



**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

Relatório

Filtro RLC e Modulador AM-DSB

Curso: Engenharia de Telecomunicações
Disciplina: CRF029009 – Circuitos de rádio frequência
Professor: Rubem Toledo Bergamo

Alunos

Jefferson Botitano Calderon Romero
João Pedro Menegali Salvan Bitencourt

26 de agosto de 2024

1 Introdução

Este relatório descreve o experimento realizado com um filtro RLC, buscando a sua frequência de ressonância e a sua largura de banda.

Além disso, um circuito modulador AM-DSB (*Amplitude Modulation - Double Side Band*) foi montado, explorando os aspectos práticos da modulação de sinais. O objetivo principal é investigar o comportamento do modulador diante de diferentes configurações de sinais de entrada e analisar a eficácia da transmissão em distintas faixas de frequência.

1.1 Materiais e Equipamentos

Para a execução deste projeto, foram utilizados os seguintes componentes:

- Osciloscópio: Tektronix TDS 2002C
- Gerador de funções
- *Protoboard* (Matriz de contato)
- Capacitor de 4,7 nF
- Resistor de 54 Ohms
- Indutor de 12 μ H
- Diodo de Germânio

2 Procedimento Experimental

Abaixo será descrito o procedimento experimental realizado para a montagem do filtro RLC e do modulador AM-DSB, bem como a análise dos resultados obtidos.

2.1 Montagem do filtro RLC

O filtro RLC foi montado em uma matriz de contatos, seguindo o diagrama de circuito abaixo:

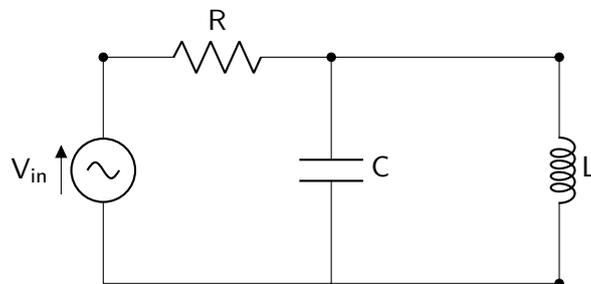


Figura 1: Diagrama de circuito do filtro RLC.

A montagem física é mostrada na Figura 2.

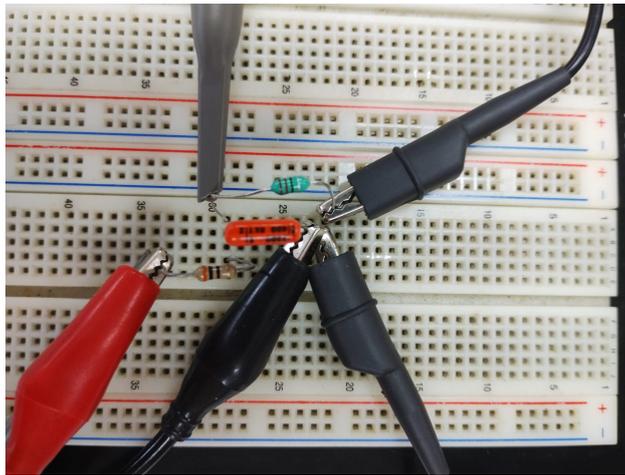


Figura 2: Montagem do filtro RLC na matriz de contatos.

Para calcular a frequência de ressonância, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Para o cálculo do ganho em dB, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$G = 20 \log_{10} \left(\frac{V_s}{V_e} \right) \quad (2)$$

Após a montagem do circuito, utilizando um osciloscópio, foram realizadas medições de tensão em diferentes frequências para determinar a frequência de ressonância e a largura de banda do filtro RLC. A tensão de entrada do circuito é de 4,8 V. Na Tabela 1 são apresentados os valores medidos.

Frequência (Hz)	Tensão (V)	Relação V_s máxima (dB)
520000	3,2	-3,07629728689058
540000	3,44	-2,4481280018581
560000	3,84	-1,49267236593808
580000	4,08	-0,966093591491099
600000	4,32	-0,469621916990456
620000	4,48	-0,153736573325818
640000	4,56	0
660000	4,48	-0,153736573325818
680000	4,32	-0,469621916990456
700000	4,08	-0,966093591491099
720000	3,84	-1,49267236593808
740000	3,6	-2,05324683794295
760000	3,44	-2,4481280018581
780000	3,2	-3,07629728689058

Tabela 1: Dados detalhados das medições realizadas, incluindo frequência, tensão e relação de tensão em dB.

A Figura 3 mostra o gráfico com a variação da tensão observada com a mudança de frequência. O pico de tensão ocorre em torno de 640 kHz, indicando que esta é a frequência de ressonância (f_0) do filtro RLC. A medida que a frequência se afasta de f_0 , a tensão observada diminui, sendo que os valores obtidos quando a queda de tensão é de 3 dB são de 520 kHz e 780 kHz. Isso permite calcular a largura de banda, que é dada por:

$$BW = f_{780} - f_{520} = 780000 - 520000 = 260000 \text{ Hz} \quad (3)$$

A partir dessas informações, é possível calcular o fator de qualidade do filtro, que é dado por:

$$Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{640000}{260000} = 2,46 \quad (4)$$

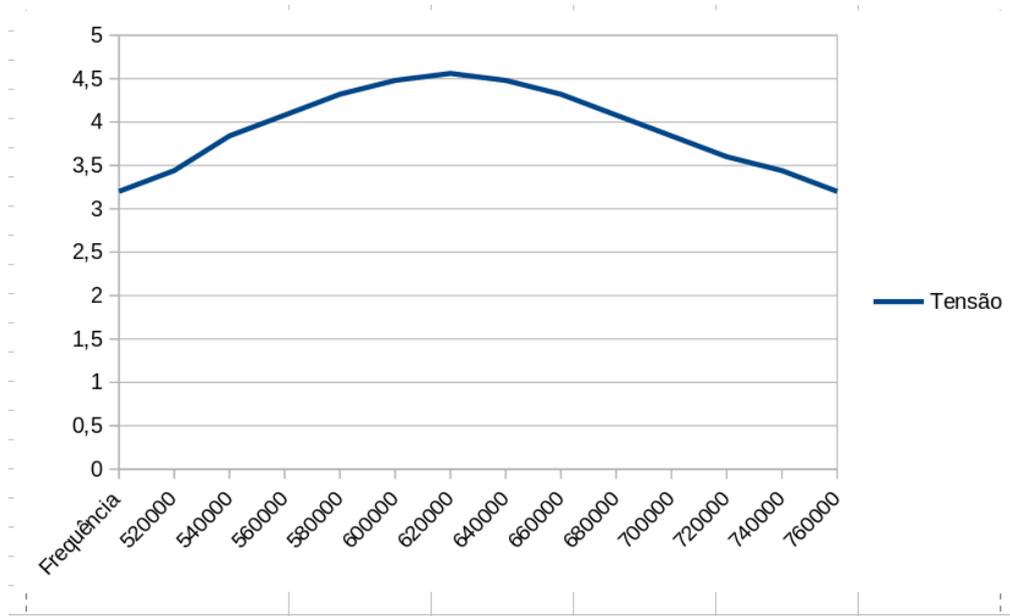


Figura 3: Gráfico da tensão observada ao longo de diferentes frequências.

O gráfico da Figura 4 exibe a relação de tensão de saída máxima em decibéis ao longo das frequências testadas, permitindo a melhor visualização da largura de banda do filtro RLC.

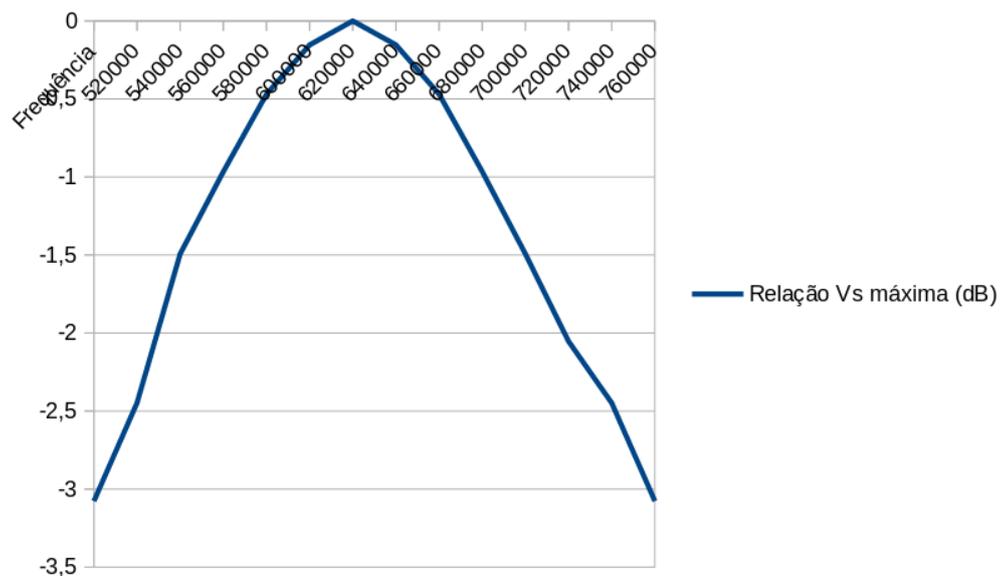


Figura 4: Gráfico da relação de tensão de saída máxima em dB.

Dadas essas medições é possível aferir que a frequência de portadora do modulador AM-DSB deve ser de 640 kHz, pois é a frequência de ressonância do filtro RLC, e é a que trará a maior eficiência na transmissão do sinal. Considerando as imperfeições de se montar um circuito em uma matriz de contatos, o valor de f_0 está dentro da margem em relação ao valor teórico esperado, que é 670 kHz.

2.2 Montagem do Modulador AM-DSB

Após a montagem do filtro RLC, o circuito do modulador AM-DSB foi montado conforme o diagrama de circuito mostrado na Figura 5.

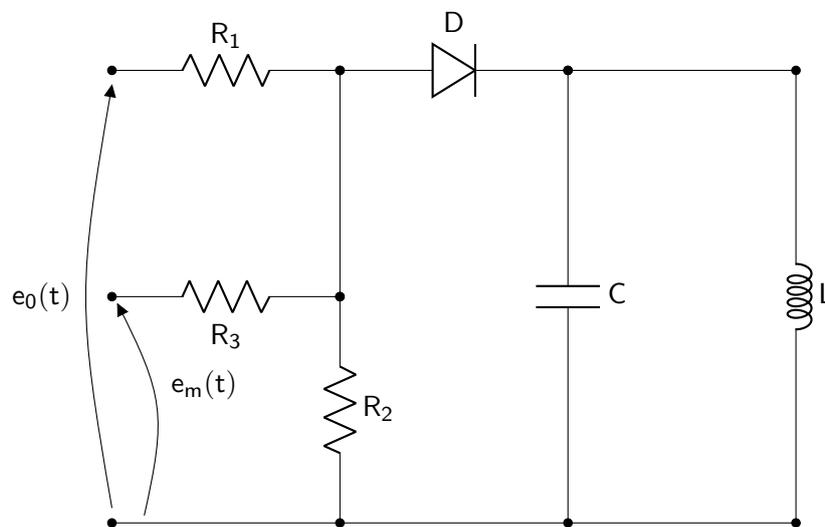


Figura 5: Diagrama de circuito do modulador AM-DSB.

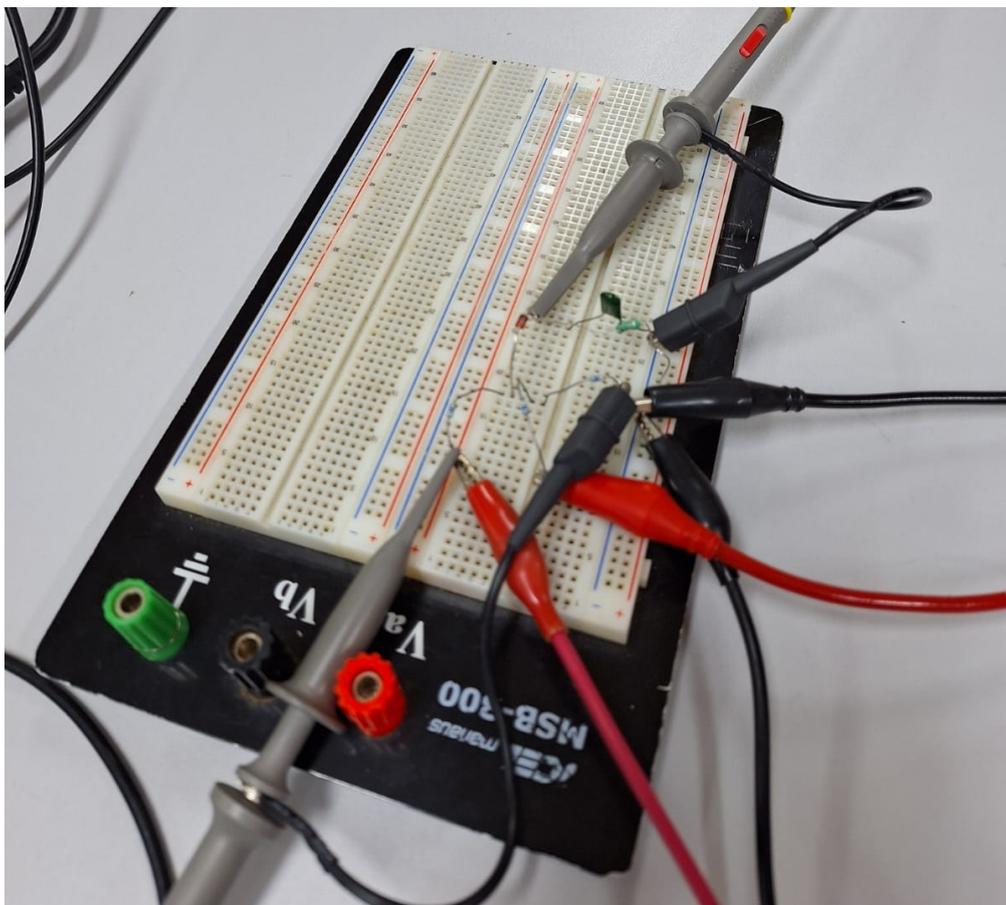


Figura 6: Circuito modulador AM-DSB montado na matriz de contatos, com uma ponteira do osciloscópio conectada à saída do circuito, e outra à entrada, além da alimentação com o gerador de funções nos pontos e_m e e_0 .

No circuito da Figura 6, há dois sinais vindos do gerador de função, sendo um a frequência da portadora ligada em e_0 e o outro a frequência da modulante ligada em e_m . Uma das ponteiros do osciloscópio foi conectada à saída do circuito, e a outra à entrada, com a finalidade de comparar o sinal original com o sinal modulado.

2.3 Dados de Experimentação

A Tabela 2 sumariza os principais dados do experimento com o circuito modulador AM-DSB, como a frequência portadora e modulante, bem como as tensões de entrada e saída. Dessa forma, o experimento consistiu na modulação de um sinal de 4 kHz, com amplitude de 5,12 V, em uma portadora de 640 kHz, com amplitude de 8,72 V.

Portadora (Hz)	Modulante (Hz)	e_0 (V)	e_m (V)	m (V)	A (V)	B (V)
640000	4000	8,72	5,12	0,5872	0,7	3

Tabela 2: Dados principais do experimento, incluindo frequência portadora e modulante, bem como as tensões de entrada e saída.

O valor de m é calculado pela fórmula:

$$m = \frac{e_m}{e_0} = \frac{5,12}{8,72} = 0,5872 \quad (5)$$

2.4 Imagens do Osciloscópio

A Figura 7 mostra a forma de onda do sinal modulado na frequência aproximada de 640 kHz.

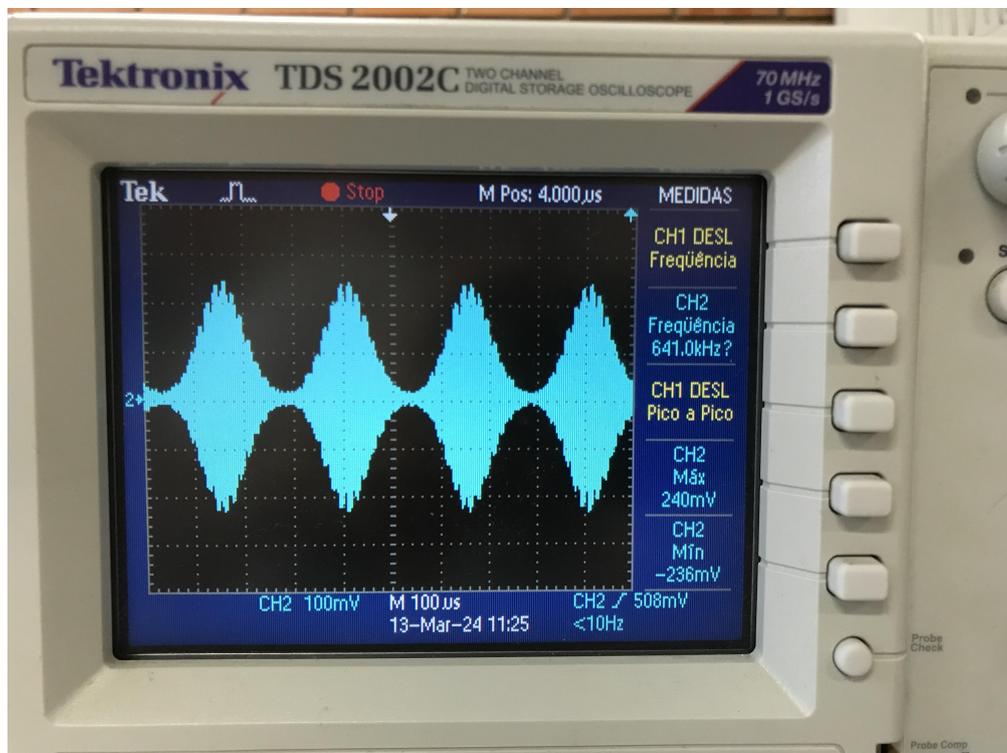


Figura 7: Sinal capturado na saída do modulador AM-DSB.

Na Figura 8, é possível visualizar a forma de onda do sinal de informação (amarelo) e do sinal modulado (azul), cuja envoltória acompanha a amplitude do sinal modulante, indicando que o processo de modulação foi bem sucedido.

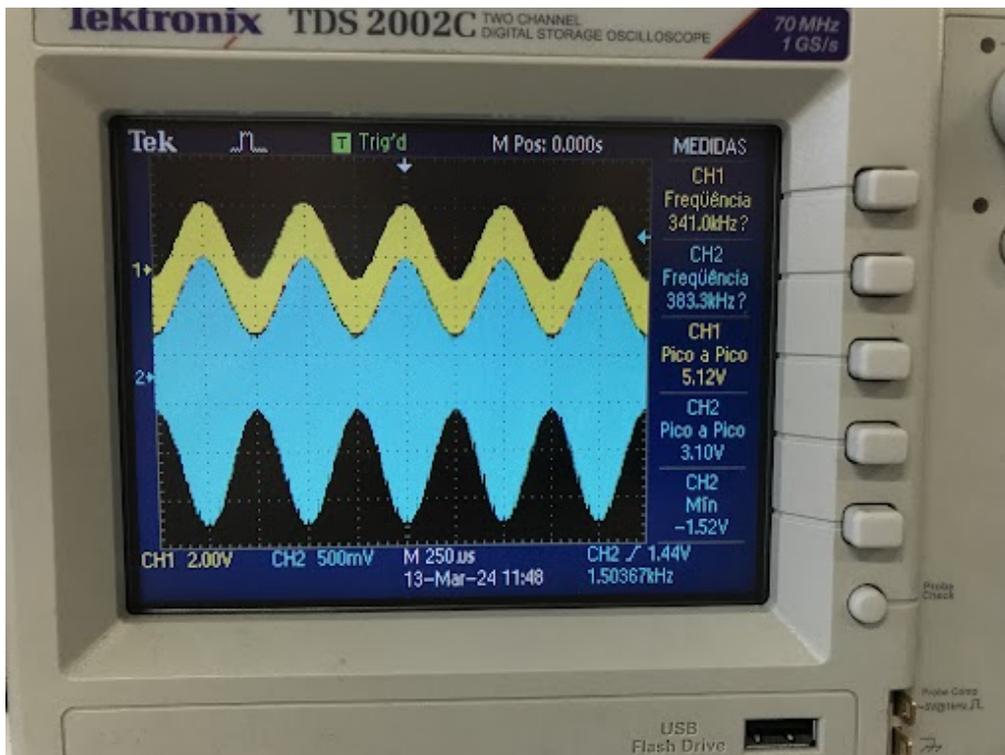


Figura 8: Forma de onda do sinal de informação (amarelo) e sinal modulado (azul).

A Figura 9 apresenta uma configuração diferente, exibindo os sinais de informação e modulado a uma frequência mais alta de 600,95 kHz. Similarmente Figura 8, o sinal de informação aparece em amarelo e o sinal modulado em azul. Esta visualização ajuda a verificar a consistência da modulação em diferentes frequências, crucial para a avaliação da robustez do sistema de modulação.

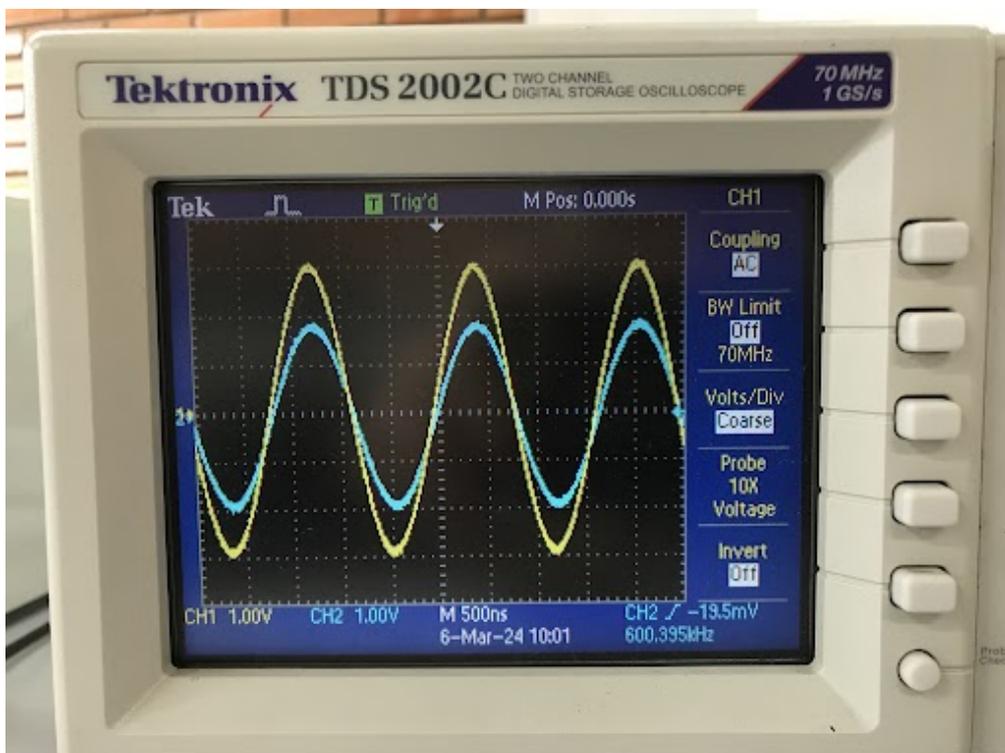


Figura 9: Outra configuração mostrando o sinal de informação (amarelo) e o sinal modulado (azul) a uma frequência de 600.95 kHz.

2.5 Gráficos e Tabelas de Dados

A Tabela 3 apresenta as especificações técnicas e os resultados do experimento com um modulador AM-DSB. O experimento objetiva avaliar a eficácia do modulador em transmitir sinais dentro de uma faixa de frequência específica sem perda significativa de energia.

- **Tensão de Entrada:** 4,8 V – A tensão aplicada ao modulador, que determina a energia do sinal de entrada;
- **Tensão de Saída (640 kHz):** 4,56 V – Indica a tensão do sinal modulado na frequência central de 640 kHz, mostrando eficiência na modulação com mínima perda de energia;
- **Frequência Inicial (Fi) e Final (Fs):** Fi de 520 kHz e Fs de 780 kHz – Delimitam a banda de frequência utilizada pelo sinal modulado;
- **Largura de Banda (BW):** 260 kHz – Diferença entre Fs e Fi, representando a faixa de frequência que o sinal ocupa, essencial para determinar a capacidade de transmissão do modulador.

Estes parâmetros são vitais para compreender a funcionalidade e a eficiência do modulador em manter a integridade e a qualidade do sinal transmitido dentro da faixa de frequência designada.

Tensão de entrada (V)	Tensão de saída (V) (640 kHz)	Fi (520 kHz)	Fs (780 kHz)	BW
4,8	4,56	520000	780000	260000

Tabela 3: Resumo dos parâmetros de frequência e largura de banda.

3 Conclusão

Este experimento com o modulador AM-DSB demonstrou a eficácia do sistema em manipular e transmitir sinais em uma faixa específica de frequências. Os resultados obtidos são sumarizados como segue:

- **Máxima Eficiência na Frequência Portadora:** A frequência de 640 kHz mostrou-se como o ponto de máxima eficiência do modulador, onde a tensão de saída alcançou seu valor máximo de 4,56 volts, indicando uma transmissão eficaz do sinal com minimal perda de energia;
- **Dependência da Tensão com a Frequência:** Foi observado que a tensão de saída varia significativamente com a frequência, alcançando menores valores à medida que se distancia da frequência portadora. Este comportamento ressalta a importância de operar próximo à frequência central f_0 para garantir a eficiência da transmissão;
- **Impacto na Largura de Banda:** A análise mostrou que a largura de banda do sinal modulado é de 260 kHz, abrangendo de 520 kHz a 780 kHz, o que define os limites operacionais dentro dos quais o modulador mantém uma transmissão de sinal eficiente.

Através dos dados obtidos e do experimento físico realizado, foi possível verificar o funcionamento do modulador AM-DSB na prática. Além disso, através da experimentação, foi possível realizar o processo de encontrar a frequência de ressonância de um filtro RLC, bem como a sua largura de banda e frequências de corte.