

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
CAMPUS MEMORIAL AMÉRICA LATINA
PROJETO – INTEGRADOR – 2022 – TURNO – DIURNO – TURMA – A

Alexandre Augusto Nogueira

Cícero Calado Ferreira

Felipe Ceródio Do Nascimento

Ladislau Soares Alexandre

Matheus Santos De Lima

Michel Matos Sousa

PROJETO INTEGRADOR – 2022
WATTÍMETRO

SÃO PAULO

2022

Alexandre Augusto Nogueira; RA: 410202433

Cícero Calado Ferreira; RA: 319101065

Felipe Ceródio Do Nascimento; RA: 2220102420

Ladislau Soares Alexandre; RA: 920103384

Matheus Santos De Lima; RA: 319101285

Michel Matos Sousa; RA: 919201600

PROJETO INTEGRADOR – 2022
WATTÍMETRO

Relatório técnico apresentado
como requisito para obtenção
de aprovação na disciplina
Projeto Integrador, nos cursos
de Engenharia na Universidade
Nove de Julho.
Área de concentração: Engenharia

Orientadores: Prof. ME. João Bosco
Santos Souza e Prof. Ivan de Pádua
Ferreira.

SÃO PAULO
2022

Dedicamos o presente trabalho a todos os integrantes do grupo que se dedicaram para desenvolvê-lo com muito carinho, queremos dedicar também a UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO, por toda estrutura e acervos disponibilizados para realizar as pesquisas.

AGRADECIMENTOS

O primeiro agradecimento é para Deus que nos iluminou, nos deu forças e saúde para chegar até aqui.

Agradecer também meus familiares que sempre me apoiam com meus estudos da faculdade passando energias positivas.

Aos meus colegas que se dedicou e buscou-se dá-se sempre o melhor de si para desenvolver um trabalho de qualidade.

Por fim, aos professores orientadores e a toda estrutura que a universidade oferece para realizar as pesquisas.

RESUMO

Tendo em vista a necessidade de economizar energia elétrica, ter o conhecimento da potência elétrica dos equipamentos se torna essencial, principalmente de equipamentos com problemas, esta pesquisa estuda de forma minuciosa o medidor de potência elétrica (wattímetro), a fim de demonstrar sua grande importância para o setor elétrico. Portanto, é desenvolvido um wattímetro analógico com fundo de escala de 100W (Watts) para medir potência ativa em tensão alternada, realizando uma vasta pesquisa dos diversos modelos de wattímetro e mostrando seu funcionamento de forma explícita. Realiza-se, então, uma pesquisa aprofundada sobre conteúdos que ajudam a entender e a desenvolver o wattímetro, como, por exemplo, tensão elétrica, corrente elétrica e potência elétrica mostrando como encontrar o valor de cada grandeza através de cálculos. Diante disso, verifica-se que há diversos modelos de wattímetro, porém nesse trabalho foi demonstrado apenas alguns modelos, como, por exemplo, wattímetro eletrodinâmico e o wattímetro digital, o que impõe que o wattímetro é extremamente importante para o setor elétrico, então o presente trabalho demonstra simulações com três valores de potências diferentes, assim evidenciando a eficiência e qualidade do wattímetro desenvolvido, no final do trabalho é apresentado de forma clara e objetiva como o medidor de potência elétrica deve-se ser utilizado e é manifestado também seu manual. Por fim conclui-se que os objetivos do trabalho foram alcançados e o problema de pesquisa foi solucionado, no final é apresentado algumas sugestões de estudos para futuras pesquisas referentes ao tema.

Palavras – Chaves: Triângulo das potências; Tensão elétrica; Corrente elétrica; Resistência elétrica; Energia elétrica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução Da Matriz Elétrica	8
Figura 2 - Liquidificador com problema.	9
Figura 3 - Modelo de Wattímetro.	12
Figura 4 - C.I 7107.....	13
Figura 5 - Diagrama Wattímetro	14
Figura 6 - Wattímetro medindo a potência consumida por uma carga.....	16
Figura 7 - Circuito interno de wattímetro eletrodinâmico.	17
Figura 8 - wattímetro digital.....	18
Figura 9 - Exemplo de circuito integrado.....	19
Figura 10 - Wattímetro medindo 25W.....	22
Figura 11 - Wattímetro medindo 50W.....	23
Figura 12 - Wattímetro medindo 100W.....	23
Figura 13 - Forma de um fio.....	27
Figura 14 - Fonte de tensão alimentando uma resistência R.	29
Figura 15 - Triângulo das Potências.....	32
Figura 16 - Utilizando o wattímetro para medir a potência da Batedeira.	34
Figura 17 - Detalhes externos do wattímetro.	35
Figura 18 - Wattímetro Ilustrativo.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
3 METODOLOGIA	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4.1 Wattímetro Eletrodinâmico	17
4.1.1 Wattímetro Digital	18
4.1.2 Circuito Integrado (C.I)	19
4.1.3 Como funciona um Circuito Integrado ?	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
6 DESENVOLVIMENTO	26
6.1 Lei de Ohm	26
6.1.1 Resistividade.....	27
6.1.2 Potência Elétrica	29
6.1.3 Energia Elétrica	31
6.2.1 Triângulo Das Potências	31
7 WATTÍMETRO ANALÓGICO COM FUNDO DE ESCALA DE 100W (WATTS).	34
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE A – Manual de instrução.....	40

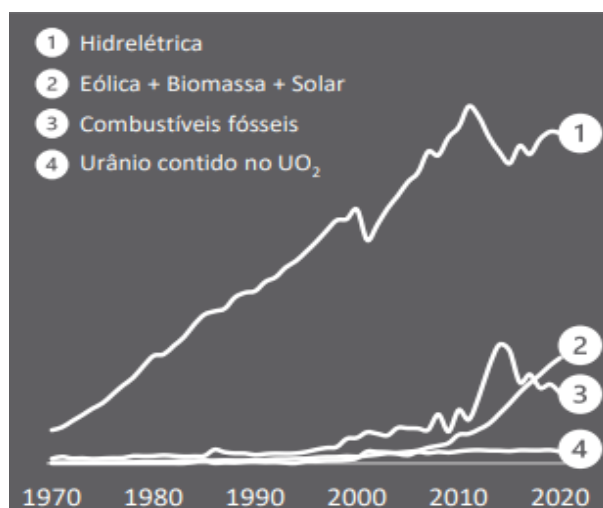
1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a economia de energia elétrica é cada vez maior dados seus custos e a própria disponibilidade, visto que atualmente vive-se uma crise no setor de geração de energia elétrica, sendo assim, ter conhecimento da potência elétrica dos equipamentos que se utiliza no dia a dia é bem pertinente, uma vez que quanto maior a potência elétrica do equipamento maior será o custo final na conta de energia elétrica. (BRAGA, 2010).

Outro fator relevante que influencia no preço final pago pelo consumidor é a forma pela qual a energia elétrica é gerada, quando a geração é realizada através das hidrelétricas o custo final para o consumidor cativo é menor, porém quando se utiliza energia elétrica gerada através das termoeletricas o custo final é mais elevado, se tratando do Brasil em períodos de secas, onde a geração de energia elétrica através das hidrelétricas são afetadas diretamente e, por conseguinte, acabam não suprimindo a necessidade da população. (BRAGA,2010).

Portanto, nesse caso as termoeletricas são acionadas, assim, deixando as contas para o consumidor cativo com preço superior ao gerado pelas hidrelétricas, pode-se notar na figura 1 que com o passar do tempo o uso das termoeletricas vem crescendo, à vista disso, sabe-se que terá contas com preços mais elevados, dado que a geração de energia elétrica através das termoeletricas têm custos superior aos das hidrelétricas. (BRAGA, 2010).

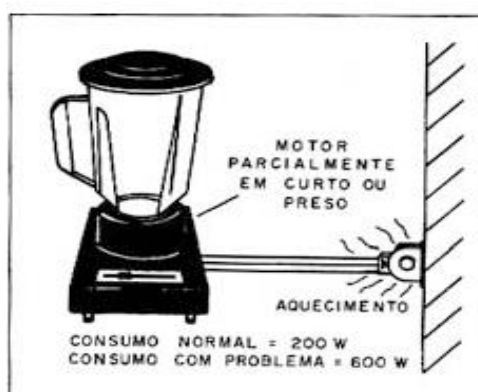
Figura 1 - Evolução Da Matriz Elétrica



Fonte: EPE, 2021.

Hoje nota-se que todos os aparelhos têm na sua descrição informações, como, por exemplo, potência, tensão e corrente elétrica, todavia, como adquirir essas informações em aparelhos antigos que não consegue se encontrar em sua descrição? Ou até mesmo em aparelhos modernos que estejam com defeitos, nesse caso como verificar se os aparelhos estão funcionando corretamente? O wattímetro é o equipamento ideal para se ter conhecimento da potência elétrica de um aparelho e se realmente esse aparelho está funcionando de forma adequada. Veja na figura 2 um liquidificador de 200W (Watts) que em seu funcionamento normal consumiria esta potência, porém como o liquidificador está com problema seu consumo passa de 200W para 600W. (BRAGA, 2010).

Figura 2 - Liquidificador com problema.



Fonte: BRAGA, 2010.

Portanto, agora pode-se notar a relevância do wattímetro, atualmente existe diversos modelos de wattímetro, como, por exemplo, o modelo eletrodinâmico e modelo digital. Todavia, o presente trabalho leccionará de forma breve o funcionamento de cada um, para começar, pode-se definir um wattímetro como um instrumento de medição capaz de medir a potência elétrica fornecida ou dissipada, ele também é usualmente conhecido como medidor de energia elétrica, o wattímetro fornece a potência na unidade de medida Watts, que equivale a 1 Joule por segundo (J/s). (MATTEDE, 2018).

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um wattímetro analógico com fundo de escala de 100W para medir potência ativa em tensão alternada, onde

através de um C.I (circuito integrado) será demonstrado em um display a potência em Watts. (MATTEDE, 2018).

Nos próximos capítulos será desenvolvido uma breve explicação sobre o funcionamento dos wattímetros citados acima, onde assuntos pertinentes e fundamentais serão explicados, como, por exemplo, Lei de ohm e triangulo das potências. Por fim, será desenvolvido simulações no software Proteus com o objetivo de mostra de forma explicita o funcionamento do wattímetro, assim, logo após as simulações será feito cálculos com o objetivo de comparar com os valores medido pelo wattímetro, para dessa forma demonstra a precisão do equipamento analógico.

2 OBJETIVOS

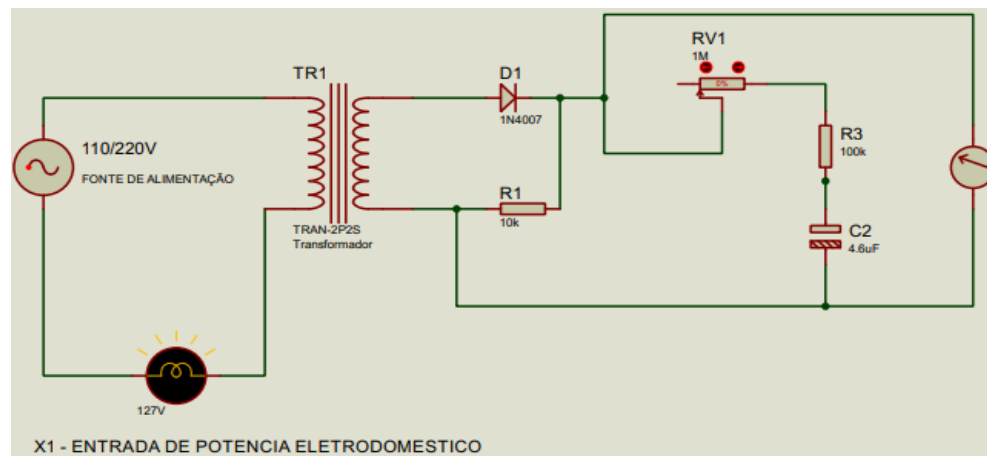
O objetivo do trabalho é desenvolver um wattímetro analógico com fundo de escala de 100W (Watts) para medir potência ativa em tensão alternada, onde através de um C.I (circuito integrado) será demonstrado a potência em Watts.

Desde já, informa-se que não será construído protótipo, todavia o funcionamento do wattímetro será demonstrado no software Proteus através de simulações, onde será detalhado de forma explícita seu funcionamento.

3 METODOLOGIA

Para confecção desse projeto o grupo utilizou a concepção de um wattímetro convencional, conforme mostra a figura 3.

Figura 3 - Modelo de Wattímetro.



Fonte: Adaptado de BRAGA, 2010.

O intuito do wattímetro, é poder medir potências de eletrodomésticos de uso geral com funcionamento em tensão alternada 110/220V, como por exemplo: Liquidificador, batedeira, fritadeira, televisão entre outros. (BRAGA, 2010).

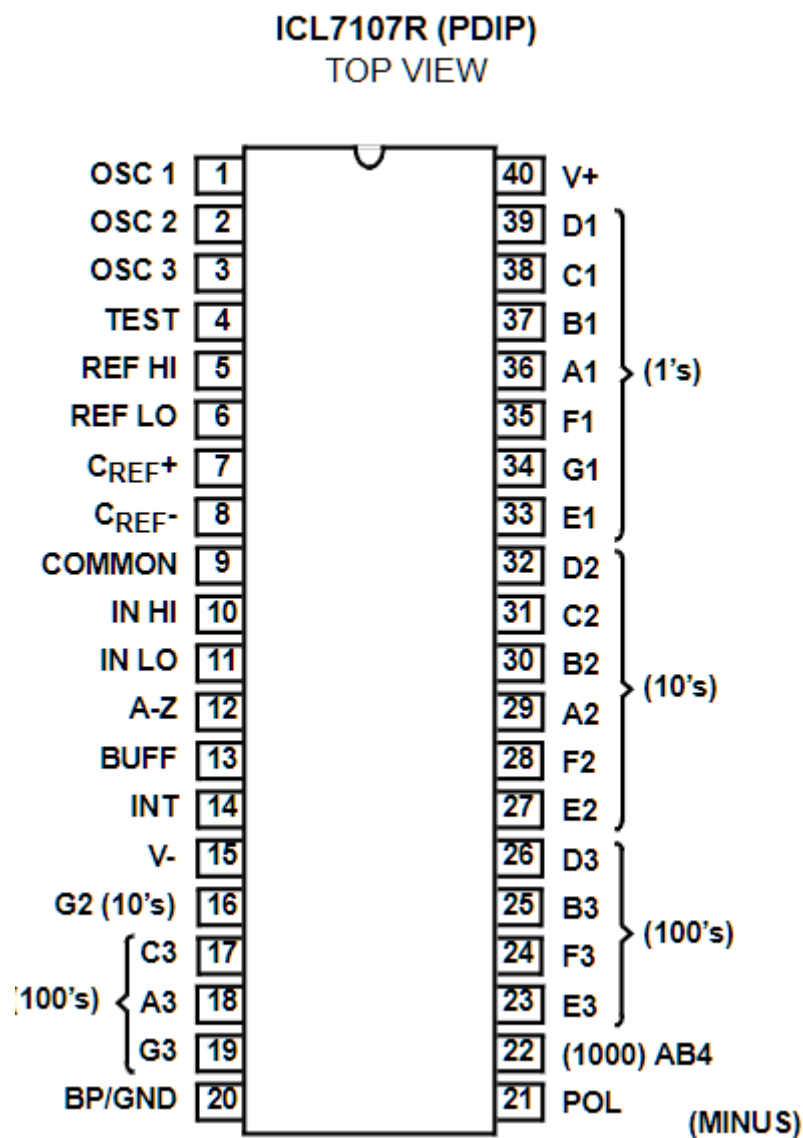
Será utilizado um transformador de tensão conforme demonstrado na figura 3 para reduzir a tensão em uma “amostra” de valor menor, porém proporcional para aferição do equipamento de medição. (BRAGA, 2010).

O transformador usado tem enrolamento primário de 110V (independente da tensão da rede em que o aparelho vai operar) e secundário de 5 ou 6V com corrente de 2,5A ou 3A para a faixa original de potências. (BRAGA, 2010).

O capacitor C1 deve ter uma tensão de trabalho de pelo menos 25V e o fusível de proteção pode ser de 5 ou 10A, já os resistores são de 1/8W com 5% ou mais de tolerância. (BRAGA, 2010).

Após um estudo e montagem do wattímetro o grupo decidiu demonstrar os valores fornecidos de potência através de um display e para seguir as diretrizes estabelecidas no projeto integrador da UNINOVE o grupo decidiu utilizar um Circuito Integrado (C.I) para essa função, o modelo escolhido foi o ICL7107, conforme demonstrado na figura 4.

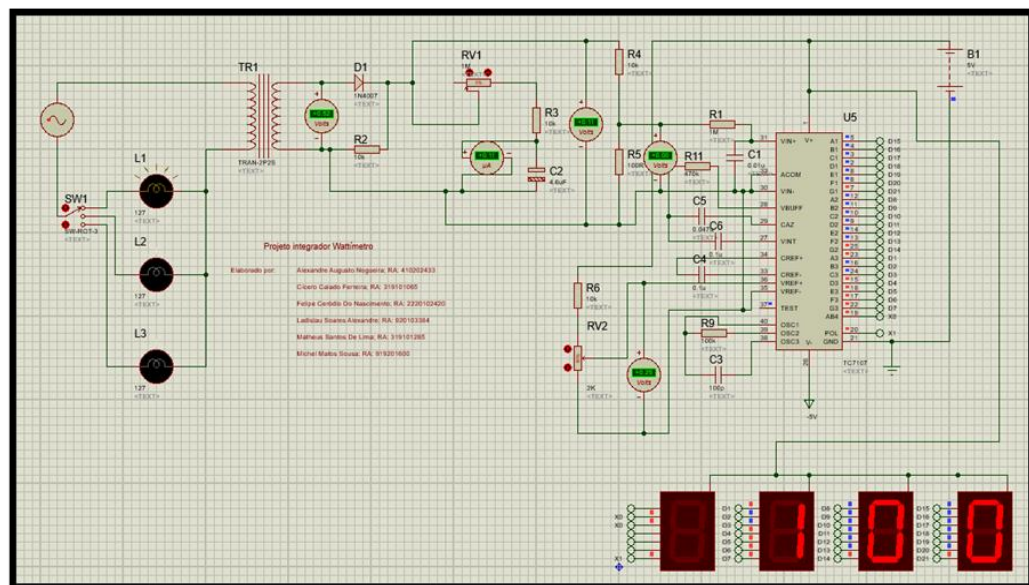
Figura 4 - C.I 7107



Fonte: <https://www.renesas.com/us/en/document/dst/icl7106-icl7107-icl7107s-datasheet>. Acesso em 19/10/2022.

Usando o ICL7107, pode-se construir um wattímetro preciso e de baixo custo. O ICL7107 é um conversor analógico para digital (ADC) de 3,5 dígitos que consome energia muito baixa, o CI possui um circuito interno para acionar quatro displays de sete segmentos para exibir a potência medida. Dessa forma foi possível a elaboração do wattímetro, conforme mostra a figura 5. (JORDÃO, 2013).

Figura 5 - Diagrama Wattímetro



Fonte: Adaptado de BRAGA, 2010.

Lista de componentes:

- Diodo
- Display de 7 Seguintos
- Fonte de alimentação alternada
- Bateria
- Transformador
- Chave seletora
- Resistor
- Resistor Variável
- Capacitor
- Led
- Circuito integrado TC 7107

- Transistor

Para demonstração e simulação de funcionamento foi incluído no projeto uma chave seletora que alimenta três lâmpadas de diferentes potências.

Conforme a chave muda de posição as potências variam conforme relação estabelecida entre tensão (V) e corrente (I). Dessa forma será demonstrado as potências de 100, 50 e 25 Watts (W).

A seguir um link do vídeo demonstrando o funcionamento do wattímetro conforme as diretrizes estabelecidas pela UNINOVE.

Esse link pode ser acessado através de uma pasta criada no Google Drive.

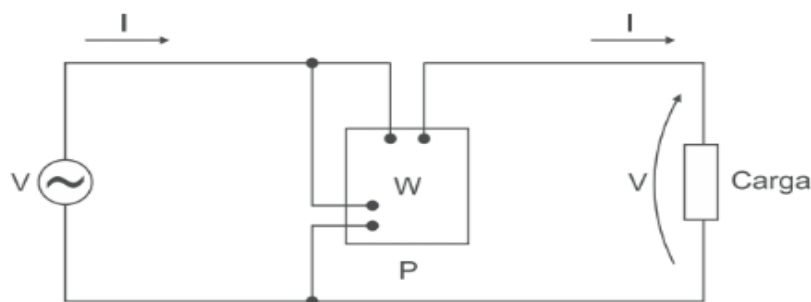
<https://drive.google.com/file/d/1zoXm6in9afMZaYUSv1wRP11fxknQ2IKJ/view?usp=sharing>

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, é realizada uma revisão bibliográfica sobre os diversos modelos de wattímetro, onde procura se explicar de forma simples o funcionamento de cada um, como, por exemplo, será leccionado o funcionamento dos wattímetros eletrodinâmicos e digitais.

De modo geral, pode-se definir o wattímetro como um instrumento utilizado para a medida de potência. Internamente, ele é composto de um amperímetro e de um voltímetro, apresentando no display o resultado do produto entre a tensão e a corrente medidas, os terminais do amperímetro devem ser conectados em série e os do voltímetro em paralelo com o dispositivo, conforme mostra a figura 6. (CRUZ, 2020).

Figura 6 - Wattímetro medindo a potência consumida por uma carga.



Fonte: Cruz, 2020.

Logo, após a medição da tensão e da corrente, o wattímetro as multiplica para obter assim o valor da potência ativa, isto é, potência em Watts, é importante evidenciar que ao realizar tanto a medição da tensão quanto da corrente, uma grandeza não interfere na outra, ou seja, o wattímetro ideal mede a tensão sem qualquer desvio de corrente. (MATTEDE, 2018).

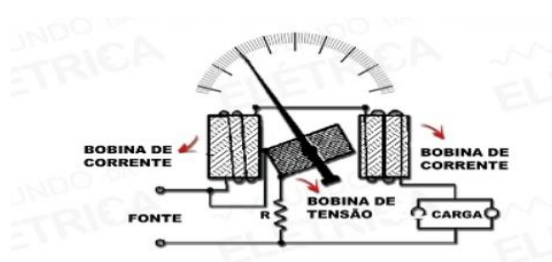
Por isso, ele mede a corrente sem introduzir qualquer queda de tensão aos seus terminais. É pertinente ressaltar que wattímetros ideais não existe, uma vez que ele apresentará perdas como todos os outros equipamentos elétricos, por exemplo, por menor que seja o desvio da corrente elétrica no

momento da medição, ela é suficiente para demonstra que o equipamento não é perfeito. (MATTEDE, 2018).

4.1 Wattímetro Eletrodinâmico

Wattímetro eletrodinâmico vêm de um processo que remonta ao início do século XX, o funcionamento dele pode ser explicado da seguinte forma, no wattímetro há três bobinas, duas fixas em série com a carga, onde são responsáveis pela medida da corrente elétrica, e uma bobina móvel, em paralelo com ela, que por sua vez é responsável por medir a tensão elétrica, conforme mostra a figura 7. (PAPIEWSKI, 2021).

Figura 7 - Circuito interno de wattímetro eletrodinâmico.



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-wattimetro-caracteristicas-aplicacoes/>.

Acesso em 15/10/2022.

Ao passar uma corrente pela bobina de campo, surge em seguida um campo eletromagnético ao redor da bobina, conseqüentemente, uma corrente induzida é gerada também. Assim, para conseguir limitar o valor desta corrente, um resistor de alta resistência é ligado em série com a bobina de potencial. (MATTEDE, 2018).

É extremamente importante afirmar que a deflexão da agulha do wattímetro tem funcionamento diferente, ou seja, dependendo da corrente utilizada a agulha sofrerá deflexão diferente, essa diferença se dar devido a corrente contínua e a corrente alternada, ou seja, em corrente contínua a deflexão da agulha é proporcional tanto a corrente quanto a tensão, já em corrente alternada encontram-se divergências, como, por exemplo, o fato de a corrente e a tensão não estarem em fase, devido aos efeitos

da indutância e capacitância, por isso o fator de potência deve ser levado em consideração. (MATTEDE, 2018).

Outra característica importante é que em corrente contínua o wattímetro eletrodinâmico oferece uma boa precisão, todavia nota-se novamente que em corrente alternada ele já funciona de forma diferente, em corrente alternada de baixa potência, o wattímetro não apresenta uma boa precisão, podendo apresentar erros no fator de potência. Mas, para finalizar, sabe-se que os wattímetros eletrodinâmicos possuem uma precisão altíssima e são usados como padrão em calibrações. (MATTEDE, 2018).

4.1.1 Wattímetro Digital

Diferente do funcionamento dos wattímetros eletrodinâmicos, os digitais conseguem demonstrar os valores de tensão e de corrente diversas vezes por segundo, visto que cada vez que os valores de tensão e corrente são medidos, ao mesmo tempo eles são multiplicados com a finalidade de se obter o valor da potência ativa. O dispositivo responsável por realizar o produto entre as grandezas é um microprocessador, e os resultados são exibidos digitalmente em display LCD, veja na figura 8 a imagem de um wattímetro digital. (MATTEDE, 2018).

Figura 8 - wattímetro digital.



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-wattimetro-caracteristicas-aplicacoes/>.

Acesso em 15/10/2022.

Através das amostras de potências medidas pelo wattímetro, é possível calcular o consumo de energia média durante um determinado período, além disso, o

wattímetro digital é capaz de realizar estatísticas de potência de pico, a fim de encontrar de tensão ou interrupções. (MATTEDE, 2018).

4.1.2 Circuito Integrado (C.I)

Circuito integrado (ou simplesmente C.I.) é um circuito eletrônico que incorpora miniaturas de diversos componentes (principalmente transistores, diodos, resistores e capacitores), "gravados" em uma pequena lâmina (chip) de silício.(JORDÃO, 2013).

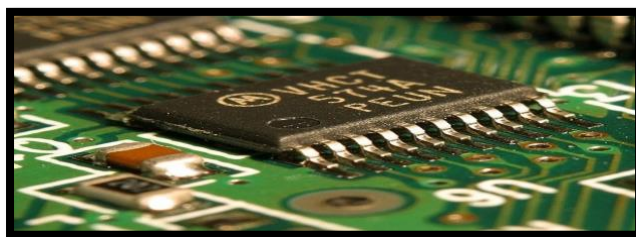
O chip é montado e selado em um bloco (de plástico ou cerâmica) com terminais que são conectados aos seus componentes por pequenos fios condutores.(JORDÃO,2013).

Com as mais diversas funções e aplicações na indústria, presente tanto nos produtos eletrônicos de consumo quanto nos seus processos de produção, os **circuitos integrados**, assim como outros componentes, estão disponíveis em diversos formatos e tamanhos (encapsulamentos), que também determinam a forma como serão fixados nas placas de circuito impresso.(JORDÃO, 2013).

Podem ser montados na superfície da placa, sem atravessá-la (Surface Mount Technology "SMT", ou Surface Mount Device "SMD"), ou podem ser montados com seus terminais atravessando a placa (Thru Hole, ou PTH) .(JORDÃO, 2013).

Embora a tecnologia PTH ainda seja utilizada em grande escala e até há pouco tempo era conhecida como "convencional", a tecnologia SMT, por ser mais adequada à constante sofisticação da indústria, tende a se tornar predominante, os componentes em SMD são consideravelmente menores que os convencionais, conforme mostra figura 9 pode ser observado um C.I.(JORDÃO, 2013).

Figura 9 - Exemplo de circuito integrado.



Fonte: <https://www.tecmundo.com.br/electronica/45954-como-funciona-um-circuito-integrado-ilustracao-.htm>. Acesso em 02/11/2022.

4.1.3 Como funciona um Circuito Integrado ?

A ideia de um C.I é realizar ações mais complexas que não podem ser executadas por um único componente, um circuito integrado pode realizar diferentes funções, como temporizador, oscilador, amplificador, controlador e outras. (JORDÃO, 2013).

Devido a essa grande variedade de componentes e à extrema complexidade de alguns, não vamos falar sobre o funcionamento específico de um ou outro, pois suas funcionalidades divergem e nem todos trabalham da mesma forma. (JORDÃO, 2013).

É importante salientar que eles possuem semelhanças, pois usam peças parecidas e passam pelos mesmos processos de fabricação. . (JORDÃO, 2013).

Normalmente, os CIs fazem parte de circuitos maiores, vamos supor que, no meio de uma placa de som, há um CI para amplificação de um sinal, ele receberá um sinal eletrônico (uma das pernas do CI serve exclusivamente para a entrada do sinal), o qual será encaminhado através das vias internas para os componentes realizarem suas respectivas ações. . (JORDÃO, 2013).

Dentro do CI, pode-se ter capacitores (que vão guardar cargas), resistores (para impedir a passagem da corrente) e transistores (que vão amplificar o sinal em questão), depois que todo o trabalho interno foi realizado, o sinal sai pela perna que foi programada para redirecionar o sinal processado para o circuito externo na placa de som. . (JORDÃO, 2013).

Apesar de parecer simples, todo o processo de funcionamento de um CI é complicado, o desenvolvimento de um circuito integrado é demorado e exige conhecimento avançado. (JORDÃO, 2013).

Hoje, não há muitos CIs que necessitem ser desenhados e projetados, pois é possível solucionar problemas e atender a quase todas as funções combinando circuitos que já existem. . (JORDÃO, 2013).

Se você pegar o CI de um PC e remover a carcaça, dificilmente encontrará os componentes que foi mostrado na ilustração, acontece que os atuais CIs não utilizam as peças (transistores e demais itens) que estão disponíveis em lojas, pois tais

componentes são grandes e resultariam em um CI gigante (o que acaba sendo inconveniente para os atuais aparelhos eletrônicos) . (JORDÃO, 2013).

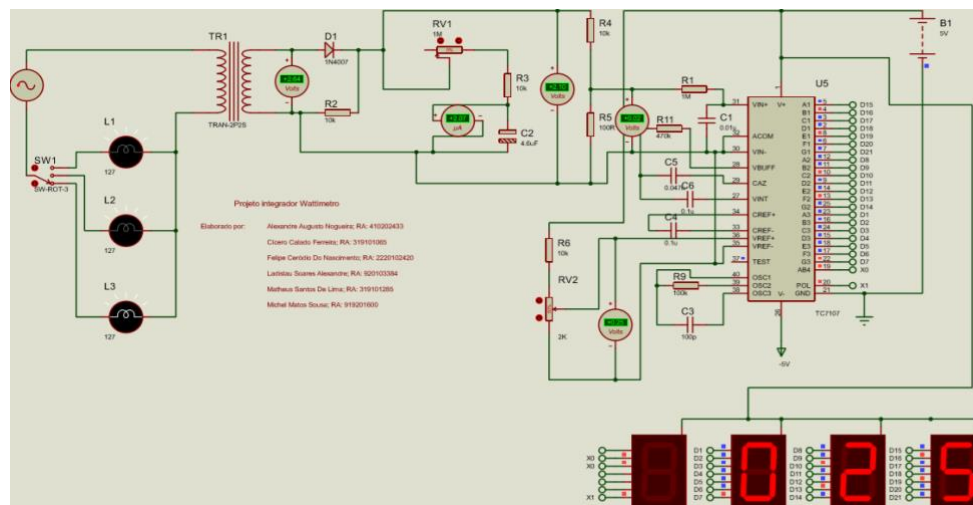
Como o processo de fabricação dos CIs evoluiu, as empresas que produzem esse tipo de peça embutem todos os componentes (que podem ser mais de 10 mil itens) no wafer e apenas colocam o dissipador e a carcaça por cima de todos os elementos. . (JORDÃO, 2013).

Vale notar, contudo, que é possível comprar diversos componentes separados para realizar a ação de um circuito integrado, se você quiser montar um CI para matar a curiosidade, basta ir até uma loja de eletrônica e adquirir as peças necessárias, claro, você vai precisar de um projeto para se orientar e de uma aplicação para testar o dispositivo. . (JORDÃO, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos através de simulações realizadas no software Proteus, onde o wattímetro apresentou as seguintes medidas de potências 25W, 50W e 100W, observando a figura 10 constata-se a primeira medição sendo realizada e demonstrando um valor de 25W.

Figura 10 - Wattímetro medindo 25W.



Fonte: Adaptado de BRAGA, 2010.

Portanto, conforme a figura 10 o wattímetro apresenta uma medida de 25W, na tabela 1 é apresentado os valores de tensão, corrente e resistência do circuito.

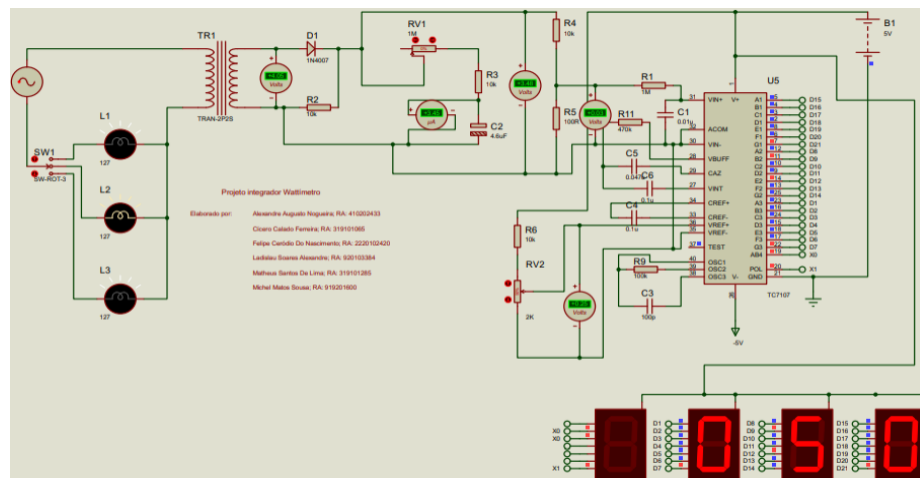
Tabela 1 – Valores de tensão, corrente e resistência.

Tensão	Corrente	Resistência
110V	0,196850394A	645,1599990Ω

Fonte: Autoria própria.

Na figura 11 é apresentado um circuito onde o wattímetro demonstrar uma medição de 50W.

Figura 11 - Wattímetro medindo 50W.



Fonte: Adaptado de BRAGA, 2010.

Na tabela 2 pode-se verificar os valores de tensão, corrente e resistência.

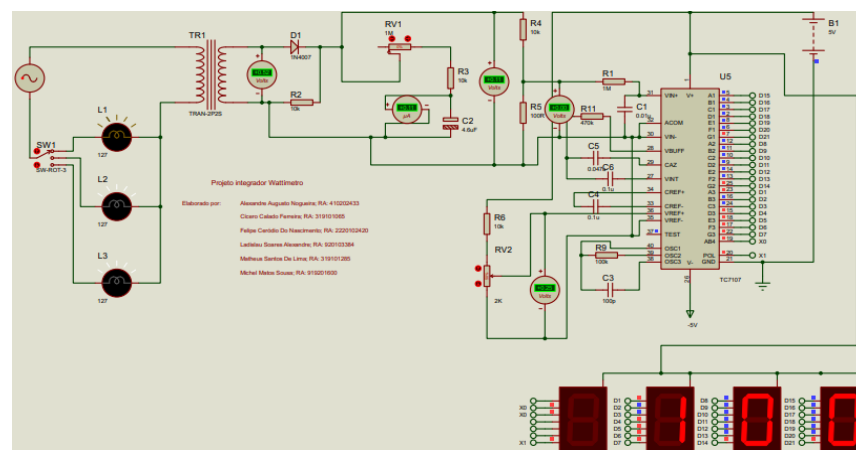
Tabela 2 – Valores de tensão, corrente e resistência.

Tensão	Corrente	Resistência
110V	0,393700787A	322,5800003Ω

Fonte: Autoria própria.

Já na figura 12 é apresentado um circuito onde o wattímetro demonstra uma medição de 100W.

Figura 12 - Wattímetro medindo 100W.



Fonte: Adaptado de BRAGA, 2010.

Na tabela 3 é apresentado os valores de tensão, corrente e resistência.

Tabela 3 – Valores de tensão, corrente e resistência.

Tensão	Corrente	Resistência
110V	0,787401575A	161,29Ω

Fonte: Autoria própria.

Analisando os três resultados demonstrados pelo wattímetro, nota-se em primeiro lugar as divergências entre valores de potências, resistências e correntes, o único valor que permaneceu o mesmo nas três medições realizadas foi a tensão elétrica que no caso foi de 110V, visto que este valor foi o escolhido para realizar as medições.

Os valores de potências diferentes medidas pelo wattímetro mostram que a corrente elétrica no circuito influencia de forma direta no valor apresentado pelo wattímetro, dado que a potência elétrica é a multiplicação do valor da tensão elétrica pela corrente elétrica que circula no circuito. Então, conforme foi demonstrado nas tabelas 1, 2 e 3 constata-se que para cada valor de potência medido pelo wattímetro a corrente apresenta um valor diferente, por exemplo, quando o wattímetro apresentou 25W em seu display a corrente foi de 0,196850394A, já quando o wattímetro apresentou 50W em seu display a corrente foi de 0,393700787A.

Observa-se também que a o aumento da corrente elétrica é proporcional ao aumento da potência, isso é comprovado a partir dos dados apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, onde nota-se que quando o wattímetro mediu 100W a corrente aumentou de forma proporcional, nesse caso o contrário também é verdade, ou seja, quanto menor a potência menor será a corrente circulando no circuito.

Outro fator relevante é a questão da resistência elétrica, observando as tabelas 1, 2 e 3, constata-se que a relação entre corrente e resistência é inversamente proporcional, ou seja, o aumento da corrente significa uma redução no valor da resistência, assim quanto maior for a resistência menor será a corrente que circula pelo circuito, dado que a resistência dificulta a movimentação dos elétrons, observando os valores apresentados nas tabelas é fácil enxergar que onde a corrente teve um alto valor a resistência teve um valor menor.

Para finalizar vale ressaltar que o principal objetivo do wattímetro desenvolvido é realizar a medição de potência ativa em tensão alternada, onde através dos dados apresentados constata-se o bom funcionamento do wattímetro, visto que foi realizada três medições e nas três o desempenho apresentado foi o esperado.

6 DESENVOLVIMENTO

6.1 Lei de Ohm

Para começar, acredita-se ser pertinente explicar sobre a lei de ohm, uma vez que esta lei ajudará a resolver cálculos necessários para entendimento de como funciona um wattímetro.

Georg Simon Ohm, em seus estudos, realizou experiências com condutores elétricos de diversos tamanhos e bitolas, e chegou à conclusão de que há uma relação proporcional entre as grandezas elétricas. (SILVA, 2017).

Assim, foi elaborada uma fórmula matemática simples, embasada em três grandezas fundamentais da eletricidade, que traduz essa relação, essa fórmula é a Lei de Ohm. (SILVA, 2017).

Agora, de forma bem breve será explicado os conceitos de resistência, tensão e corrente. A resistência elétrica é uma oposição a passagem do fluxo de elétrons, ou seja, impõe dificuldade a passagem da corrente elétrica, a unidade de medida da resistência elétrica é o ohm, e seu símbolo é a letra grega Ω , na fórmula 1 demonstra-se que através de uma simples divisão entre tensão e corrente, pode-se encontrar o valor de uma resistência. (SILVA, 2017).

Form. (1), Resistência Elétrica (1)

$$R = \frac{E}{I}$$

A tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp) é o que faz os elétrons se movimentar no interior dos condutores, para que os elétrons se movimentem é necessário que aconteça um desequilíbrio, e este desequilíbrio é chamado de ddp, a unidade de medida de tensão elétrica é volt, e o símbolo do volt é a letra V, a tensão elétrica pode ser calculada, conforme demonstrado na fórmula 2. (SILVA, 2017).

Form. (2), Tensão Elétrica (2)

$$E = R \times I$$

Pode-se definir corrente elétrica, como o movimento ordenado de elétrons de um átomo para outro no interior de um condutor, a unidade de medida da corrente elétrica é ampère, e o símbolo do ampère é a letra A, a corrente elétrica pode ser calculada, conforme demonstra a fórmula 3. (SILVA, 2017).

Form. (3), Corrente Elétrica

(3)

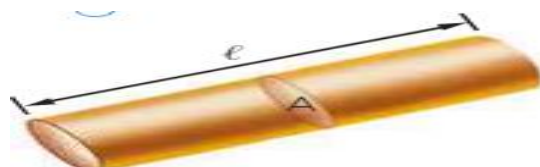
$$I = \frac{E}{R}$$

6.1.1 Resistividade

Pode-se definir resistividade elétrica como propriedade que determina o quanto um material opõe-se à passagem de corrente elétrica, de forma que, quanto maior for a resistividade elétrica de um material, mais dificuldade esse oferecerá a passagem da corrente elétrica, e quanto menor a resistividade, menor será a dificuldade encontrada pela corrente elétrica para passar no material.(TEIXEIRA, 2022).

Portanto, sabe-se que a resistência elétrica de um resistor depende de diversos fatores, para analisar esses fatores, considera-se os resistores na forma em que eles são mais utilizados na prática, ou seja, na forma de um fio, como pode ser visto na figura 13. (FERRARO et al, p, 546).

Figura 13 - Forma de um fio.



Fonte: Livro de física básica, p, 546.

Como mencionado acima para se ter conhecimento da resistência elétrica vários fatores devem ser considerados, por isso a resistência elétrica R depende da

temperatura em que ele se encontra, do material que é constituído, do seu comprimento ℓ e por fim da área de seção transversal representada pela letra A. (FERRARO et al, p, 546).

Caso a temperatura seja mantida constante, observa-se que a resistência é diretamente proporcional ao comprimento e inversamente proporcional à área da seção transversal, como pode ser observada na fórmula 4. (FERRARO et al, p, 546).

Form. (4), Resistência (4)

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

Onde:

✓ R = Resistência Elétrica [Ω];

✓ ρ = Resistividade [$\Omega.m$];

✓ ℓ = Comprimento do condutor [m];

✓ A = Área da seção do condutor [m^2].

Onde a grandeza ρ caracteriza o material que constitui o resistor, sendo denominada resistividade do material, no Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de resistividade é o ohm . metro ($\Omega . m$). (FERRARO et al, p, 546).

O valor da resistividade nem sempre é constante, visto que ela aumenta com a temperatura, isso ocorre porque o calor causa aumento na agitação molecular, ocasionando colisões no interior do condutor, o que aumenta a resistência do material. (TEIXEIRA, 2022).

A relação entre a temperatura e a resistividade elétrica é dada pela expressão:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$$

O ρ_0 é a resistividade do material a uma temperatura inicial t_0 , que normalmente é 20°C. (TEIXEIRA, 2022).

6.1.2 Potência Elétrica

A potência elétrica P , em watt [W], é o produto entre a tensão e a corrente fornecidas por uma fonte de alimentação ou aplicadas a um dispositivo. (CRUZ, 2020).

Matematicamente:

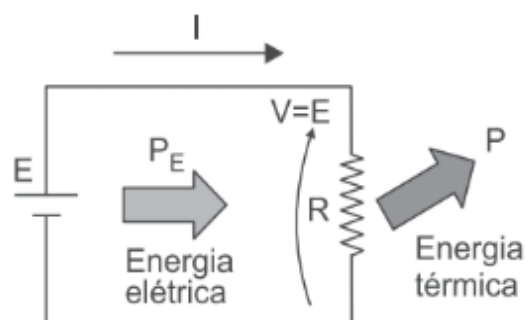
- Potência produzida por uma fonte de alimentação: $P = E \times I$.
- Potência consumida por um dispositivo: $P = E \times I$.

Essas fórmulas são significativas no sentido em que elas expressam, por exemplo, que duas fontes de alimentação com a mesma tensão E podem fornecer potências diferentes aos circuitos que elas alimentam, ou seja, a fonte que fornece mais corrente, conseqüentemente, fornece maior potência ao circuito. (CRUZ, 2020).

Do mesmo modo, o circuito que consome mais corrente é aquele que opera com maior potência. (CRUZ, 2020).

Analisa-se agora uma fonte de tensão alimentando uma carga resistiva R , conforme apresentado na figura 14.

Figura 14 - Fonte de tensão alimentando uma resistência R .



Fonte: Livro eletricidade básica, p, 88. Acesso em 23/09/2022.

A fonte E fornece ao resistor uma corrente I e, portanto, uma potência que pode ser calculada através da fórmula 5.

Form. (5), Potência Elétrica

(5)

$$P_E = E \times I$$

No resistor, a tensão é a mesma da fonte, isto é, $E = E$. Assim, a potência dissipada pelo resistor é dada por $P = E \times I$. Isso significa que toda a potência da fonte foi dissipada (ou absorvida) pelo resistor, pois $P_E = P$, de fato, o que está ocorrendo é que em todo instante a energia elétrica fornecida pela fonte está sendo transformada pela resistência em energia térmica (calor) por efeito Joule. (CRUZ, 2020).

Portanto, no resistor a potência dissipada em função de R pode ser calculada pelas fórmulas 6 e 7. (CRUZ, 2020).

Form. (6), Potência Elétrica

(6)

$$P = R \times I^2$$

Form. (7), Potência Elétrica

(7)

$$P = \frac{E^2}{R}$$

Constata-se que através das fórmulas 6 e 7 chega-se ao mesmo objetivo, isto é, a potência elétrica, na fórmula 6 para chegar ao valor da potência elétrica precisa-se do valor de R e I, já na fórmula 7 precisa-se do valor de R e E.

6.1.3 Energia Elétrica

A energia elétrica desenvolvida em um circuito é o produto da potência pelo tempo de consumo, como pode ser observado na fórmula 8. (CRUZ, 2020).

Form. (8), Energia Elétrica

(8)

$$\tau = P \times \Delta t$$

Embora a unidade de medida de energia seja dada normalmente em joule [J], em eletricidade é preferível que ela seja dada em Watt - segundo [Ws], a fórmula é utilizada para calcular a energia elétrica consumida por circuitos eletrônicos, equipamentos eletrodomésticos, lâmpadas e máquinas elétricas. (CRUZ, 2020).

No caso de residência, comércio e indústria, assim como para máquinas e eletrodomésticos, a unidade de medida de consumo de energia elétrica é o quilowatt - hora [kWh], pois ela é mais adequada à sua ordem de grandeza. (CRUZ, 2020).

Já Para usinas geradoras de energia elétrica, como hidrelétrica, termoelétrica e nuclear, a unidade de medida utilizada é o megawatt - hora [MWh. (CRUZ, 2020).

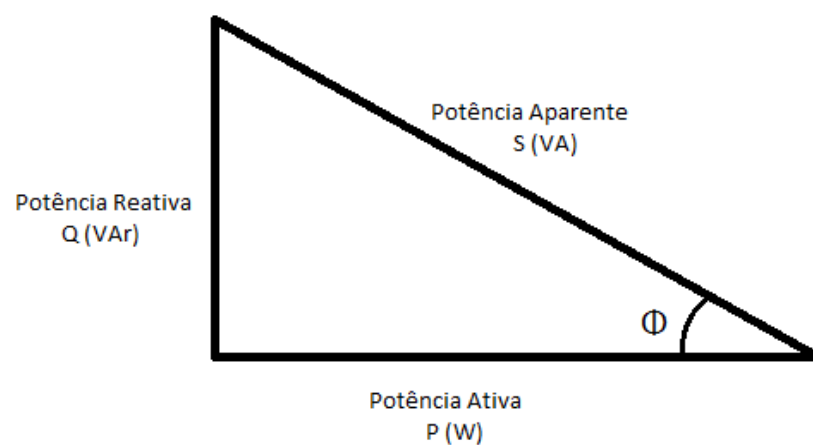
6.2.1 Triângulo Das Potências

Todos os equipamentos elétricos quando ligados a certa tensão e corrente elétrica produzem trabalho, esse trabalho é chamado de Potência Elétrica e como será explicado nesse tópico sabe-se que existem três tipos de potências que podem ser encontradas em equipamentos indutores. (SANTOS, 2021).

Essas três potências se encontram em corrente alternada, já em corrente contínua temos só a potência aparente, dado que em corrente contínua os elétrons se movem em um único sentido, já na corrente alternada os elétrons variam sua direção constantemente. (SANTOS, 2021).

O triângulo das potências relaciona três tipos de potências que são elas, a potência aparente, a potência ativa e a potência reativa, onde através de um teorema matemático bem conhecido chamado de (Teorema de Pitágoras) consegue-se retirar as fórmulas e seus resultados, como pode ser observado na figura 15. (SANTOS, 2021).

Figura 15 - Triângulo das Potências.



Fonte: SANTOS, 2021.

Como ficou evidente os três tipos de potências demonstradas na figura 15, agora será lecionado de forma minuciosa como cada potência funciona.

Também chamada de potência total a potência aparente é a potência da geração para o consumidor, como, por exemplo, é a potência fornecida pela concessionária de energia elétrica para uma indústria, para ficar mais explícito a potência aparente é a potência que o equipamento tira da rede elétrica para poder funcionar, a potência aparente é medida Volt Amper = VA e representada pela letra S, veja na fórmula 9 como pode ser calculada a potência aparente. (SANTOS, 2021) e (BOYLESTAD, 2018).

Form. (9), Potência aparente

(9)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Onde,

S = Potência aparente;

P = Potência ativa;

Q = Potência reativa.

Já a potência ativa é aquela que se transforma em trabalho, ela é conhecida também como potência útil ou real, sua unidade de medida é o Watts (W), ela pode ser calculada através da fórmula 10. (SANTOS, 2021).

Form. (10), Potência ativa

(10)

$$P. \text{ ativa} = E \times I \times \cos(\Phi)$$

Onde,

E = Tensão Elétrica;

I = Corrente Elétrica;

cos (Φ) = Cosseno Φ

Diferente da potência ativa e aparente, a reativa é a potência consumida pela reatância (capacitiva ou indutiva), vale ressaltar que em cargas resistivas por não terem reatância, também não tem potência reativa, ou seja, PQ = 0, na prática é a potência que não é gasta pelo equipamento, mas também não produz trabalho, sua unidade de medida é o volt Amper reativo – Var, através da fórmula 11 consegue-se calcular a potência reativa.(SANTOS, 2021).

Form. (11), Potência reativa

(11)

$$P_{\text{reativa}} = E \times I \times \text{Sen} (\Phi)$$

E = Tensão Elétrica;

I = Corrente Elétrica;

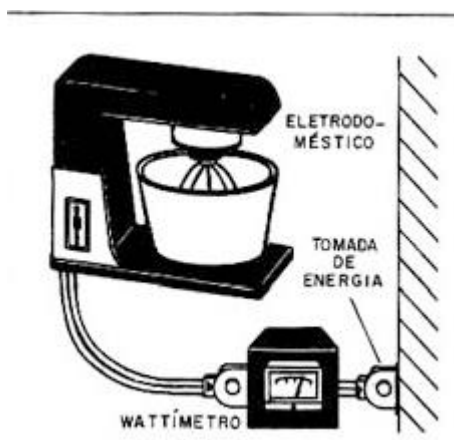
Sen (Φ) = Seno

7 WATTÍMETRO ANALÓGICO COM FUNDO DE ESCALA DE 100W (WATTS).

O wattímetro desenvolvido tem seu uso bem pratico, visto que o desenvolvimento do equipamento busca atingir todos os públicos, ou seja, do técnico com formação na área ao leigo. (BRAGA, 2010).

O wattímetro desenvolvido atende a maioria dos eletrodomésticos comuns, ou seja, aparelhos de uso do dia a dia, como, por exemplo, liquidificador, batedeira, entre outros, a limitação do wattímetro fica na questão da potência do aparelho elétrico, por exemplo, em 127V o wattímetro consegue medir uma potência máxima de até 500W, caso se utilize um aparelho com potência superior ao que o wattímetro suporta o mesmo com toda certeza será danificado, é relevante informa que o wattímetro não necessita de uma rede de alimentação para funcionar, pois seu funcionamento depende exclusivamente da alimentação da rede, como pode ser visto na figura 16. (BRAGA, 2010).

Figura 16 - Utilizando o wattímetro para medir a potência da Batedeira.



Fonte: BRAGA, 2010.

Observando a figura 16 constata-se que a tomada da batedeira é conectada ao wattímetro e a tomada do wattímetro é conectada na tomada da residência para que dessa forma o aparelho possa medir a potência da batedeira, evidencia-se também que na lateral do wattímetro encontra-se um módulo de tomada com o objetivo de fazer a conexão entre a batedeira e o wattímetro, este módulo é de 10A, ou seja, suporta uma corrente máxima de 10 ampères, portanto através da fórmula 5 pode-se adquirir o valor da corrente elétrica e assim ratificar que o módulo de 10A é o ideal

para suportar um equipamento com potência igual a 500W. Então, através do fórmula 5 consegue-se adquirir o valor da corrente, observando a fórmula 5 enxergar que se multiplicar a tensão pela corrente adquire-se o valor da potência elétrica, porém o objetivo agora é adquirir o valor da corrente elétrica, portanto como tensão e corrente estão se multiplicando é só fazer diferente, ou seja, a tensão passa dividindo a potência e, assim consegue-se encontrar o valor da corrente elétrica, como pode ser vista na manipulação da fórmula 5. (BRAGA, 2010).

Form. (5) Corrente Elétrica

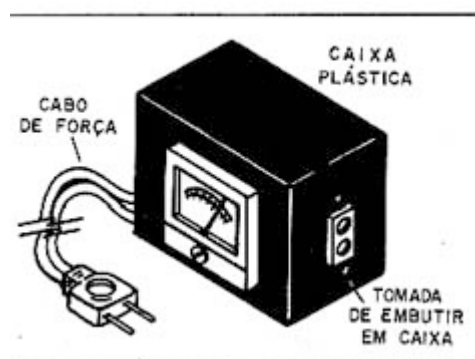
(5)

$$P_E = E \times I$$

$$I = \frac{P_E}{E} = I = \frac{500W}{127V} = 3,937007874A$$

Através do cálculo onde se encontrou uma corrente de 3,937007874A evidencia-se que o módulo de tomada que suporta 10A é o adequado para fazer a conexão entre wattímetro e a batedeira, o cabo que faz a conexão entre wattímetro e o plugue é de 1,5mm, dado que segundo a tabela 36 da NBR 5410 o cabo de 1,5mm suporta uma corrente máxima de 15,5A, veja na figura 17 alguns detalhes externos do wattímetro. (BRAGA, 2010).

Figura 17 - Detalhes externos do wattímetro.



Fonte: BRAGA, 2010.

Observando a figura 17 consegue enxergar o cabo que faz a conexão entre wattímetro e tomada, na lateral pode-se ver também o módulo de tomada que serve para fazer a conexão entre wattímetro e o eletrodoméstico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se iniciou o trabalho de pesquisa, constatou-se que a preocupação com a economia de energia elétrica é cada vez maior dados seus custos e a própria disponibilidade, visto que atualmente vive-se uma crise no setor de geração de energia elétrica, portanto ter o conhecimento da potência dos equipamentos se tornou fundamental para se economizar energia elétrica. Dado que quanto maior a potência do equipamento maior será seu consumo de energia elétrica.

Diante disso a pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de um wattímetro analógico com fundo de escala de 100W (Watts) para medir potência ativa em tensão alternada, com o objetivo de medir as potências dos equipamentos elétricos, principalmente dos aparelhos que apresentam problemas e acabam consumindo uma potência maior do que a qual ele foi projetado para consumir, assim gastando mais energia elétrica, por isso, o wattímetro através da sua capacidade de medir potência elétrica identifica esses problemas que sem o equipamento seria difícil de ser identificado.

Logo, constata-se que o objetivo do trabalho foi atendido, pois o wattímetro desenvolvido realizou as seguintes medidas de potências, 25W, 50W e 100W, dessa forma, demonstrando sua eficiência, onde foi feita três simulações no software Proteus com três potências distintas e nas três o wattímetro demonstrou qualidade e eficiência, conforme foi evidenciado no tópico de análise e resultados.

O desenvolvimento do wattímetro se iniciou através de uma minuciosa pesquisa bibliográfica, onde se estudou diversos modelos de wattímetro com o objetivo de encontrar a melhor caminho para desenvolver um equipamento com baixo custo e eficiente. Portanto, diante da metodologia proposta percebe-se que poderia ter realizado uma pesquisa mais ampla para analisar o funcionamento do wattímetro com os três tipos de cargas, resistiva, indutiva e capacitiva.

Por fim, para os trabalhos futuro recomenda-se um estudo de como o wattímetro funcionaria medindo cargas, resistivas, indutivas e capacitivas, como seria o comportamento da tensão e da corrente nessas simulações, como a resistência se comportaria, como adapta o wattímetro para realizar medições em corrente alternada e continua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOYLESTAD, Roberto L. Introdução à Análise de Circuitos.in_____. **Análise de Circuitos**. São Paulo, 2018

BRAGA, Newton. **Wattímetro para eletrodomésticos**; Instituto Newton C. Braga. Disponível em: <https://newtoncbraga.com.br/index.php/instrumentacao/108-artigos-diversos/997-wattimetro-para-eletrdomesticos-ins002>. Acesso em 02 de outubro de 2022.

SANTOS, Gustavo. **Triângulo das potências**. Ligando Os Fios. Disponível em: <https://ligandoosfios.com.br/triangulo-das-potencias-potencia-aparente-ativa-e-reativa/>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

SILVA, Rafael Vinícius. Instalações Elétricas. In_____. **Instalações Elétricas**. Rio Grande Do Sul, 2017.

CRUZ, Eduardo. **Eletricidade Básica** – Circuitos em Corrente Contínua – 2º Edição Revisada.” Páginas 88 a 92. Acesso em 23 de setembro de 2022.

FERRARO, Nicolau G; FOGO, Ronaldo; SOARES, Paulo A. T. Física Básica: Volume Único. In_____. **Física Básica**. São Paulo: Atual, 2013.

JORDÃO, Fabio. **Como funciona um circuito integrado ?**. Tec Mundo. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/eletronica/45954-como-funciona-um-circuito-integrado-ilustracao-.htm>. Acesso em 02 de novembro de 2022.

MACHADO, Giovani Vitória. **A transição da geração no setor elétrico brasileiro.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-660/EPEFactSheetEmissoesSetorEletrico.pdf#search=Consumo%20energ%C3%A9tico%202021%20termoel%C3%A9tricas>. Acesso em 12 de outubro de 2022.

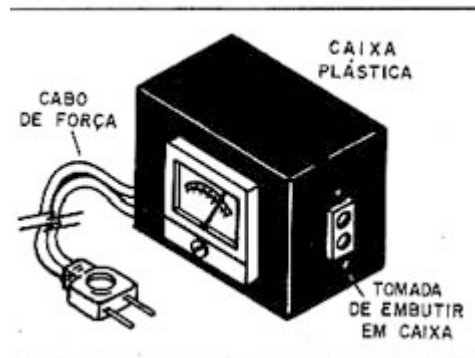
MATTEDE, Henrique. **Wattímetro, Características e Aplicações.** Mundo da elétrica. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-wattimetro-caracteristicas-aplicacoes/>. Acesso em 02 de outubro de 2022.

PAPIEWSKI, John. **Modelos De Wattímetros.** Ehow Brasil. Disponível em: https://www.ehow.com.br/wattimetro-funciona-como_6079/. Acesso em 15 de outubro de 2022.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. **Resistividade Elétrica.** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/resistividade-eletrica.htm#:~:text=A%20resistividade%20el%C3%A9trica%20%C3%A9%20uma%20propriedade%20que%20define%20o%20quanto,permitir%C3%A1%20a%20passagem%20da%20corrente>. Acesso em 23 de outubro de 2022.

APÊNDICE A – Manual de instrução

Figura 18 - Wattímetro Ilustrativo.



Fonte: BRAGA, 2010.

Conforme demonstrado na figura 18 , para ligar o Wattímetro basta ligar o aparelho na rede de energia de tensão 110 V e o equipamento que deverá ser medido na tomada de embutir.

Observação: A figura 18 é meramente ilustrativa e o Wattímetro utilizado no projeto demonstra o valor medido através de um display de 7 segmentos.

ADVERTÊNCIAS

Medir equipamentos apenas em tensão alternada;
Medir equipamentos com potência máxima de 500W em 110V;
Não utilizar o equipamento em 220V e 380V;