



# Relatório do laboratório 02

## GRUPO

**Maria Eduarda Pedroso**

**Matrícula: 2150336**

**Gabriel Finger Conte**

**Matrícula: 2270234**

**João Vitor Garcia Carvalho**

**Matrícula: 2270340**

**Eletrônica A (EECO6A)**

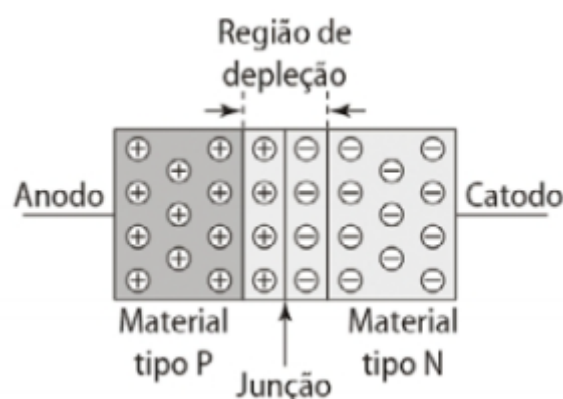
## 1. Resumo

Dentre os componentes eletrônicos, existem aqueles que não se comportam de forma linear, ou seja, o seu gráfico da tensão pela corrente não se dá por uma reta. Um componente que pertence a este grupo é o diodo, gerado através de um processo de dopagem entre dois semicondutores, este componente apresenta um comportamento não linear e um sistema que permite a passagem de corrente em apenas um sentido. Com essas características o diodo torna-se importante para manipulações de sinais em que os valores não podem ser negativos. O objetivo destas práticas é estudar o diodo e seu comportamento em relação à fontes de corrente alternada através de uma gama de circuitos, cada um com um propósito específico.

## 2. Objetivos e Fundamentos

Para criar um diodo é necessário dopar dois semicondutores, fazendo com que um fique com excesso de cargas negativas, denominados de tipo N, e o outro com lacunas de elétrons, denominados tipo P, [3], após isto, basta juntar os materiais em um único componente. No entanto, quando este é realizado, os elétrons em excesso do material tipo N vão para o tipo P, criando uma zona de depleção no componente, como é possível ser visualizado na imagem 1. Essa região de depleção gera um campo elétrico, impedindo a passagem de corrente do catodo para o ânodo.

Figura 1: Descrição do diodo



Fonte: [3]

É válido afirmar que por conta desse funcionamento, o diodo apenas começa a permitir passagem a partir de uma certa tensão, [3], para o silício é de 0,7V. Com este princípio, é

possível alocar diodos de uma forma que ele gere uma fonte CA com valores positivos a partir de uma tensão de comportamento senoidal e este é o objetivo da primeira parte deste experimento.

Para tanto serão montados 3 circuitos para serem analisados, retificador de meia onda, retificador de onda completa e retificador de onda completa em ponte. Com isso será possível analisar o comportamento de tal circuito e qual é a saída dele em relação à entrada.

Retificação não é a única funcionalidade de um diodo, com ele também é possível manipular sinais que estejam fora dos valores esperados, ou até dobrar tensões. A segunda parte desta prática trabalhará neste princípio. Será montado um circuito grampeador, capaz de pegar um sinal que esteja com seus valores máximos alterados e gerar um sinal com os valores corretos. por fim, serão montados 2 circuitos dobradores, um com o objetivo de gerar duas vezes a tensão e outro com o objetivo de gerar quatro vezes a tensão. Assim, o comportamento do diodo poderá ser analisado por completo.

### 3. Materiais e Equipamentos

Para a execução das duas práticas descritas no presente, foram necessários alguns materiais e equipamentos que encontram-se apresentados detalhadamente adiante.

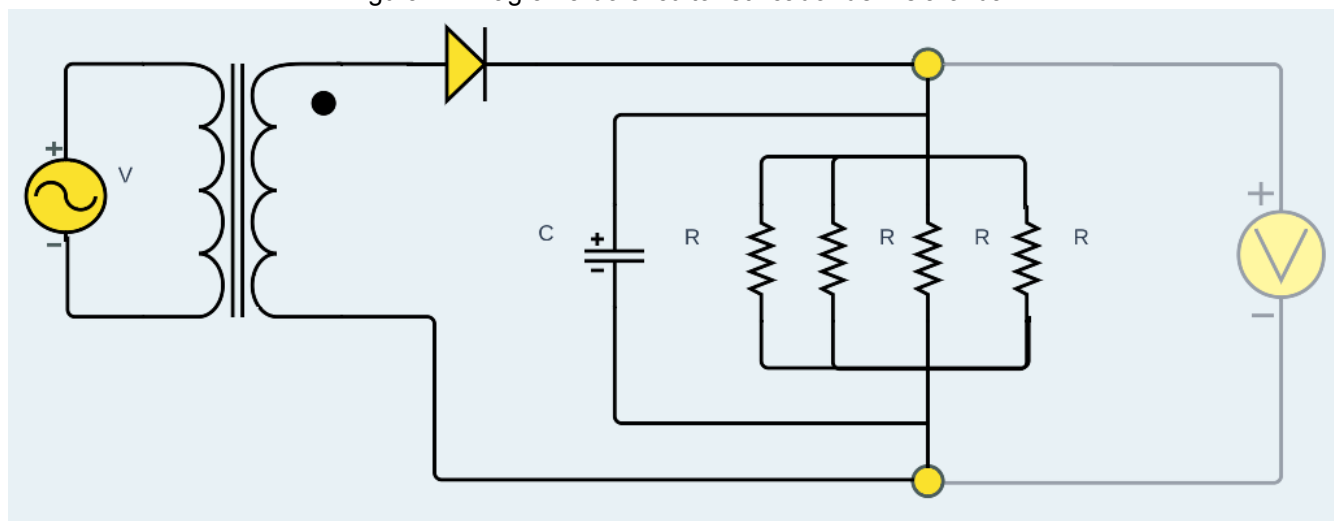
#### 3.1 Parte 1 - Circuitos retificadores

Os materiais e equipamentos utilizados nessa parte do experimento foram:

- 04 Diodos 1N4007;
- 04 Resistores de 1,5 K $\Omega$ ;
- 01 Transformador 127 V<sub>RMS</sub> : 15 V;
- 01 Osciloscópio;
- 01 Fonte de tensão alternada 127 V<sub>RMS</sub>, 60 Hz (Tomada);
- 02 Capacitores de 220  $\mu$ F;
- 01 Capacitor de 100  $\mu$ F;
- 01 Capacitor de 47  $\mu$ F;
- 01 Capacitor de 22  $\mu$ F;
- 01 Capacitor de 10  $\mu$ F;
- 01 Capacitor de 4,7  $\mu$ F;
- 01 Capacitor de 1,47  $\mu$ F.
- Cabos;
- Jumpers;

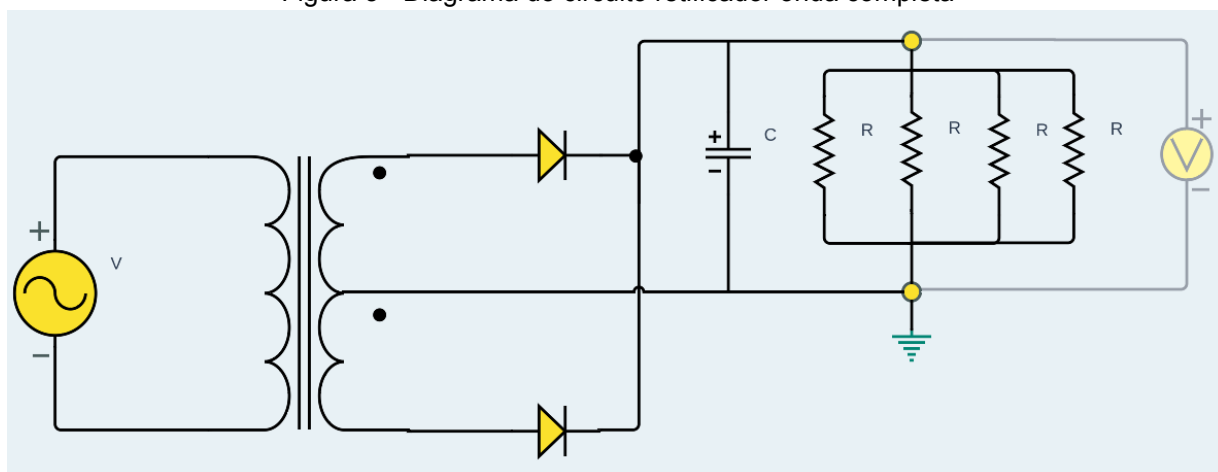
Durante a realização da parte 1, montaram-se três circuitos retificadores distintos segundo os diagramas abaixo, conforme as especificações presentes no roteiro da prática por Almeida (2023a):

Figura 2 - Diagrama do circuito retificador de meia onda



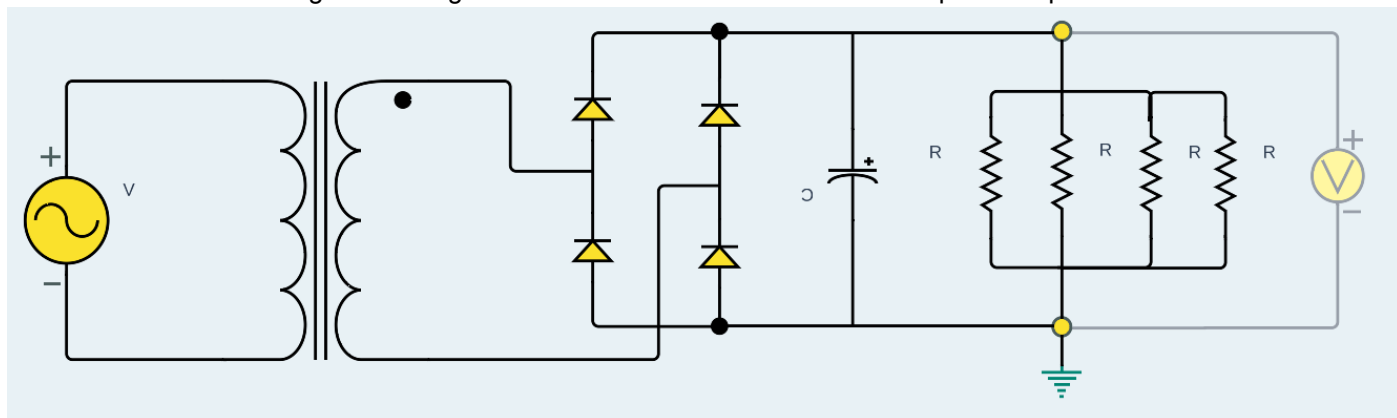
Fonte: autoria própria.

Figura 3 - Diagrama do circuito retificador onda completa



Fonte: autoria própria.

Figura 4 - Diagrama do circuito retificador de onda completa em ponte



Fonte: autoria própria.

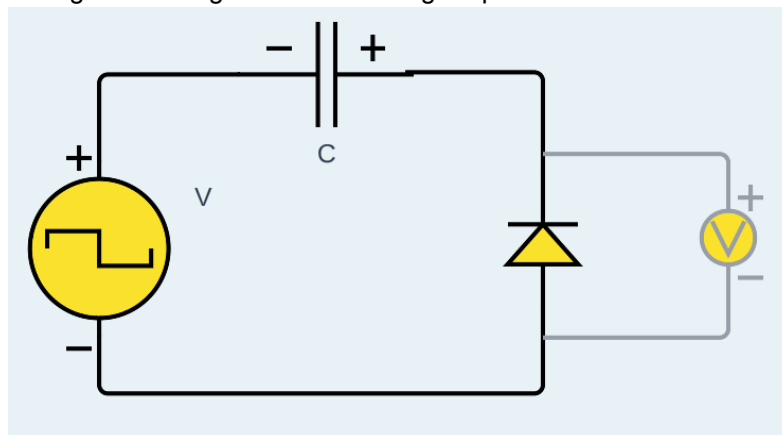
### 3.2 Parte 2 - Circuitos especiais

Os materiais e equipamentos utilizados nessa parte do experimento foram:

- 04 Diodos 1N4007;
- 04 Capacitor de 10  $\mu\text{F}$ ;
- 01 Resistor de 1  $\text{k}\Omega$ ;
- 01 Gerador de função;
- 01 Osciloscópio;
- Cabos;
- Jumpers.

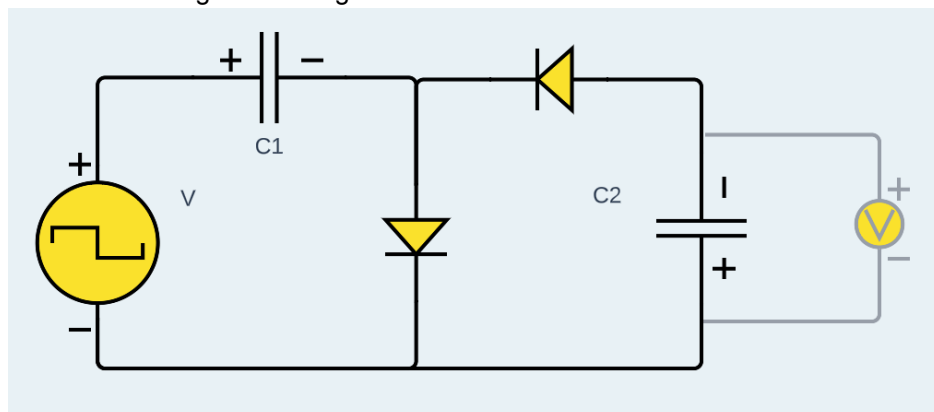
Durante a realização da parte 2, montaram-se três circuitos especiais com diodos segundo os diagramas abaixo, conforme as especificações presentes no roteiro da prática por Almeida (2023b):

Figura 5 - Diagrama do circuito grampeador/restaurador CC



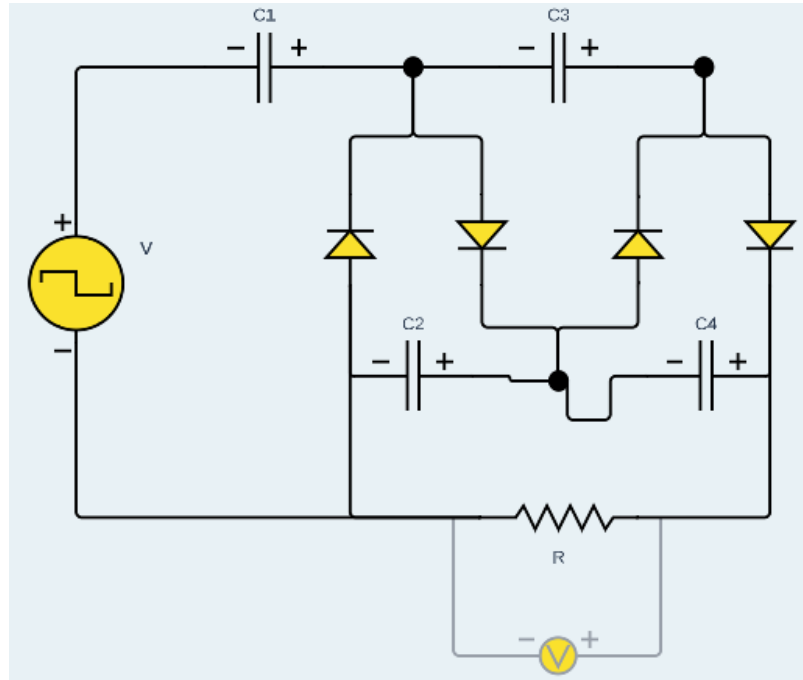
Fonte: autoria própria.

Figura 6 - Diagrama do circuito dobrador de tensão



Fonte: autoria própria.

Figura 7 - Diagrama do circuito dobrador de tensão com múltiplos estágios



Fonte: autoria própria.

## 4. Procedimentos, Medidas e Cálculos

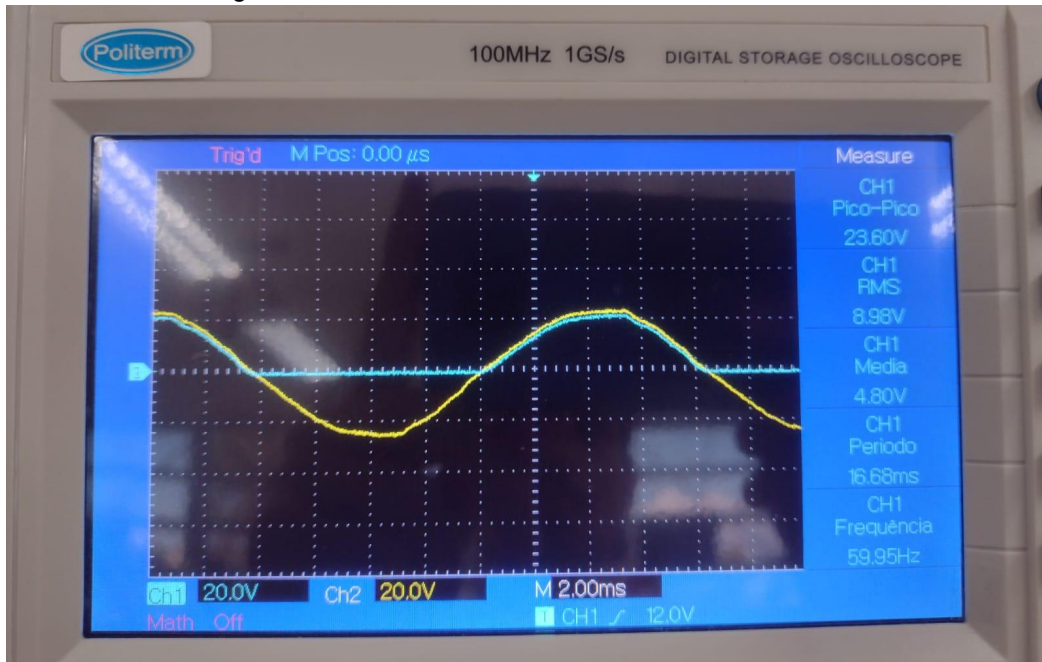
A partir dos conceitos e técnicas necessários, apresentados anteriormente, e dos roteiros disponibilizados por Almeida(2023a e 2023b), executou-se a prática segundo os procedimentos e cálculos apresentados a seguir.

### 4.1 Parte 1 - Circuitos retificadores

#### 4.1.1 Circuito retificador de meia onda

Montou-se o circuito segundo o diagrama presente na Figura 2, com o diodo 1N4007, os resistores de 1,5 K $\Omega$  e o transformador. Inicialmente sem o capacitor, a fim de observar o comportamento do mesmo sem filtrar os pulsos de tensão. Com o circuito montado, ligou-se o mesmo a fonte de alimentação (tomada) e observou-se a seguinte saída no osciloscópio:

Figura 8 - Saída do retificador de meia onda sem filtro



Fonte: autoria própria.

Em seguida, buscou-se determinar qual a capacitância necessária para filtrar a saída do retificador de modo a obter 10, 20 e 30% de variação na carga. Para tanto, primeiramente calculou-se a resistência equivalente da carga, tendo em vista sua configuração em paralelo:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{1,5K} + \frac{1}{1,5K} + \frac{1}{1,5K} + \frac{1}{1,5K}} \equiv 375 \, \Omega$$

Tendo a resistência da carga, e considerando a queda de tensão do diodo aproximadamente 0,7V, pela lei de Ohm calculou-se a corrente que passa pela carga, que consequentemente é igual a corrente gerada pelo capacitor:

$$I = \frac{V - 0,7}{375} = \frac{15 - 0,7}{375} \approx 38,13 \, mA$$

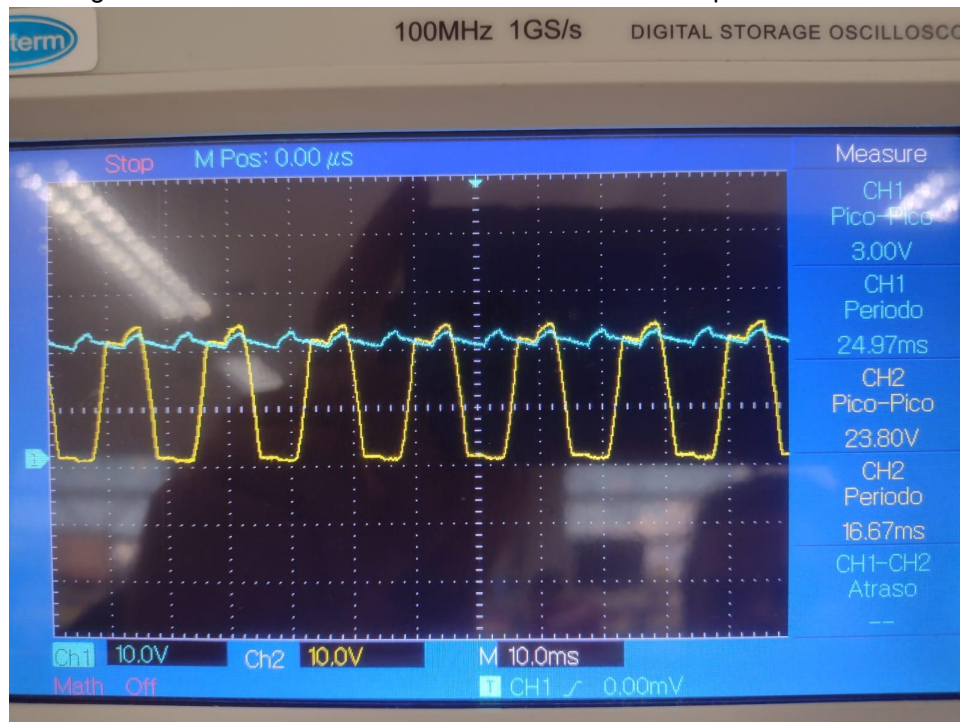
Tendo a corrente que passa pelo capacitor, conhecendo que  $\Delta t = 1/f$  para o retificador de meia onda e como é descrito o comportamento da corrente no capacitor, podemos inferir para cada  $\Delta V$ :

- $38,13 \, mA = C_1 \frac{(15 - 0,7) \cdot 10\%}{\frac{1}{60}} \Rightarrow C_1 = \frac{38,13 \cdot 0,01666}{1,43} \approx 444 \, \mu F$ 
  - O qual foi aproximado pela associação em paralelo de dois capacitores de 220  $\mu F$ ;
- $38,13 \, mA = C_2 \frac{(15 - 0,7) \cdot 20\%}{\frac{1}{60}} \Rightarrow C_2 = \frac{38,13 \cdot 0,01666}{2,86} \approx 222 \, \mu F$ 
  - O qual fora aproximado por um capacitor de 220  $\mu F$ ;

- $38,13 \text{ mA} = C_3 \frac{(15-0,7) \cdot 30\%}{\frac{1}{60}} \Rightarrow C_3 = \frac{38,13 \cdot 0,01666}{4,29} \approx 148 \mu\text{F}$ 
  - O qual fora aproximado pela associação em paralelo de um capacitor de  $100 \mu\text{F}$  e outro de  $47 \mu\text{F}$ .

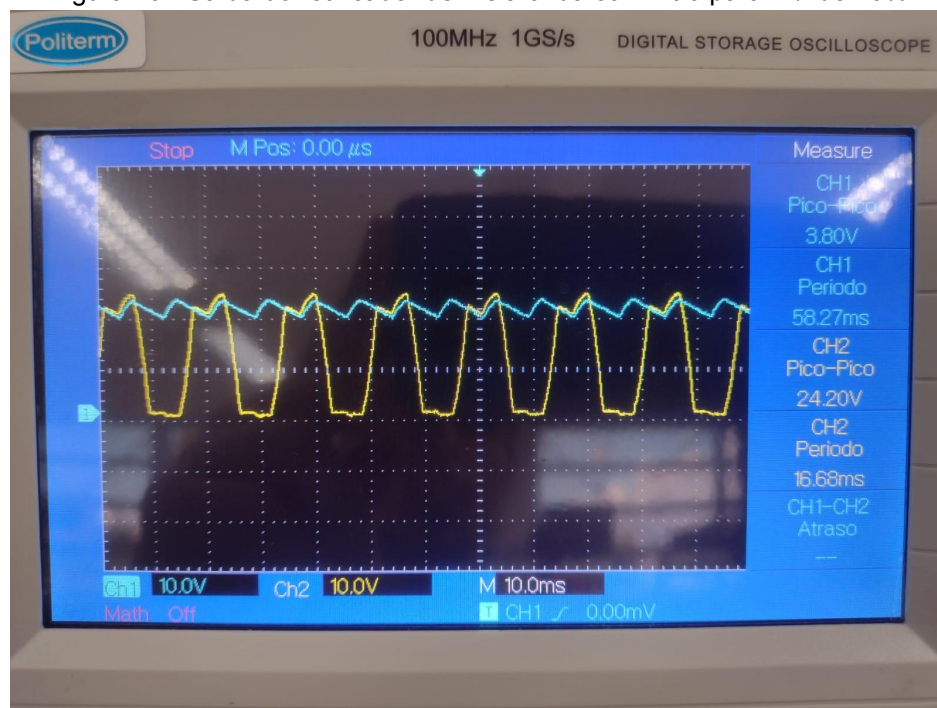
Tendo os valores dos capacitores, para cada  $\Delta V$  adicionou-se os capacitores no circuito conforme presente no diagrama da Figura 2, obtendo-se as seguintes saídas:

Figura 9 - Saída do retificador de meia onda com filtro para  $\Delta V$  de 10%



Fonte: autoria própria.

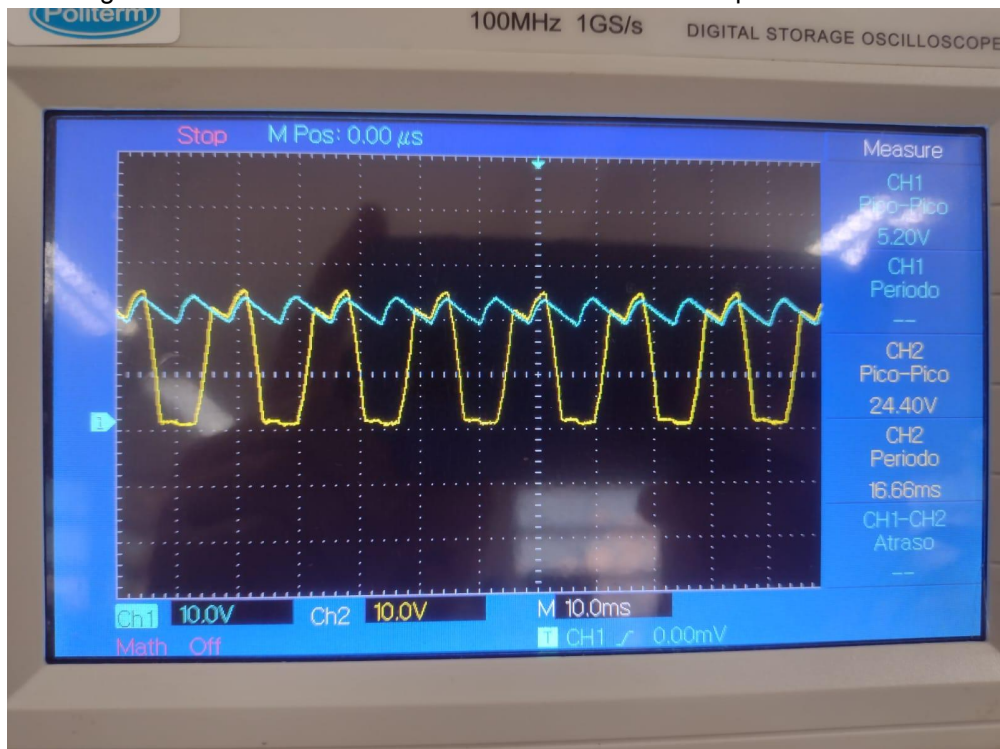
Figura 10 - Saída do retificador de meia onda com filtro para  $\Delta V$  de 20%



Fonte: autoria própria.



Figura 11 - Saída do retificador de meia onda com filtro para  $\Delta V$  de 30%



Fonte: autoria própria.

E analisando cada uma das figuras acima, para cada caso podemos encontrar a amplitude da variação na tensão de saída:

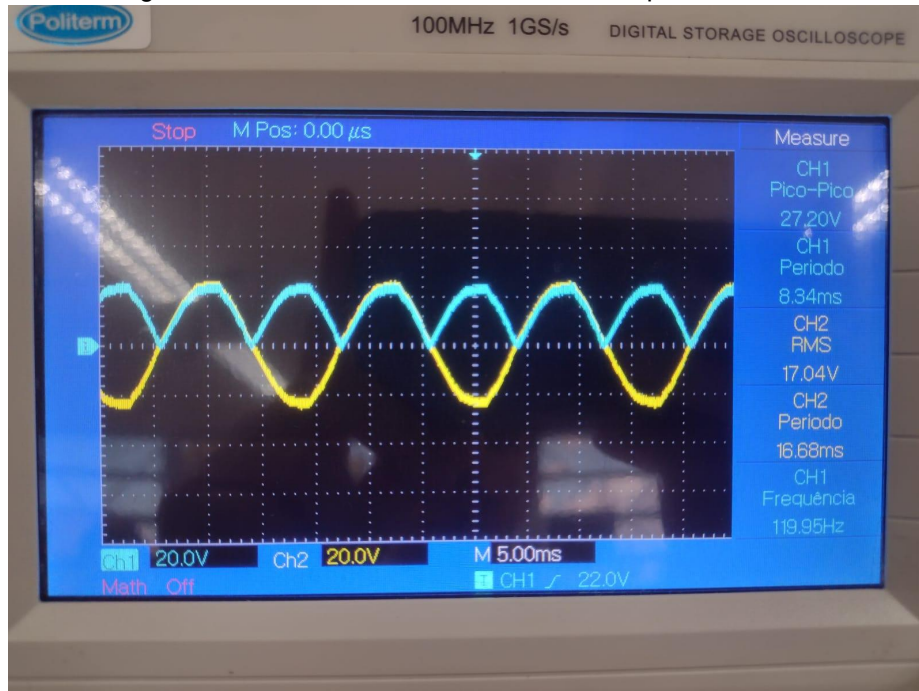
- $\Delta V = 10\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 3,00 V;
- $\Delta V = 20\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 3,80 V;
- $\Delta V = 30\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 5,20 V.

#### 4.1.2 Circuito retificador de onda completa

Montou-se o circuito segundo o diagrama presente na Figura 3, com os 2 diodos 1N4007, os resistores de 1,5 K $\Omega$  e o transformador. Inicialmente sem o capacitor, a fim de observar o comportamento do mesmo sem filtrar os pulsos de tensão, como na primeira parte.

Com o circuito montado, ligou-se o mesmo a fonte de alimentação (tomada) e observou-se a seguinte saída no osciloscópio:

Figura 12 - Saída do retificador de onda completa sem filtro



Fonte: autoria própria.

Em seguida, buscou-se determinar qual a capacitância necessária para filtrar a saída do retificador de modo a obter 10, 20 e 30% de variação na carga.

Tendo a resistência da carga, e considerando a queda de tensão dos dois diodos aproximadamente 0,7V, pela lei de Ohm calculou-se a corrente que passa pela carga, que consequentemente é igual a corrente gerada pelo capacitor:

$$I = \frac{V - (0,7 \cdot 2)}{375} = \frac{15 - 1,4}{375} \approx 36,26 \text{ mA}$$

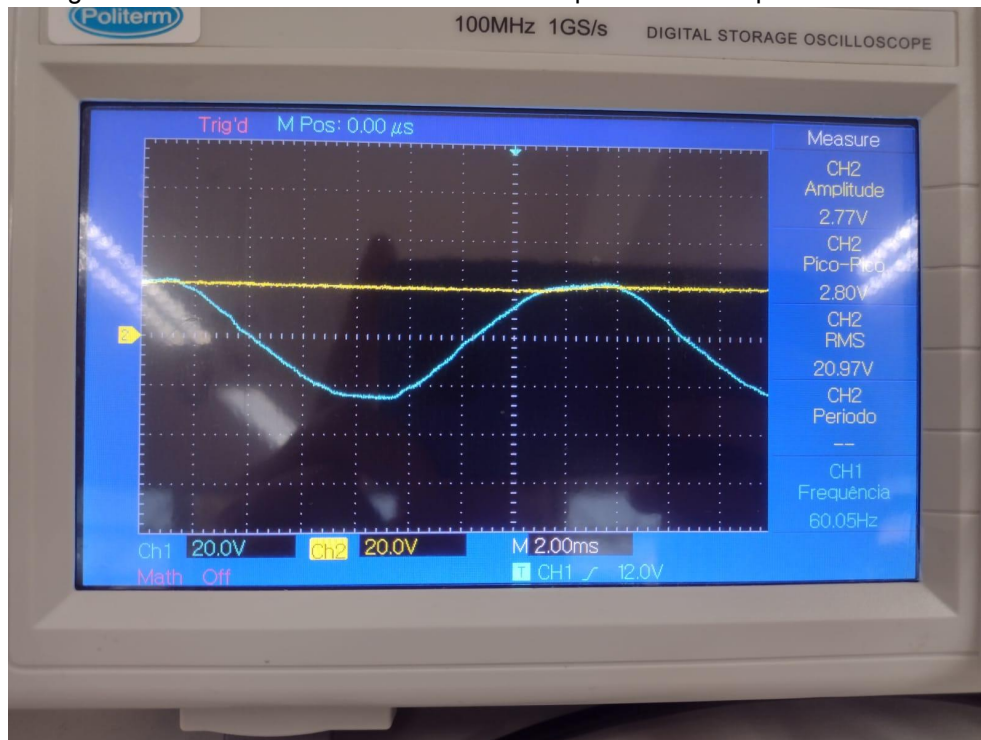
Tendo a corrente que passa pelo capacitor, conhecendo que  $\Delta t = 1/2f$  para o retificador de onda completa e como é descrito o comportamento da corrente no capacitor, podemos inferir para cada  $\Delta V$ :

- $36,26 \text{ mA} = C_1 \frac{(15-1,4) \cdot 10\%}{\frac{1}{2 \cdot 60}} \Rightarrow C_1 = \frac{36,26 \cdot 0,00833}{1,36} \approx 222 \text{ } \mu\text{F}$ 
  - O qual foi aproximado por um capacitor de 220  $\mu\text{F}$ ;
- $36,26 \text{ mA} = C_2 \frac{(15-1,4) \cdot 20\%}{\frac{1}{2 \cdot 60}} \Rightarrow C_2 = \frac{36,26 \cdot 0,00833}{2,72} \approx 111 \text{ } \mu\text{F}$ 
  - O qual fora aproximado pela associação em paralelo de um capacitor de 100  $\mu\text{F}$  e outro de 10  $\mu\text{F}$ ;
- $36,26 \text{ mA} = C_3 \frac{(15-1,4) \cdot 30\%}{\frac{1}{2 \cdot 60}} \Rightarrow C_3 = \frac{36,26 \cdot 0,00833}{4,08} \approx 74 \text{ } \mu\text{F}$

- O qual fora aproximado pela associação em paralelo de um capacitor de  $47\mu\text{F}$ , outro de  $22\mu\text{F}$  e outro de  $4,7\mu\text{F}$ .

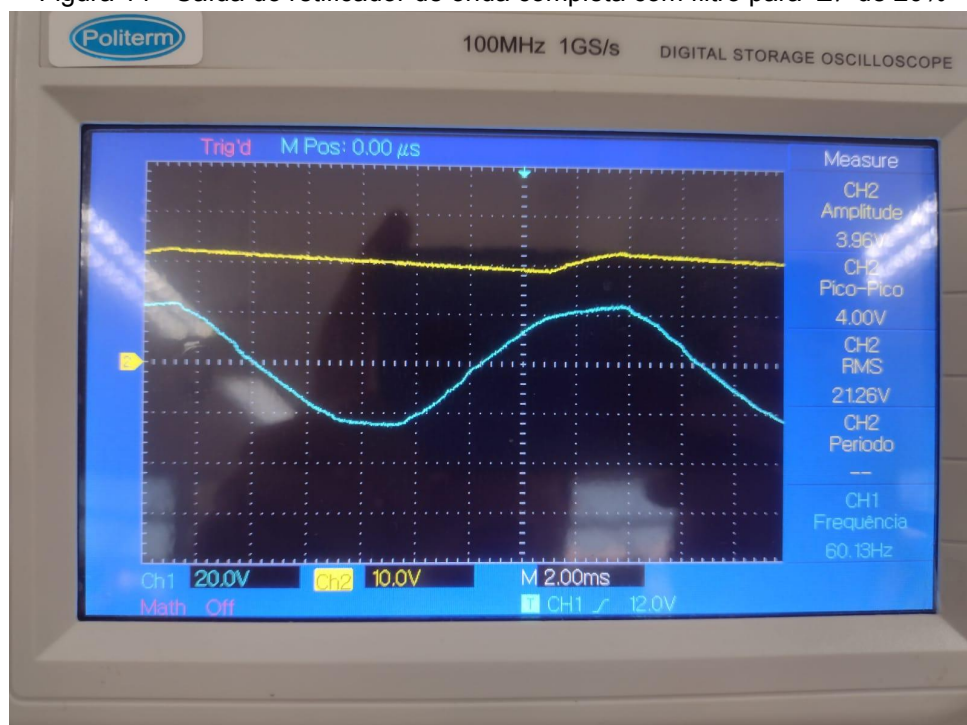
Tendo os valores dos capacitores, para cada  $\Delta V$  adicionou-se os capacitores no circuito conforme presente no diagrama da Figura 3, obtendo-se as seguintes saídas:

Figura 13 - Saída do retificador de onda completa com filtro para  $\Delta V$  de 10%



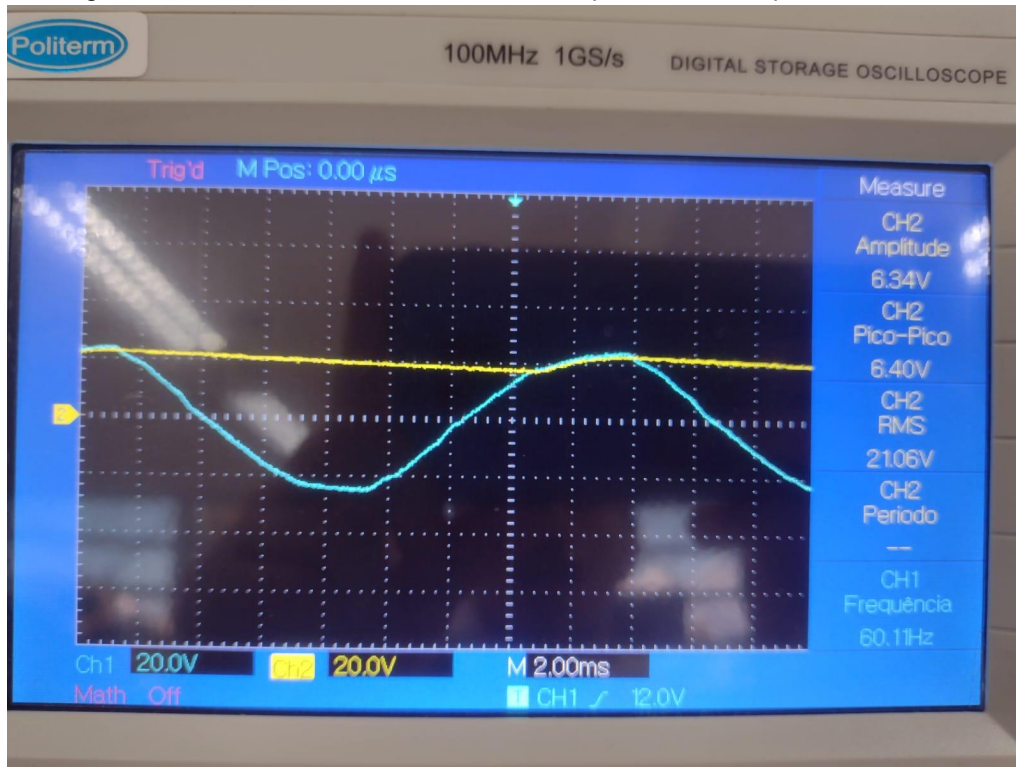
Fonte: autoria própria.

Figura 14 - Saída do retificador de onda completa com filtro para  $\Delta V$  de 20%



Fonte: autoria própria.

Figura 15 - Saída do retificador de onda completa com filtro para  $\Delta V$  de 30%



Fonte: autoria própria.

E analisando cada uma das figuras acima, para cada caso podemos encontrar a amplitude da variação na tensão de saída:

- $\Delta V = 10\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 2,80 V;
- $\Delta V = 20\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 4,00 V;
- $\Delta V = 30\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 6,40 V.

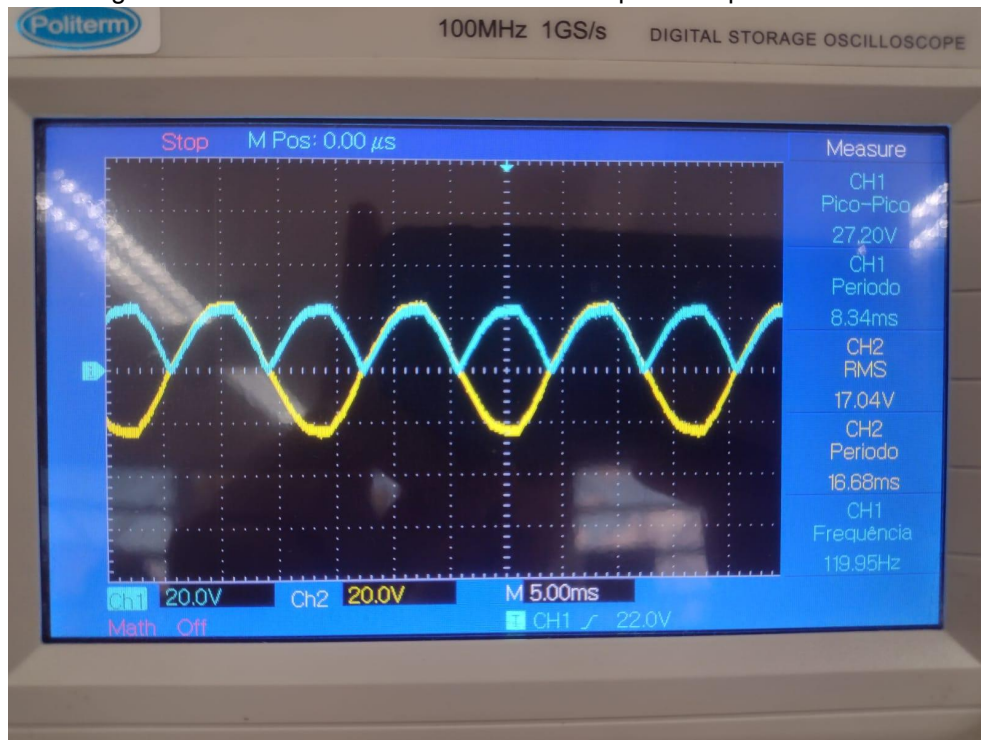
#### 4.1.3 Circuito retificador de onda completa em ponte

Montou-se o circuito segundo o diagrama presente na Figura 4, com os 4 diodos 1N4007, os resistores de 1,5 K $\Omega$  e o transformador. Inicialmente sem o capacitor, a fim de observar o comportamento do mesmo sem filtrar os pulsos de tensão, como na primeira parte.

Com o circuito montado, ligou-se o mesmo a fonte de alimentação (tomada) e observou-se a seguinte saída no osciloscópio:



Figura 16 - Saída do retificador de onda completa em ponte sem filtro



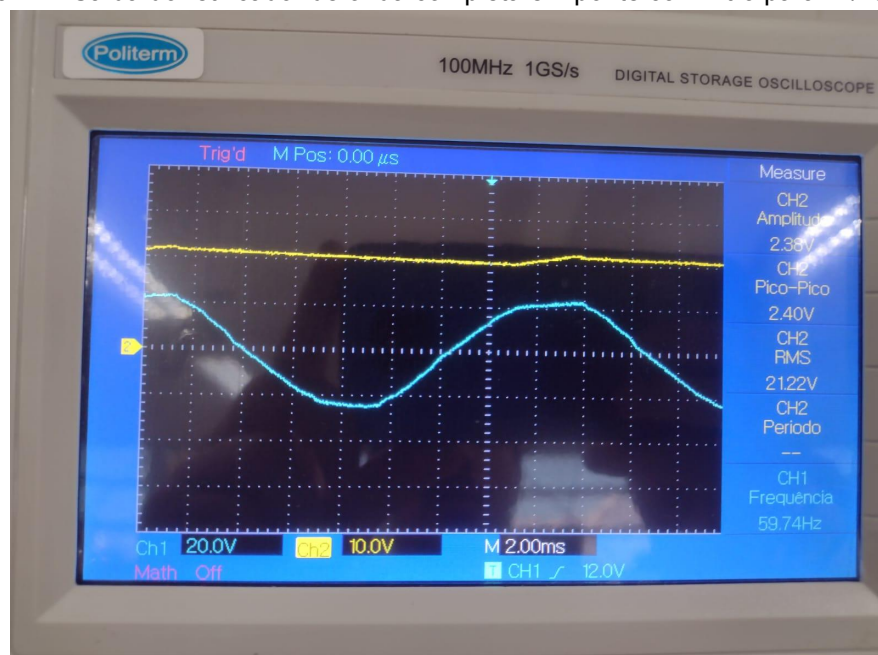
Fonte: autoria própria.

Em seguida, buscou-se determinar qual a capacitância necessária para filtrar a saída do retificador de modo a obter 10, 20 e 30% de variação na carga.

Todavia, como o retificador em ponte apresenta duas quedas de tensão de diodos e o mesmo  $\Delta t$ , como o apresentado na seção anterior, os cálculos, valores da capacitância e as aproximações foram os mesmos do retificador de onda completa.

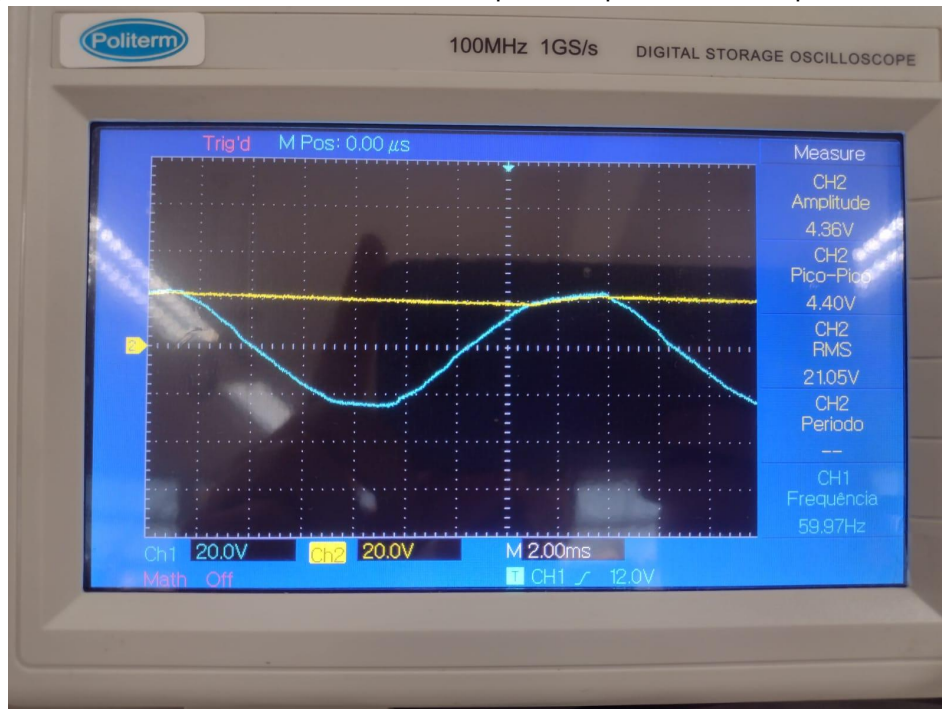
Tendo os valores dos capacitores, para cada  $\Delta V$  adicionou-se os capacitores no circuito conforme presente no diagrama da Figura 4, obtendo-se as seguintes saídas:

Figura 17 - Saída do retificador de onda completa em ponte com filtro para  $\Delta V$  de 10%



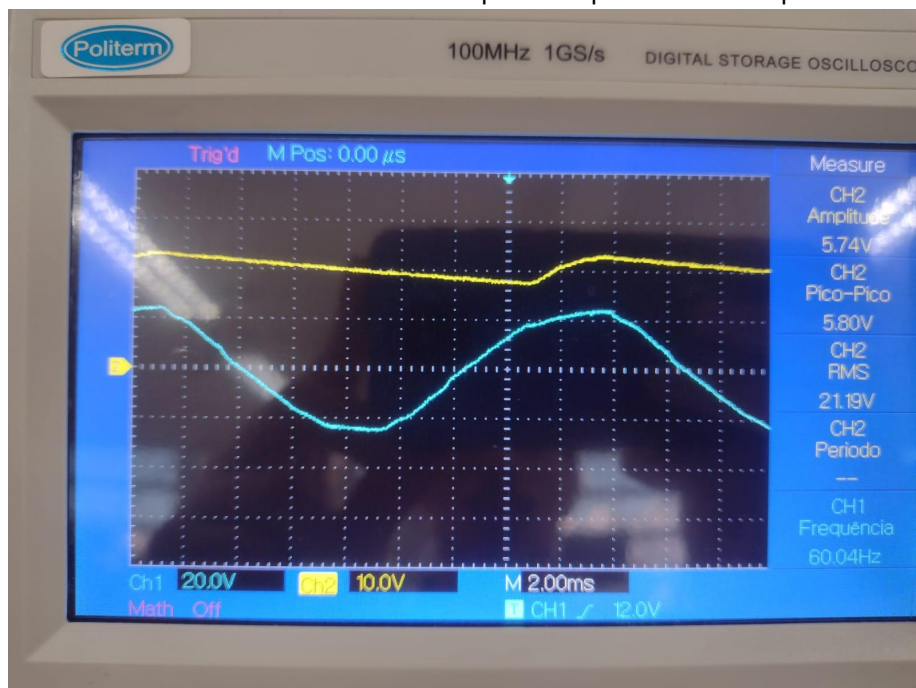
Fonte: autoria própria.

Figura 18 - Saída do retificador de onda completa em ponte com filtro para  $\Delta V$  de 20%



Fonte: autoria própria.

Figura 19 - Saída do retificador de onda completa em ponte com filtro para  $\Delta V$  de 30%



Fonte: autoria própria.

E analisando cada uma das figuras acima, para cada caso podemos encontrar a amplitude da variação na tensão de saída:

- $\Delta V = 10\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 2,40 V;
- $\Delta V = 20\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 4,40 V;
- $\Delta V = 30\% \Rightarrow$  Em uma variação de aproximadamente 5,80 V.

## 4.2 Parte 2 - Circuitos especiais

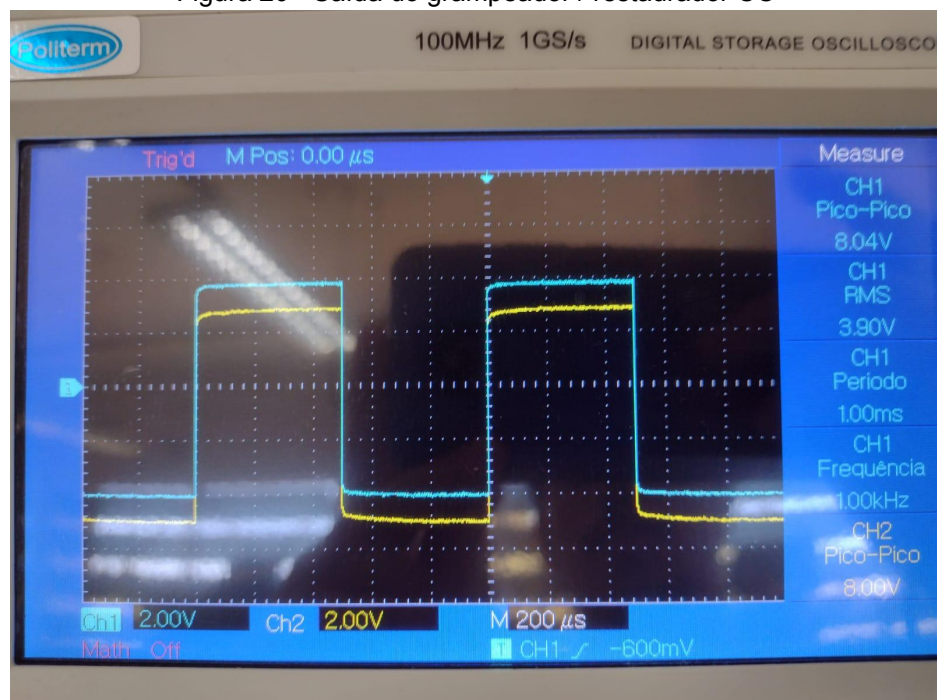
Para a segunda parte da prática, separaram-se os materiais necessários para a montagem dos diferentes circuitos, então montou-se cada circuito a fim de observar o seu comportamento.

### 4.2.1 Circuito grampeador/ restaurador CC

Inicialmente montou-se o circuito conforme o diagrama da Figura 5, com um diodo 1N4007 e um capacitor de 10  $\mu\text{F}$ . Como fonte de tensão, configurou-se o gerador de funções para gerar uma onda quadrada de 1 KHz, com 8 V<sub>pp</sub> e um offset de -1 V.

Conectando o gerador de funções ao circuito, pode-se observar a seguinte saída no osciloscópio:

Figura 20 - Saída do grampeador / restaurador CC



Fonte: autoria própria.

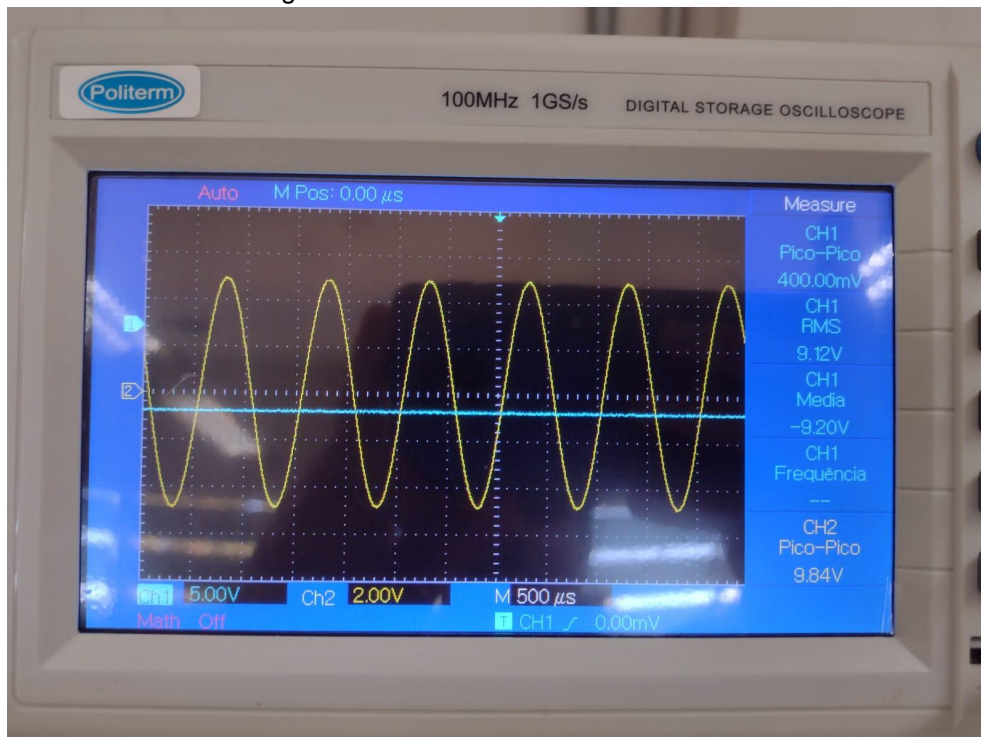
### 4.2.2 Circuito dobrador de tensão

Inicialmente montou-se o circuito conforme o diagrama da Figura 6, com dois diodos 1N4007 e dois capacitores de 10  $\mu\text{F}$ . Como fonte de tensão, configurou-se o gerador de funções para gerar uma onda senoidal de 1 KHz, com 10 V<sub>pp</sub>.

Conectando o gerador de funções ao circuito, pode-se observar a seguinte saída no osciloscópio:



Figura 21 - Saída do dobrador de tensão



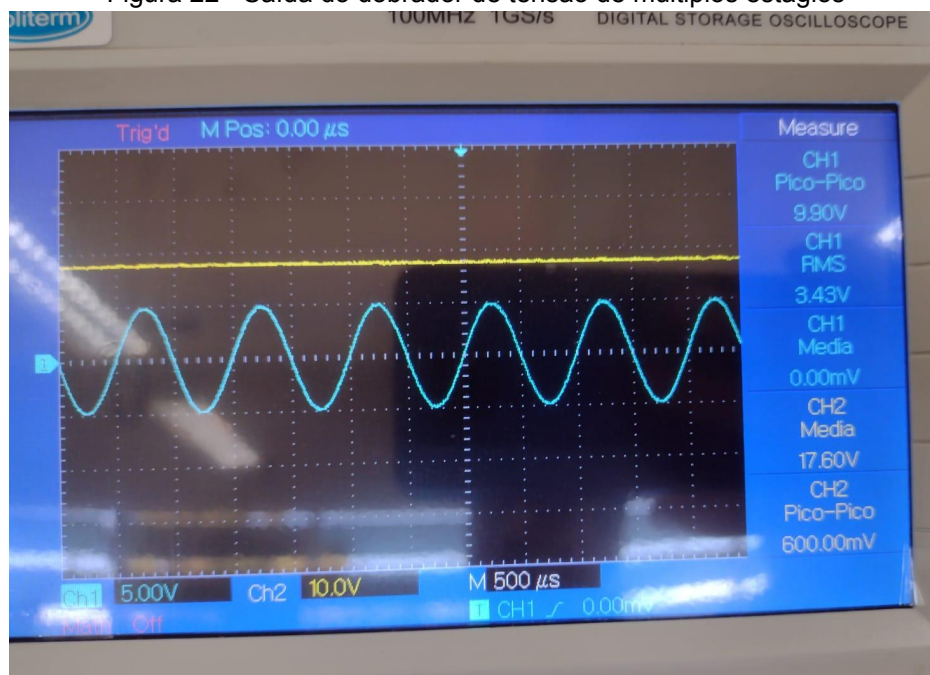
Fonte: autoria própria.

#### 4.2.3 Circuito dobrador de tensão de múltiplos estágios

Inicialmente montou-se o circuito conforme o diagrama da Figura 7, com quatro diodos 1N4007, quatro capacitores de 10 μF e como carga o resistor de 1 KΩ. Como fonte de tensão, configurou-se o gerador de funções para gerar uma onda quadrada de 1 KHz, com 10 V<sub>pp</sub>.

Conectando o gerador de funções ao circuito, pode-se observar a seguinte saída no osciloscópio:

Figura 22 - Saída do dobrador de tensão de múltiplos estágios



Fonte: autoria própria.



## 5. Resultados e Conclusão

A prática 1 deste relatório, na qual projetamos circuitos com retificadores de meia onda, onda completa e onda completa em ponte, foi uma atividade enriquecedora e informativa sobre essa área do conhecimento, o intuito era demonstrar e analisar o comportamento desses circuitos e, durante a realização do projeto, conseguimos de forma visual aprender sobre as particularidades de cada tipo de retificador e sua aplicação em diferentes situações.

No circuito com retificador de meia onda, foi possível perceber que a tensão de saída é reduzida pela metade em relação à tensão de entrada, visto que perdemos a metade negativa da tensão. Além disso, esse tipo de retificador é mais suscetível a variações na frequência da rede elétrica, o que pode prejudicar seu desempenho, após isso analisando as variações de 10%, 20% e 30% na carga os resultados foram satisfatórios, visto que foi preciso aproximar alguns valores para os valores comerciais de resistores e capacitores, vale também ressaltar que os materiais têm um valor de tolerância e erro.

Por sua vez, no circuito com retificador de onda completa, a tensão de saída é duplicada em relação à tensão de entrada, o que representa uma vantagem em relação ao retificador de meia onda. Ademais, essa configuração é mais eficiente e apresenta menor variação na tensão de saída, determinando as mesmas taxas de variações conseguimos também obter resultados satisfatórios que não atrapalharam no entendimento do circuito.

Por fim, o circuito com retificador de onda completa em ponte é o mais eficiente dos três, pois utiliza quatro diodos para retificar a tensão de entrada, o que soluciona o problema de variações na frequência da rede elétrica. Além disso, ele também apresenta menor variação na tensão de saída e é capaz de fornecer tensão positiva e negativa, por se assemelhar ao circuito anterior utilizamos os mesmos valores para analisar as variações, obtivemos uma diferença mas sem prejudicar o entendimento da prática.

Já a segunda prática que abrangeu a utilização de circuitos especiais com diodos, como o circuito grampeador, circuito dobrador de tensão e dobrador de tensão de múltiplos estágios, proporcionou uma experiência significativa no campo da eletrônica. Durante essa atividade, pudemos compreender melhor as características e aplicações desses circuitos.

O circuito grampeador tem como finalidade estabilizar a tensão de saída de um sinal AC, eliminando a parte negativa do sinal. Isso é alcançado pela inserção de um diodo em paralelo com um resistor, que "grampeia" a tensão negativa do sinal de entrada, limitando assim a tensão de saída do circuito à tensão positiva do sinal de entrada, como podemos observar conseguimos esse resultado como ilustra a figura 20 na seção anterior do relatório.

O circuito dobrador de tensão, por sua vez, é empregado para dobrar a tensão de entrada, produzindo uma tensão de saída que é o dobro da tensão de entrada. Esse efeito é obtido através da utilização de dois diodos e dois capacitores, que carregam e descarregam os

capacitores de forma alternada, dobrando assim a tensão de saída, conseguimos o resultado de 9,84Vpp que chega bem próximo do inicial 10Vpp, essa diferença é devido a aproximação para valores comerciais e variações nos materiais.

Já o dobrador de tensão de múltiplos estágios utiliza vários circuitos dobradores em cascata para gerar uma tensão de saída ainda maior. Esse resultado é possível devido às propriedades dos diodos e capacitores em armazenar cargas elétricas, que são transferidas de um estágio para o próximo, aumentando a tensão de saída a cada estágio.

Em resumo, a prática de eletrônica com diodos proporcionou conhecimentos valiosos sobre as características e aplicações dos diferentes tipos de retificadores e circuitos especiais, os quais são fundamentais para a compreensão de circuitos mais complexos e para o desenvolvimento de projetos eletrônicos mais avançados, desde a retificação de sinais até a produção de tensões elevadas.

## Referências

ALMEIDA, Thales Eugenio Portes De. Atividade Prática em Laboratório 03: Circuitos retificadores. Eletrônica A, UTFPR - Campus Apucarana, 2 aulas, Apucarana, 2023.

ALMEIDA, Thales Eugenio Portes De. Atividade Prática em Laboratório 05: Circuitos especiais com diodos. Eletrônica A, UTFPR - Campus Apucarana, 2 aulas, Apucarana, 2023.

FILHO, Elmo S. D S.; MORAES, Marlon L.; JORGE, Bruno F.; et al. **Eletrônica**. Grupo A, 2018. *E-book*. ISBN 9788595026117. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026117/>. Acesso em: 23 abr. 2023.