



## Desenvolvimento de uma Fonte Linear com Reaproveitamento de Componentes: Projeto, Simulação e Prototipagem

### *Development of a Linear Power Supply Using Reclaimed Components: Design, Simulation and Prototyping*

Gabriel Mota

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

**Resumo:** Este estudo apresenta o projeto, a simulação e a construção de uma fonte de alimentação linear de baixo custo, composta por três saídas: uma ajustável ( $\approx 1,2\text{--}12\text{V}$ ), uma fixa de 12V e uma saída de 5V dedicada à porta USB. O desenvolvimento priorizou o reaproveitamento de componentes eletrônicos oriundos de sucata, aliando aprendizado prático, sustentabilidade e viabilidade econômica. A topologia adotada segue a sequência clássica de fontes lineares: transformador abaixador, ponte retificadora, filtragem capacitiva e regulação por circuitos integrados (LM317 para saída ajustável e séries 78xx para tensões fixas). Simulações realizadas no Proteus orientaram a escolha da capacitância de filtro, evidenciando a redução do ripple à medida que a capacitância total é aumentada. O layout da placa foi elaborado no Easy EDA e a fabricação realizada por corrosão química em fenolite com perclorato de ferro. A montagem final foi integrada a gabinete acrílico com chave geral, chaveamento de seções, LEDs indicadores, conectores banana e porta USB. Resultados qualitativos confirmam estabilidade e praticidade de uso nas condições de bancada, limitadas pela dissipação térmica inerente aos reguladores lineares. Discute-se, ainda, oportunidades de melhoria, tais como limitação de corrente, medições instrumentadas de ripple/regulação e aprimoramentos no layout e na gestão de EMI.

**Palavras-chave:** fonte linear; LM317; ripple; PCB; reaproveitamento.

**Abstract:** This paper reports the design, simulation, and construction of a low-cost linear power supply comprising three outputs: an adjustable rail ( $\approx 1.2\text{--}12\text{V}$ ), a fixed 12V rail, and a 5V USB output. The development prioritized the reuse of electronic components salvaged from scrap, combining hands-on learning, sustainability, and affordability. The adopted topology follows the classic linear supply chain: step-down transformer, bridge rectifier, capacitive filter, and integrated-circuit regulation (LM317 for the adjustable output and 78xx series for fixed voltages). Proteus simulations guided the choice of filter capacitance, showing ripple reduction as total capacitance increases. The PCB layout was designed in Easy EDA and manufactured by chemical etching on phenolic board with ferric chloride. The final assembly was integrated into an acrylic enclosure with master switch, section switches, status LEDs, banana plugs, and a USB port. Qualitative results confirm stability and usability under typical bench conditions, limited by the thermal dissipation intrinsic to linear regulators. Opportunities for improvement are discussed, including current limiting, instrumented measurements of ripple/regulation, and enhancements to PCB layout and EMI management.

**Keywords:** linear power supply; LM317; ripple; PCB; reuse.

## INTRODUÇÃO

O suprimento de energia elétrica é uma etapa fundamental para o projeto e funcionamento de qualquer sistema eletrônico. Dispositivos de fonte de alimentação são projetados para converter a energia de corrente alternada (CA) da rede em corrente contínua (CC), que é a forma de energia necessária para alimentar a maioria dos circuitos eletrônicos. Existem diferentes arquiteturas para esse processo, com destaque para as fontes lineares e as fontes chaveadas. Enquanto as fontes chaveadas oferecem alta eficiência e menor peso, sua complexidade construtiva é consideravelmente maior quando comparadas às lineares (Boylestad; Nashelsky, 2013). Em contrapartida, as fontes lineares se destacam pela simplicidade de projeto e operação, sendo uma solução robusta, particularmente para aplicações onde a estabilidade de tensão é prioritária.

Paralelamente à demanda por dispositivos eletrônicos, cresce o volume de lixo eletrônico (e-lixo) descartado no Brasil, com um montante estimado em dois milhões de toneladas anualmente e uma taxa de reciclagem inferior a 3% (Greeneletron, 2020). Este dado alarmante sublinha a urgência de repensar a cadeia de consumo de eletrônicos. No contexto desta problemática, este trabalho apresenta um estudo sobre o desenvolvimento e a análise de uma fonte de alimentação linear multissaídas, com uma abordagem centrada no reaproveitamento de componentes eletrônicos.

A principal contribuição deste estudo é validar a hipótese de que é possível projetar e construir um equipamento eletrônico funcional e eficiente a partir de materiais de sucata, sem a necessidade de adquirir componentes novos. Ao documentar o processo de extração, teste e montagem, este trabalho busca não apenas demonstrar a viabilidade técnica do projeto, mas também incentivar práticas mais sustentáveis na engenharia eletrônica.

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

### Referencial Teórico

A construção de uma fonte de alimentação linear segue um processo bem definido, que transforma a tensão alternada (CA) da rede elétrica em uma tensão contínua (CC) e estável. A primeira etapa é a transformação, onde um transformador abaixador reduz a alta tensão de entrada para um nível seguro, adequado aos componentes do circuito. Em seguida, a etapa de retificação utiliza uma ponte de diodos para converter o sinal CA em uma tensão pulsante, agora unidirecional, mas ainda com variações significativas (Boylestad; Nashelsky, 2013).

Para suavizar essas variações, o sinal passa pela filtragem capacitiva. Um capacitor é conectado em paralelo com a carga e funciona como um reservatório de energia, carregando nos picos de tensão e descarregando nos vales. Essa ação reduz a ondulação, conhecida como ripple. A magnitude do ripple pode ser aproximada pela

equação  $\Delta V \approx I_{\text{carga}}/(f \cdot C)$ . Onde a frequência (f) é aproximadamente 120 Hz para redes de 60 Hz,  $I_{\text{carga}}$  é a corrente de saída, e C é a capacitância. Essa relação mostra que um capacitor de maior valor reduz a ondulação (Ezuim, 2015), embora isso aumente a corrente de pico no circuito e o tamanho físico do componente.

Por fim, a regulação é a etapa que garante a estabilidade da tensão de saída, mantendo-a constante mesmo com flutuações na entrada ou na corrente de carga. Essa função é frequentemente desempenhada por circuitos integrados (CIs) reguladores lineares. Componentes como os reguladores de tensão da série 78xx (como o 7812 para 12V e o 7805 para 5V) fornecem uma tensão de saída fixa. Para aplicações que exigem versatilidade, reguladores ajustáveis como o LM317 são a escolha ideal. Neste caso, a tensão de saída é ajustada através de uma rede resistiva, onde o uso de um potenciômetro permite um controle preciso e contínuo sobre a tensão, conforme detalhado em diversos materiais de referência técnica (MakerHero, 2024; Wendling, 2022).

## Metodologia da Pesquisa / Materiais e Métodos

O desenvolvimento deste projeto partiu de uma filosofia sustentável, na qual a maioria dos componentes foi obtida por meio do reaproveitamento de lixo eletrônico. A aquisição de componentes ocorreu em sucatas e oficinas eletrônicas, o que, apesar de apresentar desafios na busca e validação dos materiais, alinhou-se perfeitamente ao objetivo de valorizar a circularidade na eletrônica. Uma lista completa e detalhada dos materiais empregados no projeto é apresentada no Apêndice A (Bill of Materials).

O procedimento de desenvolvimento foi dividido em etapas bem definidas. Iniciou-se com a simulação do circuito no software Proteus, uma ferramenta crucial para testar diferentes configurações e otimizar valores de componentes, como a capacitância do filtro, antes de partir para a montagem física, e podem ser vistas no Anexo A e Anexo C. Em seguida, como demonstrado no Anexo B, a primeira versão do protótipo foi montada em uma Protoboard para validar a funcionalidade de cada estágio, mesmo com os eventuais problemas de mau contato comuns a esse tipo de montagem.

Com o circuito validado, iniciou-se a confecção da Placa de Circuito Impresso (PCB). O layout da placa foi desenhado no software Easy EDA, buscando a otimização do espaço para os componentes selecionados. A fabricação da PCB foi realizada de forma manual: o desenho foi plotado em uma placa de fenolite, e a corrosão do excesso de cobre foi feita com percloroeto de ferro. Essa etapa, embora artesanal, garantiu um controle preciso sobre o resultado final. Após a corrosão, a placa foi perfurada e os componentes foram cuidadosamente soldados. O projeto foi finalizado com a montagem da placa PCB e dos demais acessórios na caixa de acrílico, resultando em uma fonte de alimentação funcional e robusta.

## Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto validaram a viabilidade técnica da construção de uma fonte de alimentação linear a partir de

componentes de reuso, ao mesmo tempo em que permitiram uma análise detalhada da performance do circuito.

A análise inicial focou na importância da etapa de filtragem. Os testes de simulação mostraram que a taxa de ondulação (ripple) foi significativamente reduzida à medida que a capacitância do filtro foi aumentada. A melhor performance foi constatada com a utilização de dois capacitores de 1500  $\mu\text{F}$  em paralelo, o que resultou em uma ondulação mínima e aceitável para o uso do dispositivo. Essa observação corrobora a teoria de que o aumento da capacitância melhora a qualidade da tensão de saída ao custo de maior volume e corrente de pico.

A funcionalidade de saídas múltiplas do projeto foi testada com sucesso. A fonte entregou tensões de 12V e 5V fixas, além de uma saída ajustável. No entanto, o comportamento do potenciômetro na saída ajustável merece uma discussão mais aprofundada. Observou-se que o valor de tensão máxima de operação era atingido quando o potenciômetro estava em aproximadamente 70% de sua capacidade. Esse comportamento sugere que o valor do componente poderia ser otimizado para um controle mais preciso em toda a sua faixa de ajuste, o que representa um ponto de melhoria para projetos futuros.

Adicionalmente, foi notado que ao conectar cargas de baixa impedância, uma queda de tensão era provocada devido ao aumento de corrente. Esse comportamento está alinhado com a limitação operacional do regulador LM317T, que possui uma corrente de saída máxima de 1.5A. Embora um limitador de corrente pudesse ser integrado ao circuito para mitigar essa questão, sua ausência não comprometeu a aplicação principal da fonte para projetos de baixa potência.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi demonstrada a viabilidade técnica da construção de uma fonte de alimentação linear com saídas múltiplas a partir do reaproveitamento de componentes eletrônicos. O projeto permitiu a aplicação de conhecimentos teóricos da eletrônica e comprovou a possibilidade de obter um produto funcional e de alta qualidade utilizando materiais de sucata.

Os resultados obtidos validaram as principais etapas do projeto, em especial a otimização da filtragem, que reduziu o ripple a um nível satisfatório, e a funcionalidade multissaídas. Apesar dos desafios encontrados, como a limitação de corrente e a faixa de ajuste do potenciômetro, o projeto atingiu seus objetivos e se mostrou robusto para as aplicações de baixa potência para as quais foi concebido.

O projeto desta fonte, construído com componentes de reuso, não se limita a um exercício acadêmico, ele oferece uma contribuição prática ao propor uma solução para o problema do lixo eletrônico. Como próximos passos, sugere-se a inclusão de um limitador de corrente e a otimização da rede resistiva da saída ajustável. Espera-se que este estudo incentive outros a explorar o potencial do reaproveitamento de componentes, abrindo caminho para o desenvolvimento de uma eletrônica mais sustentável e consciente.

## REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R. L.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 11. ed. Boston: Pearson, 2013.

EZUIM. **Filtros capacitivos. 2015**. Disponível em: [https://www.ezuim.com/pdf/circ\\_filtro\\_cap.pdf](https://www.ezuim.com/pdf/circ_filtro_cap.pdf). Acesso em: 29 ago. 2025.

GREEN ELETRON. **Tudo o que você precisa saber sobre o lixo eletrônico**. 2020. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/blog/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-lixo-eletronico/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

MAKERHERO. **Regulador de tensão. 2024**. Disponível em: <https://www.makehero.com/categoria/componentes-eletronicos/reguladores-de-tensao/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

ON SEMICONDUCTOR. **78xx Positive Voltage Regulators**. Datasheet. Rev. 1.1, 2015. Disponível em: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC7800-D.PDF>. Acesso em: 29 ago. 2025.

SeCoS Corporation. **GBL408 Bridge Rectifier**. Datasheet. Rev. 2.0. 2017. Disponível em: <https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/498/GBL408-pdf.php>. Acesso em: 29 ago. 2025.

TEXAS INSTRUMENTS. **LM317: 3-Terminal Adjustable Regulator**. Datasheet. Rev. C. 2016. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2025.

WENDLING, Marcelo. **CI Reguladores de Tensão**. Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---ci-reguladores-de-tensao---v1.0.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2025.

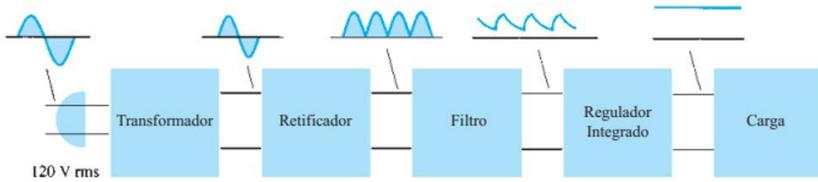
## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio de diversas instituições e pessoas. Primeiramente, expresso minha profunda gratidão ao Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Itajaí, que ofereceu todo o suporte e os recursos de laboratório. O conhecimento fundamental para o projeto foi transmitido pelo corpo docente da disciplina de Eletrônica I, a qual sou grato pela paciência e orientação. Por fim, agradeço às oficinas eletrônicas locais que, com sua colaboração, cederam as sucatas que viabilizaram a abordagem sustentável e prática do meu estudo.

## ANEXOS

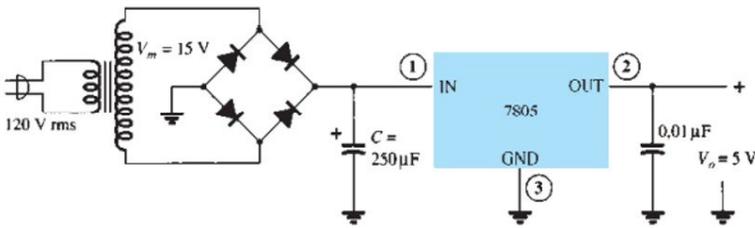
### Anexo A – Esquemáticos e layout da PCB

Figura 1 - Etapas de Desenvolvimento Fonte Linear.



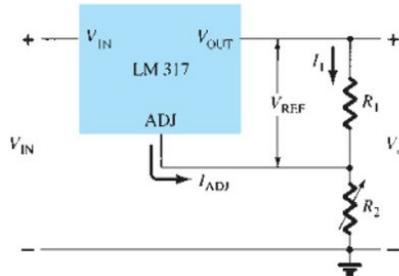
Fonte: Sadiku, p.654.

Figura 2 - Circuito Exemplo 7805.



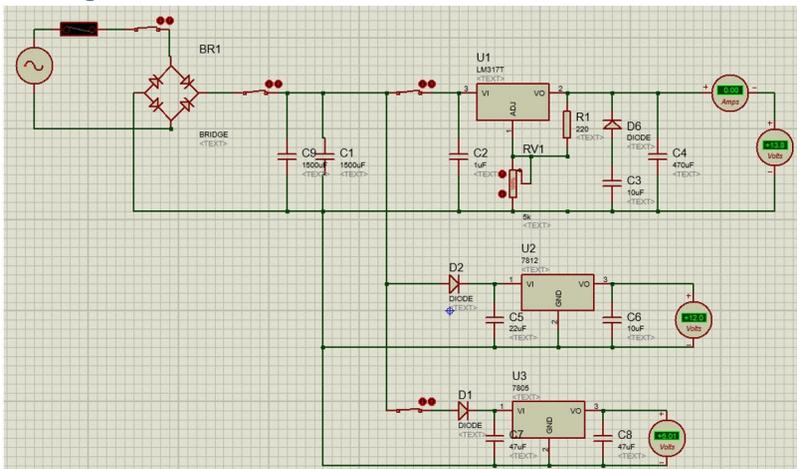
Fonte: Sadiku, p.668.

Figura 3 - Circuito Exemplo LM317.



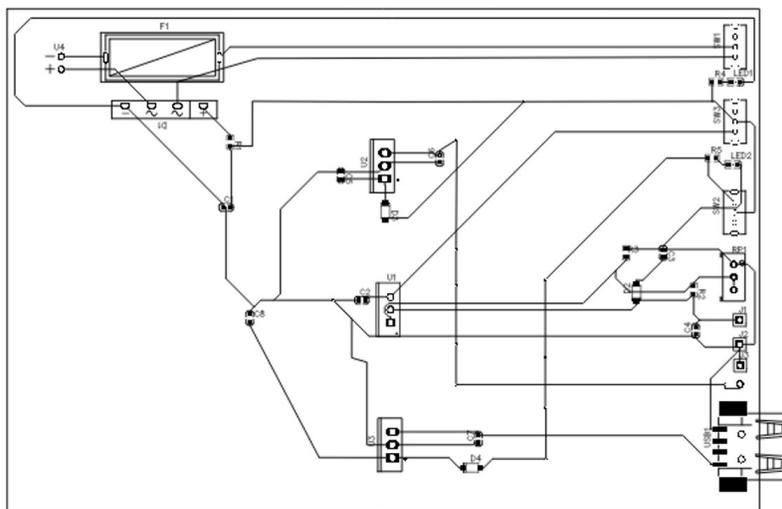
Fonte: Sadiku, p.669.

**Figura 4 - Circuito de Fonte Linear com LM317, 7812 e 7805.**



Fonte: O autor.

**Figura 5 - Diagrama de PCB.**



Fonte: O autor.

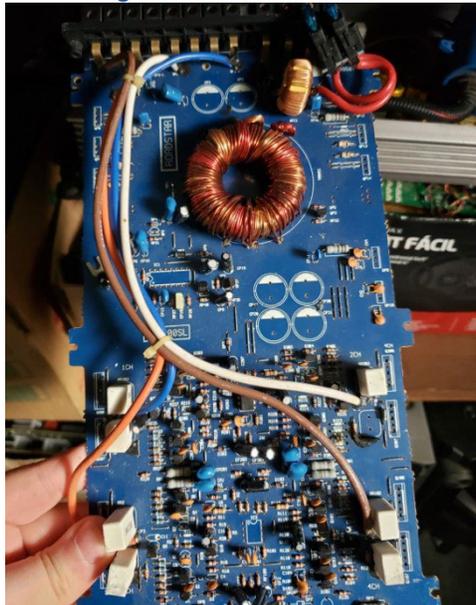
## Anexo B – Fotografias da montagem

**Figura 6 - Placa de sucata.**



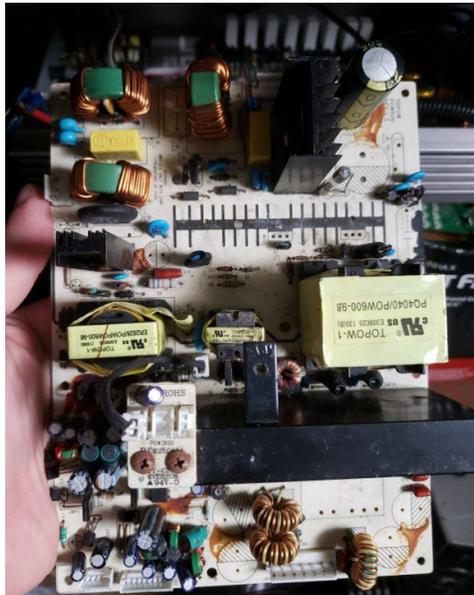
Fonte: O autor.

**Figura 7 - Placa de sucata.**



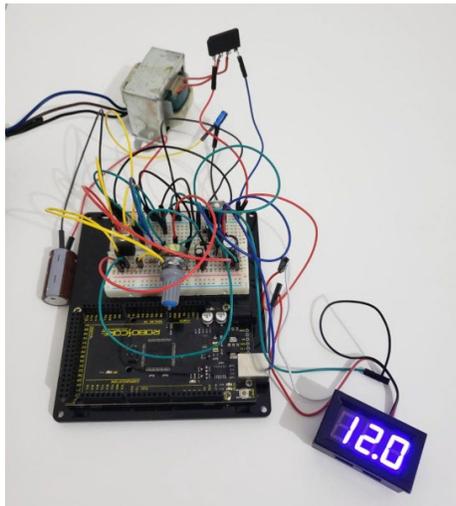
Fonte: O autor.

**Figura 8 - Placa de sucata.**



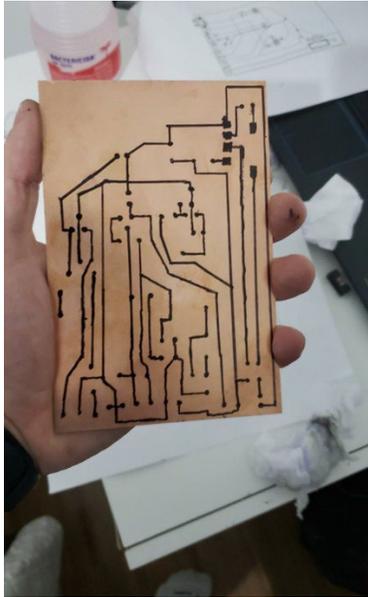
Fonte: O autor.

**Figura 9 - Protótipo em protoboard.**



Fonte: O autor.

**Figura 10 - Placa de Fenolite Plotada com o Diagrama.**



Fonte: O autor.

**Figura 11 - Placa de Fenolite Mergulhada em Percloroeto de Ferro.**



Fonte: O autor.

**Figura 12 - Placa após corrosão.**



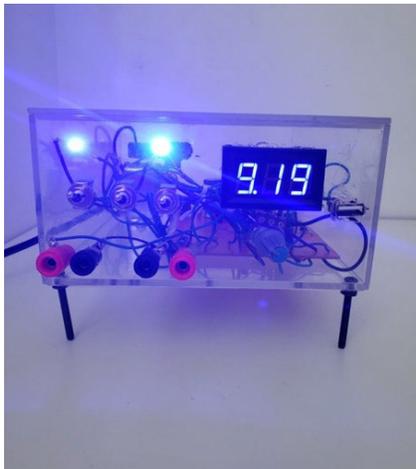
**Fonte: O autor.**

**Figura 13 - Placa com Componentes Soldados e Montados na Caixa de Acrílico.**



**Fonte: O autor.**

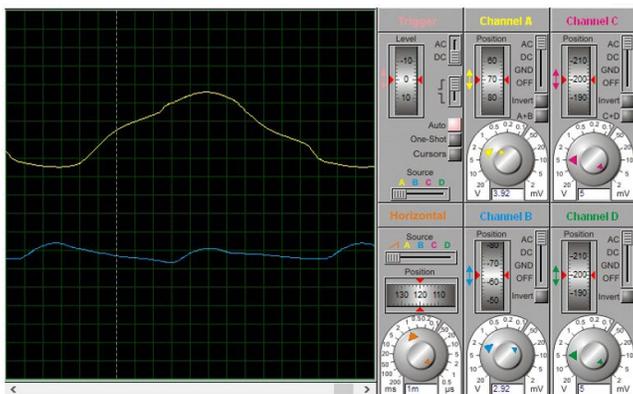
Figura 14 - Fonte Pronta.



Fonte: O autor.

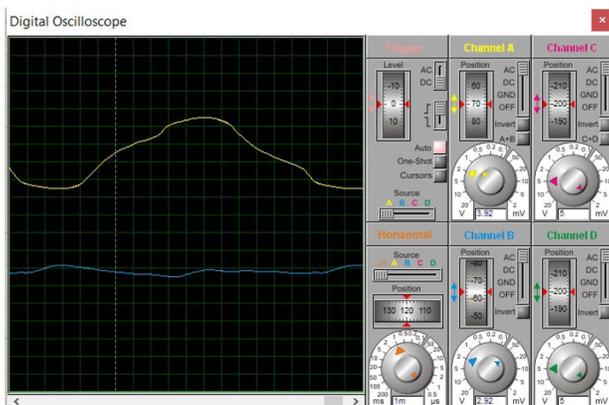
## Anexo C – Formas de onda de simulação

Figura 15 - Sinal de Filtro com um Capacitor de 1500uF.



Fonte: O autor.

Figura 16 - Sinal de Filtro com Dois Capacitores de 1500uF



Fonte: O autor.

## APÊNDICES

### Apêndice A – Lista de materiais (BOM)

Tabela 1 - Lista de Materiais (BOM).

| Categoria               | Descrição  |
|-------------------------|--|
| Componentes ativos      | Ponte Retificadora GBL408; Regulador de Tensão LM317T; Regulador de Tensão 7812; Regulador de Tensão 7805; Diodos (IN4007); LEDs |
| Componentes passivos    | Transformador (220V para 12V); Capacitores (diversos valores); Resistores (diversos valores); Potenciômetro (5kΩ)                |
| Conexões e Proteção     | Chaves ON/OFF; Porta-fusível; Fusível 3.15A; Conectores Banana; Conector USB Fêmea; Fios de Conexão; Jumpers                     |
| Estrutura e Acabamento  | Caixa de Acrílico; Display Voltímetro; Placa de Fenolite   |
| Materiais de Fabricação | Percloroeto de Ferro   |

Fonte: O autor.