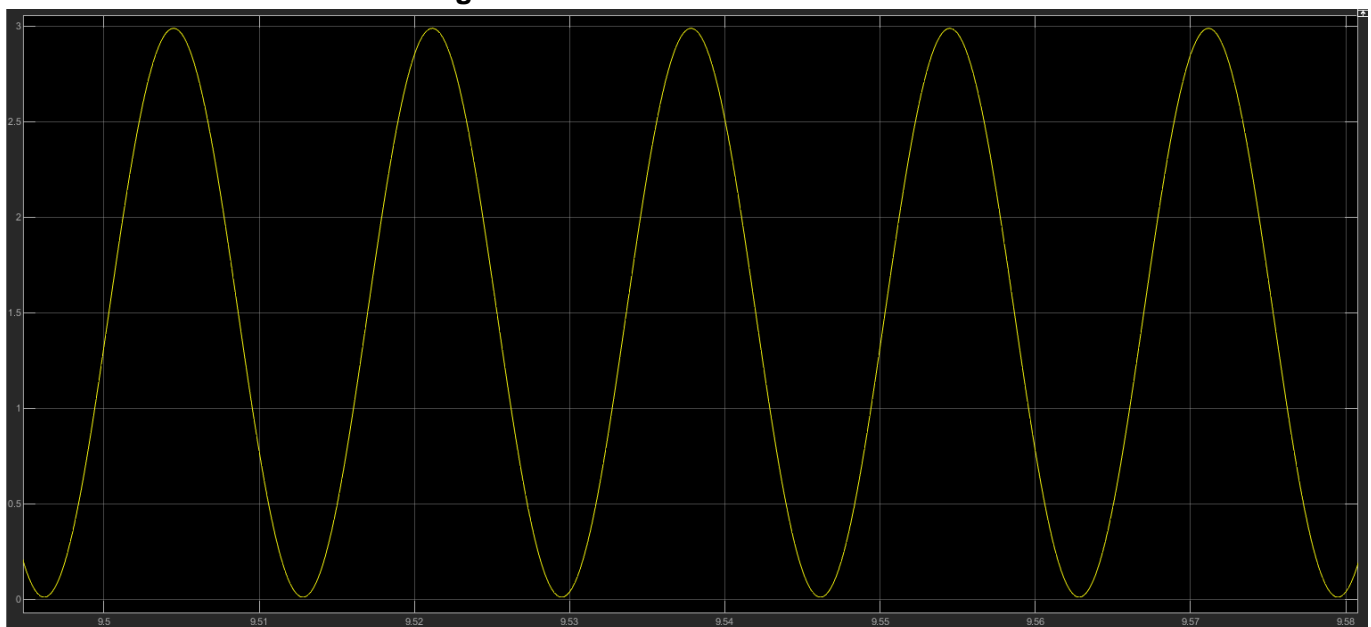
Figura 1 – Circuito montado no Simulink**Figura 2 – Saída contínua do sistema**

Figura 3 – Saída discreta do sistema

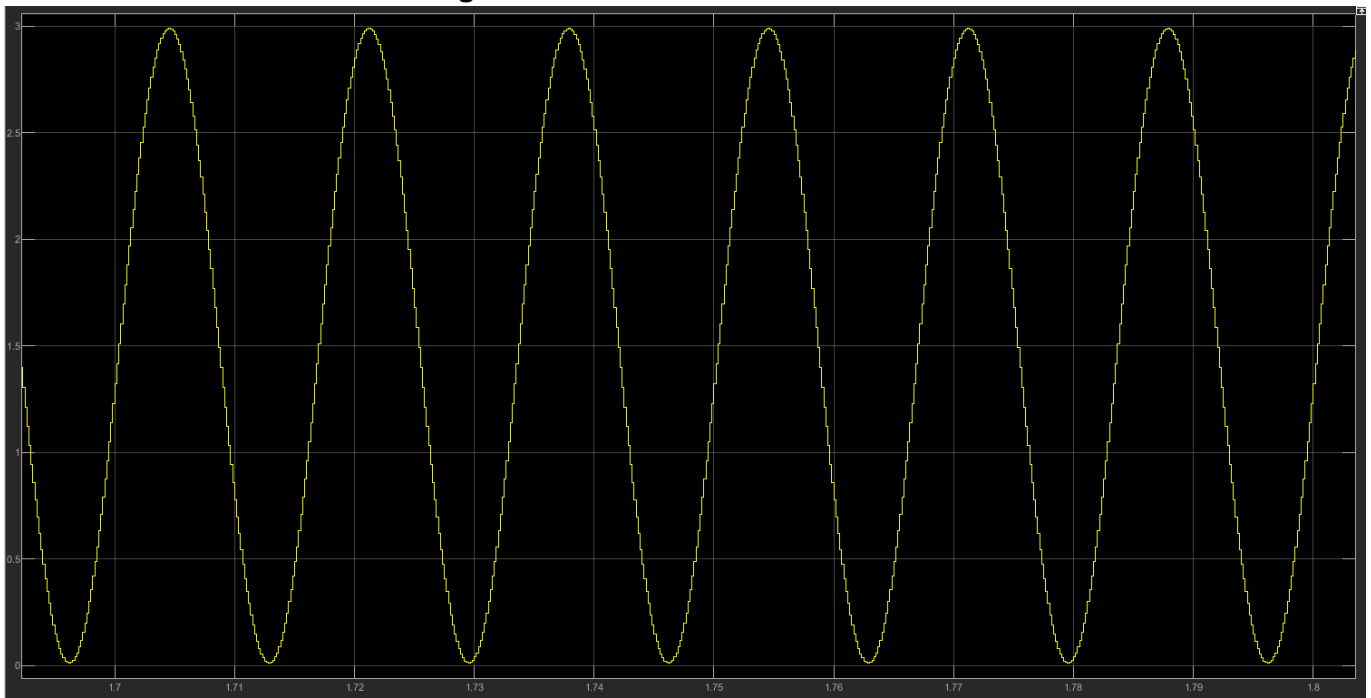
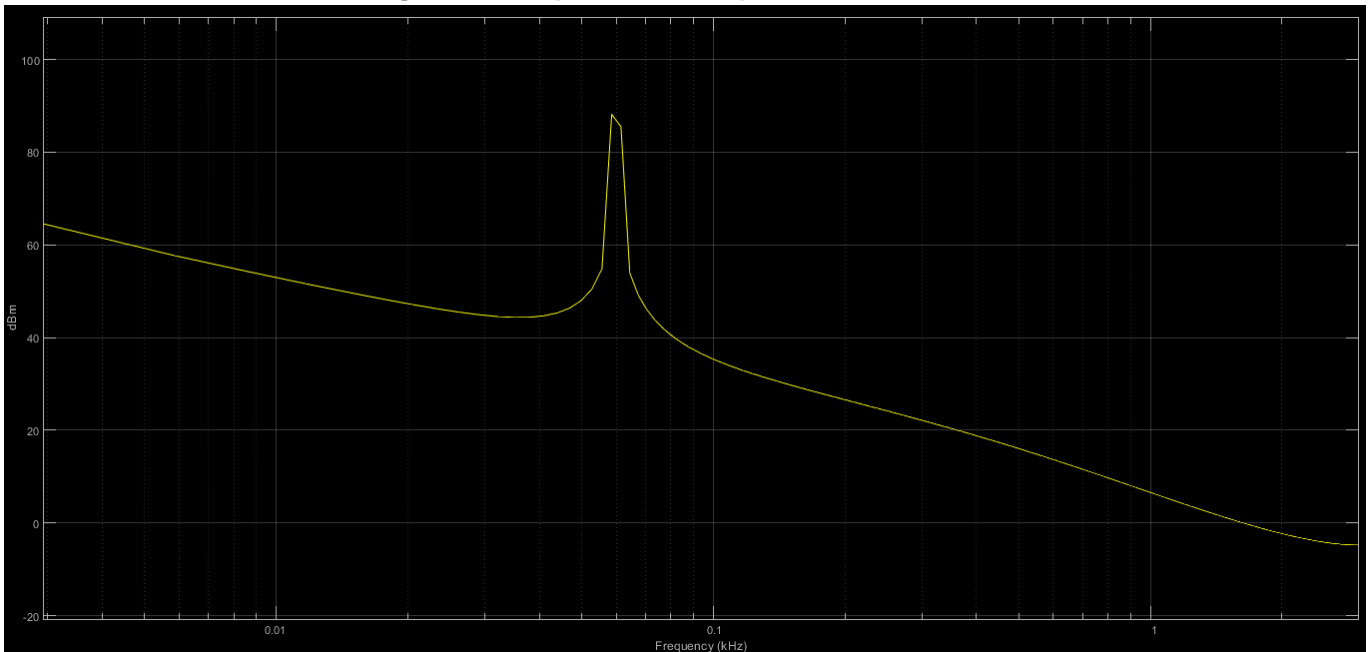


Figura 4 – Resposta em frequência do sistema



Foi então reduzida a taxa de amostragem para 1200Hz (20 vezes a frequência do sinal analisado) e foi variada a resolução do conversor AD, para valores de 8, 10, 12, 16, 20 e 24 bits e se capturou a resposta em frequência em cada caso. Os resultados podem ser observados com as Figuras 5 até 10.

Figura 5 – Resposta em frequência (resolução de 8 bits)

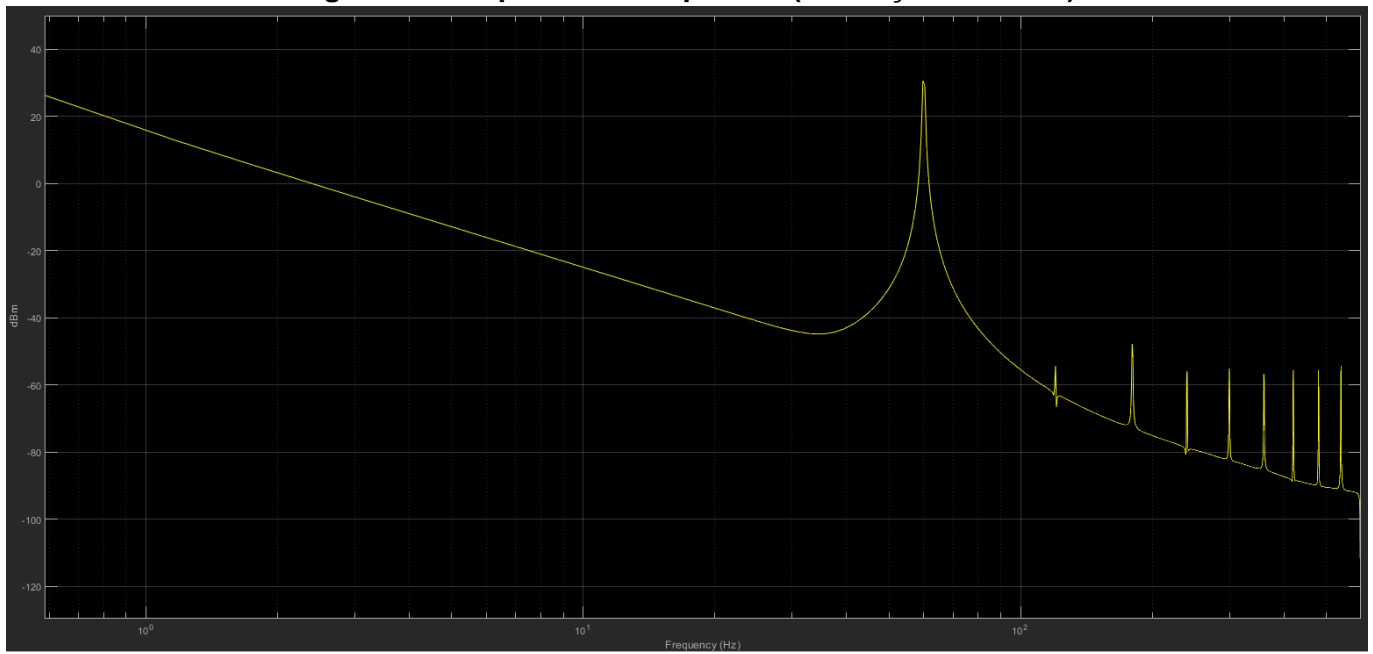


Figura 6 – Resposta em frequência (resolução de 10 bits)

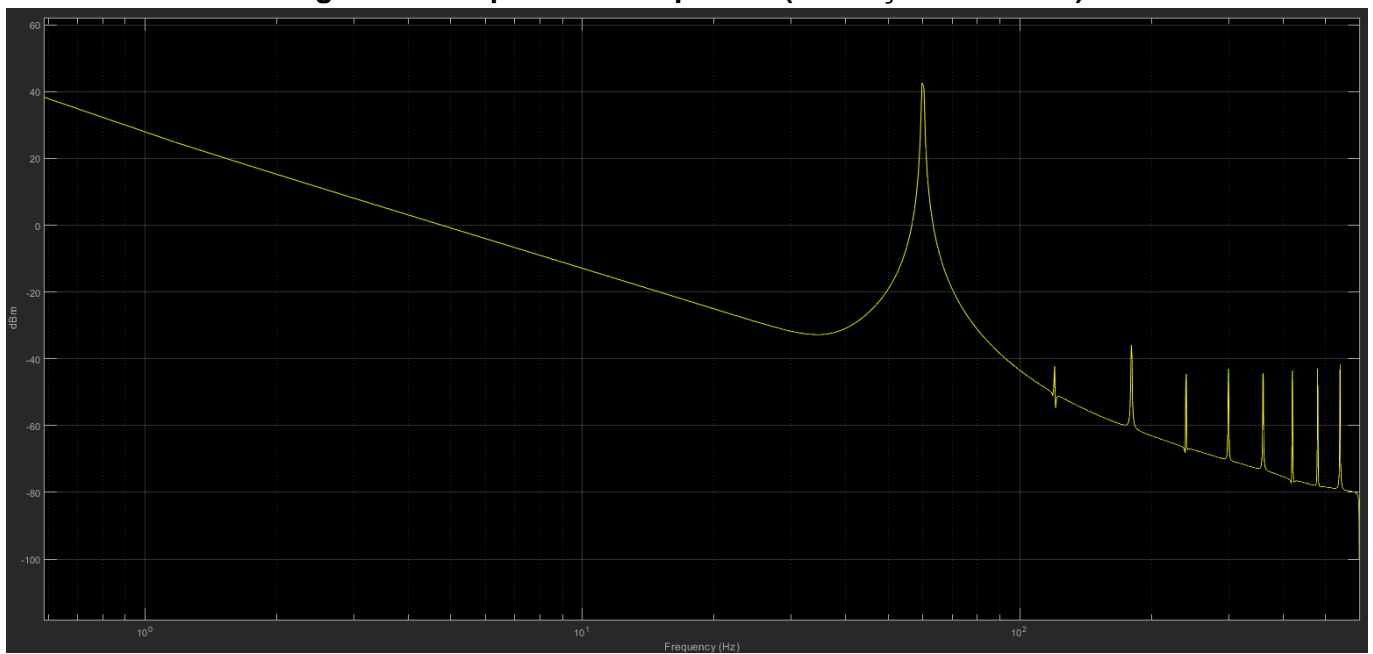


Figura 7 – Resposta em frequência (resolução de 12 bits)

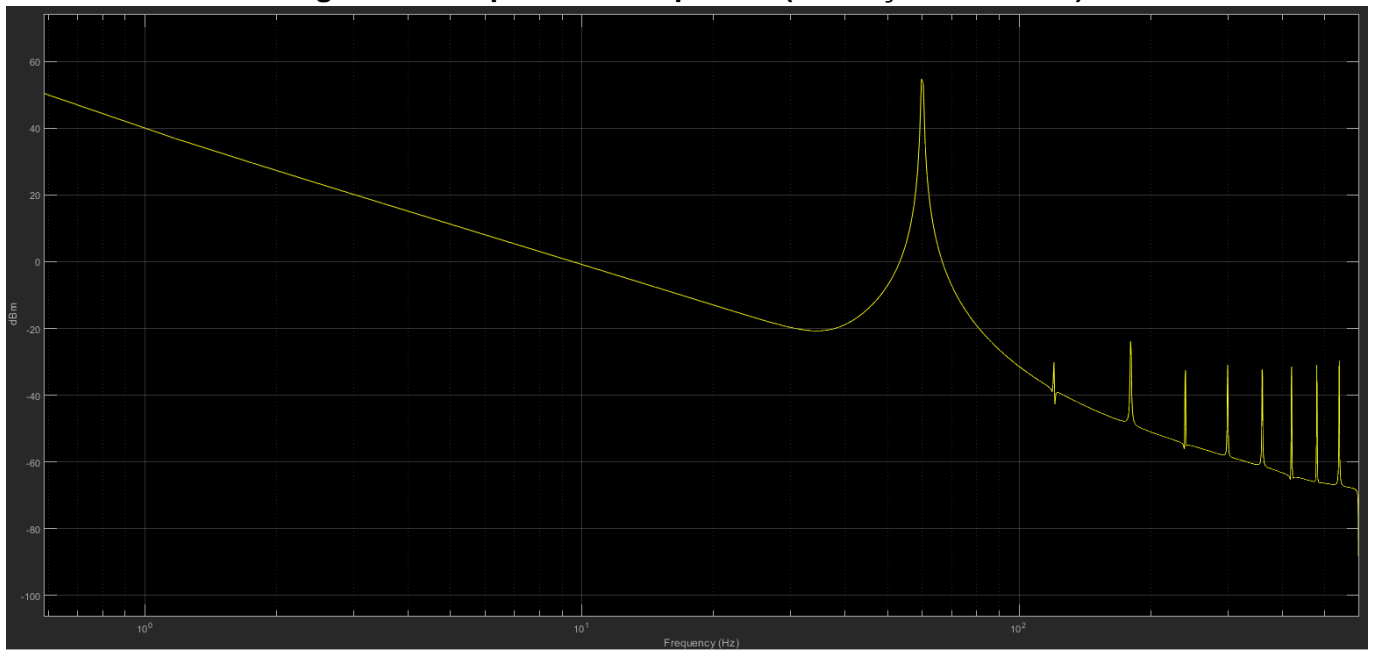


Figura 8 – Resposta em frequência (resolução de 16 bits)

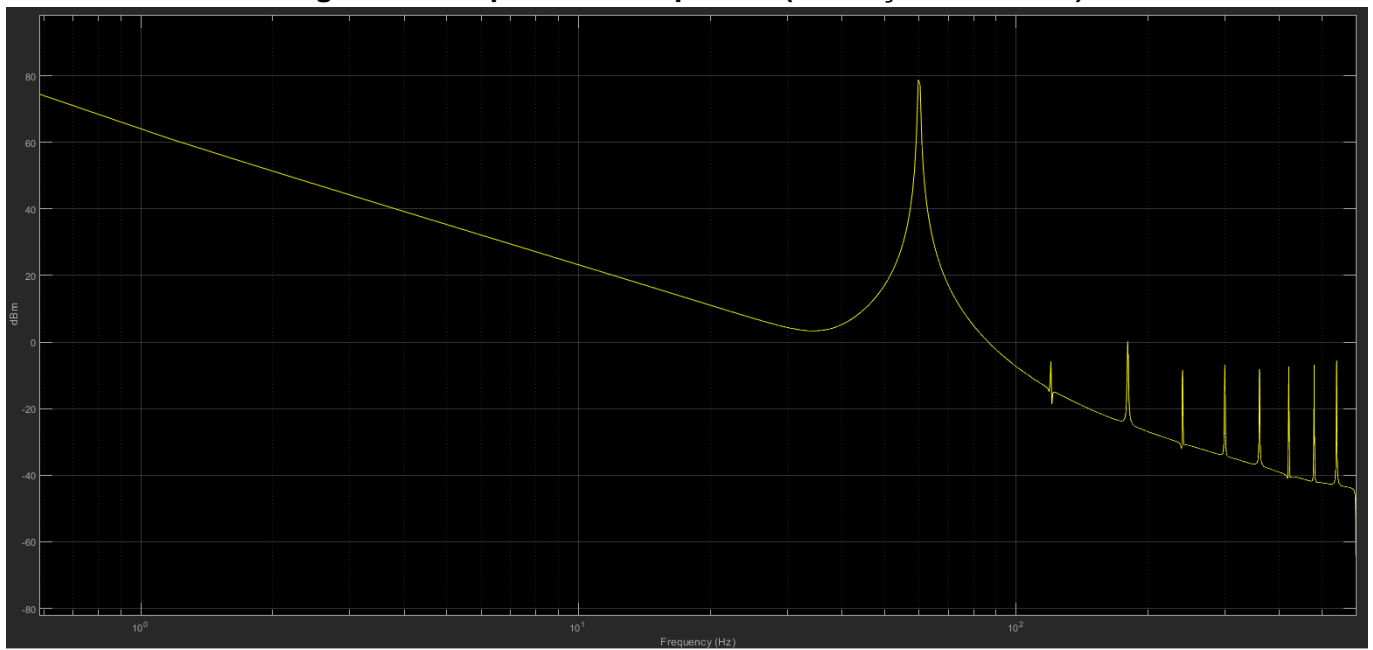


Figura 9 – Resposta em frequência (resolução de 20 bits)

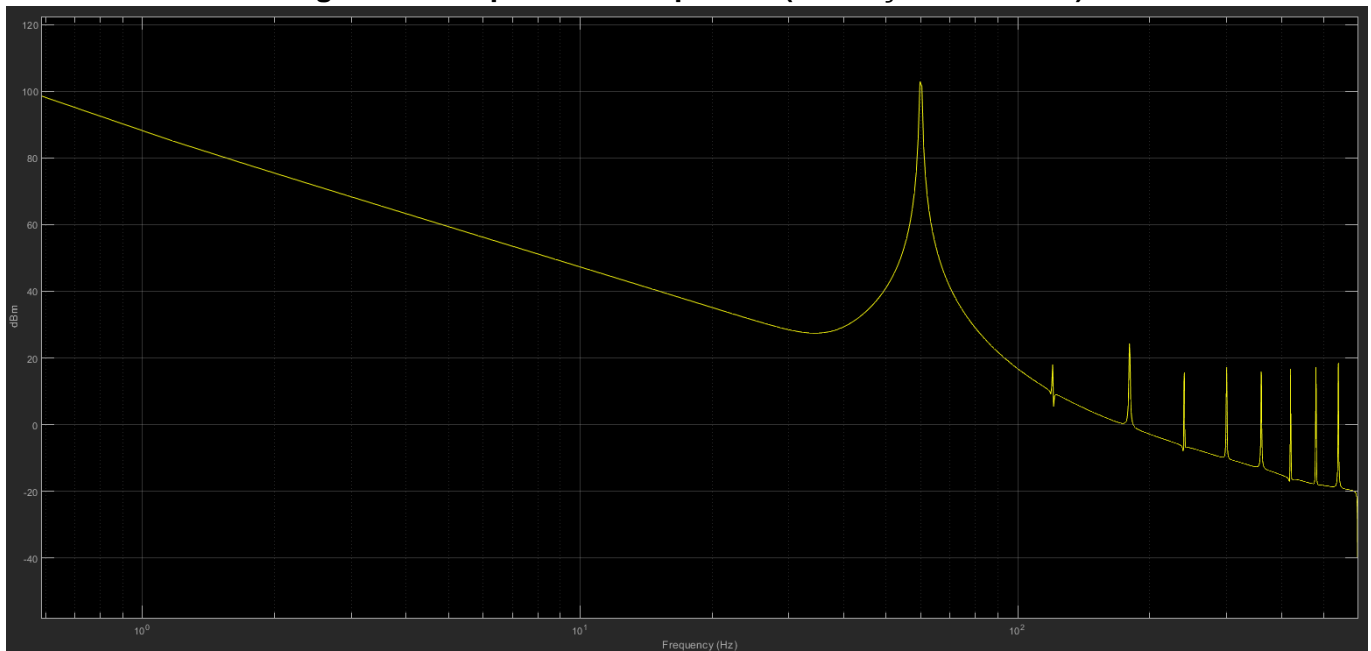
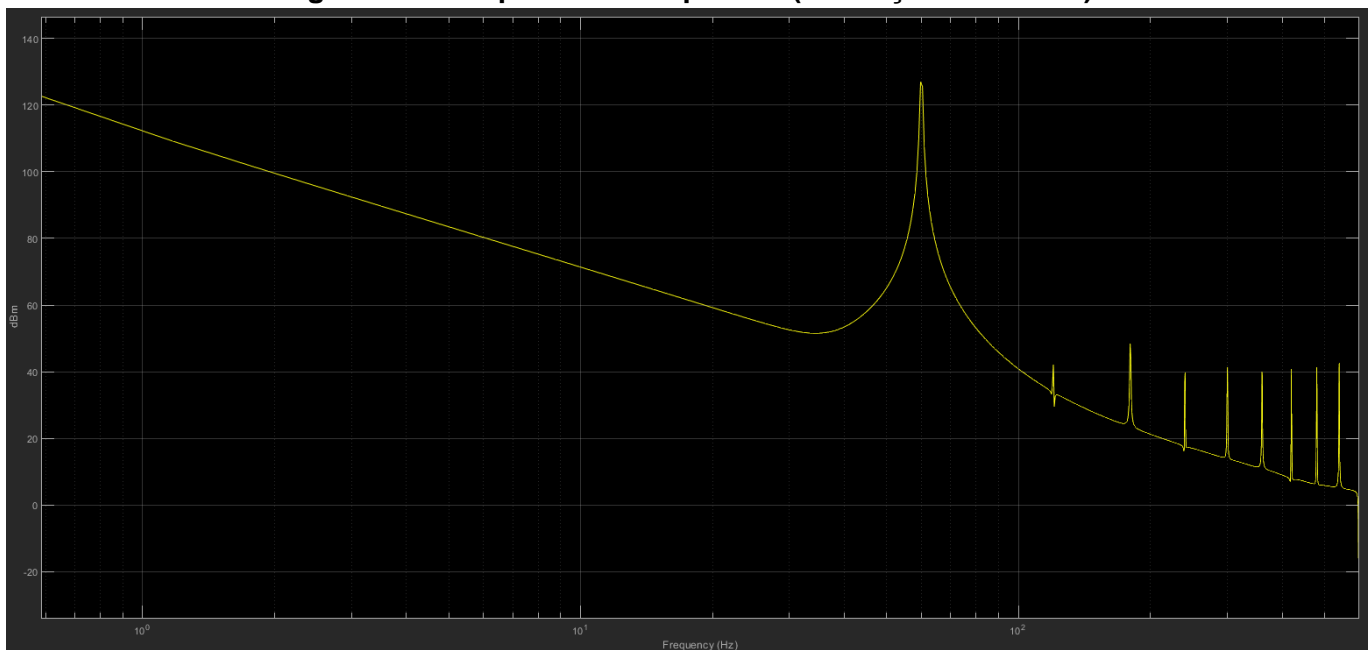


Figura 10 – Resposta em frequência (resolução de 24 bits)



Se percebe analisando as figuras acima que, quando maior é a resolução do conversor maior é a amplitude capturada das frequências. Com isso se pode concluir que o conversor fica mais susceptível a ruídos, que podem ser amplificados utilizando resoluções muito altas.

Para se observar o efeito da técnica de sobreamostragem se capturou a resposta temporal de um AD com as especificações de um Arduino UNO (10 bits), realizou a captura deste com e sem sobreamostragem de 4 bits. Também foi coletada a resposta temporal de um conversor AD com as especificações do TIVA TM4C123G, sem o uso de sobreamostragem. Os resultados podem ser observados com as Figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 – Resposta temporal do Arduino (sem oversampling)

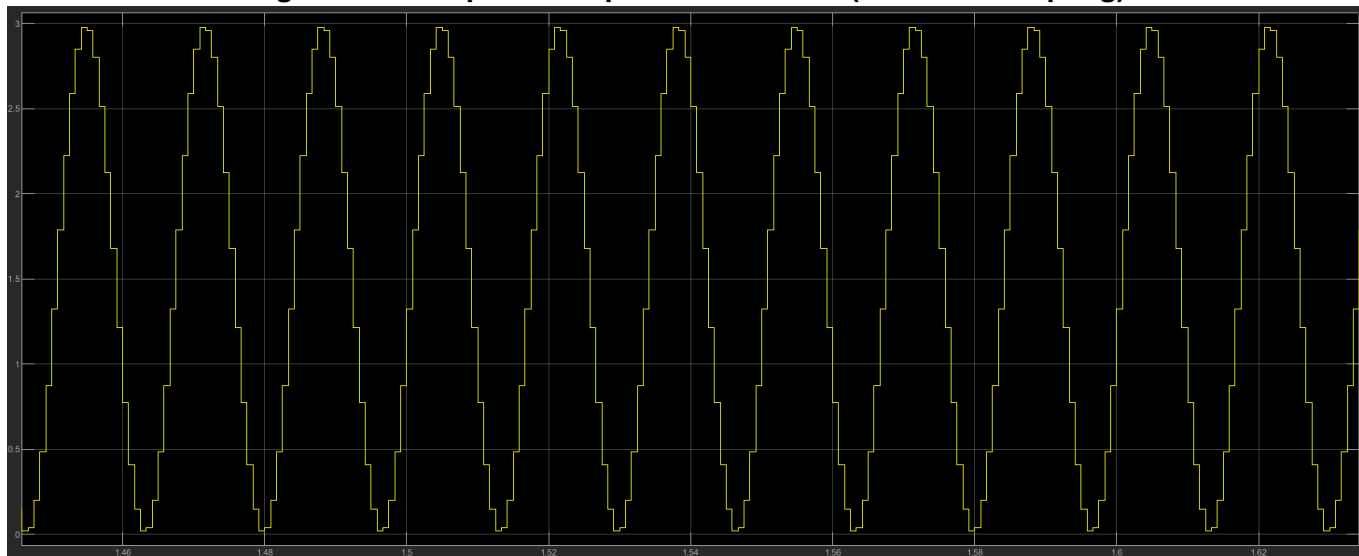
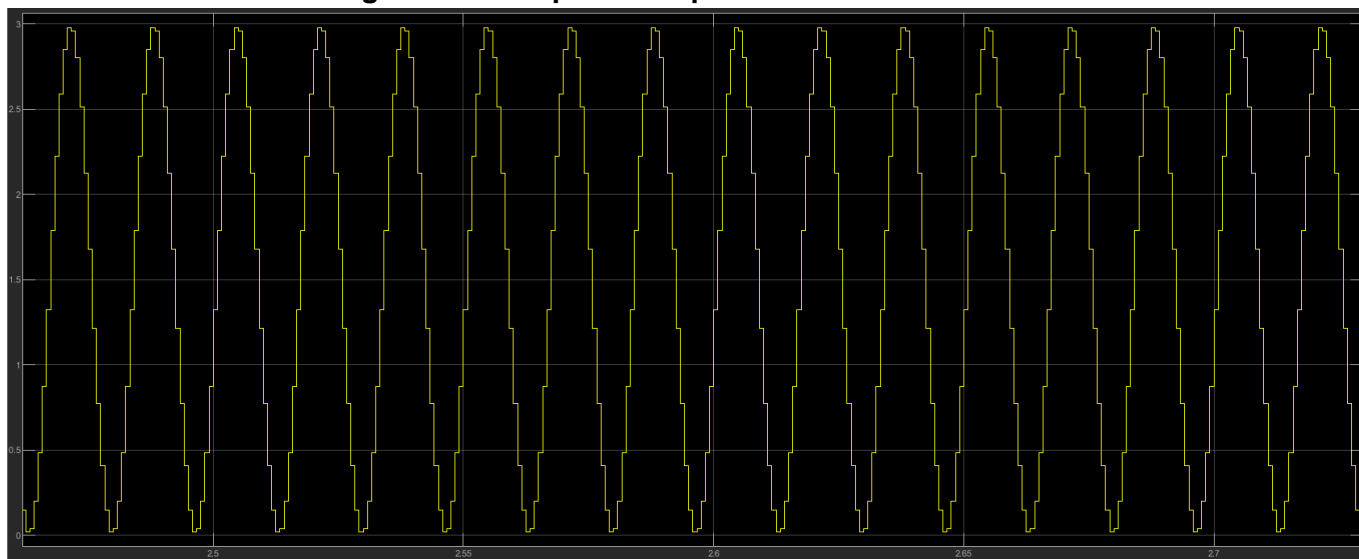


Figura 12 – Resposta temporal do Arduino (com oversampling de 4 bits)



Figura 13 – Resposta temporal do TIVA TM4C123G



O efeito de sobreamostragem tem como objetivo definir uma taxa de amostragem muito maior que a definida pelo critério de Nyquist, desta forma, aumentando a fidelidade do sinal amostrado, como é observado na Figura 12. A frequência de amostragem utilizada foi calculada utilizando a seguinte expressão.

$$F_o = 4^N F_{Ny}$$

Onde F_{Ny} é a frequência de Nyquist definida como a frequência do sinal (60Hz). Como o aumento era de 4 bits e a frequência utilizada de 60Hz, foi calculada uma frequência de amostragem de 15360Hz.

Para avaliar o efeito de upsampling foi capturada a resposta temporal e na frequência com taxa de amostragem de 1200Hz e resolução de 12 bits. Foi capturada também as respostas com upsampling de 8 vezes. Os resultados são demonstrados com as Figuras 14 até 17.

Figura 13 – Resposta temporal sem upsampling

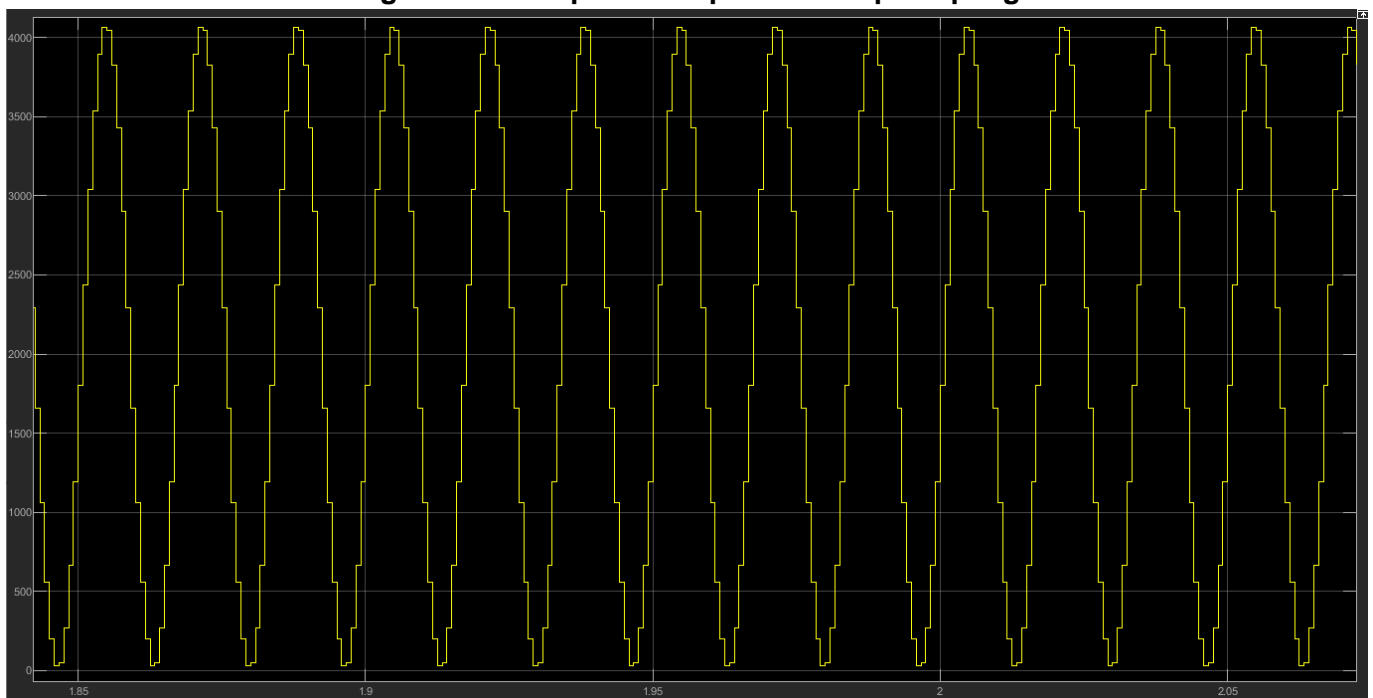


Figura 14 – Resposta na frequência sem upsampling

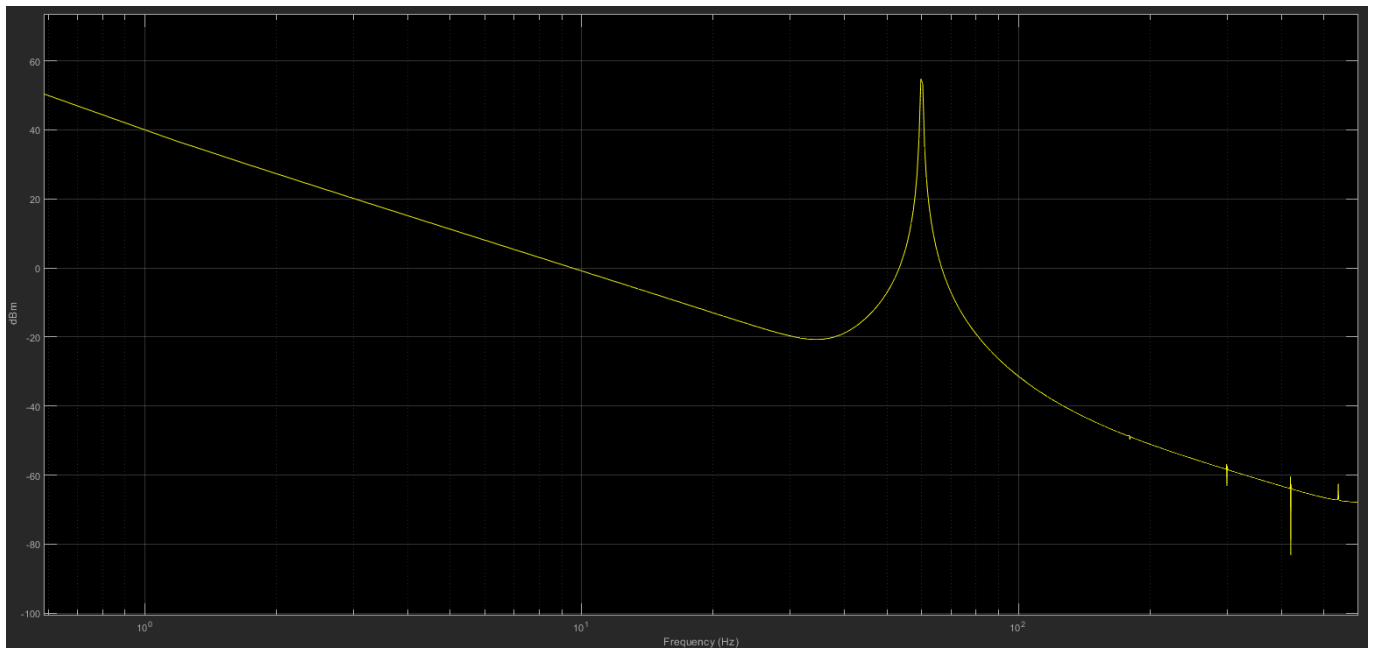


Figura 15 – Resposta temporal com upsampling de 8 vezes

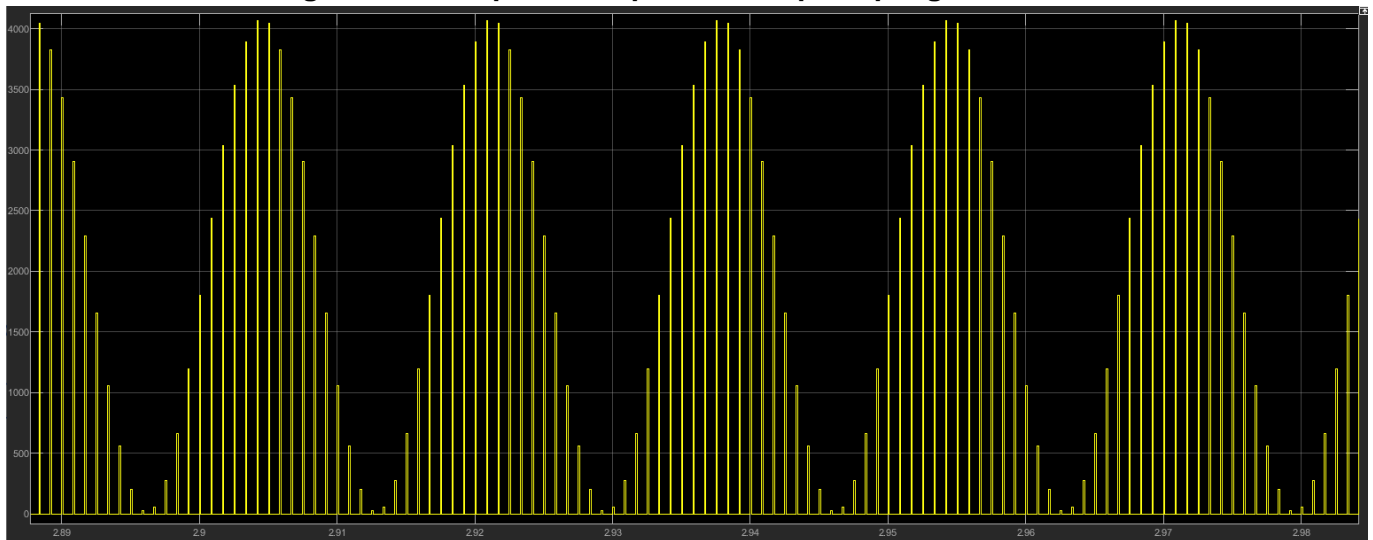
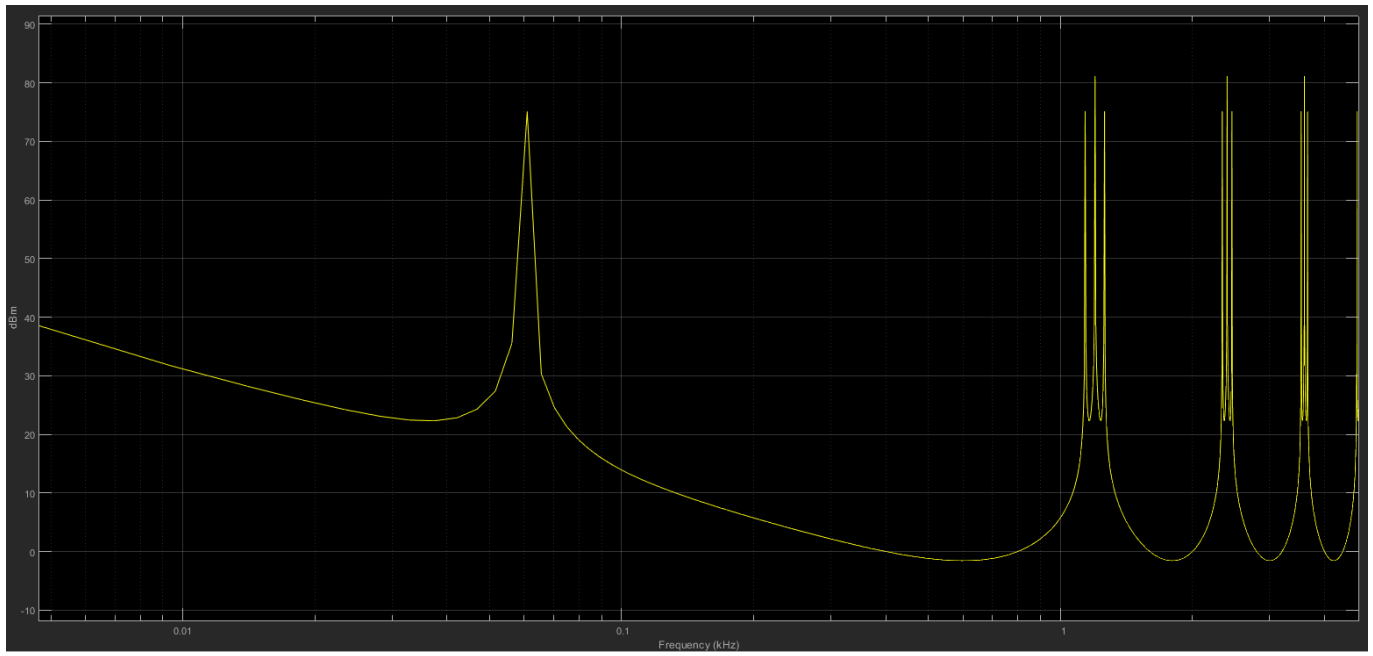


Figura 14 – Resposta na frequência com upsampling de 8 vezes



ATIVIDADE 2

A função de transferência do circuito RLC pode ser observada abaixo.

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{58.59 \times 10^{-9} s^2 + 94 \times 10^{-6} s + 1}$$

Os cálculos realizados para chegar a este valor podem ser observados com a Figura 14 abaixo.

Figura 15 – Cálculo da função de transferência do sistema RLC

$$V_i(t) = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + V_o(t)$$

$$V_i(s) = R I(s) + L s I(s) + V_o(s) \quad , \quad I(s) = \frac{V_o(s)}{\frac{1}{C_{eq} \cdot s}}$$

$$V_i(s) = \frac{R \cdot V_o(s)}{\frac{1}{C_{eq} \cdot s}} + L s \cdot \frac{V_o(s)}{\frac{1}{C_{eq} \cdot s}} + V_o(s)$$

$$V_i(s) = V_o(s) \cdot [R \cdot C_{eq} \cdot s + L \cdot C_{eq} \cdot s^2 + 1]$$

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{L \cdot C_{eq} \cdot s^2 + R \cdot C_{eq} \cdot s + 1}$$

$$R = 100 \Omega$$

$$L = 62.65 \text{ mH}$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 \cdot 470 \text{ nF} = 940 \text{ nF}$$

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{62.65 \cdot 10^{-3} \cdot 940 \cdot 10^{-9} \cdot s^2 + 100 \cdot 940 \cdot 10^{-9} s + 1}$$

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{58.59 \cdot 10^{-9} s^2 + 94 \cdot 10^{-6} s + 1}$$

Para resolver a função de transferência $G_{azs}(z)$ do sistema com conversor DA e AD em cascata é necessário usar a seguinte expressão:

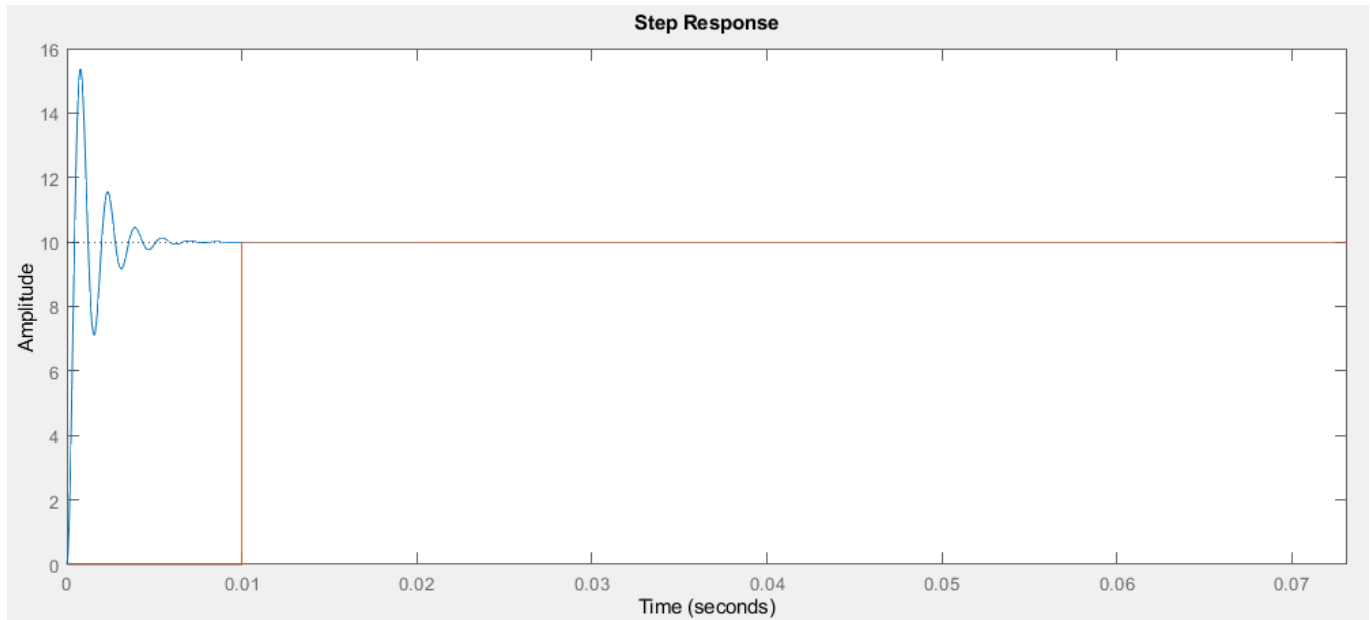
$$G_{ZAS}(z) = (1 - z^{-1})Z^{-1} \left\{ \frac{G(s)}{s} \right\}$$

Se utilizou a função `c2d` do MATLAB que transforma a função de transferência no domínio contínuo para o discreto, e, utilizando amostragem de 100Hz se obteve a seguinte expressão:

$$G_{ZAS}(z) = \frac{9.91 \times 10^{-3} z^2 + 1.0 \times 10^{-4} z + 4.55 \times 10^{-11}}{z^3 - 0.9 z^2 - 6.26 \times 10^{-4} z - 1.16 \times 10^{-7}}$$

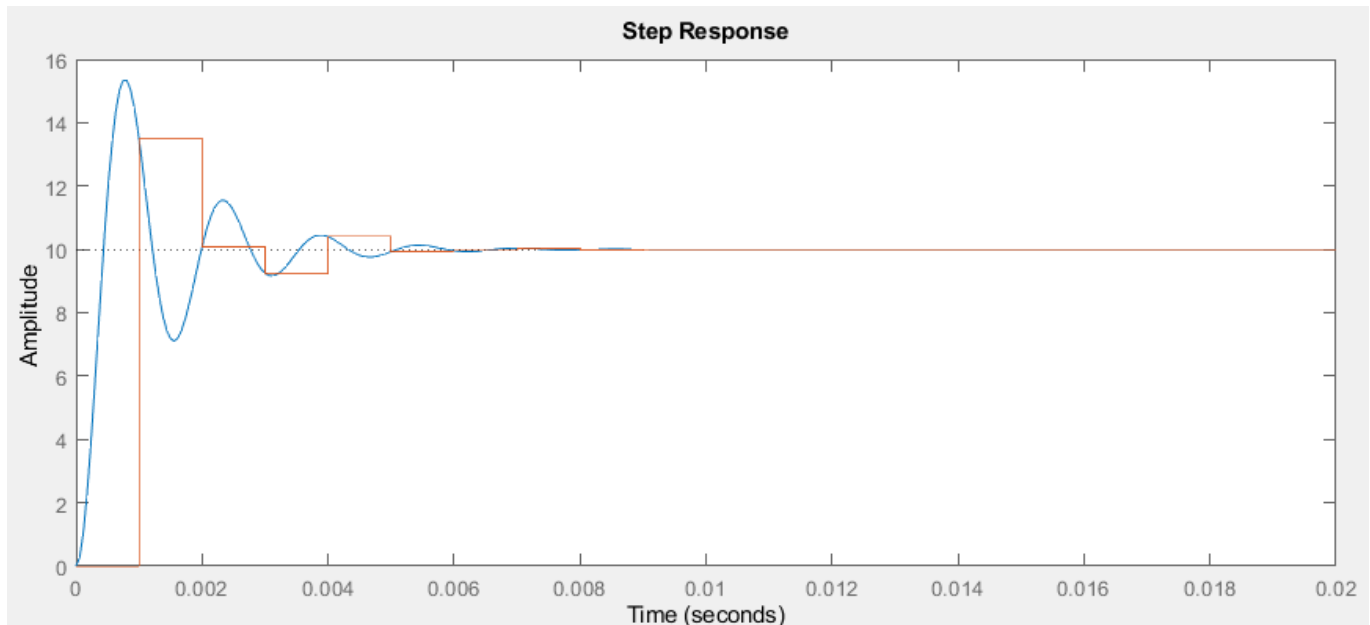
Analisando a resposta ao degrau tanto contínuo quanto discreto se obtém os seguintes resultados.

Figura 16 – Resposta degrau do sistema contínuo (em azul) e discreto (em laranja) amostrado em 100Hz



Devido à baixa taxa de amostragem, na resposta do sistema discreto não é possível observar o overshoot que ocorre no instante de tempo inferior ao do amostrador (0.01s). Para consertar este problema é necessário aumentar a taxa de amostragem do amostrador. Como exemplo, segue a resposta discreta amostrada com 1000Hz de amostragem comparada a resposta contínua.

Figura 16 – Resposta degrau do sistema contínuo (em azul) e discreto (em laranja) amostrado em 1000Hz



Se observa que com a maior taxa de amostragem é possível observar o efeito de overshoot do sistema.