



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PEDRO LUCAS DA SILVA

**MEDINDO POTÊNCIA ELÉTRICA COM SENSOR NÃO-INVASIVO CONTROLADO
POR ARDUINO**

ANGICOS – RN

2018

PEDRO LUCAS DA SILVA

**MEDINDO POTÊNCIA ELÉTRICA COM SENSOR NÃO-INVASIVO CONTROLADO
POR ARDUINO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Angicos, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador (a): Prof. Dr. Marcos Vinícius Candido Henriques

ANGICOS - RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D586m DA SILVA, PEDRO LUCAS.
MEDINDO POTÊNCIA ELÉTRICA COM SENSOR NÃO-
INVASIVO CONTROLADO POR ARDUINO / PEDRO LUCAS DA
SILVA. - 2018.
34 f. : il.

Orientador: MARCOS VINICIUS CANDIDO HENRIQUES.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Energia elétrica. 2. Uso racional. 3.
Potência elétrica. 4. Sensor de corrente elétrica
alternada. I. CANDIDO HENRIQUES, MARCOS VINICIUS,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PEDRO LUCAS DA SILVA

**MEDINDO POTÊNCIA ELÉTRICA COM SENSOR NÃO-INVASIVO CONTROLADO
POR ARDUINO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 12 / 09 / 2018.

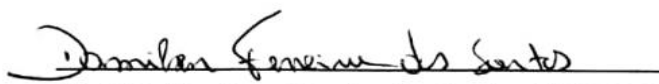
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Marcos Vinícius Candido Henrique (UFERSA)

Presidente


Prof. Dr. Francisco Edcarlos Alves Leite (UFERSA)

Membro Examinador


Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos (UFERSA)

Membro Examinador

AGRADECIMENTO

Sou grato primeiramente a Deus.

Em segundo, agradeço ao meu pai, que sempre me apoiou e acreditou nos meus sonhos.

A minha mãe, que tenho certeza que esteve, está e sempre estará no céu me protegendo e me dando forças.

A minha namorada, Ohana, por estar sempre ao meu lado tentando me encorajar para enfrentar os desafios da vida.

Ao meu orientador, Marcos Vinicius, por todas as dicas e paciência.

E agradeço também a todos os meus amigos que me apoiaram e me ajudaram nessa jornada durante todos esses anos e que nunca deixaram de acreditar na minha capacidade.

RESUMO

Hoje em dia é quase impossível pensar em uma realidade onde não haja Energia Elétrica. Este elemento é indispensável para o funcionamento de diversos setores (residencial, comercial e principalmente nas grandes indústrias). Por esse e outros fatores, torna-se cada vez mais importante adotar e utilizar medidas em prol do uso racional, principalmente por este insumo ser um bem finito. Foi nessa linha de pensamento que se optou fazer um estudo utilizando um dispositivo sensor de corrente elétrica alternada não invasivo controlado por arduino, capaz de identificar a potência elétrica instantânea que está sendo consumida pelos aparelhos quando estes estiverem no seu estado de funcionamento. Experimentalmente verificou-se que os dados coletados com o uso do dispositivo apresentavam bastante similaridade a potência nominal dos aparelhos que foram testados. A partir disso foi comprovada a efetividade do sensor. A aplicabilidade desse experimento está inserida em vários âmbitos, como por exemplo: ter maior controle no consumo de potência, verificar quais cargas mais consomem energia elétrica e aonde está havendo desperdício, etc. Este estudo fornece, de maneira clara, todas as informações necessárias para entender a necessidade e funcionamento do experimento, bem como adoção de medidas que podem reduzir o gasto desnecessário.

Palavras-chave: Energia elétrica. Uso racional. Potência elétrica. Sensor de corrente alternada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distúrbios elétricos	12
Figura 2: Triângulo de potências	17
Figura 3: Fator de potência capacitivo	19
Figura 4: Fator de potência indutivo	19
Figura 5: Linhas de campo magnético produzido pela corrente em um fio	20
Figura 6: Sentido do campo magnético	21
Figura 7: Modelo do circuito	23
Figura 8: Aparato experimental	24
Figura 9: Sensor de Corrente SCT-013.....	25
Figura 10: Como utilizar o Sensor: a) forma correta; b) forma errada.....	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Potência (W) x Tempo (s)	28
Gráfico 2: Potência consumida em cada velocidade.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Potência consumida em cada velocidade	29
Tabela 2: Potência consumida pela máquina de cortar cabelo.	30
Tabela 3: Potência consumida pelo Ferro de passar roupas	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Hz	Hertz
k	Kilo
P	Potência ativa
Q	Potência reativa
S	Potência aparente
FP	Fator de potência
W	Watts
SCT	Split-core Current Transformer
IDE	Integrated Development Environment
USB	Universal Serial Bus
SI	Sistema Internacional de Unidades

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Ω	Ohm
φ	Fi (minúsculo)
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
ε	Épsilon
μ	Micro
θ	Teta
$\oint$	Integral de linha ou integral fechada
F	Faraday

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1.	Qualidade de Energia	12
2.1.1.	Definição.....	12
2.1.2.	Tipos de distúrbios.....	12
2.2.	Potência elétrica	15
2.2.1.	Definição.....	15
2.2.2.	Potência elétrica em corrente contínua	16
2.2.3.	Potência elétrica em corrente alternada	16
2.3.	Lei de Ampère	19
2.3.1.	Definição.....	19
2.3.2.	Sentido do campo magnético	20
2.4.	Lei de Faraday.....	21
2.5.	Economia de energia elétrica em repartições públicas	21
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1.	Materiais utilizados.....	23
3.2.	Metodologia.....	24
3.2.1.	Sensor SCT-013	25
3.2.2.	Arduino	26
4.	RESULTADOS	28
4.1.	Erro sistemático.....	28
4.2.	Avaliação da potência consumida pelo ventilador	28
5.	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	32

1. INTRODUÇÃO

A eletricidade tornou-se um insumo indispensável. Uma má qualidade na energia elétrica pode acarretar no mal funcionamento de equipamentos e, conseqüentemente, causar desconforto e contratempos. Para as empresas gera prejuízo econômico, especialmente aquelas onde a energia elétrica é um elemento indispensável para o seu funcionamento. Em hospitais pode trazer ameaça para a vida de pacientes. Isto posto, torna-se indispensável o debate sobre a problemática e deve ser estudado de maneira prudente e eficiente (PADILLA, 2008).

Em um tempo onde o aumento de dispositivos que dependem dessa fonte de energia para poder funcionar, foi visto que importante não era apenas pensar em como cumprir com a demanda, mas também distribuir uma energia elétrica de qualidade. E a cada dia aparelhos e métodos são estudados para fazer a analisar e buscar meios que reduzam esses distúrbios na rede elétrica de residências, indústrias e outros setores que necessitem.

Outro assunto muito importante está ligado ao desperdício da energia elétrica. Os impactos causados pelo mau uso da energia elétrica tornam-se evidente na conta de luz. É possível notar que utilizar de maneira racional determinados eletrodomésticos pode refletir em resultados bastante positivos na conta de luz de residências, comércios, instituições públicas e, principalmente, nas grandes indústrias.

Essa pesquisa tem como objetivo reduzir o consumo de potência elétrica utilizando um aparelho capaz de identificar a potência elétrica instantânea que está sendo consumida pelos equipamentos que utilizam energia elétrica para o seu funcionamento, através um sensor de corrente elétrica alternada não invasivo controlado por arduino.

O impacto causado pelo uso irracional da energia elétrica se torna evidente quando nos desviamos para um olhar mais abrangente. É possível notar que, o consumo consciente com dispositivos que utilizam energia elétrica para o seu funcionamento, pode refletir em resultados positivos na conta de luz de residências, comércios, instituições públicas. Porém só é perceptível quando ocorre o oposto. Portanto, se faz necessário tomar algumas providências com a finalidade de reduzir os gastos com a energia elétrica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Qualidade de Energia

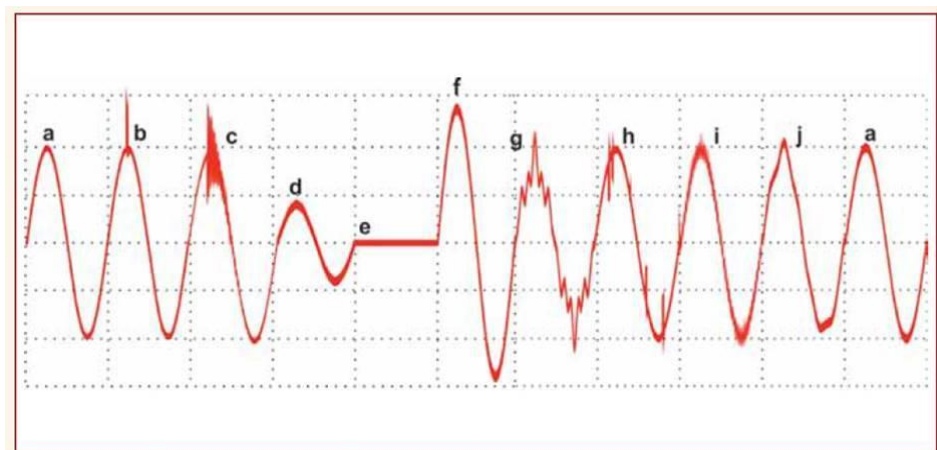
2.1.1. Definição

Várias explicações são capazes de descrever, de maneira equivalente, o agregado de fenômenos que interferem a amplitude e a forma de onda da tensão e corrente. Pode ser definida por qualquer obstáculo na tensão, corrente ou desvio na frequência que ocasione em falhas ou danifique a operação dos equipamentos. (ROCHA, 2016).

2.1.2. Tipos de distúrbios

A qualidade da energia elétrica pode ser afetada por variados tipos de fatos, dentre os principais estão:

Figura 1: Distúrbios elétricos



Fonte: www.awstrom.com.br (2018)

- a. Tensão senoidal pura
- b. Transitório impulsivo
- c. Transitório oscilatório
- d. Queda de tensão
- e. Interrupção
- f. Elevação de tensão
- g. Harmônico
- h. Corte de tensão
- i. Ruídos
- j. Inter-harmônico

Nesta seção será realizada uma abordagem resumida sobre cada um desses distúrbios, apresentados na Figura 1, que afetam a qualidade da energia elétrica.

a) Transitórios

De acordo com Padilla (2008), o termo transitório está interligado aos fenômenos que distorcem os valores da tensão e corrente em um curto período de tempo, podendo assim gerar um mal funcionamento nos equipamentos. Segundo o autor estes podem distinguir-se de duas formas: impulsivos e oscilatórios.

- Transitório impulsivo

Os transitórios impulsivos são aqueles surtos ocasionados devido às descargas atmosféricas, provocando bruscas alterações no estado da tensão e/ou corrente, com polaridade unidimensional. Esse surto pode provocar o desgaste ou a falha do isolamento dos equipamentos elétricos.

- Transitório oscilatório

Os transitórios oscilatórios são derivados da energização de linhas de transmissão, corte de corrente indutiva, chaveamento de banco de capacitores, etc. Semelhante ao transitório impulsivo, também é uma alteração súbita no valor efetivo da tensão e/ou corrente e possui polaridade positiva ou negativa. Distingue-se pelo seu conteúdo espectral, duração e magnitude.

b) Variação de tensão de curta duração

Maia (2011) descreve as variações de tensão de curta duração como os fenômenos que interferem no valor eficaz da tensão. E podem ser classificados como variações momentâneas ou temporárias. Essas variações podem ser interrupções, afundamento e elevação de tensão.

- Momentânea

As variações momentâneas são aquelas onde sua ocorrência encontra-se em um intervalo de tempo inferior ou igual a 3 (três) segundos.

- Temporária

As variações temporárias são aquelas onde sua ocorrência situa-se entre valores de tempo superiores a 3 (três) segundos e inferior ou igual a 1 (um) minuto.

c) Variação de tensão de longa duração

Segundo Padilla (2008), as variações de tensão de longa duração são aquelas onde o valor eficaz da tensão sofre alterações durante um período de tempo superior a 3 (três) segundos. Essas alterações podem ser classificadas como interrupção sustentada, queda de tensão e elevação de tensão.

- Interrupção sustentada

Quando o valor eficaz da tensão está totalmente nulo por um período superior a 1 (um) minutos é considerado como uma interrupção sustentada. Podendo ocorrer de forma inesperada ou planeada.

- Queda de tensão

Quando o valor eficaz da tensão sofre uma depressão de 80% a 90% por um período de tempo superior a 1 (um) minuto, são classificadas como quedas de tensão ou, ainda, subtensão. Podem ser provocadas pela entrada ou saída de cargas dos bancos de capacitores e também pela sobrecarga nos alimentadores.

- Elevação de tensão

Elevação de tensão ou sobretensão, são aquelas onde ocorre um aumento entre 110% e 120% no valor eficaz da tensão por um período de tempo superior a 1 (um) minuto. Um dos fatores que originam esse fenómeno é a saída de grandes blocos de carga. Acontecem com menor frequência, porém, deve ser avisado imediatamente para a distribuidora em caso de seu surgimento.

d) Distorção da forma de onda

Quando um desvio é causado na forma da onda senoidal pura da tensão ou corrente, denominamos de distorções harmônicas, segundo Padilla (2008). Ele menciona e define 5 (cinco) tipos de distorções sobre a forma da onda.

- Desvio no nível CC

Ocorre quando há a influência de tensões de corrente contínua integrado a sistemas de corrente alternada. Esse evento pode ser originado devido a retificação da meia onda.

- Harmônico

Quando tensões ou correntes senoidais com frequência múltipla das fundamentais (50Hz ou 60Hz) somam-se, ocorrem distorções na forma da onda senoidal pura.

- Inter-harmônico

As inter-harmônicas ocorrem quando sinais de tensões ou correntes, com frequência não múltipla das fundamentais (50Hz ou 60Hz), somam-se a elas.

- Corte

É uma perturbação causada frequentemente na tensão, provocada pelo funcionamento de equipamentos que utilizam eletrônica de potência, quando a corrente é modificada de uma fase para outra.

- Ruído

Ruído é um distúrbio indesejável, com um sinal de frequência excessivo, menor que 200 kHz, com pouca intensidade, aplicado à corrente ou tensão nos condutores fase ou neutro.

e) Desequilíbrio de tensão

Paulilo (2013) define desequilíbrio em um sistema elétrico trifásico como uma circunstância onde as 3 (três) fases apresentam valores distintos de tensão ou defasagem angular diferente de 120° ou os dois ao mesmo tempo. Outra definição é que é o desvio médio máximo entre a razão dos valores médios de tensão ou corrente trifásica pela média dos mesmos valores, apresentado em porcentagem.

f) Variações de frequência

A rotação dos geradores de energia está ligada inteiramente a frequência dos sistemas elétricos. Depende, em qualquer instante, do equilíbrio entre a carga e a geração. Algumas variações devem ocorrer quando esse equilíbrio é modificado. Essas variações podem provocar um mau funcionamento de máquinas rotativas, porém é um fenômeno incomum de acontecer. (PADILLA, 2008)

g) Flutuação de tensão

A flutuação de tensão ocorre de maneira arbitrária, podem acontecer de forma repetitiva ou inesperada. Possui pequena dimensão, atribuindo valores entre 90% e 110% da tensão nominal. Habitualmente essa variação de frequência fica abaixo de 25Hz. (ROCHA, 2016)

2.2. Potência elétrica

2.2.1. Definição

Geralmente essa expressão é aplicada como um indicador da quantidade de trabalho que pode ser realizado em um determinado período de tempo, ou seja, a potência é a rapidez com que um trabalho é executado. (BOYLESTAD, 2012)

A unidade de medida de potência, no SI, é definida por W (Watt).

2.2.2. Potência elétrica em corrente contínua

Em um circuito de corrente contínua, não há variação da tensão e corrente em função do tempo. (BOYLESTAD, 2004)

A partir disso podemos determinar que a medida da tensão e da corrente entre dois pontos serão constantes. Logo, para circuitos de corrente contínua, a potência será dada por:

$$P = VI \quad (1)$$

Onde:

P - Potência (W)

V - Tensão (V)

I - Corrente (A)

Da mesma forma, podemos utilizar a Lei de Ohm para encontrar a potência. Esta Lei afirma que a tensão é o produto entre a resistência e a corrente elétrica (HALLIDAY, 2012). Ao manipular a equação e substituímos em (1) obtemos duas novas formas de se encontrar a potência:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

$$P = I^2 R \quad (3)$$

2.2.3. Potência elétrica em corrente alternada

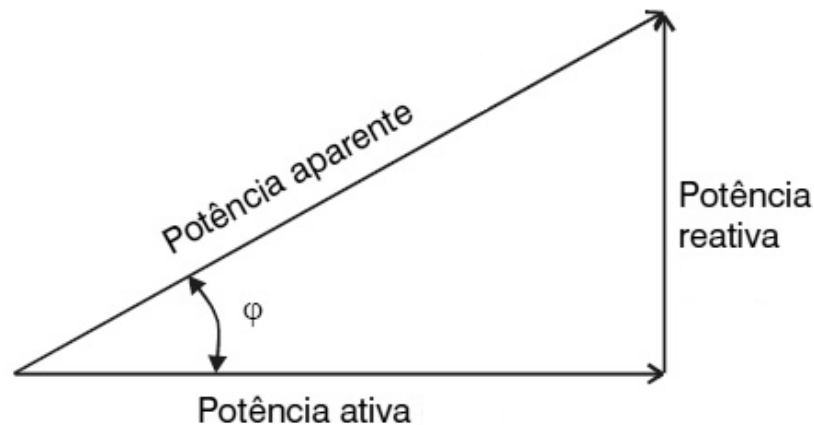
Vimos que a potência é o produto da tensão pela corrente, porém algumas variações ocorrem nos circuitos do tipo corrente alternada. Boylestad (2004) diz que, em circuitos de corrente alternada, os sinais da corrente e tensão são de forma senoidal, e ficam da seguinte forma:

$$v = V_m \sin(\omega t + \Phi) \quad (4)$$

$$i = I_m \sin(\omega t) \quad (5)$$

De acordo com Gussow (1997), alguns termos novos são utilizados para analisar circuitos de corrente alternada, denominados: potência ativa (P), potência reativa (Q), potência aparente (S) e fator de potência. Onde todos esses termos podem ser expressados por um triângulo retângulo, como mostrado na figura 2, conhecido comumente como triângulo de potências.

Figura 2: Triângulo de potências



Fonte: Silveira Júnior (2017)

a) Potência ativa (P)

Toda potência capaz de produzir trabalho utilizável, por exemplo: gerar movimento em motores, ligar lâmpadas, transformadores e entre outros equipamentos (ELEKTRO, 2018).

Após substituirmos a tensão e corrente na forma senoidal na fórmula da potência (1), aplicar algumas operações trigonométricas e criar uma condição onde não dependa do tempo ou utilizando o triângulo de potências:

$$P = VI \cos(\varphi) \quad (6)$$

$$P = S \cos(\varphi) \quad (7)$$

Essa potência recebe o nome de potência ativa ou real e sua unidade de medida é expressa em Watts (W) (GUSSOW, 1997).

b) Potência reativa (Q)

Se capacitores e indutores fizerem parte de um circuito, a sua potência reativa será determinada a partir da diferença entre as potências fornecida pela reatância de cada componente. (BOYLESTAD, 2012)

Segundo o mesmo autor sua unidade de medida é o volt-ampere reativo (VAr) e a partir do triângulo de potência temos que:

$$Q = S \sin(\varphi) \quad (8)$$

Elektro (2018) complementa afirmando que a potência reativa é a parcela da energia elétrica que não é capaz de realizar trabalho, porém, as cargas indutivas que utilizam energia elétrica como fonte de força, geram campos eletromagnéticos para o seu funcionamento.

c) Potência aparente (S)

Silveira (2017) descreve potência aparente como a soma dos vetores da potência ativa e reativa. Sua unidade de medida é o volt-ampere (VA). Sua forma complexa é dada por:

$$S = P + jQ = VI^* \quad (9)$$

Onde:

S - Potência aparente (VA)

P - Potência ativa (W)

Q - Potência reativa (VAr)

V - Tensão complexa (V)

I^* - Conjugado da corrente complexa (A)

Fazendo uma associação entre o triângulo de potência e o Teorema de Pitágoras podemos determinar a potência aparente como o módulo da soma quadrática da potência ativa e reativa:

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (10)$$

d) Fator de potência (FP)

De acordo com Silveira (2017), o cosseno do ângulo de defasagem entre o sinal da corrente e a tensão é definido como fator de potência. Não possui unidade de medida e expresso também como:

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S} \quad (11)$$

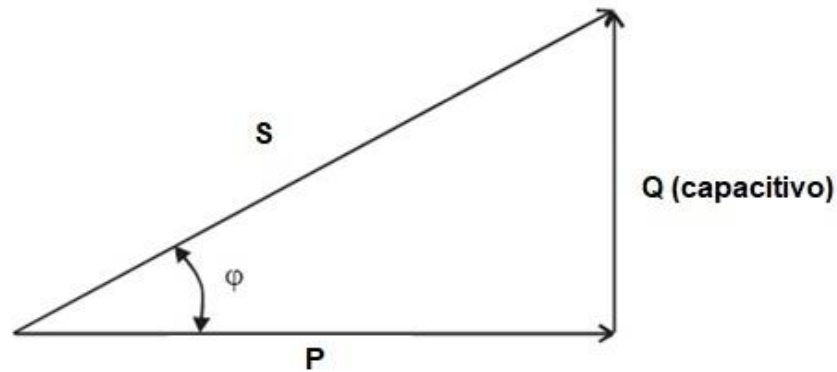
Scarpin (2017) acrescenta dizendo que o fator de potência é uma medida de quantidade de potência elétrica capaz de ser utilizada para a realização de trabalho útil.

Gussow (1997) mostra que, dependendo dos componentes integrados no circuito, o fator de potência pode ser classificado de duas maneiras: capacitivo ou indutivo.

- Capacitivo

Fator de potência capacitivo, ou de avanço, ocorre quando o sinal da corrente está avançado em relação a tensão. Esse fenômeno ocorre quando a reatância dos capacitores é maior que dos indutores. A figura 3 mostra a forma de representar, por meio do triângulo de potências, um fator de potência capacitivo.

Figura 3: Fator de potência capacitivo

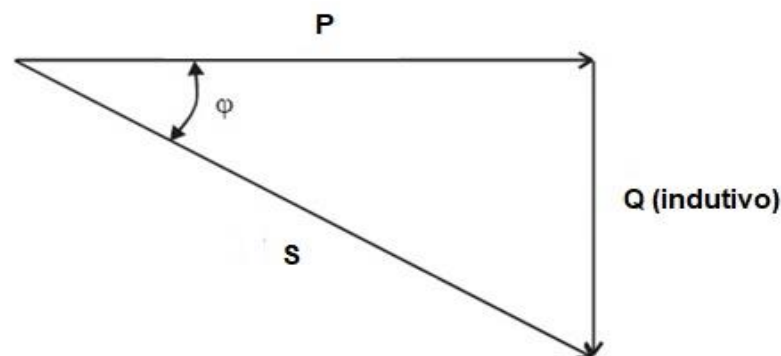


Fonte: Autoria própria (2018)

- Indutivo

Já fator de potência indutivo, ou de atraso, decorre devido ao sinal da corrente estar em atraso em comparação com a tensão. Acontece quando as reatâncias indutivas se sobressaem com relação às cargas capacitivas. A sua representação em forma de triângulo de potências é como mostrada a partir da figura 4.

Figura 4: Fator de potência indutivo



Fonte: Autoria própria (2018)

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, o limite mínimo permitido do fator de potência, para consumidores tipo A, é de 0,92 indutivo ou capacitivo. (BRASIL, 2010)

2.3. Lei de Ampère

2.3.1. Definição

Halliday (2016) explica que quando a distribuição de cargas não possui uma complexidade, podemos utilizar a Lei de Ampère. A partir dessa lei podemos obter o campo magnético total para toda distribuição que apresente simetria, utilizando uma curva fechada, denominada amperiana. Pode ser expressada como:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{env} \quad (12)$$

Onde:

$\vec{B}$ – Campo magnético

$d\vec{s}$ – Elemento de corrente

μ_0 – Permeabilidade Magnética

i_{env} – Corrente total envolvida pela curva

2.3.2. Sentido do campo magnético

Em torno de um fio longo carregado, se formam linhas de campo em formato de circunferência, e tangente a estas linhas de força está o campo magnético, que é perpendicular à direção do fio. (HALLIDAY, 2012)

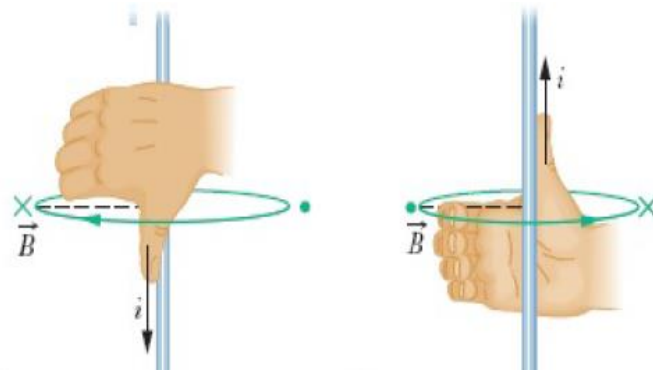
Figura 5: Linhas de campo magnético produzido pela corrente em um fio



Fonte: Fundamentos de física 3 – eletromagnetismo, Halliday (2012)

Ainda de acordo com Halliday (2012), para determinar o sentido do campo magnético, devemos utilizar a regra da mão direita, como mostrado na Figura 06, onde a direção do campo magnético, em qualquer ponto, é tangente as linhas de campo. O polegar deva estar apontado para sentido da corrente e os demais dedos indicarão qual será a sentido do campo. O símbolo “X” aponta para dentro do papel e “•” aponta para fora.

Figura 6: Sentido do campo magnético



Fonte: Fundamentos de Física – Eletromagnetismo, Halliday (2012).

2.4. Lei de Faraday

“A força eletromotriz em uma espira é dada pela taxa de variação do fluxo magnético, com o sinal negativo, através da área delimitada pela espira”, (YOUNG; ZEMANSKY, 2009, p. 283).

Ou seja, a variação do fluxo magnético no tempo estimula numa espira uma tensão elétrica e, conseqüentemente, uma corrente elétrica. Expressa por:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (13)$$

2.5. Economia de energia elétrica em repartições públicas

Brasil (2015), por intermédio do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, portaria nº 23, institui medidas de gestão e uso consciente de Energia Elétrica nos órgãos e entidades da Administração Pública.

a) Utilização de ar-condicionado

Algumas medidas podem ser tomadas para o uso racional e eficiente dos aparelhos condicionadores de ar como: desativar o funcionamento dos aparelhos quando o ambiente estiver desocupado, evitar o uso ou manter apenas ventilando em dias frios, abster do uso após às 18h, assim como manter portas e janelas fechadas, garantindo a circulação do ar no interior do ambiente, assegurar que os filtros estejam limpos e mantê-lo funcionando em 23°C.

Outras medidas seria dimensionar de maneira correta os aparelhos de acordo com a área onde ele será instalado e ter preferência por equipamentos que detêm compressores com tecnologia “inverter”.

b) Utilização de lâmpadas

Quanto às providências que podem ser utilizadas para evitar o desperdício de energia elétrica com lâmpadas estão: desligar as luzes das salas quando estas não estiverem em horário de funcionamento, alertando servidores e a equipe de segurança e zeladoria, evitar o uso em horários onde possa ser utilizado luz natural e assegurar a limpeza das lâmpadas e luminárias, a fim de obter o máximo de aproveitamento.

É importante também possuir uma preferência por lâmpadas mais eficientes e temporizadores, desde que esta medida não interfira ou prejudique o funcionamento da atividade dos funcionários.

c) Utilização de computadores

Designar a ativação do modo de espera após 5 (cinco) minutos de inutilização e desativar componentes (monitor, impressora, caixa de som, entre outros) caso não estejam em operação.

d) Utilização de bebedouros

A recomendação é básica. Apenas garantir a desativação do equipamento após o encerramento das atividades.

e) Utilização de geladeiras

É recomendável evitar deixar com que as portas fiquem abertas se não houver uma finalidade, assim como adequar a temperatura de acordo com a estação do ano e proteger os equipamentos da incidência de raios solares ou qualquer fonte de calor.

f) Outras medidas

Algumas medidas também podem ser ressaltadas, entre elas está: averiguar o estado de conservação dos equipamentos, fazer revisões periódicas nos quadros de distribuição, na rede elétrica e nos transformadores, além de utilizar fontes renováveis, como energia eólica e solar, para possibilitar uma economia no consumo de energia elétrica da instalação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

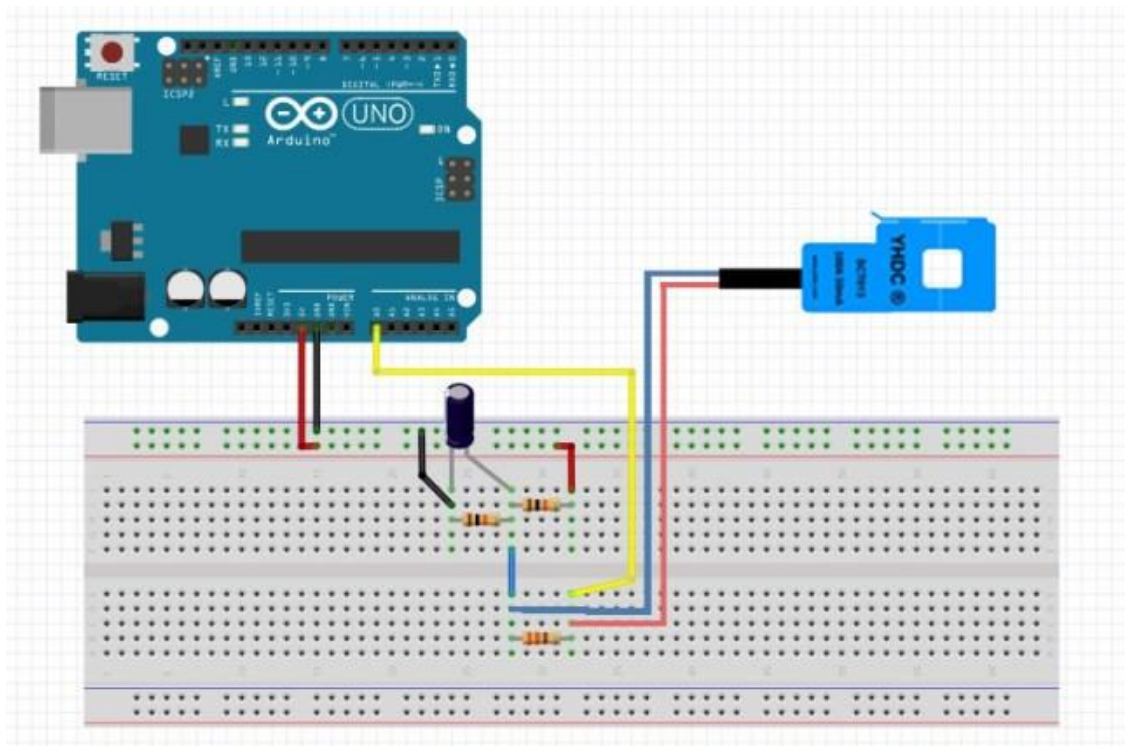
3.1. Materiais utilizados

Os materiais que foram utilizados para a ativação do aparato que irá fornecer os dados da potência elétrica instantânea que está sendo consumida pelos equipamentos:

- Uma placa Arduino UNO
- Um sensor de corrente alternada não invasivo SCT-013 100A
- Uma protoboard
- Dois resistores de 10k Ω
- Um resistor de 300 Ω
- Um capacitor eletrolítico de 100 μ F
- Seis jumpers
- Um cabo USB 2.0 A macho / B macho
- Notebook
- Extensão elétrica

A montagem do aparato que será utilizado para fazer os cálculos da potência é como mostrada a partir da figura 7.

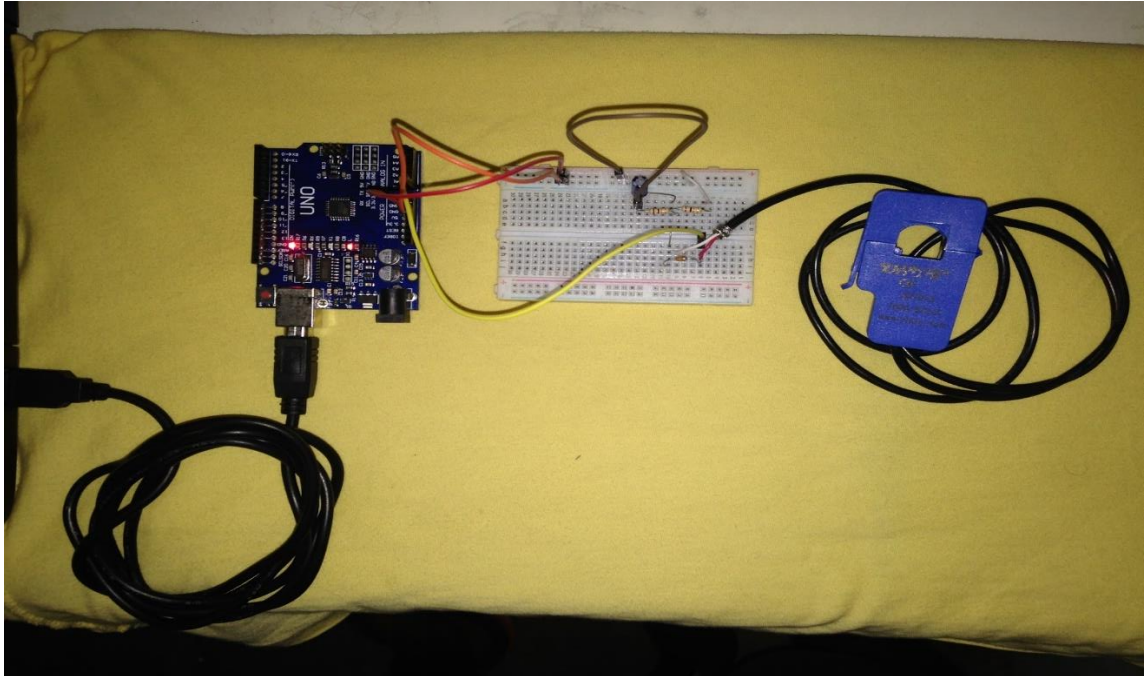
Figura 7: Modelo do circuito



Fonte: www.portal.vidadesilicio.com.br (2017)

Seguindo os passos apresentados na figura anterior, o aparato experimental vai ser como mostrado na figura 8.

Figura 8: Aparato experimental



Fonte: Autoria própria (2018)

Para testar a eficiência do equipamento, foram utilizados alguns equipamentos onde já se conhecia a potência nominal de cada um.

Equipamentos analisados:

- Ventilador Arno Alívio VE30 80W
- Máquina de cortar cabelo Cadence Modelo CAB173 10W
- Ferro de passar roupas Black & Decker Modelo VFA1110TM2 1000W

3.2. Metodologia

A obtenção dos dados foi feita através de uma plataforma de prototipagem eletrônica, incluindo com um componente (SCT-013-000 100A) capaz de medir corrente contínua por meio de indução magnética.

Na coleta dos dados foi possível notar a ocorrência de um erro sistemático. Porém, esse erro não altera de forma significativa a precisão dos valores obtidos pelo equipamento.

3.2.1. Sensor SCT-013

Figura 9: Sensor de Corrente SCT-013



Fonte: www.portal.vidadesilicio.com.br (2017)

Esse sensor é capaz de fazer a medida de valores de 0 até 100A de corrente elétrica alternada. O seu funcionamento ocorre através de indução magnética. Ao colocarmos um fio (não dois, pois o campo magnético gerado por um fio vai se anular com o outro que gera um campo no sentido oposto) entre o sensor, a corrente elétrica que está passando pelo por ele irá provocar um campo magnético que, por sua vez, vai induz uma corrente elétrica no equipamento. A partir dessa corrente induzida, podemos calcular a corrente que está sendo consumida de forma instantânea. (DEMETRAS, 2017)

O sensor não pode ser utilizado de qualquer forma. A figura 9 representa a forma efetiva de se usar o equipamento.

Figura 10: Como utilizar o Sensor: a) forma correta; b) forma errada



a)



b)

3.2.2. Arduino

De acordo com Thomsen (2014), o arduino é um dispositivo de baixo custo, prático e não que não dificuldades em ser programado. A partir dele foi criado o termo hardware livre. Qualquer um é capaz de personalizar o Arduino de acordo com o que desejado, utilizando o mesmo hardware.

Ainda de acordo com o autor, o arduino pode ser utilizado através de um computador e programado por meio do IDE, que tem como linguagem fundamental é o C/C++, com a ausência de equipamentos auxiliares, com exceção de um cabo USB.

De acordo com Demetras (2017), para calcular o valor da corrente elétrica e potência que está sendo consumida instantaneamente, utiliza-se a programação a seguir:

```

1  #include "EmonLib.h"
2
3  EnergyMonitor SCT013;
4
5  int pinSCT = A0;    //Pino analógico conectado ao SCT-013
6
7  int tensao = 220;
8  int potencia;
9
10 void setup()
11 {
12     SCT013.current(pinSCT, 6.0606);
13
14     Serial.begin(9600);
15 }
16
17 void loop()
18 {
19     double Irms = SCT013.calcIrms(1480);    // Calcula o valor da Corrente
20
21     potencia = Irms * tensao;    // Calcula o valor da Potencia Instantanea
22
23     Serial.print("Corrente = ");
24     Serial.print(Irms);
25     Serial.println(" A");
26
27     Serial.print("Potencia = ");
28     Serial.print(potencia);
29     Serial.println(" W");
30
31     delay(500);
32
33     Serial.print(".");
34     delay(500);
35     Serial.print(".");
36     delay(500);
37     Serial.println(".");
38     delay(500);
39 }

```

Primeiramente adiciona-se uma biblioteca que é responsável pelos cálculos do valor eficaz da corrente que vai ser medida. Para representar o dispositivo dá-se um nome para ele que fica a critério de quem está fazendo a programação. As variáveis utilizadas serão a tensão e a potência. A tensão é um valor, geralmente, conhecido. O valor utilizado será de acordo com o que é fornecido para cada instalação. E a potência será determinada a partir do cálculo do produto entre a tensão e o valor eficaz da corrente. Após encaminhar o código, serão mostrados os valores da corrente elétrica e potência instantânea através do monitor serial do arduino.

4. RESULTADOS

4.1. Erro sistemático

Ao utilizar um instrumento de medição a fim de fazer um experimento físico ou químico, devemos considerar que os instrumentos utilizados não são totalmente efetivos nos seus resultados. Os erros devem ser mensurados antes de se iniciar os experimentos, para que possamos ter maior precisão com os resultados. Esses erros podem ser ocasionados por diversos fatores. (LANA, 2007)

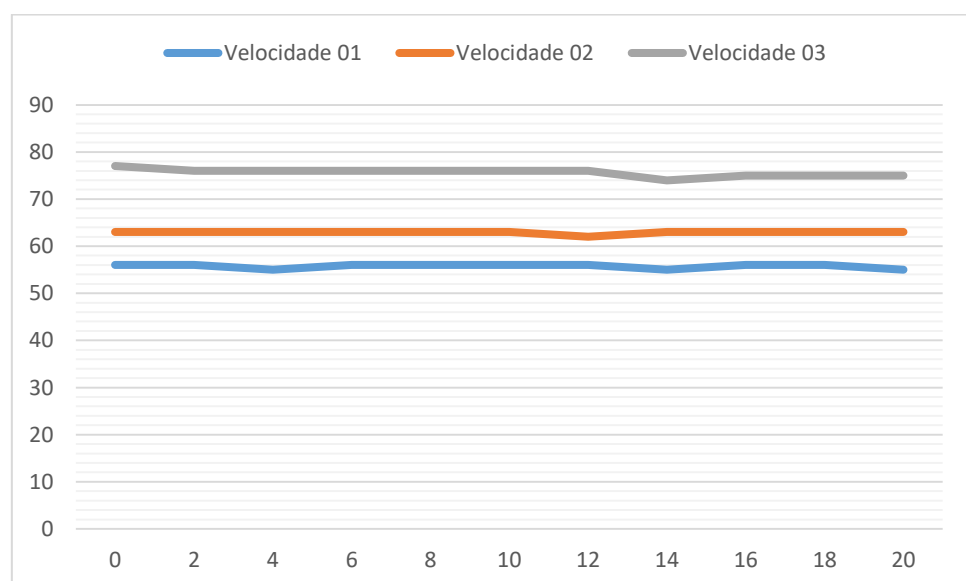
O mesmo autor inclui dentro desse assunto, a classificação de erro sistemático. Este erro indica a magnitude, para mais ou para menos, com que um instrumento faz a medida do valor real. Pode ser determinado a partir da média entre a dos valores obtidos em várias medições e o valor real.

Ao colocarmos o sensor para funcionar, ficou perceptível a presença desse erro e ao reconhecermos sua amplitude, podemos identificar o valor real que o dispositivo estava medindo. O erro sistemático apresentado foi de 8W de potência ativa. Assim, toda vez que uma medida foi realizada, para obter-se o valor real, bastaria tirar essas 8 unidades da potência.

4.2. Avaliação da potência consumida pelo ventilador

O gráfico 01 mostra as variações de potência que ocorreram em função do tempo na medição da potência elétrica consumida pelo ventilador.

Gráfico 1: Potência (W) x Tempo (s)



Fonte: Autoria própria (2018)

O comportamento da potência tende a ser constante, visto que houveram pequenas variações no valor medido da potência consumida instantaneamente. Fazendo uma média da potência em cada velocidade, como mostrado na Tabela 01, percebemos que a potência consumida fica maior à medida que exigimos uma rotação mais rápida do ventilador.

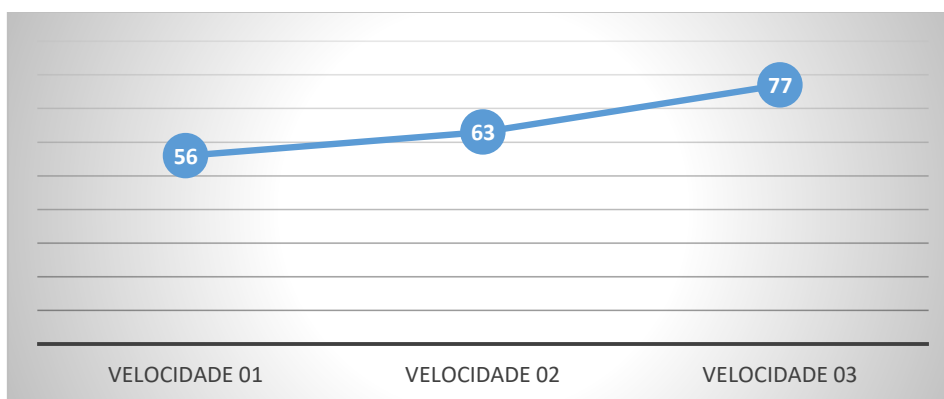
Tabela 1: Potência consumida em cada velocidade

Potência nominal	Velocidade 01	Velocidade 02	Velocidade 3
80W	46W	55W	69W

Fonte: Autoria própria (2018)

Também é possível perceber, a partir do Gráfico 2, que o aumento da potência em função do aumento da velocidade da rotação das hélices não acontece de maneira linear.

Gráfico 2: Potência consumida em cada velocidade



Fonte: Autoria própria (2018)

A menor velocidade trará um efeito mais significativo no consumo de energia elétrica, porém, pode não proporcionar o mesmo conforto térmico que a velocidade máxima trará. Esse critério pode ser variado de região para região. Dependendo da região, a velocidade 02 seria o mais ideal, visto que é o equilíbrio entre o conforto e o consumo.

4.3. Máquina de cortar cabelo Cadence Modelo CAB173

A máquina apresentou um valor abaixo da potência nominal, porém o teste foi realizado com máquina sem estar realizando a sua função. A potência gasta, neste caso, iria variar em função da dificuldade em que a máquina teria em cortar um determinado tipo de cabelo.

Tabela 2: Potência consumida pela máquina de cortar cabelo.

Potência nominal	10W
Potência medida	6W

Fonte: Autoria própria (2018)

4.4. Ferro de passar roupas Black & Decker Modelo VFA1110TM2

De todos, foi o que apresentou maior potência, devido ser um equipamento que trabalha com uma temperatura muito alta. Na realização do experimento, percebeu-se que o ferro esquentava até uma certa temperatura e após isso, o equipamento cessa o consumo da potência bruscamente. A potência utilizada fica sendo apenas para manter a temperatura.

Tabela 3: Potência consumida pelo Ferro de passar roupas

Potência nominal	1000W
Potência medida	980W

Fonte: Autoria própria (2018)

5. CONCLUSÃO

Ter controle no gasto da potência elétrica pode ocasionar vários benefícios, que vão de economia financeira com o gasto da conta de luz, até o aumento da vida útil do equipamento. Outro fator importante é que a energia elétrica não é um insumo infinito e a racionalização dele é fundamental.

Portanto, a partir dos conteúdos apresentados e visto que o aparato é efetivo naquilo que lhe é designado, podemos utilizar o projeto para várias situações e setores (residencial, empresarial ou industrial).

Seria interessante fazer um estudo com ar-condicionado, por ser uma das cargas que mais necessitam de potência elétrica para o seu funcionamento. Fica como sugestão fazer a utilização do sensor para calcular a potência consumida e adotar medidas de uso conscientes para, assim, poder ter ciência do reflexo que essas medidas podem ocasionar na conta de energia elétrica.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AW STROM (Curitiba). **Análise de Energia**. Disponível em: <<http://www.awstrom.com.br/servicos/estudos/analise-de-energia>>. Acesso em: 09 set. 2018.
- BARBOSA, Carolina Maria de Almeida. **Sistema para Monitoramento e Controle Remoto do Consumo de Energia no Centro de Informática**. 2017. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- BOYLESTAD, Robert L.. **Introdução à análise de circuitos**. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- BOYLESTAD, Robert L.. **Introdução à análise de circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.
- BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 414 de 09 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2018.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Portaria nº 23, de 12 de fevereiro de 2015. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, 13 fev. 2015. Seção 1, p. 67. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/02/2015&jornal=1&pagina=67&totalArquivos=304>>. Acesso em: 09 set. 2018.
- DEMETRAS, Ezequiel. **SCT-013 - Sensor de Corrente Alternada com Arduino**. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>>. Acesso em: 07 set. 2018.
- ELEKTRO (São Paulo). **Energia ativa e reativa**. Disponível em: <<https://www.elektro.com.br/seu-negocio/energia-ativa-e-reativa>>. Acesso em: 09 set. 2018.
- GUSSOW, Milton. **Eletricidade básica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1997.
- HALLIDAY, David. **Fundamentos de física: Eletromagnetismo**. 9. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.
- HALLIDAY, David. **Fundamentos de física: Eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016.

LANA, Carlos Roberto de. **Metrologia -b:** erro sistemático, aleatório e incerteza total. 2007. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/metrologia--b-erro-sistematico-aleatorio-e-incerteza-total.htm>>. Acesso em: 20 set. 2018.

MAIA, Reinaldo Moreira. **Caracterização das Variações de Tensão de Curta Duração e seus Impactos em uma Planta da Indústria Alimentícia.** 2011. 88 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PADILLA, Julian Villelia. Qualidade de energia elétrica. **O setor Elétrico**, p. 93, março 2008.

PAULILO, Gilson. Qualidade de energia: Desequilíbrios de tensão. **O Setor Elétrico**, São Paulo, n. 3, p.42-48, mar. 2013.

ROCHA, Joaquim Eloir. **Qualidade de energia elétrica.** Curitiba, 2016. Apostila da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SCARPIN, Bruno. **O que é Fator de Potência?** 2017. Disponível em: <<https://www.cubiennergia.com/o-que-e-fator-de-potencia/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Fator de Potência: Legislação na Distribuição e Correções.** 2017. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/fator-de-potencia-legislacao-distribuicao-correcoes/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

SILVEIRA JÚNIOR, José Ronaldo et al. Avaliação dos custos de energia elétrica para a indústria. In: ABM WEEK 2017, 38., 2017, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: Editora Blucher, 2017. p. 19 - 30.

SINÔNIMOS. **DICIONÁRIO DE SINÔNIMOS.** Disponível em: <<https://www.sinonimos.com.br/>>. Acesso em: 09 set. 2018.

THOMSEN, Adilson. **O que é arduino?** 2014. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 09 set. 2018.

YOUNG, Hugh; ZEMANSKY, Mark. **Física 3 Eletromagnetismo:** Young & Freedman. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2009. 447 p.