



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA – EAD**

WASHINGTON LUIZ DE FRANÇA

**A MATEMÁTICA DO ENSINO BÁSICO APLICADA À ATIVIDADE DE
INSTALAÇÃO DE CHAVE SECCIONADORA NA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA FORTALEZA II**

RECIFE – PE

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

WASHINGTON LUIZ DE FRANÇA

**A MATEMÁTICA DO ENSINO BÁSICO APLICADA À ATIVIDADE DE
INSTALAÇÃO DE CHAVE SECCIONADORA NA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA FORTALEZA II**

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Matemática.

**Orientadora: Prof^a. Dr^a. Verônica
Gitirana Gomes Ferreira**

RECIFE – PE

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

França, Washington Luiz de.

A matemática do ensino básico aplicada à atividade de instalação de chave seccionadora na subestação de energia elétrica Fortaleza II / Washington Luiz de França. - Recife, 2023.

34 p. : il.

Orientador(a): Verônica Gitirana Gomes Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Matemática - Licenciatura, 2023.

1. Educação. 2. Matemática. 3. Sistema elétrico. 4. Subestações. 5. Chave seccionadora. I. Ferreira, Verônica Gitirana Gomes. (Orientação). II. Título.

510 CDD (22.ed.)

WASHINGTON LUIZ DE FRANÇA

**A MATEMÁTICA DO ENSINO BÁSICO APLICADA À ATIVIDADE DE
INSTALAÇÃO DE CHAVE SECCIONADORA NA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA FORTALEZA II**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Licenciado em Matemática, pela
Universidade Federal de Pernambuco.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Verônica Gitirana Gomes Ferreira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Antônio Fernando Pereira de Sousa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Wilker Victor da Silva Azevêdo (Examinador Externo)
Instituto Federal de Pernambuco

“Ainda que desejem bons professores para seus filhos, poucos pais desejam que seus filhos sejam professores. Isso nos mostra o reconhecimento que o trabalho de educar é duro, difícil e necessário” (Paulo Freire).

RESUMO

Este trabalho apresenta a matemática que é utilizada na atividade de instalação de chave seccionadora em subestações de energia elétrica, objetivando demonstrar possibilidades de aplicação prática do conhecimento abordado em sala de aula aos estudantes da Educação Básica, Ensino Fundamental e Ensino Médio. Desta forma, a pesquisa se propõe a oferecer maior dinamismo à relação ensino/aprendizagem, para que o discente desperte interesse quanto à importância do aprendizado da matemática, de maneira que se sinta motivado ao aprofundamento deste conhecimento. É um Tipo de Estudo Bibliográfico, no qual apresentarei uma breve contextualização do sistema elétrico, sua dinâmica e instalações que o compõem, tudo no âmbito de instalações da CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco), empresa integrante das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobrás, onde atuo há vinte anos.

Palavras-chave: Educação. Matemática. Sistema Elétrico. Subestações. Chave seccionadora.

ABSTRACT

The main objective of this work is to present the mathematics which is used in the activity of replacing the switch disconnector in electric power substations, in order to demonstrate a possibility of practical application of the knowledge transmitted in classroom for students of Basic Education, of Elementary School and High School. In this way, the research proposes to offer greater dynamism to the teaching/learning relationship, so that the student awakens interest to the importance of learning mathematics in order to feel motivated to deepen this knowledge. It is a bibliographic study, in which i will present a small contextualization of the electrical system, its dynamics and facilities that compose it, all within the scope of facilities of CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco), a company that is part of Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobrás, where I have been working for twenty years.

Keywords: Education. Mathematics. Electrical System. Substations. Switch disconnector.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Múltiplos e submúltiplos (metro)	15
Figura 2 - Ângulo	16
Figura 3 - Ângulos (classificação)	17
Figura 4 - Triângulo retângulo	18
Figura 5 - Razões trigonométricas	18
Figura 6 - Lei dos senos	20
Figura 7 - Lei dos cossenos	20
Figura 8 - Sistema Elétrico de Potência (SEP)	21
Figura 9 - Recorte projeto eletromecânico	27
Figura 10 - Recorte 2 projeto eletromecânico	28
Figura 11 - Recorte 3 projeto eletromecânico	29
Figura 12 - Recorte 4 projeto eletromecânico	29

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Geração	22
Fotografia 2 - Linhas de transmissão	23
Fotografia 3 - Rede de distribuição	24
Fotografia 4 - Subestações	25
Fotografia 5 - Chave seccionadora	26
Fotografia 6 - Trena metálica	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Unidades de medida	14
Quadro 2 - Comprimento (múltiplos e submúltiplos)	15

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CS	Chave Seccionadora
cos	cosseno
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FZD	Fortaleza II
SE	Subestação
sen	seno
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SI	Sistema Internacional de Unidades
tg	tangente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. CONTEÚDOS ABORDADOS	13
2.1. Números Reais ($\mathbb{R}$)	13
2.2. Medidas	14
2.2.1. Medidas de comprimento.....	14
2.3 Ângulo	16
2.3.1. Medida angular	16
2.3.2. Classificação dos ângulos	17
2.4 Trigonometria	17
2.4.1. Triângulo retângulo	17
2.4.2. Razões trigonométricas no triângulo retângulo	18
2.4.2. Trigonometria em um triângulo qualquer	19
2.4.2.1. Lei dos senos	19
2.4.2.2. Lei dos cossenos	20
3. O SEP (SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA)	21
3.1. Geração ou produção de energia elétrica	22
3.2. Sistema de transmissão	23
3.3. Sistema de subtransmissão.....	23
3.4. Distribuição.....	23
3.5. Subestações (SE).....	24
4. A MATEMÁTICA NA SUBSTITUIÇÃO DE CHAVE SECCIONADORA.....	26
4.1. Chave seccionadora.....	26
4.2. Substituição de CS	27
4.2.1. Instalação sobre o suporte	27
4.2.2. Ajuste do ângulo de abertura	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6. REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

Diante de tamanho dinamismo, próprio da vida contemporânea, da imensa quantidade de informações e recursos tecnológicos disponíveis ao simples toque de uma tela ou do clique em um mouse, fica ainda evidente a necessidade de tornar mais dinâmica a relação de ensino/aprendizagem nas salas de aula, sobretudo da matemática que embora exija considerável abstração, pode ter sua compreensão facilitada se associada a situações concretas do dia a dia.

Acredito ser consenso a ideia de que o Brasil precisa voltar a crescer economicamente de maneira consistente, para tal, necessita de uma indústria de base forte e consolidada, tendo um parque de geração de energia elétrica com fontes diversificadas, e um sistema de transmissão/distribuição robusto e confiável. Tudo isto, sem ter que depender de técnicas ou de mão de obra externa ao país, conferindo assim maior autonomia produtiva ao Brasil.

A partir desta lógica, o autor do presente trabalho, através da breve experiência adquirida durante quatro semestres de estágio em escolas da rede pública de ensino básico, onde teve a oportunidade de conhecer um pouco das dificuldades do discente em compreender a praticidade daquilo que é ensinado em sala de aula, se dispõe a produzir um texto paradidático sobre a aplicabilidade do conhecimento de matemática em obras de ampliação e melhoria de subestações do Sistema Elétrico de Potência (SEP), com base em seus 20 anos de experiência profissional na área.

A construção de subestações envolve uma enorme gama de profissionais das mais diversas áreas (construção civil, eletromecânica, mecânica, eletrotécnica, eletrônica, telecomunicações, química etc.), com os mais variados níveis de instrução, indo desde o engenheiro com vasta formação e refinado conhecimento técnico-científico, até o trabalhador prático com muita experiência e consequente conhecimento empírico.

Dentro deste contexto, pretendo mostrar que conhecimentos matemáticos são explorados entre trabalhadores da área de construção de subestações, objeto deste estudo, dentro de uma lógica própria e bastante intuitiva. Por isso, irei discutir como tais experiências práticas podem ser aplicadas no contexto do Ensino da Educação Matemática, demonstrando um possível roteiro de aprendizagens a serem

desenvolvidas no Ensino Fundamental e Ensino Médio da Educação Básica. Para tal, apresento breves conceitos matemáticos úteis ao caso estudado, posteriormente abordo o conceito do SEP, sua estrutura e funcionamento, no capítulo 4 deste estudo falo sobre uma atividade de instalação de chave seccionadora de 230 kV na SE FZD, onde o conhecimento matemático fora aplicado e, por fim, discorro sobre estratégias auxiliares à relação ensino/aprendizagem e sua eficácia.

2. CONTEÚDOS ABORDADOS

Neste capítulo discorrerei sobre os conteúdos de matemática que serão abordados no decorrer do trabalho, assim como, acerca daqueles que darão subsídio ao entendimento destes, de modo a proporcionar ao leitor a base teórica necessária à compreensão dos temas estudados.

2.1. Números Reais ($\mathbb{R}$)

Como bem define Iezzi e Murakami (2011, p. 46), **Números Reais** formam o conjunto dos números que podem ser expressos na representação decimal, isto é, as decimais finitas e periódicas, que são números racionais e as decimais não exatas e não periódicas, chamados números irracionais.

Conhecida a definição, faz-se necessário o aprendizado quanto a alguns outros conjuntos, uma vez que, sendo subconjuntos daquele, tornará mais abrangente o conceito, são eles:

- Números naturais ($\mathbb{N}$): foram os primeiros conhecidos pela humanidade, sem que ainda se conhecesse o zero, entretanto, ele será considerado para efeito deste trabalho, conforme representação a seguir:

$$\circ \mathbb{N} = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots\}$$

- Números inteiros ($\mathbb{Z}$): são, grosso modo, os naturais acrescidos de seus opostos, ou negativos:

$$\circ \mathbb{Z} = \{\dots, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, \dots\}$$

- Números racionais ($\mathbb{Q}$): qualquer número que possa ser escrito da forma $\frac{m}{n}$, com $n \neq 0$ e $m, n \in \mathbb{Z}$, são denotados por:

$$\circ \mathbb{Q} = \left\{x \mid x = \frac{m}{n}, m, n \in \mathbb{Z} \text{ e } n \neq 0\right\}$$

- Números irracionais ($\mathbb{Q}$): conjunto dos números decimais infinitos não periódicos, como:

$$\circ \pi = 3,141592653 \dots \mid \sqrt{7} = 2,645751311 \dots \mid e = 2,718281828 \dots$$

A partir dos números naturais, na sequência aqui descrita, cada conjunto é subconjunto do seguinte, de modo que, conforme conceitua Flemming; Luz e Wagner (2006, p. 22), é comum a afirmativa de que o conjunto dos números reais é resultado da união dos racionais com os irracionais.

2.2. Medidas

Como explicita Murrie (2006, p. 120) “para unificar e padronizar os diversos sistemas em uso nas diferentes áreas da ciência, a Conferência Internacional de Pesos e Medidas em 1960 sugere um Sistema Internacional de Unidades (SI).” Sendo as principais:

Grandeza	Unidade de medida	Sigla
Comprimento	Metro	m
Área	Metro quadrado	m ²
Volume	Metro cúbico	m ³
Massa	Quilograma	Kg
Temperatura	Kelvin	K
Tempo	Segundo	S
Tensão elétrica	Volt	V
Corrente elétrica	Ampère	A

Quadro 1 - Unidades de medida
Fonte: Própria (2022)

2.2.1. Medidas de comprimento

Conforme expõe Murrie (2006), a unidade de medida metro é o padrão para comprimento sugerido pela Conferência Internacional de Pesos e Medidas em 1960, o que equivaleria à época de sua instituição à décima milionésima parte de um quarto

do meridiano terrestre.

Independentemente do sistema de medida utilizado, sempre é possível fazermos uso de múltiplos e submúltiplos da unidade escolhida.

Tais subdivisões possibilitam uma representação numérica simplificada de valores muito elevados ou demasiadamente baixos, a seguir, os principais múltiplos e submúltiplos da unidade de medida metro:

	Nome	Símbolo	Valor	Notação decimal
Múltiplos	Quilômetro	km	1.000 m	10^3 m
	Hectômetro	hm	100 m	10^2 m
	Dacâmetro	dam	10 m	10 m
Unidade padrão	Metro	m	1 m	1 m
Submúltiplos	Decímetro	dm	0,1 m	10^{-1} m
	Centímetro	cm	0,01 m	10^{-2} m
	Milímetro	mm	0,001 m	10^{-3} m

Quadro 2 - Comprimento (múltiplos e submúltiplos)
Fonte: Própria (2022)

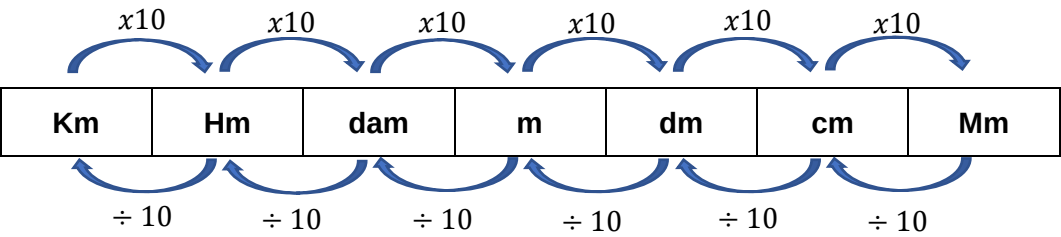


Figura 1 - Múltiplos e submúltiplos (metro)
Fonte: Própria (2022)

Embora seja adotada, para efeito deste estudo, a unidade de medida metro, convém salientar que em virtude da presença nas subestações de equipamentos de diversos fabricantes das mais variadas nacionalidades, invariavelmente, algumas dimensões são apresentadas também em polegada, inclusive, no que concerne ao ferramental, cuja predominância é desta unidade medida.

2.3 Ângulo

De acordo com Castilho (2012, p. 19) “Um ângulo é o objeto geométrico formado por raios que tenham um mesmo extremo. Um ângulo com vértice A é a união do ponto A com duas semirretas $\overrightarrow{AB}$ e $\overrightarrow{AC}$ chamadas de lados do ângulo. Usamos a notação $\angle BAC$ ou $\angle CAB$ ou simplesmente $\angle A$ para este ângulo”.

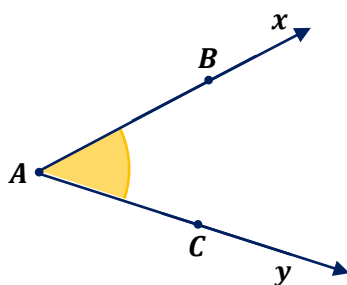


Figura 2 – Ângulo
Fonte: Própria (2022)

2.3.1. Medida angular

O sistema de medida de ângulo mais usual e que será adotado neste trabalho é o sexagesimal, tal sistema, conforme conceituam Tavares e Geraldo (2018, p. 29), tem como unidade fundamental o grau ($m^\circ \rightarrow m \text{ graus}$), equivalente a $1/90$ de um ângulo reto.

Tal sistema, foi concebido pelos egípcios e árabes, que dividiram o círculo em 360 partes iguais, por acreditarem ser esta a quantidade de dias do período de um ano, assim, convencionou-se dizer que o arco de uma circunferência mede um grau quando corresponde a $1/360$ dessa circunferência.

Os ângulos são subdivididos em minutos e segundos, conforme ilustrado a seguir:

- $1^\circ \rightarrow 1 \text{ grau} = 60' \rightarrow 60 \text{ minutos};$
- $1' \rightarrow 1 \text{ minuto} = 60'' \rightarrow 60 \text{ segundos}.$

Um outro sistema de unidade angular é o sistema decimal, tendo como unidade o grado ($m \text{ gr} \rightarrow m \text{ grados}$), que corresponde a $1/100$ de um ângulo reto, tal sistema não será utilizado nesse trabalho.

2.3.2. Classificação dos ângulos

Os ângulos são classificados em relação ao seu ângulo em agudo ($< 90^\circ$), reto ($= 90^\circ$), obtuso ($> 90^\circ$), raso ($= 180^\circ$), côncavo ($> 180^\circ \wedge < 360^\circ$) e de uma volta ($= 360^\circ$).

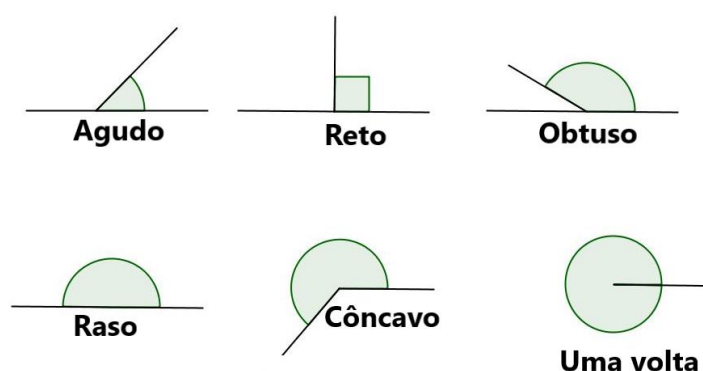


Figura 3 - Ângulos (classificação)
Fonte: Própria (2022)

2.4 Trigonometria

A trigonometria ocupa-se de estabelecer relações entre as medidas dos ângulos e dos segmentos de reta, sua origem etimológica é o grego, sendo a palavra formada por três radicais daquela língua, são eles:

tri = três | gonos = ângulo | metron = medir

2.4.1. Triângulo retângulo

Como triângulo, por óbvio, é uma figura geométrica plana formada por três lados, com a peculiaridade de possuir um ângulo reto ($= 90^\circ$) e dois agudos ($< 90^\circ$), sendo estas características que o diferem dos demais e o definem com **triângulo retângulo**.

Os lados de triângulo retângulo recebem nomenclaturas específicas em relação

ao ângulo reto, sendo o lado maior, oposto ao ângulo reto, chamado de hipotenusa, já os lados adjacentes a ele recebem a denominação de catetos. Considerando o triângulo abaixo, como bem define Iezzi (2013, p. 11), “Sabemos que o lado $\overline{BC}$, oposto ao ângulo reto, é chamado **hipotenusa**, e os lados $\overline{AB}$ e $\overline{AC}$, adjacentes ao ângulo reto, são chamados **catetos** do triângulo ABC .”

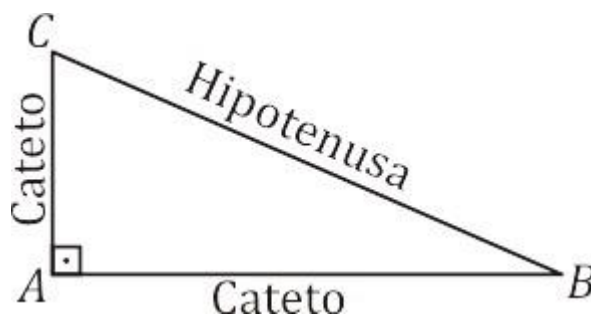


Figura 4 - Triângulo retângulo
Fonte: Própria (2022)

2.4.2. Razões trigonométricas no triângulo retângulo

Dado um triângulo OAB e o ângulo α , são construídos os segmentos $\overline{CD}$, $\overline{EF}$, $\overline{GH}$ e $\overline{AB}$ perpendiculares à semirreta $\overrightarrow{OB}$.

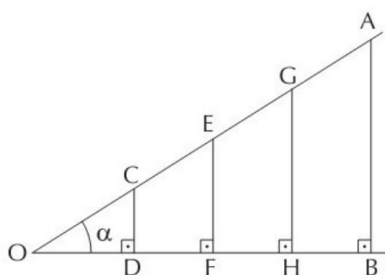


Figura 5 - Razões trigonométricas
Fonte: Própria (2022)

Sendo os triângulos OCD , OEF , OGH e OAB , pelo teorema fundamental da semelhança de triângulos, são todos semelhantes entre si. Daí decorrem três razões: seno, cosseno e tangente, conforme detalhamento a seguir.

1. Seno

$$\circ \frac{\overline{CD}}{\overline{OD}} = \frac{\overline{EF}}{\overline{OE}} = \frac{\overline{GH}}{\overline{OG}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{OA}} = k \text{ (constante)} = \sin \alpha, \text{ definido por:}$$

$$\circ \sin \alpha = \frac{\text{medida do cateto oposto de } \alpha}{\text{medida da hipotenusa}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{OA}} \quad (1)$$

2. Cosseno

$$\circ \frac{\overline{OD}}{\overline{OC}} = \frac{\overline{OF}}{\overline{OE}} = \frac{\overline{OH}}{\overline{OG}} = \frac{\overline{OB}}{\overline{OA}} = k \text{ (constante)} = \cos \alpha, \text{ definido por:}$$

$$\circ \cos \alpha = \frac{\text{medida do cateto adjacente de } \alpha}{\text{medida da hipotenusa}} = \frac{\overline{OB}}{\overline{OA}} \quad (2)$$

3. Tangente

$$\circ \frac{\overline{CD}}{\overline{OC}} = \frac{\overline{EF}}{\overline{OF}} = \frac{\overline{GH}}{\overline{OH}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{OB}} = k \text{ (constante)} = \tan \alpha, \text{ definido por:}$$

$$\circ \tan \alpha = \frac{\text{medida do cateto oposto de } \alpha}{\text{medida do cateto adjacente de } \alpha} = \frac{\overline{AB}}{\overline{OB}} \quad (3)$$

2.4.2. Trigonometria em um triângulo qualquer

Através do conhecimento de seno, cosseno e tangente na circunferência trigonométrica, cuja demonstração não caberá a este trabalho, é possível estabelecer relações entre as medidas dos lados e dos ângulos de qualquer triângulo não quadrado.

2.4.2.1. Lei dos senos

Num triângulo qualquer, os quocientes entre a medida de cada lado e o seno do ângulo oposto a tal lado, são constantes e iguais entre si. Segundo o TEOREMA:

As medidas dos lados de um triângulo são proporcionais aos senos dos respectivos ângulos opostos, e a constante de proporcionalidade é igual à medida do diâmetro da circunferência circunscrita a esse triângulo. (IEZZI et al., 2016, p. 34)

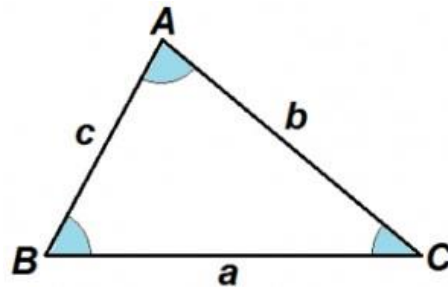


Figura 6 - Lei dos senos
Fonte: Própria (2022)

Daí, obtemos:

$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{b}{\sin \hat{B}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad (4)$$

2.4.2.2. Lei dos cossenos

Num triângulo qualquer, o quadrado de um lado é igual à soma dos quadrados dos outros dois lados, menos duas vezes o produto desses lados multiplicado pelo cosseno do ângulo oposto ao primeiro lado. Segundo o TEOREMA:

Em qualquer triângulo, o quadrado de um lado é igual à soma dos quadrados dos outros dois lados, menos o duplo produto desses dois lados pelo cosseno do ângulo formado por eles. (IEZZI, 2013, p. 226)

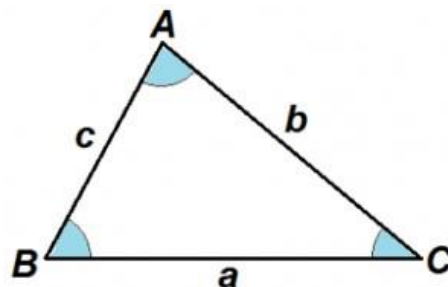


Figura 7 - Lei dos cossenos
Fonte: Própria (2022)

Daí, obtemos:

$$a^2 = c^2 + b^2 - 2bc \cdot \cos \hat{A} \quad (5)$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos \hat{B} \quad (6)$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \hat{C} \quad (7)$$

No próximo capítulo, farei uma breve apresentação à cerca do SEP (Sistema Elétrico de Potência), sua definição e subdivisões, de modo que, na seção 4 possamos discorrer sobre aplicabilidades práticas dos conhecimentos matemáticos apresentados.

3. O SEP (SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA)

O presente trabalho propõe-se a ilustrar a aplicabilidade do conhecimento matemático no serviço de instalação de chave seccionadora na subestação Fortaleza II (FZD), instalação componente do SEP (Sistema Elétrico de Potência), sobre o qual será feita uma sucinta apresentação.

O SEP corresponde ao conjunto das instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Numa visão macro, bastante resumida e simplificada, este sistema se compõe das seguintes etapas:

- A geração ou produção de energia elétrica;
- Sistema de transmissão;
- Sistema de subtransmissão;
- Distribuição.



Figura 8 - Sistema Elétrico de Potência (SEP)

Fonte: Internet (pinterest.com)

3.1. Geração ou produção de energia elétrica

A geração de energia elétrica consiste na transformação das chamadas fontes primárias (energia potencial gravitacional, térmica, luminosa e cinética, dentre outras) em eletricidade, através das usinas pertinentes a cada tipo.

Conforme dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2021), ano base 2020, elaborado pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), a capacidade instalada de geração de energia no Brasil naquele ano, era de 174.737 MW, distribuídos nas seguintes proporções:

- Geração hidráulica: 62,6%;
- Usinas termelétricas: 24,6%;
- Geração eólica: 9,8%;
- Geração solar: 1,9%;
- Geração nuclear: 1,1%.



Fotografia 1 – Geração
Fonte: Internet (oglobo.globo.com)

Para que todo este volume de eletricidade gerado chegue ao consumidor, é necessário um robusto e complexo sistema de transmissão e distribuição, composto por linhas de transmissão/distribuição e subestações, cujas definições trago a seguir.

3.2. Sistema de transmissão

Este sistema é composto por linhas de transmissão, subestações e todos os equipamentos associados, cujas tensões usuais em corrente alternada variam de 138 kV até 765 kV, incluindo, neste intervalo, as tensões de 230 kV, 345 kV, 440 kV e 500 kV. Segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2021), este sistema possuía àquele ano cerca de 147.692 km em linhas de transmissão, e subtransmissão inclusive, nos diversos níveis de tensão próprios.

3.3. Sistema de subtransmissão

Transmissão de energia elétrica, com tensões em corrente alternada inferiores a 138 kV, entre uma subestação abaixadora de um sistema de transmissão e uma ou mais subestações de distribuição.



Fotografia 2 - Linhas de transmissão
Fonte: Internet (guaiba.com)

3.4. Distribuição

É a transferência de energia elétrica para consumidores, sejam residenciais ou industriais, a partir dos pontos onde terminam a subtransmissão, até a medição do consumo de energia, inclusive. A partir da geração, as linhas de transmissão e

subtransmissão convergem para subestações rebaixadoras, que alimentam um sistema de distribuição, nas quais as tensões são abaixadas, usualmente, para o nível de 13,8 kV.

Não há uma estimativa oficial da extensão total em quilômetros de linhas de distribuição no Brasil, uma vez que são muitas empresas operando estes sistemas nos diversos estados da federação.



Fotografia 3 - Rede de distribuição
Fonte: Internet (portalodia.com)

3.5. Subestações (SE)

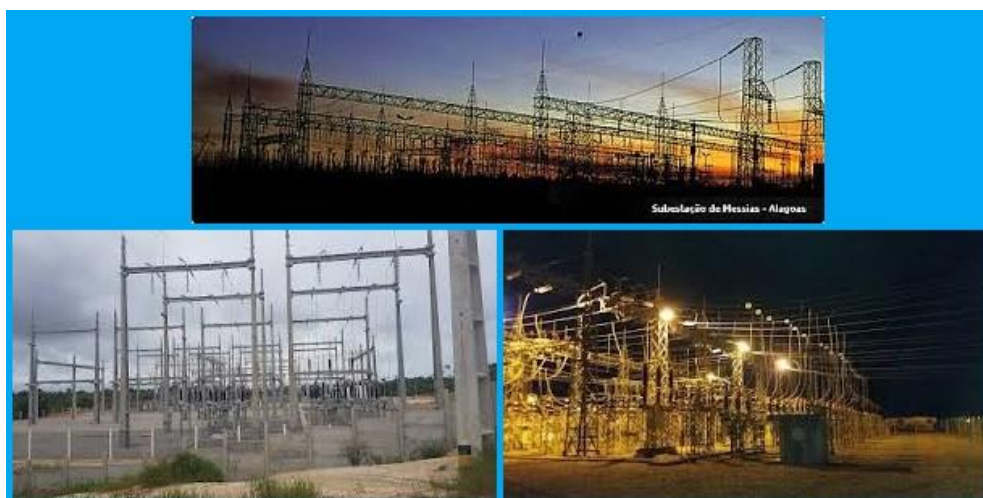
São parte de um sistema de potência, situada em determinado local, geralmente nos extremos das linhas de transmissão e/ou distribuição, ou ainda entre aquelas e uma fonte geradora, está presente desde a produção de energia até consumidores com alta demanda, geralmente indústrias, passando pela transmissão, subtransmissão e distribuição.

Com seus respectivos dispositivos de manobra, controle e proteção, as subestações são classificadas, quanto à sua finalidade, principalmente em:

- Subestações elevadoras: conforme sugere o próprio nome, são instalações responsáveis por elevar os níveis de tensão, geralmente com o propósito de permitir a transmissão por maiores distâncias, minimizando perdas;
- Subestações abaixadoras: têm a função de rebaixar os níveis de tensão

dentro dos sistemas de transmissão e distribuição e nas fronteiras entre os dois;

- Subestações de manobra (chaveamento): mais comuns na rede de distribuição, têm como finalidade principal interromper e/ou modificar o fluxo de corrente de uma ou mais linhas, para permitir manutenções ou regular a demanda de energia de determinados consumidores. As subestações elevadoras e rebaixadoras cumprem concomitantemente esta função;
- Subestações conversoras: destinada a converter tensões de corrente contínua em corrente alternada;
- Subestações industriais: pode se enquadrar em qualquer uma das classificações anteriores, entretanto, para atendimento a uma indústria específica.



Fotografia 4 – Subestações

Fonte: Internet (alagoas24horas.com)

As subestações de energia são instalações elétricas compostas por diversos equipamentos com as mais variadas finalidades, dentre os quais se destacam:

- Transformadores de força: popularmente conhecido no meio como TRAFO;
- Transformador Potencial (TP);
- Transformador de Corrente (TC);

- Para-raios;
- Disjuntor;
- Chave seccionadora.

4. A MATEMÁTICA NA INSTALAÇÃO DE CHAVE SECCIONADORA

Nesta seção, serão demonstrados alguns dos diversos cálculos usuais ao trabalho instalação de uma chave seccionadora.

4.1. Chave seccionadora

Chaves seccionadoras são dispositivos mecânicos de manobra que possibilitam a abertura ou o fechamento de um determinado circuito, possibilitando desta forma a realização de manutenções e/ou a proteção de equipamentos próprios ou de terceiros, assim como de ligar e desligar a geração, transmissão ou distribuição, conforme necessidades específicas de cada ente do SEP.



Fotografia 5 - Chave seccionadora
Fonte: Própria (2022)

4.2. Instalação de chave seccionadora

O SEP é um sistema em constante expansão, modernização e aprimoramento, estudos técnicos são realizados periodicamente pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para verificação de necessidades de substituição de equipamentos, seja por superação do tempo de vida útil, pela necessidade de modernização ou para redimensionamento de propriedades elétricas que permitam atender ao aumento de demanda do sistema.

Analisaremos aqui, a substituição de uma chave seccionadora de 230.000 V na SE Fortaleza II, situada na capital cearense de mesmo nome, conforme resolução autorizativa própria emitida pela agência reguladora ANEEL, visando a adequação de sua corrente nominal de 1200A para 3150A.

4.2.1. Instalação sobre o suporte

O equipamento em questão é instalado sobre suporte metálico, o qual fora dimensionado de acordo com o modelo da chave instalada no período de construção da subestação, logo, medições precisam ser realizadas para adequá-lo ao novo dispositivo, com posterior realização de cortes e furações em peças metálicas.

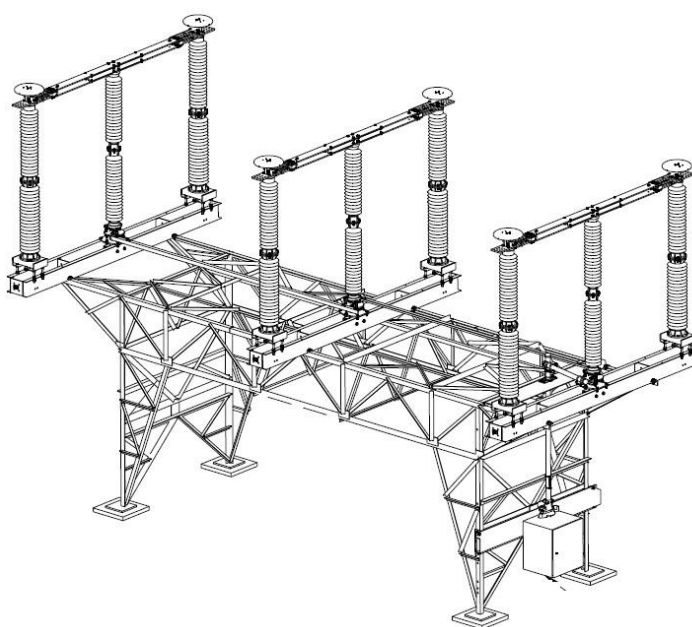


Figura 9 - Recorte projeto eletromecânico
Fonte: Própria (2022)

O fabricante, como praxe, indica as medidas da chave em milímetro, no entanto, o instrumento de medição utilizado pelos profissionais é a trena metálica com escala em polegada e em metro, este último com indicação numérica em centímetro.

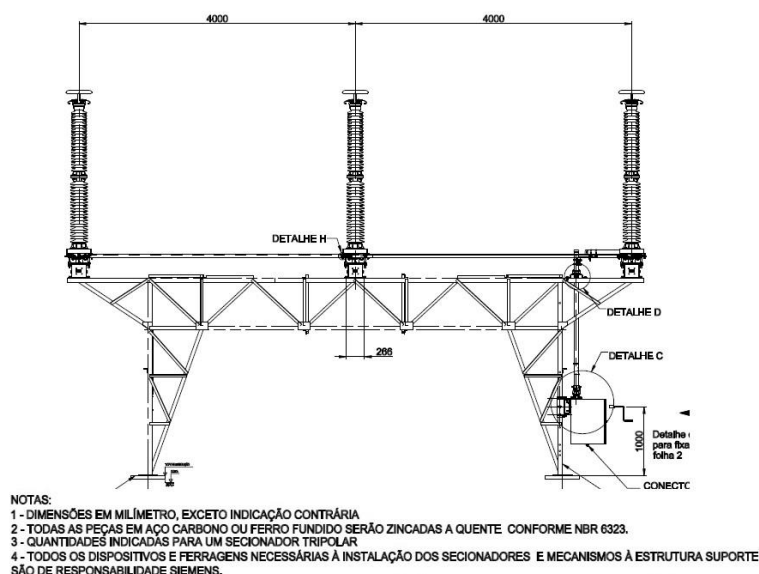


Figura 10 - Recorte 2 projeto eletromecânico
Fonte: Própria (2022)

Desta forma, se faz necessário o conhecimento de medidas de comprimento e seus submúltiplos, conforme visto na seção 2.2.1, assim, o montador terá que converter as medidas dadas em milímetro fazendo a divisão, por exemplo, de 4.000 correspondente à distância entre polos por 10 ($4000 \div 10 = 400$), obtendo 400cm, ou por 1000 ($4000 \div 1000 = 4$), equivalente a 4m.



Fotografia 6 - Trena metálica
Fonte: Internet

4.2.2. Ajuste do ângulo de abertura

De modo a garantir algumas características elétricas e mecânicas do

dispositivo, cada fabricante especifica o ângulo de abertura das lâminas, de acordo com modelo da chave a ser instalada.

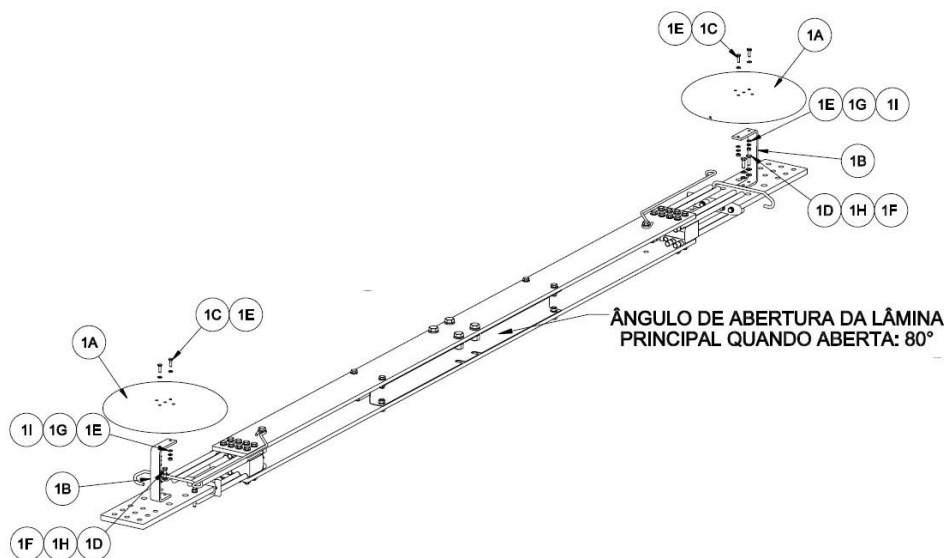


Figura 11 - Recorte 3 projeto eletromecânico
Fonte: Própria (2022)

Embora existam instrumentos adequados destinados à medição de ângulo, o mais comum nesta atividade é o uso de recursos já disponíveis para realização de tais verificações.

Desta maneira, é necessária a utilização de conhecimentos básicos de ângulo e trigonometria, de modo a obter uma angulação aproximada daquela sugerida pelo fabricante, considerando uma variação permitida de grau, na grandeza de 5%, para mais ou para menos.

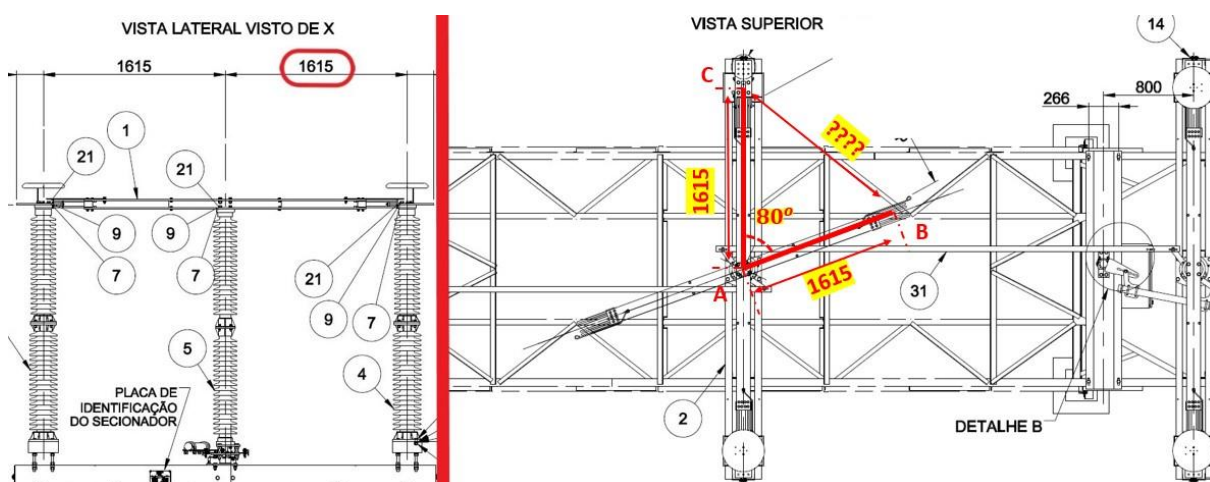


Figura 12 - Recorte 4 projeto eletromecânico
Fonte: Própria (2022)

De posse das informações fornecidas pelo projeto, faz-se o ajuste da angulação de abertura com os devidos conhecimentos de razões trigonométricas em um triângulo qualquer, ilustrados na seção 2.4.2.

Desta forma, conhecidas as medidas de dois lados do triângulo (**1615 mm**) e do ângulo formado por eles (**80°**), chegaremos à distância entre o ponto fixo **C** e a extremidade da lâmina **B**, que nos permitirá o ajuste no grau adequado, utilizando a lei dos cossenos.

Nos valendo de arredondamento, calculamos:

$$\overline{BC}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{AC}^2 - 2 \cdot \overline{AB} \cdot \overline{AC} \cdot \cos 80^\circ \quad (8)$$

$$\Rightarrow \overline{BC}^2 = 16^2 + 16^2 - 2 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 0,1736 \Rightarrow \overline{BC}^2 = 256 + 256 - 2 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 0,1736$$

$$\Rightarrow \overline{BC}^2 = 512 - 88,88 \Rightarrow \overline{BC}^2 = 423,12 \Rightarrow \overline{BC} = \sqrt{423,12} \Rightarrow \overline{BC} \cong 20,57mm$$

Então, para obter-se o ângulo de abertura aproximado de 80°, deve-se abrir o seccionador até que a distância entre o ponto fixo **C** e a extremidade da lâmina **B** fique em 2,05 metros aproximadamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu observar algumas aplicações do conhecimento matemático na prática, especificamente em parte das etapas de substituição de chave seccionadora de 230 kV na subestação de energia elétrica Fortaleza II, instalação pertencente à CHESF, com a devida contextualização quanto ao SEP, seu funcionamento e sua estrutura, à qual está integrada a referida empresa.

De um modo geral, profissionais práticos da área de montagem eletromecânica lidam com questões diárias que envolvem o conhecimento matemático, ainda que de forma muito empírica e bastante natural. As operações básicas da matemática são realizadas rotineiramente por praticamente todo o grupo para realização de diversas medições de comprimento, enquanto outras um pouco mais sofisticadas, como cálculo de ângulos ou operações fundamentais envolvendo grandezas decimais, são utilizadas por montadores mais experientes e qualificados.

Ficou evidente a presença do conhecimento matemático dentro do campo de estudo deste trabalho, o qual configura apenas um pequeno recorte da sociedade e seus ramos de atividade (indústria, comércio e serviços), onde também a matemática está presente nos diversos processos a elas pertinentes.

Dada a importância do tema, entende-se ser necessário o desenvolvimento de projetos com análise mais aprofundada acerca do assunto, de modo que se obtenham resultados mais consolidados, que possibilitem a proposição de políticas objetivas para o enfrentamento da conhecida problemática da dificuldade de aprendizagem de matemática.

Considerada a abrangência e a proposição deste estudo, entendo que a produção de materiais áudio visuais demonstrando a aplicabilidade prática do conhecimento matemático nas atividades de montagem de subestações, com sua consequente exibição em sala de aula, configura eficaz estratégia auxiliar ao ensino da matemática.

Nesse sentido, como estratégia acessória à apresentada anteriormente, a realização de visitas a subestações pelos estudantes, com a devida fundamentação prévia, mostra-se um importante recurso didático facilitador da aprendizagem, capaz não só de despertar no aluno o interesse pelo tema trabalhado, mas também de

possibilitar a compreensão, enquanto cidadão, de alguns fenômenos sociais, naturais e culturais inseridos naquele contexto.

Para finalizar, cumpre enfatizar que este trabalho não tem a pretensão de esgotar as análises acerca do tema proposto, nem tampouco dar conta das diversas possibilidades de práxis pedagógicas no ensino da matemática, mas tão somente suscitar discursões a respeito da problemática em questão, dada a sua relevância. Dentro desta perspectiva, estratégias não convencionais, como aquelas aqui sugeridas, configuram importantes ferramentas auxiliares à relação ensino/aprendizagem, as quais devem ser utilizadas de forma interativa, colocando o estudante dentro do processo como ser pensante, crítico e atuante.

6. REFERÊNCIAS

- Brasil247**, 2015. Disponível em: <https://www.brasil247.com/brasil/geracao-eolica-supera-hidreletrica-e-termica-no-nordeste>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- ALAGOAS24HORAS.COM. **Alagoas 24 horas**, 2014. Disponível em: <https://www.alagoas24horas.com.br/404503/problema-em-subestacao-deixa-parte-de-alagoas-sem-fornecimento-eletrico/>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- Anuário Estatístico de Energia. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. 2021.
- Atlas de energia elétrica do Brasil. ANEEL. Brasília. 2021.
- BLUESOL Energia Solar. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/fazenda-solar/>. Acesso em: 2022.
- BRUSCHI, L. mt.gov.br. **Governo do Mato Grosso**, 2019. Disponível em: <http://www.mt.gov.br/-/12631663-termeletrica-de-cuiaba-ja-gera-480-megawatts-e-opera-em-capacidade-maxima>. Acesso em: 17 mar. 2022. il. color.
- CASTILHO, C. A. R. **Geometria Plana: Uma Introdução**. Recife: UFPE, 2012.
- CUMAPS.NET. Disponível em: <https://cumaps.net/en/BR/subestacao-chesf-teixeira-de-freitas-ii-p154541>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- DIESEL, C. guaiba.com. **Rádio Guaíba**, 2018. Disponível em: <https://guaiba.com.br/2018/12/20/aneel-leilao-cinco-lotes-de-linhas-de-transmissao-no-rs-empresas-devem-investir-r-53-bil/>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- DOLCE, O.; POMPEO, J. N. **Fundamento de matemática elementar**. 9ª. ed. São Paulo: Atual, v. 9, 2013.
- FANTINATO, M. C. C. B. **ETNOMATEMÁTICA - novos desafios teóricos e pedagógicos**. Niterói: UFF, 2009.
- FLEMMING, D. M.; LUZ, E. F.; WAGNER, C. **Tópicos de matemática elementar I**. 2ª. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2006.
- IEZZI, G. *et al.* **Matemática - ciência e aplicações: ensino médio**. 9ª. ed. São Paulo: Saraiva, v. II, 2016.
- IEZZI, G. **Fundamentos de matemática elementar**. 9ª. ed. São Paulo: Atual, v. 3, 2013.
- IEZZI, G.; MURAKAMI, C. **Fundamentos de matemática elementar**. 8ª. ed. São Paulo: Atual, v. I, 2011.
- LIMA, E. L. **Medida e Forma em Geometria**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2009.
- MURRIE, Z. D. F. **Matemática e suas tecnologias**. 2ª. ed. Brasília: MEC / INEP, 2006.
- PINTEREST.COM. **PINTEREST**. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/698902435906677043/>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- PORTALODIA.COM. **Portal o Dia**, 2015. Disponível em: https://portalodia.com/noticias/piaui/eletrobras-implanta-sistema-de-telemedicao-para-combater-perdas-de-energia-231878.html?fb_comment_id=891063574291931_891563237575298. Acesso em: 17 mar. 2022.
- SOUZA, J. R. **Matemática | Realidade & Tecnologia**. 1ª. ed. São Paulo: FTD, v. 6, 2018.
- VENTURA, M. oglobo.globo.com. **O Globo**, 2021. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/em-dez-anos-hidreletricas-perderao-espaco-na-geracao-de-energia-para-solar-eolica-24242784>. Acesso em: 17 mar. 2022.