

## O USO DA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO EM C++ COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO ESTUDOS DE SISTEMAS ELÉTRICOS

Gabriele Feitosa dos Santos<sup>1</sup>  
Lucas dos Santos Ribeiro<sup>2</sup>  
Monique Santos Correia<sup>3</sup>  
Pedro Henrique Rocha Chaves<sup>4</sup>

### RESUMO

A importância das descobertas de físicos e engenheiros ao longo da história, e sua grande contribuição para a Engenharia Elétrica, em específico, para as aplicações no cotidiano desses profissionais são inúmeras e de grande importância. Este trabalho tem como objetivo construir uma ferramenta para o cálculo de conversão de sistemas elétricos em ligação estrela-triângulo a partir dos valores informados pelo usuário. Para isso foi utilizado, o software Dev C++ para a construção do programa, colocando em prática os conhecimentos obtidos na disciplina de programação, após a confecção do código foram feitos testes de implementação para verificar que o modelo criado correspondia com as necessidades educacionais da disciplina de Circuitos Elétricos. Portanto, entende-se que a utilização do código como ferramenta auxiliadora nos processos de ensino-aprendizagem são importantes para levar aos alunos usuários um caminho que adiante os processos de resolução sem que comprometa o processo de aprendizagem dos conteúdos.

**Palavras-chave:** Engenharia, Sistemas Elétricos, Computação, Ensino, Aprendizado.

### INTRODUÇÃO

A utilização dos sistemas elétricos é, sem dúvida alguma, extremamente importante e abrangente em todo o mundo. A presença dos sistemas de transmissão e distribuição de energia estão presentes em todas as etapas da vida até a utilização dos aparelhos eletroeletrônicos de uso doméstico.

Para a construção desses sistemas faz-se necessário o entendimento de diversos conteúdos presentes nos cursos de engenharia elétrica, como as conversões de sistemas elétricos em ligação estrela ou triângulo, assim como os assuntos relacionado às tensões de linha e de fase. A compreensão destes assuntos é, por vezes, complexa e requer análises delicadas. Por conta da abstração dos assuntos, a busca por metodologias que facilitem e auxiliem na compreensão destes assuntos tem crescido nos últimos anos.

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia – IFBA, santosgabi2902@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduando do Curso Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia – IFBA, lucas80002016@gmail.com;

<sup>3</sup> Graduando do Curso Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia – IFBA, moniquecorreiaeng@gmail.com;

<sup>4</sup> Graduando do Curso Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia – IFBA, phrochaves@gmail.com;

Nessa perspectiva, o presente trabalho teve por objetivo a criação de um programa em linguagem C++ que pudesse dar suporte didático nos processos de aprendizagem dos estudantes de engenharia elétrica nos conteúdos supracitados.

## **METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento desse trabalho foi necessário o conhecimento de Circuitos Elétricos, com o objetivo de desenvolver um programa que faça a conversão  $\Delta Y$ .

A plataforma de programação utilizada foi o software Dev C++ que oferece um ambiente de desenvolvimento integrado para o desenvolvimento de aplicações. O programa possui todas as funcionalidades padrões necessárias para a escrita, compilação, debugging e execução de programas na linguagem C e C++. Na compilação dos projetos, o Dev C++ utiliza compiladores do projeto GNU, possuindo também a biblioteca ANSI c.

Os principais recursos utilizados foram:

- Prototipagem de funções;
- Passagem por referência de parâmetros;
- Utilização de vetores;
- Operações básicas.

Com os recursos já definidos, fez-se a elaboração do programa e, a partir disso, fez-se os testes de funcionamento a fim de constatar se o código estava correto.

## **DESENVOLVIMENTO**

Ao longo da história da humanidade as diversas descobertas na área da física, serviram como uma sólida base para as engenharias atualmente. Na área da Engenharia Elétrica, por exemplo, a análise de um simples circuito iniciou-se pelos estudos do físico Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), ainda como estudante, anunciou pela primeira vez as leis de como calcular corrente, resistência e tensão em redes elétricas, conhecidas como Leis de Kirchhoff.

Além disso, Kirchhoff estendeu a teoria do físico alemão Georg Simon Ohm, onde generalizou as equações para a corrente elétrica em condutores elétricos em três dimensões. (THOMEN, 2016)

Outra grande contribuição para a análise de circuitos elétricos com resistores foi graças a um engenheiro inglês nascido na Índia, Arthur Edwin Kennelly (1861-1939) que

(83) 3322.3222

[contato@conedu.com.br](mailto:contato@conedu.com.br)

[www.conedu.com.br](http://www.conedu.com.br)

desenvolveu um teorema que nos permite a simplificação de análise de circuitos conhecido com Teorema de Kennelly, mas também conhecida como Transformação de Estrela-Triângulo. (OTERO, 2017)

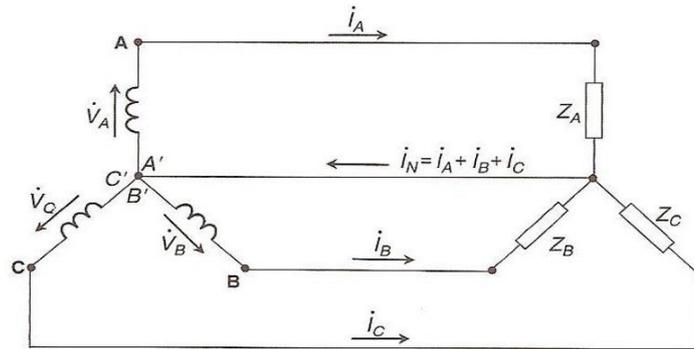
Nikola Tesla (1856-1943) foi um engenheiro croata-americano cujas invenções, entre as quais estão os motores a indução e o primeiro sistema polifásico, influenciando muito no debate sobre CA versus CC a favor de CA, sendo este responsável por definir como frequência-padrão de 60 Hz para os sistemas de energia CA nos Estados Unidos.

Tesla tinha uma memória incrível e com uma grande afinidade com matemática. Mudou-se para os Estados Unidos em 1884, e inicialmente trabalhou com Thomas Edison. Nessa época, havia no país a “batalha das correntes” com George Westinghouse (1846-1914) promovendo a CA e Thomas Edison provendo a CC. Tesla abandonou Edison e juntou se a Westinghouse por causa de seu interesse pela CA. E por isso Tesla ganhou fama e aceitação para seu sistema polifásico de geração, transmissão e distribuição em CA. Durante a sua vida chegou a ter 700 patentes. Entre suas atribuições em CA, temos o aparelho de alta tensão (bobina de Tesla) e o sistema de transmissão sem fio. A unidade de densidade de fluxo magnético, o tesla, recebeu esse nome em sua homenagem.

Tensões trifásicas são produzidas normalmente por um gerador CA trifásico (ou alternador-que se trata de uma fonte de tensão), onde é constituído basicamente de um eixo rotativo (denominado rotor) e envolto por enrolamento fixo (denominado estator). Três bobinas ou enrolamentos com distintos terminais, nomeados como *a*, *b* e *c* são dispostos e separados fisicamente a  $120^\circ$  em torno do estator, quando o gira o rotor o fluxo magnético no interior das bobinas faz com induza uma tensão nela e com isso, faz com que as tensões sejam iguais e defasadas em  $120^\circ$  (SADIKU; ALEXANDER, 2013).

Essas bobinas em um circuito elétrico mais amplo, como uma rede elétrica, por exemplo, são representadas como transformadores em um sistema de distribuição de energia elétrica, e as tensões em cada uma são denominados como tensão de fase, e a tensão de linha são as quais transmite de um circuito para outro. Concluindo então ao se tratar de um sistema elétrico equilibrado, para um caso ideal, as tensões de fases são iguais em magnitude e estão defasadas entre se por  $120^\circ$ .

**Figura 1:** Motor trifásico.

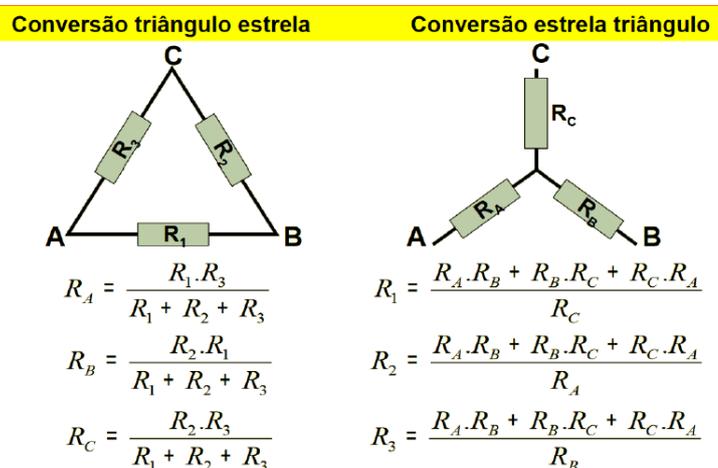


**Fonte:** SADIKU (2013).

Este artigo se trata de um algoritmo computacional, em linguagem C++, que permita utilizar uma técnica na análise de Circuitos Elétricos em corrente contínua, para resistores, onde vai ser analisado o circuito equivalente através da conversão permitida pelas Transformações Y-delta (estrela – triângulo). Para a análise em corrente alternada, fontes de tensões, será analisada apenas a disposição física em formato (estrela ou triângulo) restringindo em apenas na conversão da tensão de fase para a tensão de linha e a sua defasagem para um circuito equivalente para disposição física em estrela ou triângulo.

Para a simplificação de circuitos é utilizado a transformação de estrela para triângulo, ou triângulo para estrela, para modificar os valores dos resistores por seu equivalente na posição oposta, podendo facilitar a resolução de um certo circuito, e se utiliza das equações mostradas na Figura 2 para se fazer essas transformações.

**Figura 2 –** Conversão  $\Delta Y$



**Fonte:** Ilha Física (2017).

Aplicando os valores dos resistores na equações descritas na figura 2 pode-se obter o equivalente seja ele em estrela ou em triângulo. Já para fazer as transformações entre tensões e corrente de fase e de linha usa-se as equações descritas nas figura 3.

**Figura 3** - Equações de transformação entre tensão e corrente de fase e de linha.

Conexão	Correntes/tensões de fases	Idêntico às correntes de linha
estrela-estrela	$V_{an} = V_p/0^\circ$ $V_{bn} = V_p/-120^\circ$ $V_{cn} = V_p/+120^\circ$ Idêntico às correntes de linha	$V_{ab} = \sqrt{3}V_p/30^\circ$ $V_{bc} = V_{ab}/-120^\circ$ $V_{ca} = V_{ab}/+120^\circ$ $I_a = V_{an}/Z_Y$ $I_b = I_a/-120^\circ$ $I_c = I_a/+120^\circ$
estrela-triângulo	$V_{an} = V_p/0^\circ$ $V_{bn} = V_p/-120^\circ$ $V_{cn} = V_p/+120^\circ$ $I_{AB} = V_{AB}/Z_\Delta$ $I_{BC} = V_{BC}/Z_\Delta$ $I_{CA} = V_{CA}/Z_\Delta$	$V_{ab} = V_{AB} = \sqrt{3}V_p/30^\circ$ $V_{bc} = V_{BC} = V_{ab}/-120^\circ$ $V_{ca} = V_{CA} = V_{ab}/+120^\circ$ $I_a = I_{AB}\sqrt{3}/-30^\circ$ $I_b = I_a/-120^\circ$ $I_c = I_a/+120^\circ$
triângulo-triângulo	$V_{ab} = V_p/0^\circ$ $V_{bc} = V_p/-120^\circ$ $V_{ca} = V_p/+120^\circ$ $I_{AB} = V_{ab}/Z_\Delta$ $I_{BC} = V_{bc}/Z_\Delta$ $I_{CA} = V_{ca}/Z_\Delta$	Idêntico às tensões de fase  $I_a = I_{AB}\sqrt{3}/-30^\circ$ $I_b = I_a/-120^\circ$ $I_c = I_a/+120^\circ$
triângulo-estrela	$V_{ab} = V_p/0^\circ$ $V_{bc} = V_p/-120^\circ$ $V_{ca} = V_p/+120^\circ$  Idêntico às correntes de linha	Idêntico às tensões de fase  $I_a = \frac{V_p/-30^\circ}{\sqrt{3}Z_Y}$ $I_b = I_a/-120^\circ$ $I_c = I_a/+120^\circ$

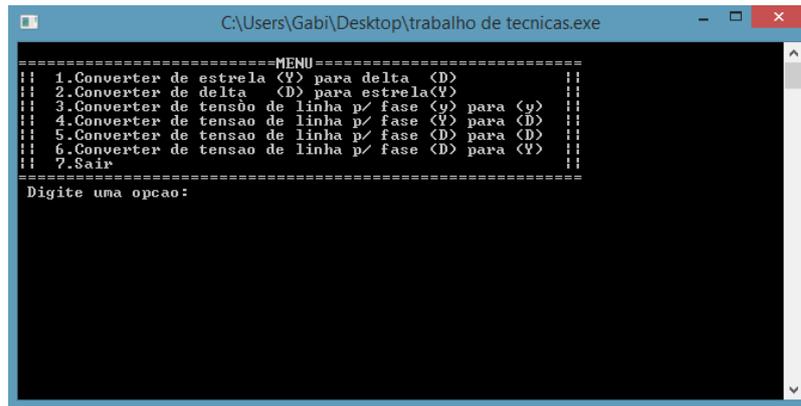
Fonte: SADIKU (2013).

A partir dessas equações pode se obter as relações entre tensões, e corrente, de fase utilizando as de linha, o contrário também é válido obtendo-se as tensões de linha por meio das tensões de fase.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa contém um menu interativo com 7 opções de conversão tanto para associação de resistores de Y para  $\Delta$  e vice-versa e também para a conversão de tensão de linha para fase como é mostrado na Figura 4.

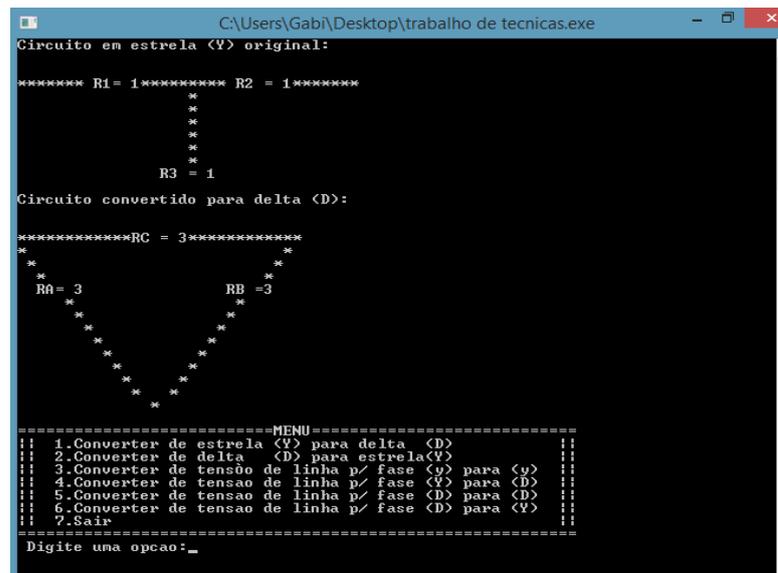
Figura 4 – Menu inicial do programa



Fonte: Autoria Própria (2019).

Ao acessar a primeira opção é possível informar os valores dos três resistores R1, R2 e R3, onde R1 se encontra na parte superior esquerda, R2 na parte superior direita e o resistor R3 na parte de baixo que se encontram no tipo estrela (Y) sem a possibilidade de saber se os resistores estão em série ou em paralelo convertendo dessa forma para o tipo delta ( $\Delta$ ), possibilitando dessa maneira a continuação da análise do circuito com a finalidade de se encontrar um resistor equivalente para o circuito elétrico desejado. A funcionalidade da opção 1 pode ser visualizada na Figura 5 abaixo:

Figura 5. Opção de conversão de estrela (Y) para delta ( $\Delta$ )



Fonte: Autoria Própria (2019).

Com o acesso da segunda opção é possível informar os valores dos resistores RA, RB e RC, onde RA se encontra na parte inferior direita, RB na parte inferior esquerda e RC na





## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante disso, os conteúdos deste artigo foram esclarecedores quanto a importância do aprimoramento das análises de circuitos elétricos, tendo em vista que os mesmos nos permitiram chegar muito mais longe, sendo possível o seu aperfeiçoamento através de estudos anteriores de grandes cientistas. Foi possível ainda analisar a utilidade do sistema de transformação Delta-Estrela para a resolução de um impasse muito comum num circuito elétrico, sendo possível dessa maneira gozar de um aprendizado de caráter interdisciplinar, tendo em vista que foram usados ferramentas e a literatura nas áreas do conhecimento de Circuitos Elétricos e Técnicas de Programação. Além disso, entende-se que a construção desse código é uma poderosa ferramenta educacional no que se refere a utilização das linguagem de programação para o viés educacional.

## REFERÊNCIAS

THOMEN, Diana Maria Navroski; **GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF (1824-1887)**. Disponível em: < <https://sites.unicentro.br/wp/petfisica/2016/04/25/gustav-robert-kirchhoff/>> Acesso em: 19 jul.2019.

OTERO, Santiago; **TEOREMA DE KENNELLY**. Disponível em:< <http://elektrolandia.com/teorema-de-kennelly/>>. Acesso em: 19 jul.2019.

SISTEMAS Trifásicos. *In*: SADIKU, Matthew N.O.; ALEXANDER, Charles K. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. Porto Alegre: AMGH editora LTDA, 2013.

AGUILAR, Luis Joyanes; **Programação em C++: Algoritmos, Estruturas de Dados e Objetos**. Porto Alegre: AMGH editora LTDA, Edição: 2ª, 2007.

Ilha Física,2017; **Conversão Estrela Triângulo**. Disponível em: <<https://ilhafisica.files.wordpress.com/2017/07/circuito-tric3a2ngulo-estrela.pdf>> Acesso em: : 19 jul.2019.