



REAPROVEITAMENTO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA APLICADA AO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONVERSORES CA-CC

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4624

Lucas Lobato Chagas - lucas.mcp23@gmail.com
Universidade Federal do Amapá

Nathália de Castro Nascimento - nctnascimento@gmail.com
Universidade Federal do Amapá

Moisés Hamssés Sales de Sousa - moiseshamsses@yahoo.com.br
Universidade Federal do Amapá

Silzamar de Moraes Santos - silzamarsantos@gmail.com
Universidade Federal do Amapá

Lucas do Nascimento Raiol - lucasraiol1999@gmail.com
Universidade Federal do Amapá

Resumo: Os diversos aparelhos eletrônicos inseridos na sociedade moderna atualmente, tais como televisores, telefones celulares e computadores, possuem uma vasta gama de componentes eletrônicos que devem ser energizados com tensão contínua geralmente com valores entre 3.3V e 20V, contudo, a energia elétrica disponibilizada aos consumidores se dá de maneira alternada e com valores acima de 127V, portanto, o estudo de circuitos capazes de rebaixar e converter a tensão alternada em tensão contínua se torna um fator crucial no aprendizado de profissionais da área da engenharia elétrica, sendo necessário e recomendado o uso de formas lúdicas e experimentais que favorecem o processo do ensino-aprendizado. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma bancada didática que demonstre de forma objetiva e clara os conceitos envolvidos nos conversores CA-CC, além de se fazer o uso de componentes eletrônicos oriundos de resíduos eletrônicos. Para alcançar tal objetivo, foi feito um levantamento bibliográfico em literaturas e artigos de meios alternativos no processo de ensino que facilite a compreensão do conteúdo e apresente de forma prática os conceitos teóricos aprendidos pelos estudantes, além disso, outras referências no âmbito da eletrônica e circuitos elétricos foram consultadas para



garantir a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento dos conversores CA-CC. Durante o trabalho, foi possível desenvolver com o uso de componentes eletrônicos reutilizáveis uma bancada didática abordando as etapas do rebaixamento, retificação e filtragem nos conversores CA-CC de forma concisa e eficiente, onde foi possível realizar medições experimentais convergentes com valores teóricos previamente calculados bem como a visualização e fácil compreensão dos conceitos envolvidos na eletrônica e circuitos elétricos, o que resultou em uma valiosa ferramenta no ensino-aprendizado teórico e prático dos estudantes.

Palavras-chave: *bancada didática; conversor CA-CC; resíduos eletrônicos.*

REAPROVEITAMENTO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA APLICADA AO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONVERSORES CA-CC

1 INTRODUÇÃO

O avanço nas pesquisas relacionadas aos semicondutores possibilitou a fabricação de dispositivos eletrônicos cada vez mais compactos e eficientes, onde milhares de componentes discretos como resistores, capacitores, indutores, diodos e transistores estão dispostos em um chip com dimensões em escala nanométrica (SCHERZ e MONK, 2016), consequentemente, os equipamentos eletrônicos tiveram a redução considerável de suas dimensões físicas, bem como uma maior disponibilidade comercial deles. Alguns dos aparelhos que surgiram do desenvolvimento da eletrônica se tornaram indispensáveis para a sociedade moderna e estão presentes nas residências de grande parcela da população, como por exemplo, equipamentos de refrigeração e televisores.

Parte dos componentes eletrônicos presentes nos mais diversos equipamentos elétricos devem ser energizados por uma tensão contínua, entretanto, a energia elétrica disponibilizada para os consumidores se dá de maneira alternada, faz-se necessário então, o uso de circuitos para realizar a conversão da tensão alternada em tensão contínua. As inúmeras aplicações desses circuitos conversores faz com que os estudos relacionados à sua funcionalidade se tornem extremamente importante na carreira de um profissional da engenharia elétrica (MALVINO e BATES, 2016).

Dada a enorme importância e aplicação dos conversores de tensão alternada para tensão contínua em diversos segmentos da engenharia, o presente trabalho busca utilizar métodos alternativos de ensino de caráter experimental que facilite a compreensão de conteúdos teóricos (ARAÚJO e ABIB, 2003) para o desenvolvimento de uma bancada didática que forneça de forma objetiva e lúcida os princípios teóricos e práticos dos circuitos que convertem tensão alternada em tensão contínua a partir do rebaixamento de tensão, retificação e filtragem.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Durante o curso de engenharia elétrica observou que, se faz necessário uma perspectiva voltada à aplicação dos fundamentos científicos no âmbito prático. Para os Behavioristas ou teóricos do condicionamento, a aprendizagem vem a ser uma mudança comportamental que ocorre através de estímulos e respostas, no qual se relacionam obedecendo os princípios mecanicistas (BIGGE, 1971).

Nessa perspectiva, segundo Franco (1977), o indivíduo aprende mais quando não corre risco de ser discriminado ou de perder algo. Dinâmicas de grupo, jogos de empresa, simulação e realidade virtual fazem parte de um número de ferramentas educacionais que auxiliam o indivíduo a aprender brincando. Dentro desse contexto o indivíduo é um todo e todas as suas relações com o sistema em que vive são importantes no processo de aprendizagem (LIMA, 1999). Segundo Job (2011), Piaget (2010) utilizou as duas teorias anteriores e desenvolveu estudos sobre o conhecimento através da Epistemologia Genética ou o Construtivismo.

A teoria de Piaget mostra que a aprendizagem ocorre quando a relação entre o indivíduo e o seu meio estão em plena interação, podendo ser resumida em alguns pontos, segundo Lima (1999). São eles:

1. O indivíduo precisa expressar o que sente livremente, pois através do falar, suas ideias são consolidadas;
2. O indivíduo precisa participar do processo de transformação, pois à medida que ele tenta transformar o meio para satisfazer uma necessidade (assimilação), ele se depara com resistências que o obrigam a um esforço de adaptação e, portanto, ocorre a aprendizagem;
3. O indivíduo não precisa receber respostas prontas, uma vez que a partir dos seus erros e acertos, do expressar o que pensa, tomando consciência do meio em que vive, ele desenvolve um ciclo de aprender a aprender;
4. O indivíduo aprende mais quando não corre risco de ser discriminado ou de perder algo. Dinâmicas de grupo, jogos, simulação e realidade virtual são algumas ferramentas que auxiliam o indivíduo a aprender brincando;
5. O indivíduo, normalmente, procura novas situações. É curioso por natureza e busca sempre o novo;
6. O indivíduo precisa se sentir seguro e aceito para desenvolver atitudes e conviver com situações diferentes, sabendo lidar com as mudanças.

Segundo Piaget (2010), esse processo só ocorre quando a capacidade do indivíduo é desenvolvida para conhecer algo ou descobrir algo. Isto ocorre através da interação entre o indivíduo e o objeto gerador de conhecimento. Essa relação é chamada de Construtivismo (FRANCO, 1997).

No processo de construção do aprendizado é de suma importância que a figura do professor passe a ser representada como a do mediador, para que com isso seja estabelecido um relacionamento interpessoal entre o professor e o aluno possibilitando assim um ambiente facilitador para o princípio de ensino aprendizagem. Com esta relação o indivíduo passa a ser protagonista no desenvolvimento de suas próprias percepções acerca do meio que o rodeia bem como terá a capacidade de modificar ou transformar sua maneira de interpretar as diversas situações, e a elaborar novos saberes estruturando uma lógica de informações sólidas e irá entender com uma menor curva de aprendizado o que vai ser realmente significativo para o aluno. A figura do mediador passa a ser parte estruturante e um elo entre os conteúdos e o aluno.

Outro aspecto que ganha notoriedade nesse contexto são os que desmotivam os alunos ao ingressarem nos cursos de engenharia, haja vista a intensa carga horária dos conteúdos programáticos bem como das inúmeras disciplinas de caráter teórico, o que resulta na falta de perspectiva prática dos fundamentos científicos visualizados nas disciplinas teóricas por parte dos acadêmicos, gerando incompreensão dos conteúdos, desmotivação aos estudos, dúvidas, ansiedade, cansaço, dentre outros.

De acordo com Parreira e Dickman (2020), os alunos demonstram uma melhor compreensão e interesse quando os conceitos aprendidos em sala de aula podem ser diretamente visualizados ou aplicados utilizando as metodologias ativas. Portanto, para tentar mitigar lacunas no entendimento, contribuindo também na promoção de uma educação realmente significativa e em um indivíduo autônomo e protagonista do seu desenvolvimento cognitivo, a utilização de experimentos e protótipos durante o processo de ensino-aprendizado se torna um fator importante na sua formação acadêmica, onde ocorre a viabilidade para melhoria da absorção dos conteúdos teóricos bem como maior desempenho dos alunos durante a realização das disciplinas. E como reflexo a esse

método, tem-se o desenvolvimento da promoção de uma autonomia moral quando a consciência considera como necessário um ideal racional, independentemente de qualquer pressão exterior (PIAGET, 2010).

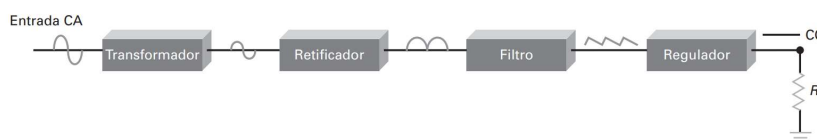
Neste trabalho, optou-se por utilizar uma maneira experimental simples de se visualizar e medir progressivamente as etapas que estão envolvidas no processo da conversão da tensão alternada em tensão contínua. Esse contato visual e experimental dos fenômenos ligados à conversão de tensão alternada em tensão contínua possibilita que os alunos tenham um acesso direto da definição e aplicação de conceitos fundamentados na teoria dos circuitos e da física dos materiais semicondutores, fazendo com que haja um ambiente propício ao ensino-aprendizado dos mesmos, de forma que estes possam refletir e até mesmo formular novas conclusões à respeito da teoria estudada, que de maneira inovadora venham posteriormente contribuir para o ambiente acadêmico (ARAÚJO e ABIB, 2003). Além disso, essa modalidade de ensino onde o aluno está envolvido diretamente com a aplicação prática dos fundamentos científicos desenvolve habilidades e competências fundamentais ao manusear equipamentos, instrumentos, ferramentas em ambientes experimentais e prototipagem, tais competências são necessárias durante as disciplinas experimentais cursadas bem como o exercício de suas respectivas profissões, como por exemplo, o uso de multímetros, osciloscópios, fontes de tensão simétricas e geradores de função, onde é de suma importância o domínio por partes dos engenheiros eletricitas.

É preciso enfatizar que para a confecção da bancada foram utilizados materiais financeiramente acessíveis, em especial os encontrados em resíduos eletrônicos que são descartados, visto que a prática da obsolescência programada pelas indústrias faz com que os consumidores descartem cada vez mais produtos eletrônicos (KRAMER, 2012). O uso desses materiais possibilita que a bancada desenvolvida neste trabalho possa ser facilmente reproduzida por outras instituições, além de contribuir para o meio ambiente.

2.1 Conversores CA-CC

Os circuitos que convertem a tensão alternada em tensão contínua são comumente chamados de conversores CA-CC, estes são compostos de no mínimo 3 etapas, sendo elas o rebaixamento da tensão, a retificação da onda senoidal e a filtragem do sinal, pode haver também uma quarta etapa onde se insere um regulador de tensão (MALVINO e BATES, 2016). Todas etapas citadas são mostradas na Figura 1, onde R_L representa a resistência de uma carga. Durante este trabalho, será considerado o desenvolvimento das 3 etapas mínimas, o rebaixamento, retificação e filtragem.

Figura 1 - Etapas do conversor CA-CC.



Fonte: Malvino e Bates (2016).

Para a construção de um circuito conversor CA-CC, utiliza-se um transformador, diodos retificadores, capacitores (ou indutores) e diodos do tipo zener (quando houver regulação de tensão). Além disso, existem circuitos que utilizam transistores e circuitos integrados para a etapa da retificação e regulação, entretanto, será considerado neste trabalho apenas os componentes discretos citados no início desse parágrafo.

Transformador

De acordo com Chapman (2013), um transformador é uma máquina eletromecânica que transforma energia elétrica de corrente alternada em energia elétrica de corrente alternada com a mesma frequência e intensidade diferente. Considerando um transformador ideal de dois enrolamentos, a relação entre as tensões dos enrolamentos pode ser dada pela Equação (1), onde N é o número de espiras do enrolamento, V é o valor de tensão e os índices 1 e 2 representam, respectivamente, o lado primário e secundário

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (1)$$

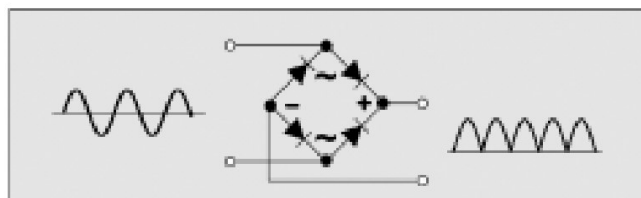
Os diversos componentes eletrônicos que possuem um conversor CA-CC necessitam de em torno 3.3V à 20V, logo, considerando que a entrada do conversor CA-CC seja uma tensão alternada da rede elétrica (127V ou 220V), faz-se necessário rebaixar essa tensão, para isso, um transformador compõe o primeiro estágio de um conversor CA-CC.

Diodos

Os diodos são componentes semicondutores que apresentam a junção de duas regiões dopadas separadamente, uma do tipo p e outra do tipo n , junção conhecida como pn . Os diferentes tipos de diodo exibem comportamentos similares quando expostos à uma diferença de potencial externa, no qual permitem a passagem de corrente elétrica em uma determinada direção, havendo uma queda aproximadamente fixa de tensão no mesmo, por exemplo, os diodos retificadores de silício conduzem a corrente elétrica apenas em um sentido, apresentando uma queda de tensão de cerca de 0.6V enquanto que os de germânio apresentam uma queda de tensão de aproximadamente 0.2V quando polarizados na forma conhecida como direta (MONK e SCHERZ, 2016).

Pelas características dos diodos retificadores na condução de corrente em um único sentido, eles são usados para rebater ou ceifar o semiciclo negativo da onda senoidal de entrada, e portanto, compõem o estágio de retificação de um conversor CA-CC. O arranjo mais eficiente dos diodos retificadores para um conversor CA-CC é denominado ponte retificadora, onde quatro diodos retificadores são usados para rebater o semiciclo negativo da onda de tensão da entrada, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Formas de onda antes e depois da ponte retificadora.



Fonte: Monk e Scherz (2016).

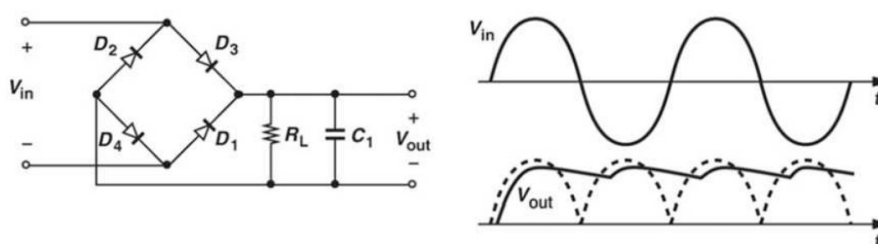
Outro tipo de diodo utilizado em um conversor CA-CC onde há a necessidade de regular a tensão consiste no diodo do tipo zener, que conduz em ambos os sentidos, entretanto, na polarização reversa este possui uma queda de tensão fixa com alcance de

1.8V à 200V que varia de acordo com os parâmetros de fabricação, isso permite uma ampla gama de aplicações (MONK e SCHERZ, 2016). Portanto, estes podem ser usados no estágio da regulação da tensão em um conversor CA-CC.

Capacitores

De acordo com Sadiku e Alexander (2013), os capacitores são componentes que possuem a capacidade de armazenar energia. Essa característica de armazenamento faz com que eles sejam usados em conversores CA-CC na etapa da filtragem, pois eles fornecem energia à carga durante o decaimento dos semiciclos da tensão de saída do estágio da retificação, suavizando a forma de onda proporcionalmente ao valor da capacitância utilizada, uma vez que isso influencia no tempo de descarregamento do capacitor, onde valores maiores de capacitância provocam um elevado tempo de descarregamento e valores menores de capacitância possuem um descarregamento mais rápido. Às vezes, dependendo do valor de capacitância do capacitor utilizado, o tempo de seu descarregamento é elevado de modo que a tensão na carga se aproxima de uma tensão contínua. Na Figura 3 é possível ver um conversor CA-CC com o capacitor inserido juntamente com as formas de onda de entrada (V_{in}) e saída (V_{out}), a linha tracejada representa a saída da ponte retificadora. É notório que o capacitor de filtro estabiliza a forma de onda da tensão de saída da ponte retificadora.

Figura 3 - Formas de onda de um conversor CA-CC com filtro inserido.



Fonte: Razavi (2010).

Além disso, para uma configuração com n capacitores em paralelo, a capacitância equivalente é igual à soma das capacitâncias de cada capacitor da associação (SADIKU e ALEXANDER, 2013), conforme mostra a Equação (2).

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (2)$$

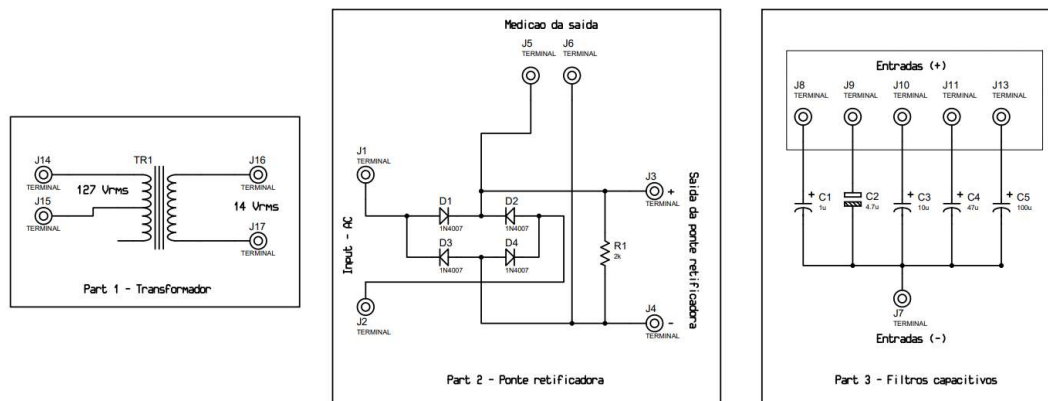
3 METODOLOGIA

Como um conversor CA-CC é composto de estágios em cascata, este trabalho foi projetado com o objetivo de desenvolver uma maneira de verificar a influência de cada estágio na tensão alternada na entrada (rede elétrica), então, cada estágio foi idealizado e montado de forma separado, conforme mostra a Figura 4.

A parte 1 da Figura 4 é o estágio do rebaixamento da tensão de entrada de 127V para 14V (no caso do transformador usado neste trabalho), deve-se lembrar que estes valores estão em RMS (V_{RMS}), logo, para se encontrar o valor de pico da onda senoidal (V_p) se utiliza a Equação (3), ela é importante para verificar no osciloscópio como a tensão de saída do conversor CA-CC se comportará com a adição e variação dos estágios.

$$V_{RMS} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Figura 4 - Circuito proposto da bancada.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A saída do transformador é conectada na parte dois do circuito proposto, onde a ponte retificadora que tem a função de rebater os semiciclos negativos da tensão alternada de entrada. Em cada semiciclo haverá uma queda de tensão igual à aproximadamente duas vezes 0.7 V, visto que foram usados diodos retificadores de silício, é esperado então que o valor de pico da tensão de saída da ponte retificadora seja dada pela Equação (4), onde V_{out_pico} representa a tensão de pico na saída da ponte retificadora e V_{in_RMS} representa a tensão de entrada da ponte retificadora em RMS.

$$V_{out_pico} = V_{in_RMS} \sqrt{2} - 2 \cdot 0.7 = 18,39 \text{ V} \quad (4)$$

O resistor inserido na parte dois representa uma carga e facilita para realizar as medições.

Os terminais positivo e negativo da saída da ponte retificadora são conectados, respectivamente, em um dos terminais positivos e negativo da parte 3, que representa o estágio 3 do conversor CA-CC, a filtragem. Os múltiplos terminais positivos que estão presentes no estágio 3 permitem variar o valor de capacitância do mesmo, sendo possível também conectar os capacitores entre si para formar uma associação em paralelo de capacitores, viabilizando uma vasta gama de valores de capacitância do filtro. Vale destacar que como são utilizados capacitores eletrolíticos, deve-se tomar precaução ao efetuar as conexões dos terminais positivos e negativos para que sejam de fato conectados corretamente.

Para a montagem da bancada didática, utilizou-se os materiais que estão dispostos na Figura 5. O switch foi utilizado para se poder desligar e ligar a bancada didática da rede elétrica, as placas de fenolite irão possibilitar a confecção dos circuitos anteriormente discutidos que serão armazenadas nas caixas de acrílico e os outros componentes serão utilizados para compor o circuito do conversor CA-CC.

Figura 5 - Materiais utilizados para a montagem da bancada didática.

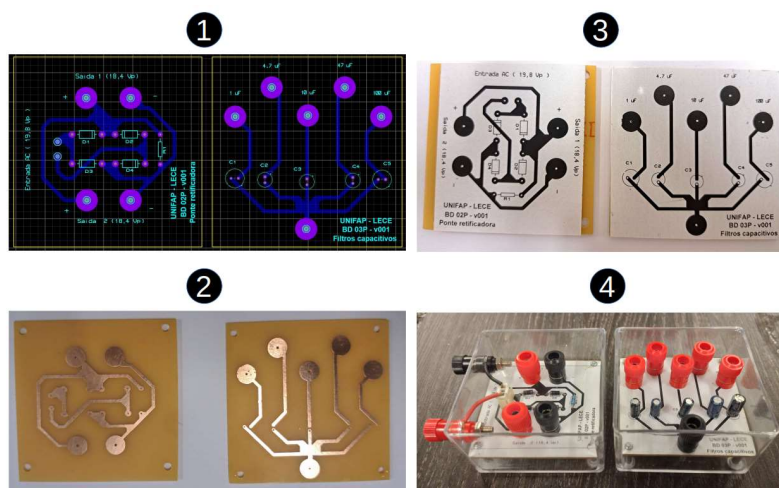


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Vale salientar que os componentes eletrônicos necessários para o desenvolvimento do conversor CA-CC, nomeadamente os diodos, resistor, capacitores e conectores utilizados neste trabalho foram obtidos a partir de placas eletrônicas descartadas, como por exemplo, de rádio, impressoras e televisores. Especificamente os valores de capacitância dos capacitores foram antecipadamente verificados em diversas placas oriundas do resíduo eletrônico, para assim, obter-se uma lista de capacitores que são mais comumente achados em placas presentes em dispositivos eletrônicos descartados/danificados.

Após a obtenção dos materiais necessários para o desenvolvimento da bancada didática proposta, projetou-se a partir do esquema apresentado precedentemente o layout superior (identificação do circuito) e inferior (trilhas de cobre) dos estágios 2 e 3 para a confecção das placas de circuito impresso, que foram posteriormente imprimidas e transferidas para a placa de fenolite. Por fim, os componentes foram soldados/conectados nas placas de circuito impresso feitas, que foram postas posteriormente em caixas de acrílico. O processo descrito para a confecção dos estágios 2 e 3 da bancada didática pode ser visualizado na Figura 6.

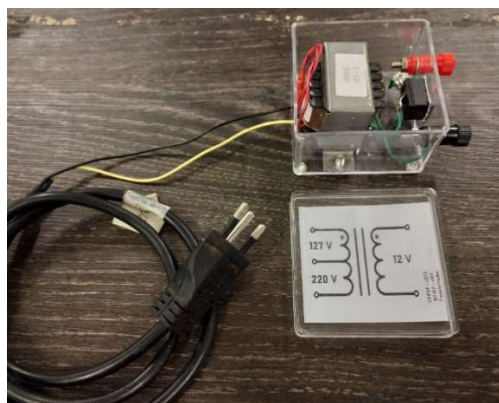
Figura 6 - Processo da montagem da bancada didática.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

O estágio 1 da bancada didática foi feito sem placas de circuitos impressos, onde foi fixado o transformador no interior da caixa de acrílico juntamente com o switch conectado na saída de baixa tensão do transformador, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 - Parte 1 da bancada didática.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A Figura 8 mostra a bancada didática completa com todas as partes finalizadas juntamente com as suas interconexões.

Figura 8 - Montagem final da bancada didática.

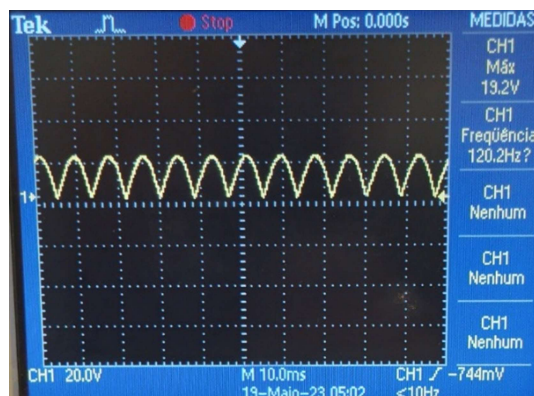


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as etapas da confecção da bancada didática concluídas, realizou-se com o auxílio de um osciloscópio a medição da tensão na carga com a interconexão progressiva de cada estágio, conforme a proposta do trabalho. Inicialmente, interconectaram-se os estágios 1 e 2 da bancada didática, além disso, as pontas de prova do osciloscópio foram conectadas no terminal de medição do estágio 2. Nesse instante, tem-se a medição da saída da ponte retificadora (estágio 2) conforme mostra a Figura 9, no qual é possível perceber que o valor máximo medido da onda de saída da ponte retificadora é igual a 19,2V, apresentando um erro percentual equivalente a 4,23% em relação ao valor calculado na Equação (4). Além disso, em consequência do rebatimento dos semiciclos negativos da forma de onda de entrada na ponte retificadora, a frequência do sinal de saída é dobrada, ou seja, passou de 60 Hz (frequência da tensão na rede elétrica) para 120 Hz.

Figura 9 - Saída da ponte retificadora.

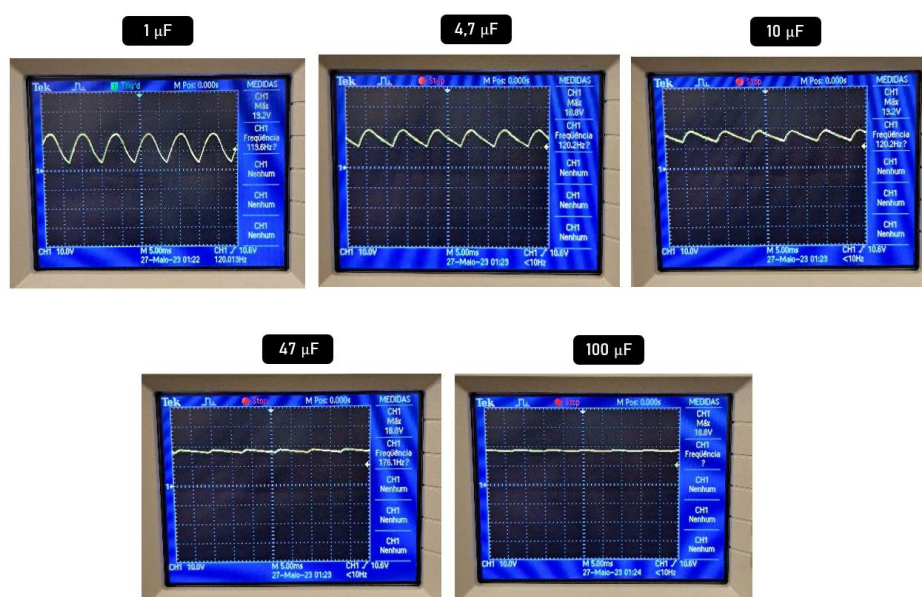


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Ainda com as pontas de prova do osciloscópio conectadas nos terminais de medição do estágio 2, é possível averiguar a influência do estágio 3 do conversor CA-CC na forma de onda adquirida até o momento mostrado na Figura 9. Apesar de haver um total de 120 possibilidades de valores de capacitância no estágio 3 (conexões em paralelo entre os capacitores), foi analisado neste trabalho apenas os valores nominais dos capacitores presentes na bancada didática proposta nesse trabalho, ou seja, não será realizado conexões em paralelo entre eles.

O estágio 2 será conectado inicialmente ao estágio 3 utilizando os terminais do capacitor de $1\ \mu\text{F}$, ao fazer isso, é possível perceber instantaneamente a mudança na forma de onda da tensão na carga, e conseqüentemente, tornando perceptível o efeito do estágio da filtragem nos conversores CA-CC. Esses passos foram repetidos para os terminais dos outros capacitores presentes no estágio 3, e o resultado é mostrado na Figura 10, respectivamente para os capacitores de $1\ \mu\text{F}$, $4,7\ \mu\text{F}$, $10\ \mu\text{F}$, $47\ \mu\text{F}$ e $100\ \mu\text{F}$.

Figura 10 - Formas de onda na carga com a filtragem.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

É notório que a adição dos capacitores no conversor CA-CC mantém aproximadamente o mesmo valor de pico na forma de onda na carga, entretanto, ocorre uma suavização dos semiciclos mostrado na Figura 9. Como descrito anteriormente, essa suavização é proporcional ao valor da capacitância do filtro, para $100\ \mu\text{F}$ por exemplo, a forma de onda na carga é aproximadamente contínua, sendo possível medir com o uso de um multímetro na escala de tensão CC conectado aos terminais de medição, o valor obtido é mostrado na Figura 11. De fato, a medição CC da tensão na carga utilizando o capacitor de $100\ \mu\text{F}$ no estágio 3 converge ainda mais para a tensão de pico calculada na Equação (4), com um erro percentual de 0,595%.

Figura 11 - Medição da tensão CC na carga utilizando o capacitor de $100\ \mu\text{F}$ na filtragem.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

5 CONCLUSÕES

A bancada didática desenvolvida neste trabalho se mostrou uma ferramenta educacional extremamente útil para o ensino-aprendizagem de conceitos teóricos e práticos relacionados aos conversores CA-CC, possibilitando uma visualização progressiva das etapas que compõem um dos circuitos mais importantes e necessários para a indústria eletrônica.

A proposta de divisão da bancada didática em estágios e a possibilidade de medições realizadas de forma gradual e visual, mostraram-se ser uma forma promissora para se analisar o funcionamento operacional de cada parte que constitui os conversores CA-CC, onde a abstração encontrada nos estudos do campo da teoria dos circuitos elétricos, eletrônica analógica, análise de sinais e sistemas por meio de definições, teoremas, modelagem matemática e cálculos previamente estudados convergem com as medições das grandezas elétricas executadas na bancada didática após pronta. Além disso, o reaproveitamento de componentes eletrônicos oriundos de resíduo eletrônico se mostrou bastante eficiente nas características funcionais da bancada didática, contribuindo de maneira positiva com uma temática que tem se tornando cada vez mais alvo de debates e discussões na indústria, o meio ambiente, sobretudo corroborando com o ensino-

aprendizagem bem como sua multidisciplinariedade, sendo uma das propostas definidas neste trabalho.

A confecção manual da bancada didática realizada pelos estudantes a partir dos materiais disponíveis, possibilitou um enorme aperfeiçoamento do manuseio de ferramentas que são/serão comumente encontrados na carreira profissional dos mesmos, como por exemplo, ferro de solda para a soldagem dos componentes eletrônicos e softwares de simulação e projeto de circuitos elétricos. Ademais, o uso da bancada didática deste trabalho como recurso adicional para o ensino-aprendizagem desenvolve habilidades de uso dos instrumentos de medição, tais como amperímetro, multímetro, ohmímetro e osciloscópio, possibilitando o contato com circuitos elétricos, a visualização na prática dos erros percentuais toleráveis entre os valores calculados e medidos e também a detecção de fatores externos que influenciam no funcionamento dos circuitos elétricos.

Por fim, além do ambiente acadêmico, este trabalho foi exposto em feiras científicas para alunos do ensino médio, que apesar de não possuírem uma base teórica acerca dos conceitos que envolvem a bancada, demonstraram um elevado interesse e compreensão em relação ao funcionamento dos conversores CA-CC, comprovando a eficiência do uso dos meios experimentais utilizados e a demonstração na prática dos conceitos científicos com maior nível de detalhe do que apenas nas aulas teóricas durante o curso de engenharia elétrica.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasil, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

BIGGE, Morris L. **Teorias da aprendizagem para professores**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1977.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

FRANCO, Sérgio Roberto Kieling. **O construtivismo e a educação**. 6. ed. Porto Alegre: Editora Mediação, 1997.

JOB, Sérgina Carla Pontes Diógenes. Teorias da aprendizagem: uma revisão da literatura. **ID Online. Revista de psicologia**, Brasil, v. 5, n. 15, p. 22-30, 2011.

KRAMER, Ken Laurin. **User Experience in the Age of Sustainability: A Practitioner's Blueprint**. 1. ed. USA: Morgan Kaufman, 2012.

LIMA, Adriana Flávia Santos de Oliveira. **Pré-escola e alfabetização**. Petrópolis: Vozes, 1999.

MALVINO, Albert; BATES, David. **Eletrônica 1**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

PARREIRA, Júlia Esteves; DICKMAN, Adriana Gomes. Objetivos das aulas experimentais no ensino superior na visão de professores e estudantes da engenharia. **Revista**

Brasileira de Ensino de Física, Brasil, v. 42, 2020. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xBPRrtNZKLT3fY8T3Wp9fCh/?lang=pt#>. Acesso em: 15
maio 2023.

PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**. 10. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

RAZAVI, Behzad. **Fundamentos de microeletrônica**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

SADIKU, Matthew N. O.; ALEXANDER, Charles K. **Fundamentos de circuitos elétricos**.
5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

SCHERZ, Paul; MONK, Simon. **Practical electronics for inventors**. 4. ed. EUA: McGraw-
Hill Education, 2016.

REUSE OF ELECTRONIC COMPONENTS FOR THE DEVELOPMENT OF A DIDACTIC WORKBENCH APPLIED TO THE TEACHING-LEARNING OF AC-DC CONVERTERS

Abstract: *The various electronic devices inserted in modern society today, such as televisions, cell phones and computers, have a wide range of electronic components that must be energized with DC voltage, usually with values between 3.3V and 20V, however, the electricity available to consumers takes place alternately and with values above 127V, therefore, the study of circuits capable of lowering and converting the alternating voltage into DC voltage becomes a crucial factor in the learning of professionals in the field of engineering, being necessary and recommended the use of ludic and experimental forms that favor the teaching-learning process. This work aims to develop a didactic workbench that objectively and clearly demonstrates the concepts involved in AC-DC converters, in addition to making use of electronic components from electronic waste. To achieve this objective, will be searched in literature and articles alternative means in the teaching process that facilitate the understanding of the content and demonstrate in a practical way the theoretical concepts learned by the students, in addition, other references in the field of electronics and electrical circuits will be consulted to guarantee the necessary theoretical basis for the development of AC-DC converters. During the work, it was possible to develop, using reusable electronic components, a didactic workbench approaching the steps of lowering, rectifying and filtering in the AC-DC converters in a concise and efficient way, where it was possible to carry out experimental measurements convergent with theoretical values previously calculated well such as the visualization and easy understanding of the concepts involved in electronics and electrical circuits, which resulted in a valuable tool in the theoretical and practical teaching-learning of students.*

Keywords: didactic workbench; AC-DC converter; e-waste.