

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
ESCOLA POLITÉCNICA / ENGENHARIA ELÉTRICA  
Trabalho Final de Curso II

**Camila Alencar Garavello**

**Hiago Nascente Wanderley**

Estudo de Caso de Proteção Elétrica da Adequação de uma Subestação  
em Goiânia

Trabalho Final de Curso II como parte dos requisitos para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica  
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Esp. Alair Gomes Camargo – Orientador – EE-PUC Goiás.  
Prof. Msc. Carlos Alberto Vasconcelos Bezerra – EE-PUC Goiás.  
Eng<sup>o</sup> Alexia Pablinne da Silva Sabino – AJEL.

Goiânia, 09 de Dezembro de 2021.

# Estudo de caso de Proteção Elétrica da Adequação de uma Subestação em Goiânia

CAMILA ALENCAR GARAVELLO, HIAGO NASCENTE WANDERLEY, ALAIR G. CAMARGO

*Abstract - This course conclusion work aims to deepen the study of coordination in the electrical power system and its protection systems, the studies aim to add knowledge to develop the foundations of the basic requirements, improving the learning of the various spheres that the electrical system of power offers us. This article applies the study of protection, coordination and selectivity to adapt the increase in demand of a slaughterhouse substation in Goiânia, in the lowering Substation (SE) fed by circuit 2 of the SE of Carajás, calculation blocks, sizing and demonstrating the coordination and selectivity of protection relays and protection equipment with the parameters of the studied plant. In this case study, the Substation short-circuit calculations were performed, and the relays with the functions 50/51, 50 / 51N, 67, 67N, 32, 27, 59, 59N, 81L and 81H were dimensioned..*

*Keywords – Electrical Systems Protection, short circuits, Relays, protection function, Substation.*

**Resumo** – Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo aprofundar o estudo de coordenação no sistema elétrico de potência e seus sistemas de proteção, os estudos visam agregar conhecimento para desenvolver os alicerces dos requisitos básicos, aprimorando o aprendizado das diversas esferas que o sistema elétrico de potência nos oferece. Esse artigo aplica o estudo de proteção, coordenação e seletividade para adequação do aumento de demanda da subestação de um Frigorífico em Goiânia, na Subestação (SE) rebaixadora alimentada pelo circuito 2 da SE de Carajás, apresentando os cálculos, dimensionando e demonstrando a coordenação e seletividade dos relés de proteção e equipamentos de proteção com os parâmetros necessários da planta estudada. Nesse estudo de caso, foram realizados os cálculos de curto-circuito da Subestação, e foram dimensionados os relés com as funções 50/51, 50/51N, 67, 67N, 32, 27, 59, 59N, 81L e 81H.

**Palavras-chave** – Proteção de Sistemas Elétrico, curtos-circuitos, Relés, função de proteção, Subestação.

## I. INTRODUÇÃO

Os sistemas elétricos de potência (SEP) necessitam de um serviço de continuidade para estabilização do suprimento do mercado de energia elétrica, desde a transmissão e distribuição até os consumidores finais. Contudo esse serviço requer equipamentos de proteção contra as avarias que ocorrem nesse sistema. Os equipamentos de proteção são dimensionados através do estudo de proteção que definem parâmetros de cada sistema. O estudo determina os níveis de curtos-circuitos, sendo esta, uma das falhas mais recorrentes que expõe os equipamentos a altos níveis de correntes elétricas ocasionando diminuição da vida útil dos mesmos e chegando a danificá-los por completo.

As perturbações no sistema que, além dos curtos circuitos, também apresentam falhas como as subtensões, sobretensões e as sobrecargas comprometendo a operação do sistema. Para evitar essas perturbações reduzindo a paralisação dos sistemas e os custos envolvidos em todos

esse processo é necessário a realização de um estudo de proteção que verifique, analise e calcule os parâmetros de cada sistema.

O embasamento teórico dos cálculos de níveis de curto circuitos, dimensionamento e das funções de proteção, coordenadas com o sistema da concessionária com a finalidade de aplicação no SEP do frigorífico estudado. Obtém-se a identificação das proteções corretas a serem utilizadas, como a corrente da chave seccionadora, do disjuntor, correntes de curto circuito e as funções de proteção 27 (subtensão), 59 (sobretensão), 59N (sobretensão residual de terra), 50/51 (sobrecorrente de fase instantânea e temporizada), 50N/51N (sobrecorrente de neutro instantânea e temporizada), 67 (direcional de sobrecorrente), 32 (direcional de potência), 81L (subfrequência) e 81H (sobrefrequência) conforme tabela ANSI, a serem parametrizadas no relé de proteção do SEP.

Os Sistemas elétricos (SE) resguardam as perturbações que prejudicam suas operações. Utilizando os dispositivos de proteção que realiza a defesa contra as avarias nos sistemas e aplicando os parâmetros corretos conforme o estudo de proteção levantados, esses dispositivos tem a função de proteger com seletividade e de modo coordenado.

O presente artigo tem como objetivo realizar os estudos de proteção de uma indústria frigorífica de Goiânia – GO. Para atingir os objetivos propostos, a metodologia aplicada consiste, primeiramente, nas análises e os cálculos de curto circuito do sistema existente para, posteriormente selecionar as proteções, realizar a coordenação e seletividade para o SEP da indústria.

## OBJETIVOS

### A. Objetivos Geral

Realizar o estudo de cada do estudo de proteção da adequação na Subestação rebaixadora que atende a indústria do Frigorífico, localizada em Goiânia, com a finalidade do aumento de demanda da subestação.

### B. Objetivos específicos

- Apresentar breve abordagem teórica dos aspectos necessários para a realização de um estudo de proteção no Sistema Elétrico de Potência.
- Calcular as correntes de curto circuito em barra da SE estudada.
- Dimensionar os relés com as funções 50/51, 50/51N, 67, 27, 59, 59N, 81, 32.
- Realizar a coordenação e seletividade dos relés da SE estudada, com o relé da concessionária.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### A. CURTO CIRCUITO

#### Conceitos

O curto circuito pode ser definido como o aumento instantâneo da corrente elétrica em um circuito elétrico (ou ponto de um circuito elétrico) devido a algum falha acidental ou

proposita que reduz a resistência do circuito tornando-a desprezível.[1]

O curto circuito sempre ocorre em pontos aleatórios da rede elétrica e se o mesmo não for eliminado o quanto antes poderá acarretar em prejuízos mais sérios a equipamentos que integram a rede elétrica. A fim de evitar tal situação é importante que seja realizado um estudo das correntes de curto circuito para que seja possível a determinação dos parâmetros que possibilitam os ajustes dos dispositivos de proteção. [5]

São diversas as causas das faltas na rede elétricas, e está exposto às condições mais diversas e imprevisíveis, como problemas de isolamento, ação do vento, neve, árvores, descargas atmosféricas, sobretensões do sistema, surtos de chaveamentos, manutenção, vandalismos e diversos outros tipos de ocorrências.[2]

#### Tipos de curto circuito

Os curtos circuitos podem ser do tipo permanente ou temporário.

O **permanente** pode ser caracterizado como irreversível, necessitando de conserto na rede para restabelecer o sistema. Após a abertura do disjuntor por trip, o sistema só pode ser restabelecido mediante a uma manutenção corretiva no local do defeito.

O **temporário** pode ser caracterizado como aqueles que ocorrem sem haver defeito na rede, ou seja, caso haja alguma atuação de trip do disjuntor por curto, o sistema pode ser restabelecido de imediato sem problemas.

É importante mencionar a ocorrência de cada tipo, sendo 4% para curtos do tipo permanente e 96% do tipo temporário.

No sistema elétrico de energia, os curtos circuitos trifásicos são equilibrados, bastando para tanto considerar o circuito equivalente de sequência positiva. Já os curtos-circuitos bifásicos, bifásicos a terra e monofásico à terra, são desequilibrados e os diagramas de sequência positiva, negativa e zero deverão ser usados. [5]

Um curto circuito é considerado equilibrado quando há completa simetria ou equilíbrio entre suas fases, após ocorrer o defeito. Nessa situação, as impedâncias, os módulos das tensões e das correntes de curto circuito são iguais nas três fases, permitindo assim a representação monofásica do sistema [4]

- **Curto circuito trifásico:** É o curto circuito que ocorre quando as três fases do sistema se tocam. Como todas as correntes são equilibradas, havendo diferença entre o curto circuito trifásico e o trifásico-terra, sendo o trifásico-terra constituído da sequência positiva, negativa e zero e ambos obtêm-se o mesmo módulo, conforme figura 1. [3]

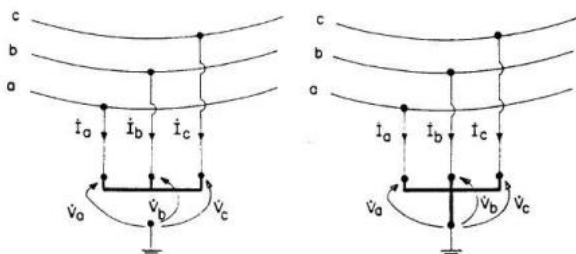


Figura 1. Esquema de curto circuito trifásico.[3]

- **Curto circuito Bifásico:** É o curto que ocorre quando duas fases se tocam, através de uma impedância ou diretamente, conforme figura 2. [3]

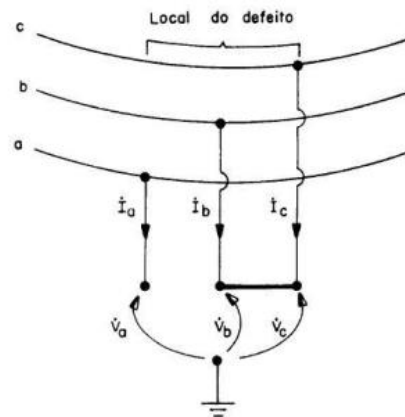


Figura 2. Esquema de curto circuito bifásico.[3]

- **Curto circuito Bifásico-Terra:** É curto que ocorre quando duas fases tocam a terra, conforme figura 3. [3]

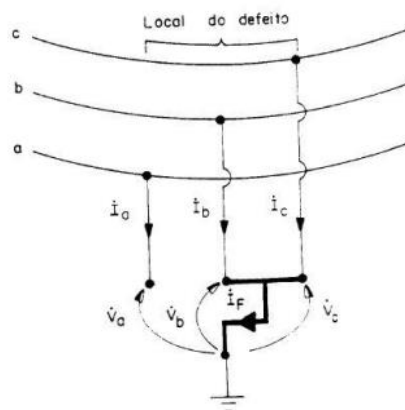


Figura 3. Esquema de curto circuito bifásico.[3]

- **Curto circuito Monofásico:** É o curto que ocorre quando apenas uma das fases tocam a terra, através de uma impedância, ou diretamente, conforme figura 4. [3]

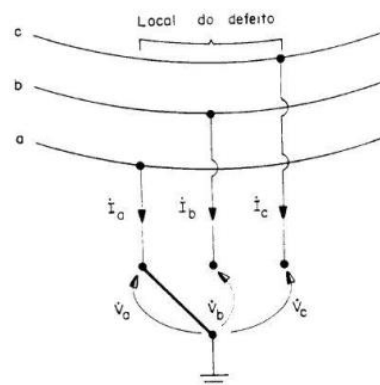


Figura 4. Esquema de curto circuito monofásico.[3]

## B. TRANSFORMADORES

Os transformadores são para medição de grandezas do sistema elétrico com características específicas para proteção e exatidão desses dispositivos definidos pelo estudo de proteção e tem a função de isolamento nos circuitos. [6]

### Transformador de corrente

Os transformadores de corrente realizam transformação da leitura realizada no sistema aplicado para uma grandeza padronizada em 5A ou 1A para entrada dessa leitura nos equipamentos de proteção e medições, como os relés de proteção e multimedidores. Essa relação de transformação de corrente (RTC) demonstra o nível de redução da corrente do

primário para o secundário mostrada na equação (1):

$$RTC = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P} \quad (1)$$

Onde:

N<sub>p</sub>: Números de espiras do primário;  
N<sub>s</sub>: Números de espiras do secundário;  
I<sub>p</sub>: Corrente do primário;  
I<sub>s</sub>: Corrente do secundário;

O TC é um equipamento monofásico que possui dois enrolamentos isolados eletricamente, denominados primário e secundário. Têm a função de reduzir a corrente do primário para valores tratáveis, proporcionais aos do mesmo, geralmente para 1 A ou 5 A, tendo como uma das finalidades isolar o sistema de potência dos instrumentos como os relés. A amostra da corrente do sistema de potência, que é colhida no secundário do TP (Transformador de Potencial), serve de referência para que o relé mande o sinal para o disjuntor abrir o circuito, ou seja, quando acontece uma perturbação na corrente do sistema, o relé é sensibilizado através do TC [4]. Um exemplo de TC é mostrado na Figura 5.



Figura 5. Transformador de Corrente. Fonte [11]

#### Transformador de potencial

O TP (Transformador de Potencial) é um equipamento monofásico que possui dois enrolamentos isolados eletricamente, mas acoplados magneticamente, denominados primário e secundário, que têm a função de reduzir a tensão do primário, de forma proporcional, para valores compatíveis com a máxima tensão suportável pelos instrumentos de medição. Essa relação de transformação de potencial (RTP) demonstra o nível de redução da tensão do primário para o secundário mostrada na equação (2):

$$RTC = \frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} \quad (2)$$

Onde:

N<sub>p</sub>: Números de espiras do primário;  
N<sub>s</sub>: Números de espiras do secundário;  
V<sub>p</sub>: Tensão do primário;  
V<sub>s</sub>: Tensão do secundário;

Uma das finalidades do TP é isolar o sistema de potência dos instrumentos de medida como relés e contatores. Assim, com maior segurança, é possível conectar um voltímetro ou wattímetro no secundário para medir, de forma proporcional, as grandezas elétricas correspondentes aos valores do primário [6]. Um exemplo de TP é mostrado na Figura 6.



Figura 6. Transformador de Potencial. Fonte [11]

#### C. RELÉ DE PROTEÇÃO

Os relés de proteção são implementados nos sistemas elétricos para realizarem a proteção em conjunto com o seccionamento do sistema, normalmente utilizado através do disjuntor. O relé é o maior responsável pela proteção na ocorrência de algum evento anormal na rede.

Existem vários relés de proteção e para especificar um relé necessita se definir as funções de proteção necessárias para o sistema elétrico em análise definidas pelo estudo de proteção.

Essas funções de proteção são relacionada a um código numérico que determinam quais proteções esse relé tem disponível a serem utilizadas. Os códigos numéricos são padronizados através da tabela conhecida com ANSI – American National Standards Institute, mencionada no ANEXO II deste artigo[7].

A. Função – Sobrecorrente (50/51)

B. Função – Sobrecorrente de neutro (50N/51N)

C. Função – Subtensão (27)

D. Função – Sobretensão (59)

E. Função – Diferencial (87)

F. Função 67 – Direcional de sobrecorrente de fase

G. Função 32 – Direcional de Potência

H. Função 81L – Subfrequência

I. Função 81H - Sobrefrequência

#### D. DISJUNTOR

O disjuntor tem a função de interromper o curto circuito o mais breve possível. [5]

Para definir um disjuntor em uma subestação deve ser atendida algumas características específicas no estudo de proteção: nível de isolamento, corrente máxima, curto circuito. Assim escolher o disjuntor adequado para a subestação através da capacidade de interrupção, corrente e isolamento do mesmo.

#### E. RELIGADOR

Religador – é um dispositivo interruptor automático, que abre e fecha seus contatos repetidas vezes na eventualidade de uma falha por ele protegido.[10]

O religador é um equipamento de proteção a sobrecorrentes

utilizado em circuitos aéreos de distribuição, que opera quando detecta correntes de curto circuito, desligando e religando automaticamente os circuitos um número predeterminado de vezes. Quando um religador sente uma condição de sobrecorrente, a circulação dessa corrente é interrompida pela abertura de seus contatos. Os contatos são mantidos abertos durante determinado tempo, chamado tempo de religamento, após o qual se fecham automaticamente para reenergização da linha. Se, no momento do fechamento dos contatos, a corrente persistir, a sequência abertura/fechamento é repetida até três vezes consecutivos e, após a quarta abertura, os contatos ficam abertos e travados. O novo fechamento só poderá ser manual.[11]

Controle Eletrônico. Com este tipo de controle, o religamento apresenta maior flexibilidade e mais facilidade para ajustes e ensaios, além de ser mais preciso, comparativamente ao de controle hidráulico. Contudo, essas vantagens devem ser economicamente avaliadas antes de ser procedida a escolha entre um religador com controle hidráulico e um com controle eletrônico.

### III. METODOLOGIA DE PESQUISA

O estudo de proteção na Subestação (SE) rebaixadora aplicado na adequação do aumento de carga da indústria com os dados de base do ponto de entrega da concessionária, através do cálculo se obtém o nível de curto circuito, as correntes nominais, de inrush e ansi dos transformadores com a soma do aumento do transformador de 750kVA em paralelo com o gerador de 500kVA na SE, conforme a figura 7. Diante disso, apresenta os cálculos das correntes para definição se há necessidade da troca dos dispositivos de proteção existentes na subestação da indústria com esse aumento de carga. Assim, defini os parâmetros do dispositivos de proteção e os ajustes do relé de proteção a ser utilizado na SE, conforme as funções de proteção e coordenação do estudo de proteção para a SE após as modificações.

### IV. DADOS DO SISTEMA ESTUDADO

Os dados abaixo se referem ao documento fornecido pela ENEL CE-O&M-SSP-905-2020 [9], detalhado no ANEXO I.

ALIMENTAÇÃO: Alimentação vem do Circuito 02 da SE Carajás.

NÍVEIS DE CURTO CIRCUITO NO PONTO DE ENTREGA:

- Icc trifásico = 2375,56 A;
- Icc bifásico = 2057,30 A;
- Icc monofásico (fase-terra) = 1147,71 A;
- Icc monofásico (fase-terra min) = 186,03 A;

IMPENDÂNCIAS:

- Sequencia negativa = sequencia positiva = (1,0578 + j1,4080) pu;
- Sequencia zero = (1,5493 + j 7,4872) pu;

O relé do disjuntor geral da instalação deverá coordenar com o religador Schneider ADVC2, da GN10-416661 do Circuito 2 da SE Carajás. Segue os dados do Religador Enel (Tabela 1):

Religador Schneider ADVC2 – GN10-416661	
Fase:50/51	Neutro: 50N/51N
RTC:2000/1 A	RTC:2000/1 A
Curva: IEC-MI	Curva: IEC-MI
Pickup (A): 50 A	Pickup (A): 20 A
DIAL: 0,50	DIAL: 0,50
E.I. : Bloqueado	E.I. : Bloqueado

Fonte: Dados fornecidos pela ENEL.

Tabela 1 – Dados do Relé da concessionária Enel.

### MEMORIAL DE CÁLCULO:

A subestação estudada é rebaixadora e atende a uma indústria em Goiânia. A mesma é alimentada pelo circuito 2 da SE de Carajás. Sendo o aumento de carga com o acréscimo do transformador de 750kVA e o paralelismo com o gerador de 500kVA, segue no ANEXO IV o diagram unifilar identificando os mesmos. Segue abaixo o diagrama unifilar da modificação do aumento de carga na indústria, na figura 7.

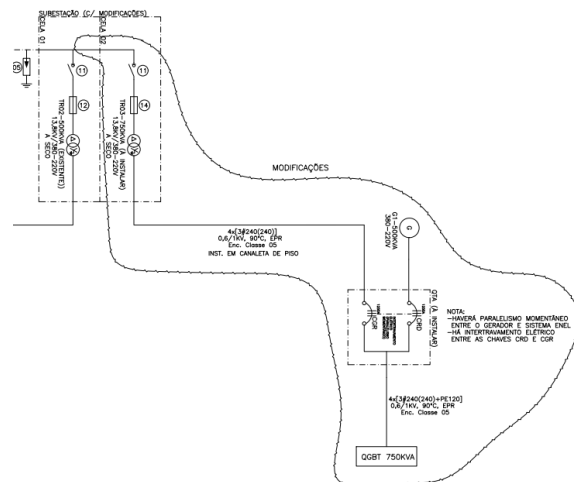


Figura. 7. Diagrama unifilar – modificações.

Segue abaixo os cálculos para determinar os parâmetros a serem implantados nos relés de proteção.

#### A. DETERMINAÇÃO DAS CORRENTES NOMINAIS, INRUSH, ANSI DOS TRANSFORMADORES E DISJUNTOR:

Para os transformadores a seco a Corrente de Inrush será de 12 vezes a corrente nominal com um tempo de duração de 0,1 s e para os transformadores a óleo será de 8 vezes a corrente nominal.

Para os Disjuntores a Corrente de Inrush Real será dada pela equação 1 abaixo:

$$Inrush\ real = \frac{1}{\left(\frac{1}{Icc3f}\right) + \left(\frac{1}{Inrush}\right)} \quad (1)$$

Onde:

Inrush: Corrente de pico de entrada;

Icc3f: Nível de curto circuito trifásico;

Conforme ANEXO III demonstra os transformadores da indústria, segue as equações 2, 3, e 4 para definição das corrente nominal, inrush total, inrush real e corrente ansi dos transformadores.

As tabelas 2, 3 e 4 abaixo com as características dos transformadores, sendo o transformador 03 na tabela 4, a ser instalado para o aumento de carga da indústria.

Assim:

<u>Transformador óleo 01</u>	
<u>Potência</u>	300kVA, 13,8kV
<u>In</u>	12,6 A
<u>I inrush</u>	$8 \times 12,6 = 100,8 \text{ A para } t=0,1s$
<u>I ansi</u>	$In/Z = 12,6/0,045 = 280 \text{ A para } t=2s$
<u>Elo Fus</u>	12K

Tabela 2. Transformador a óleo 01.

<u>Transformador seco 02</u>	
<u>Potência</u>	500kVA, 13,8kV
<u>In</u>	20,9 A
<u>I inrush</u>	$8 \times 20,9 = 251 \text{ A para } t=0,1s$
<u>I ansi</u>	$In/Z = 20,9/0,06 = 348,3 \text{ A para } t=2s$
<u>Elo Fus</u>	25K

Tabela 3. Transformador a seco 02.

<u>Transformador a seco 03</u>	
<u>Potência</u>	750kVA, 13,8kV
<u>In</u>	31,3 A
<u>I inrush</u>	$8 \times 31,3 = 376,5 \text{ A para } t=0,1s$
<u>I ansi</u>	$In/Z = 31,3/0,06 = 522,9 \text{ A para } t=2s$
<u>Elo Fus</u>	63K

Tabela 4. Transformador a seco 03 – Novo para adequação.

Disjuntor Geral (DJ01):

$$In = In \text{ tr01} + In \text{ tr02} + In \text{ tr03}; \quad (2)$$

$$In = 12,6 + 20,9 + 31,3 = 64,8A;$$

Onde:

In: Corrente nominal;

In tr01: Corrente nominal do transformador 01;

In tr02: Corrente nominal do transformador 02;

In tr03: Corrente nominal do transformador 03;

$$Inrush \text{ total} = Inrush \text{ tr01} + Inrush \text{ tr02} + Inrush \text{ tr03}; \quad (3)$$

$$Inrush \text{ total} = 100,8 + 251,0 + 522,9$$

$$Inrush \text{ total} = 874,7A$$

Onde:

Inrush: Corrente pico de entrada total;

In tr01: Corrente pico de entrada do transformador 01;

In tr02: Corrente pico de entrada do transformador 02;

In tr03: Corrente pico de entrada do transformador 03;

$$Inrush \text{ real} = \frac{1}{\left(\frac{1}{I_{cc3f}}\right) + \left(\frac{1}{Inrush}\right)}; \quad (1)$$

$$Inrush \text{ real} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2375,56}\right) + \left(\frac{1}{874,7}\right)} = 639,3 \text{ A}$$

Para  $t=0,1s$ .

$$Iansi = Iansitr01; \quad (4)$$

$$Iansi = 280 \text{ A para } t = 2s \text{ (menor valor)}$$

Onde:

Iansi: Corrente ANSI ;

In tr01: Corrente pico de entrada do transformador 01;

### B. DETERMINAÇÃO DOS TC's TP's e Disjuntor de MT:

Para a  $I_{cc.3f} = 2375,56A$ , temos:

In TC > ( $I_{cc}$  Trifásico / FS),

Onde:  $I_{cc}$  Trifásico =  $2375,56 \text{ A} / FS = 20$

In TC > ( $2375,56/20$ )

In TC > 118,8 A

In TC > Inominal

Inominal = 64,8 A

In TC = 200A

TC = 200/5A, RTC = 40

Desta forma tem-se:

Especificação dos TC's:

- Classe 15 KV;

- **In = 200/5 A;**

- **RTC = 40;**

-  $I_{th} = 80 \times I_p$ ;

-  $I_d = 2,5 \times I_{th}$ ;

- Fator Térmico = 1,2;

- Classe Exatidão = 10B100;

- Frequência = 60 Hz;

- Classe Temperatura = B (130°C);

- **Será mantido os TC's existentes**

Especificação dos TP's:

- Classe 15KV;

- **Un = (13800/ $\sqrt{3}$ )-(115/ $\sqrt{3}$ );**

- **RTP = 120;**

- Potência Térmica = 500 VA;

- Classe Exatidão = 0,6P100;

- Frequência = 60 Hz;

- Classe Temperatura = B (130°C);

- **Será mantido os TP's existentes**

Especificação dos Disjuntores de MT:

- In > 300 A (corrente nominal dos TC's);

- Capacidade Curto Circuito > 5KA / 119 MVA ( $5,0 \times 13,8 \times \sqrt{3}$ );

- **Será mantido o Disjuntor de MT existente**

### C. DETERMINAÇÃO DA COORDENAÇÃO DAS PROTEÇÕES

- **Determinação dos ajustes ansi 50/51 e 50N/51N:**

▪ **Disjuntor geral (DJ01):**

DETERMINAÇÃO DOS AJUSTES DE FASE:

FUNÇÃO 51:

$I_p \text{ fase} = I_{n\text{Disjuntor}} = 64,8 \text{ A} \Rightarrow I_p \text{ fase} = 64,0 \text{ A}$

$TAP = I_p \text{ fase}/RTC = 64,0/40 = 1,60$

TAP = 1,60

**$I_p \text{ fase} = 64,0 \text{ A}$**

Será usado o **DIAL 0,3** (dt = 0,30)

Curva = Muito Inversa (**MI**)

FUNÇÃO 50:

$I_{inrush} = 639,3 \text{ A}$

$1,2 \times I_{inrush} < I_{inst \text{ fase}} < I_{cc2f}$

$1,2 \times 639,3 < I_{inst \text{ fase}} < 2057,3$

$767,16 < I_{inst \text{ fase}} < 2057,3$

**$I_{inst \text{ fase}} = 800 \text{ A}$**

▪ **Determinação dos ajustes de neutro:**

FUNÇÃO 51N:

$I_p \text{ neutro} = 33\% I_p \text{ fase} = 0,333 \times 64,0 = 21,3 \text{ A}$

$I_p \text{ neutro} = 18,0 \text{ A}$

$TAP = I_p \text{ neutro}/RTC = 18,0/40 = 0,45$

TAP = 0,45

**$I_p \text{ neutro} = 18,0 \text{ A}$**

Será usado o **DIAL 0,2** (dt = 0,20)

Curva = Muito Inversa (**MI**)

FUNÇÃO 50N:

$I_{inst \text{ neutro}} < I_{ccft \text{ min}}$

$I_{inst \text{ neutro}} < 186,03$

**$I_{inst \text{ neutro}} = 150 \text{ A}$**

Os Ajustes de Fase proposto para o Rele de UC (Unidade Consumidora), está coordenando com as necessidades internas da UC mas não coordena com a Proteção Enel à montante da UC.

Dessa forma, se vê necessário revisar os ajustes da Proteção Enel. Com os ajustes simulados no Coordenograma há coordenação. Os ajustes propostos para Fase é:

Curva: IEC MI

Pickup: 65 A

Dial: 0,6

▪ **Determinação dos ajustes ansi 67 (direcional de sobrecorrente de fase):**

É uma proteção de sobrecorrente associada à detecção de direção. É ativada se a função de sobrecorrente na direção escolhida for acionada por pelo menos uma das fases.

Este ajuste pode ser com tempo definido ou temporizado (regido pela equação da curva escolhida).

Segue abaixo a determinação da contribuição do Curto Circuito no Sistema Enel causado pelo gerador ligado no transformador 02 da Subestação (caso mais crítico).

O pior caso ocorre quando da ocorrência de um curto circuito na barra da SE Enel no momento do paralelismo momentâneo.

Para esta situação, os elementos envolvidos são:

O Sistema Enel, o cabo alimentador de entrada (como neste caso o comprimento deste cabo é pequeno, pode-se considerar uma influência desprezível), o transformador TR03 e o gerador de 500KVA.

Segue os cálculos:

a - Sistema Enel:

•  $Z1 = 1,0578 + j1,4080 \text{ (pu)}$

•  $Z0 = 1,5493 + j7,4872 \text{ (pu)}$

b - Transformador TR02:

•  $Z = 6,0\% \rightarrow Z_{pu} = Z_{tr}/MV_{Atr} = 6,0/0,5 = 12,0 \text{ pu}$

•  $X/R = 7$

•  $R = Z/\sqrt{1+(X/R)^2} = 12,0/\sqrt{1+7^2} = 1,697 \text{ pu}$

•  $X = 7R = 7 \times 1,697 = 11,879 \text{ pu}$

•  $Z_{tr} = 1,697 + j11,879 \text{ pu}$

c - Gerador G2:

•  $X''d = 17,6\%$

•  $X''d_{pu} = (X''d/100) \times (100/MVA_{ger}) \times ((KV_{ger})^2 / (13,82)) = 0,0267 \text{ pu}$

$I_{cc.3f. ger} = 1/\Sigma Z1$

$\Sigma Z1 = Z1_{Enel} + Z1_{tr} + X''d = 2,7548 + j13,3137 = 13,6 \angle 78,1^\circ$

$I_{cc.3f. ger} = 1/13,6 = 0,0735 \text{ pu}$

$I_{cc.3f. ger} = 0,0735 \times 4183,7 = 307,6 \text{ A}$

Como serão 2 geradores de 500KVA que irão operar em paralelismo momentâneo, a potência nominal será de 1000KVA. A corrente nominal dos geradores no lado de 13,8KV é:

$I_{n. ger} = S_{n. ger} / (\sqrt{3} \times 13,8) = 1000 / (\sqrt{3} \times 13,8) = 41,84 \text{ A}$

A corrente de contribuição para um curto circuito trifásico na barra da SE Enel (13,8 KV) é de 307,6 A (caso mais crítico com somente um gerador em paralelismo).

▪ **Disjuntor geral:**

Ângulo máximo de torque = 45°;

• Direção de atuação: SE Frigo Suino p/ SE Enel

• Curva: IEC-MI (muito inversa)

• Dial: 0,1

•  $I_{n. ger} = 41,84 \text{ A}$

•  $10\% I_{n. ger} < I_{p.67} < I_{cc.3f. ger}/2$

$0,10 \times 41,84 < I_{p.67} < 307,6/2$

$4,184 < I_{p.67} < 153,8$

$I_{p.67} = 24,8 \text{ A}$  (59,3% In. geração)

•  $I_{p.67} = 24,8 \text{ A}$

• IEI = 150 A

▪ **Determinação dos ajustes ANSI 32 (Direcional de Potência):**

É uma proteção de potência ativa reversa. É ativada se a potência ativa que transita em direção à Enel for superior ao valor ajustado de  $P_s$  com uma temporização definida.

Será considerado um fator de potência de 92%.

**Disjuntor Geral:**

• Direção de atuação: SE Frigo Suino p/ SE Enel

•  $P_n \text{ gerador} = 1000 \times 0,92 = 920 \text{ KW}$

•  $P_n \text{ total gerador} = 920 \text{ KW}$

•  $P_s = 30\% \text{ da } P_n \text{ total gerador} = 0,3 \times 920$

•  $P_s = 276 \text{ KW}$

•  $t = 0,5 \text{ s}$

▪ **Determinação dos ajustes ANSI 27 (Sub tensão):**

Esta proteção é monofásica e opera em tensão Fase-Neutro. É ativada se uma das 3 tensões ou as 3 tensões ficarem inferior ao valor ajustado de Vs.

Considerando a Tabela 8 da Especificação Técnica n.º122 da ENEL-GO, será considerado um afundamento momentâneo de tensão inferior a 80% (0,8pu) e tempo máximo de 10 segundos.

Desta forma teremos:

- Definido Subtensão (27):

Ajuste: 6.373,9 V

Temporização: 10 s

▪ **Determinação dos ajustes ANSI 59 (Sobretensão):**

Esta proteção é monofásica e opera em tensão Fase-Neutro. É ativada se uma das 3 tensões ou as 3 tensões ficarem superior ao valor ajustado de Vs.

Considerando a Tabela 8 da Especificação Técnica n.º122 da ENEL-GO, conforme ANEXO III, será considerado uma elevação momentâneo de tensão superior a 110% (1,1pu) e tempo máximo de 10 segundos.

Desta forma teremos:

- Definido Sobretensão (59):

Ajuste: 8.764 V

Temporização: 10 s

▪ **Determinação dos ajustes ANSI 59N (Sobretensão de neutro):**

Esta proteção é monofásica e opera em tensão Fase-Neutro. É ativada se a tensão residual for superior ao valor ajustado de Vs0.

A tensão residual é calculada pelas 3 tensões Fase-Neutro. Será considerado um desequilíbrio de 5% em relação a tensão nominal com duração de no máximo 3s.

Desta forma teremos:

- Definido Sobretensão de Neutro (59N):

Ajuste: 399 V (0,05 x 7967)

Temporização: 3 s

▪ **Determinação dos ajustes ANSI 81L (Subfrequência):**

É ativada se a frequência da tensão for inferior ao valor ajustado de Fs.

Para o ajuste será considerado a tabela 9 da Especificação Técnica n.º122 da ENEL-GO conforme ANEXO III, que estipula uma redução na frequência de 2,5% com duração de no máximo 10s. No entanto adotaremos o tempo de 4s.

Desta forma teremos:

- Definido Subfrequência (81L):

Ajuste: 58,5 Hz

Temporização: 4 s

▪ **Determinação dos ajustes ANSI 81H (Sobrefrequência):**

É ativada se a frequência da tensão for superior ao valor ajustado de Fs.

Para o ajuste será considerado a tabela 9 da Especificação Técnica n.º122 da ENEL-GO, que estipula um acréscimo na frequência de 5,8% com duração de no máximo 10s. No entanto adotaremos o tempo de 4s.

Desta forma teremos:

- Definido Sobrefrequência (81H):

Ajuste: 63,5 Hz

Temporização: 4 s

Segue abaixo as imagens referentes aos Resumos Gerais dos Parâmetros a serem parametrizados no rele (Tabela 5), os Coordenogramas das Proteções de Fase (Figuras 8 e 9) e de Neutro (Figura 10), e as tabelas com os tempos de atuação das proteções (Tabelas 6, 7 e 8).

Rele Disjuntor Geral	
LOCAL: Cabine Entrada Frigo Suino	
RELE: Siemens 7RS1205	
TC: 200/5 A, Classe 15KV, Classe exatidão 10B100, NBI 95KV, fator térmico 1,2	
TP: (13800/R3)/(115/R3), 500VA, 0,6P100	
RTC: 40	
RTP: 120	
PARÂMETRO	AJUSTE
51 lp	64,0 A
51 Curva	IEC Muito Inversa
51 dt	0,3
50 lp	800 A
50 t	0 s
51N lp	18,0 A
51N Curva	IEC Muito Inversa
51N dt	0,2
50N lp	150 A
50N t	0 s
27 Vp	6373,9 (0,8 pu)
27 t	10 s
59 Vp	8764 V (1,05 pu)
59 t	10 s
59N Vp	399 V (0,05 pu)
59N t	3 s
81L l	58,5 Hz
81L t	4 s
81H l	63,5 Hz
81H t	4 s
67 Ângulo	45°
67 lp	24,8 A
67 Curva	IEC MI (muito inversa)
67 dt	0,1
67 l.instantâneo	150 A
32 Wr	276 KW
32 t	0,5 s

Tabela 5. Resumo Geral dos Parâmetros do Relé.

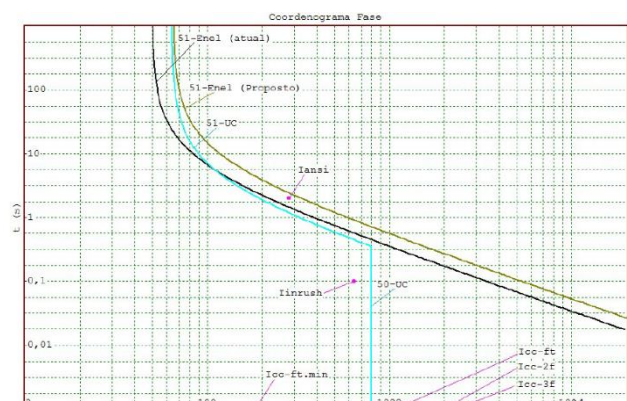


Figura 8. Coordenograma de Fase.



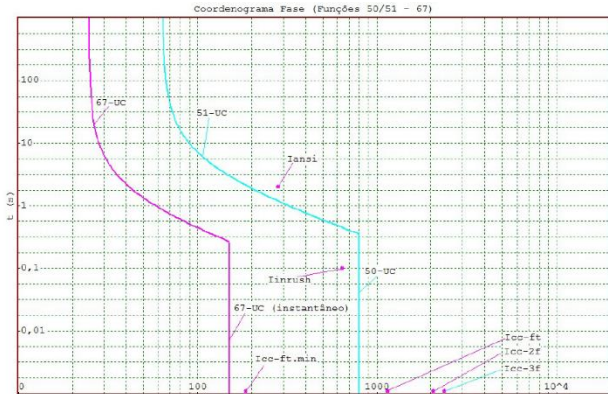


Figura 9. Coordenograma de Fase (funções 50/51-67).

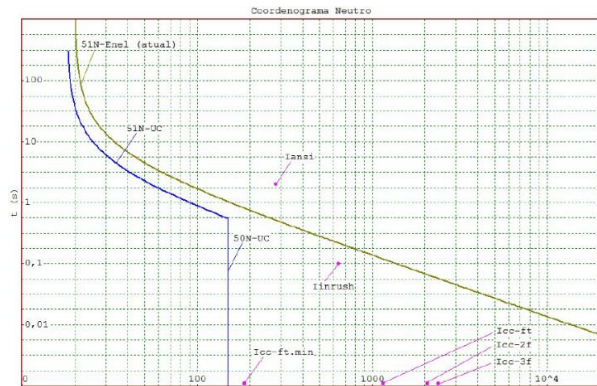


Figura 10. Coordenograma de neutro.

TABELA DOS TEMPOS DE ATUAÇÃO DAS PROTEÇÕES - FASE  
(Ajustes atual do Rele Enel)  
COORDENAÇÃO: PROTEÇÃO Enel / Disjuntor Geral

Icc (A)	Rele ENEL		Rele Disj. Geral	
	M	tempo Atuação (s)	M	tempo Atuação (s)
Icc-3f	2375,56	47,51	0,1451263	37,12
Icc-2f	2057,3	41,15	0,1681363	32,15
Icc-ft	1147,71	22,95	0,3074583	17,93
Icc-ft.min	186,03	3,72	2,4810704	2,91
Icc	2000	40,00	0,1730769	31,25
Icc	750	15,00	0,4821429	11,72
Icc	300	6,00	1,3500000	4,69
Icc	100	2,00	6,7500000	1,56
Icc	50	1,00	não atua	0,78
Icc	45	0,90	não atua	0,70

Tabela 6. Tempos de atuação da proteções – Fase (ajustes atual do relé Enel).

TABELA DOS TEMPOS DE ATUAÇÃO DAS PROTEÇÕES - FASE  
(Ajustes proposto do Rele Enel)

Icc (A)	Rele ENEL		Rele Disj. Geral	
	M	tempo Atuação (s)	M	tempo Atuação (s)
Icc-3f	2375,56	36,55	0,2278668	37,12
Icc-2f	2057,3	31,65	0,2642674	32,15
Icc-ft	1147,71	17,66	0,4862798	17,93
Icc-ft.min	186,03	2,86	4,3501611	2,91
Icc	2000	30,77	0,2720930	31,25
Icc	750	11,54	0,7686131	11,72
Icc	300	4,62	2,2404255	4,69
Icc	100	1,54	15,0428571	1,56
Icc	50	0,77	não atua	0,78
Icc	45	0,69	não atua	0,70

Tabela 7. Tempos de atuação das proteções – Fase (ajustes proposto do relé enel).

TABELA DOS TEMPOS DE ATUAÇÃO DAS PROTEÇÕES - NEUTRO  
(Ajustes atual do Rele Enel)  
COORDENAÇÃO: PROTEÇÃO Enel / Disjuntor Geral

Icc (A)	Rele ENEL		Rele Disj. Geral	
	M	tempo Atuação (s)	M	tempo Atuação (s)
Icc-3f	2375,56	118,78	0,0573112	131,98
Icc-2f	2057,3	102,87	0,0662642	114,29
Icc-ft	1147,71	57,39	0,1197116	63,76
Icc-ft.min	186,03	9,30	0,8131061	10,34
Icc	800	40,00	0,1730769	44,44
Icc	145	7,25	1,0800000	8,06
Icc	100	5,00	1,6875000	5,56
Icc	30	1,50	13,5000000	1,67
Icc	19	0,95	não atua	1,06
Icc	15	0,75	não atua	0,83

Tabela 8. Tempos de atuação das proteções – Neutro (ajustes atual do relé enel)

V. CONCLUSÃO

O trabalho objetivou no estudo de caso da realização do Estudo de Coordenação e Seletividade entre a rede de distribuição ENEL e a entrada no sistema das instalações elétricas da subestação de uma indústria em Goiânia.

Seu escopo inicialmente foi uma sucinta revisão acerca dos conceitos básicos do Sistema de Potência, como as correntes de curto circuito no sistema elétrico, que perturbam e obstem os cálculos e as simulações do sistema em operação.

Com base nos método p.u e referências bibliográficas foi possível confirmar cálculos dos níveis de corrente de curto circuito nas barras da instalação (adequação) do aumento de carga do empreendimento.

O estudo de curto circuito (CC) se torna fundamental dentro da análise de sistemas de potência (SEP), possibilitando o comportamento do sistema integrado ou de um ponto específico de falha. Com os estudos das falhas, aplicação de variadas técnicas de proteção nos sistemas estudados, aliando teoria de circuitos a métodos matemáticos, obtém-se os parâmetros limites do SEP da ocorrência de uma falta.

Com posse dos estudos dos níveis de curto circuito das instalações elétricas se define critérios para ajustar os relés de proteção e dimensionamento dos TCs com base na adequação para o aumento de carga solicitado.

Estes dados coletados e calculados, permitiu dimensionar e especificar os equipamentos necessários para se obter os níveis de tensão e corrente seguros no sistema.

Estes equipamentos de proteção especificados propiciam proteção dos equipamentos que compõem o sistema elétricos mantendo o sistema, quando solicitados a condições anormais de operação.

Além da função de proteção, o relé SIEMENS 7SR1205 [8] instalado obteve seletividade e ajustes do sistema fazendo com que se isole o defeito, permanecendo em operação constante reduzindo as perdas de carga e prejuízos econômicos. Em suma o estudo de coordenação e seletividade das proteções apresentam valores ideais para parametrização dos elementos de proteção do sistema elétrico no caso estudado sem a necessidade de troca do relé existente.

Analisando os coordenogramas confirma que os ajustes de proteção dos relés do estudo de caso satisfazem tanto a concessionária quanto a adequação para suprir a demanda de carga, compreendendo que sistema elétrico de proteção é seletivo, sendo capaz de cessar as anomalias sem afetar todo o sistema, atuado apenas nas suas zonas de proteção.

Portanto, o estudo do curto circuito aliado aos conhecimentos dos equipamentos que compõem o sistema elétrico faz com que se tenha um funcionamento regular e contínuo da energia elétrica.

Como sugestão é importante o conhecimento de toda as nuances acerca do sistema elétrico e dos equipamentos existentes que podem garantir eficiência tanto de energia quanto de proteção e manter-se sempre ativo a energia elétrica produzida.

Este artigo procurou ser mais objetivo no entendimento dos estudos de fundamentação vistos em sala de aula. Diante disso, o cálculo das variáveis do curto circuito, os dimensionamentos de equipamentos fazem parte das proteções do sistema elétrico de potência com embasamento teórico em conjunto as operações e manipulações de diversas possibilidades do sistema elétrico.

A priori este artigo nos conectou ao prelúdio dos conhecimentos de curto circuito, TPs, TCs e relés de proteção ampliando as esferas de conhecimentos para que possamos nos aprofundar ainda mais na questão teórico/prática da determinação dos parâmetros dos sistemas de proteções, nos possibilitando a compreender e realizar cálculos mais robustos e complexos em sistemas de potências.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KINDERMANN, G. Curto circuito. 2ª ed. Porto Alegre: Sagra Luzzanotto, 1997.
- [2] SANTOS, V. M. Estudo de Caso de Curto circuito em um Sistema Elétrico Industrial. São Carlos, 2009.
- [3] MEDEIROS, A. L. A. O. et al. ESTUDOS DE PROTEÇÃO: Subestação de 138kV – Padrão CELG. Goiânia, 2013.
- [4] SANTOS, V. M. Estudo de Caso de Curto circuito em um Sistema Elétrico Industrial. São Carlos, 2009.
- [5] KINDERMANN, G. Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. 2ª ed. Vol. 1. Florianópolis, 2005.
- [6] SATO, F; FREITAS, W. Análise de curto circuito e princípios de proteção em sistemas de energia elétrica. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- [7] TABELA DE NUMERAÇÕES E FUNÇÕES (AMERICAN STANDARD). Disponível em: <<https://www.pextron.com/arquivos/Tabela%20ANSI%201d%20v002.pdf>>. Acesso em 24 de maio 2021.
- [8] SIEMENS. Proteção de sobrecorrente. Disponível em: <<https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/reynolle/overcurrent-and-feeder-protection/overcurrent-protection-reynolle-7sr10.html>>. Acesso em 24 de maio 2021.
- [9] ENEL. Enel's smart grids keep growing. Documento: Proteção a montante – Dados. Goiânia. 2020.
- [10] DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROTEÇÃO DE SISTEMA AÉREO DE DISTRIBUIÇÃO 2B. Disponível em: <[https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenharia/iaeletrica/2b\\_protecao\\_de\\_sistema\\_aereo\\_de\\_distribuicao.pdf](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenharia/iaeletrica/2b_protecao_de_sistema_aereo_de_distribuicao.pdf)>. Acesso em 10 de dezembro de 2021.
- [11] GREEN FLEXIBLE DIGITAL. SCHNEIDER ELECTRIC. Disponível em: <<https://download.schneider->

[electric.com/files?p\\_enDocType=Technical+leaflet&p\\_File\\_Name=SERED111205EN\\_web.pdf&p\\_Doc\\_Ref=SERED111205EN](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Technical+leaflet&p_File_Name=SERED111205EN_web.pdf&p_Doc_Ref=SERED111205EN)>. Acesso em 11 de dezembro de 2021.

[12] ADVC Controller Range. Disponível em: <[https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=ADVC3+Brochure\\_V1.pdf&p\\_Doc\\_Ref=ADVC\\_Controller](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=ADVC3+Brochure_V1.pdf&p_Doc_Ref=ADVC_Controller)>. Acesso em 11 de dezembro de 2021.

# ANEXO I – DOCUMENTAÇÃO DA ENEL



**CE-O&M-SSP-905-2020**

**Para:** FRIGO SUÍNOS  
**De:** I&N – O&M – Estudos do Sistema e das Proteções

**Assunto:** Informe de Níveis de Curto Circuito – FRIGO SUÍNOS

**Processo:**

Atendendo a vossa solicitação de níveis de curto-circuito e ajustes da proteção a montante necessários para o estudo de coordenação e seletividade da proteção do cliente UC 12364617, seguem abaixo os dados:

Chave CLIENTE

Subestação CARAJAS  
 Alimentador 45302 (02)

Resistência de falha = 0,00, 40,00 ohms  
 Tempo de Assimetria = 4,00 ciclos

Z1  
 PU base 100 MVA = 1,0578 +j 1,4080  
 OHMS = 2,0145 +j 2,6815

Z0  
 PU base 100 MVA = 1,5493 +j 7,4872  
 OHMS = 2,9504 +j 14,2587

Valores de curto-circuito (Calculado)  
 Simétrico (A)  
 Trifásico = 2375,56 | -53,08  
 Fase-Fase = 2057,30 | -53,08  
 Fase-Fase Mínimo = 311,13 | -6,94  
 Fase-Fase-Terra = 2226,98 | 45,77  
 Fase-Fase-Terra Mínimo = 2023,22 | 37,86  
 Fase-Terra = 1147,71 | -70,42  
 Fase-Terra Mínimo = 186,03 | -8,78

Assimétrico (A)  
 Trifásico = 2375,561  
 Fase-Fase = 2057,296  
 Fase-Terra = 1147,713  
 Fase-Terra Mínimo = 186,030

Pico  
 Trifásico = 3359,551  
 Fase-Fase = 2909,457  
 Fase-Terra = 1623,324  
 Fase-Terra Mínimo = 263,085



Relação X/R  
 Trifásico = 1,331  
 Fase-Fase = 1,331  
 Fase-Terra = 2,811  
 Fase-Terra Mínimo = 0,155

-----  
 Correntes de Sequencia  
 Trifásico ( I1 ) = 2375,56 | -53,08  
           ( I2 ) = 0,00 | 0,00  
           ( I0 ) = 0,00 | 0,00  
 Fase-Fase ( I1 ) = 1187,78 | -53,08  
           ( I2 ) = 1187,78 | 126,92  
           ( I0 ) = 0,00 | 0,00  
 Fase-Fase Mínimo ( I1 ) = 179,63 | -6,94  
                   ( I2 ) = 179,63 | 173,06  
                   ( I0 ) = 0,00 | 0,00  
 Fase-Fase-Terra ( I1 ) = 1302,85 | -55,18  
                   ( I2 ) = 1074,65 | 129,46  
                   ( I0 ) = 247,53 | 104,24  
 Fase-Fase-Terra Mínimo ( I1 ) = 1198,93 | -52,54  
                           ( I2 ) = 1176,74 | 126,36  
                           ( I0 ) = 31,89 | 172,83  
 Fase-Terra ( I1 ) = 382,57 | -70,42  
               ( I2 ) = 382,57 | -70,42  
               ( I0 ) = 382,57 | -70,42  
 Fase-Terra Mínimo ( I1 ) = 62,01 | -8,78  
                   ( I2 ) = 62,01 | -8,78  
                   ( I0 ) = 62,01 | -8,78  
 -----

**Proteção a Montante:**

RELIGADOR – GN10-416661 SCHNEIDER – ADVC2		
RTC	2000/1	
Parâmetro	Fase	Neutro
Pickup	50 A	20 A
Curva Lenta	IEC_MI	IEC_MI
Dial	0,5	0,5
E.I	BLOQ	BLOQ

Atenciosamente,

Eng<sup>o</sup>. Rogério Balduino Gondim  
 Estudos do Sistema e das Proteções

# ANEXO II – TABELA ANSI DE FUNÇÕES DE PROTEÇÃO DE RELÉS

TABELA A.1  
TABELA ANSI

Nr	Denominação	Nr	Denominação	Nr	Denominação
1	Elemento Principal	34	Dispositivo master de sequência	67	Relé direcional de sobrecorrente
2	Relé de partida ou fechamento temporizado	35	Dispositivo para operação das escovas ou curto-circuitar anéis coletores	68	Relé de bloqueio por oscilação de potência
3	Relé de verificação ou interbloqueio	36	Dispositivo de polaridade ou polarização	69	Dispositivo de controle permissivo
4	Contator principal	37	Relé de subcorrente ou subpotência	70	Reostato
5	Dispositivo de interrupção	38	Dispositivo de proteção de mancal	71	Dispositivo de detecção de nível
6	Disjuntor de partida	39	Monitor de condições mecânicas	72	Disjuntor de corrente contínua
7	Relé de taxa de variação	40	Relé de perda de excitação ou relé de perda de campo	73	Contator de resistência de carga
8	Dispositivo de desligamento da energia de controle	41	Disjuntor ou chave de campo	74	Relé de alarme
9	Dispositivo de reversão	42	Disjuntor / chave de operação normal	75	Mecanismo de mudança de posição
10	Chave comutadora de sequência das unidades	43	Dispositivo de transferência ou seleção manual	76	Relé de sobrecorrente CC
11	Dispositivo multifunção	44	Relé de sequência de partida	77	Dispositivo de telemedição
12	Dispositivo de sobrevelocidade	45	Monitor de condições atmosféricas	78	Relé de medição de ângulo de fase / proteção contra falta de sincronismo
13	Dispositivo de rotação síncrona	46	Relé de reversão ou desbalanceamento de corrente	79	Relé de religamento
14	Dispositivo de subvelocidade	47	Relé de reversão ou desbalanceamento de tensão	80	Chave de fluxo
15	Dispositivo de ajuste ou comparação de velocidade e/ou frequência	48	Relé de sequência incompleta / partida longa	81	Relé de frequência (sub ou sobre)
16	Dispositivo de comunicação de dados	49	Relé térmico	82	Relé de religamento de carga de CC
17	Chave de derivação ou descarga	50	Relé de sobrecorrente instantâneo	83	Relé de seleção / transferência automática
18	Dispositivo de aceleração ou desaceleração	51	Relé de sobrecorrente temporizado	84	Mecanismo de operação
19	Contator de transição partida-marcha	52	Disjuntor de corrente alternada	85	Relé receptor de sinal de telecomunicação (teleproteção)
20	Válvula operada eletricamente	53	Relé para excitatriz ou gerador CC	86	Relé auxiliar de bloqueio
21	Relé de distância	54	Dispositivo de acoplamento	87	Relé de proteção diferencial
22	Disjuntor equalizador	55	Relé de fator de potência	88	Motor auxiliar ou motor gerador
23	Dispositivo de controle de temperatura	56	Relé de aplicação de campo	89	Chave seccionadora
24	Relé de sobreexcitação ou Volts por Hertz	57	Dispositivo de aterramento ou curto circuito	90	Dispositivo de regulação (regulador de tensão)
25	Relé de verificação de Sincronismo ou Sincronização	58	Relé de falha de retificação	91	Relé direcional de tensão
26	Dispositivo térmico do equipamento	59	Relé de sobretensão	92	Relé direcional de tensão e potência
27	Relé de subtensão	60	Relé de balanço de corrente ou tensão	93	Contator de variação de campo
28	Detector de chama	61	Sensor de densidade	94	Relé de desligamento
29	Contator de isolamento	62	Relé temporizador	95	Usado para aplicações específicas
30	Relé anunciador	63	Relé de pressão de gás (Buchholz)	96	Relé auxiliar de bloqueio de barra
31	Dispositivo de excitação	64	Relé detetor de terra	97 à 99	Usado para aplicações específicas
32	Relé direcional de potência	65	Regulador	150	Indicador de falta à terra
33	Chave de posicionamento	66	Relé de supervisão do número de partidas		

# ANEXO III – TABELAS 8 e 9 DA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA N.º122 DA ENEL-GO

**Tabela 8:** Ajustes de sobretensão e subtensão - MT

Faixa de tensão no ponto de conexão (% TR)	Tempo de desconexão (s)
$TL \geq 1,20$	0,5
$1,10 \leq TL < 1,20$	10
$0,8 < TL < 1,10$	Operação Normal
$0,7 < TL \leq 0,8$	10
$TL \leq 0,7$	1,5

**NOTA:** TL – Tensão de Leitura, TR – Tensão de Referência

**Tabela 9:** Ajustes de sobrefrequência e subfrequência

Faixa de frequência no ponto de conexão (Hz)	Tempo de Desconexão (s)
$f \leq 56,5$	Instantâneo
$56,5 < f \leq 57,5$	5
$57,5 < f \leq 58,5$	10
$59,9 \leq f \leq 60,1$	Operação Normal
$62 \leq f \leq 63,5$	30
$63,5 \leq f < 66$	10
$f \geq 66$	Instantâneo

# ANEXO IV – IMAGENS DO DIAGRAM UNIFILAR ATUAL DA PLANTA DO FRIGORÍFICO

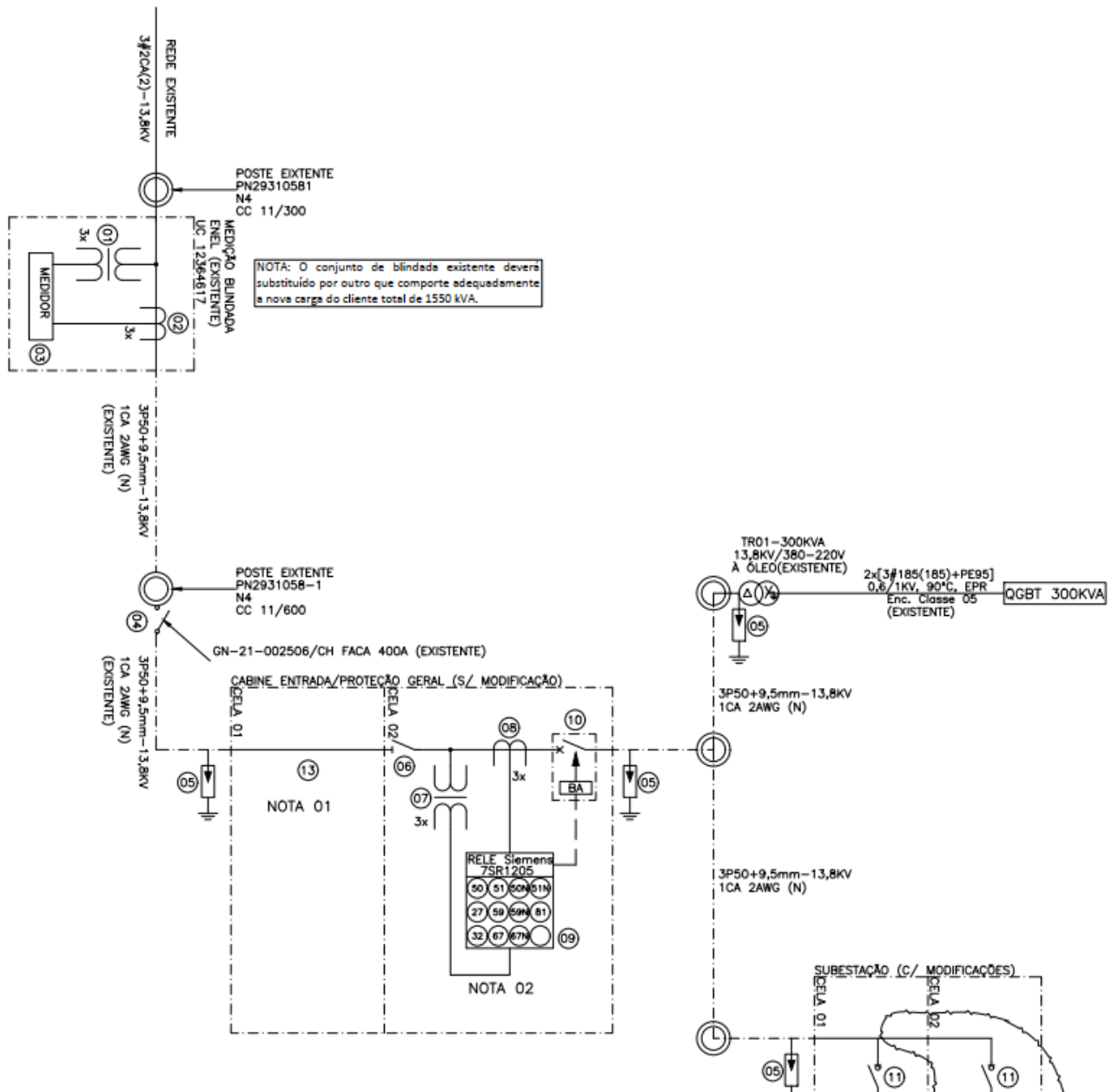


Figura 1 – ENTRADA DA SUBESTAÇÃO EXISTENTE

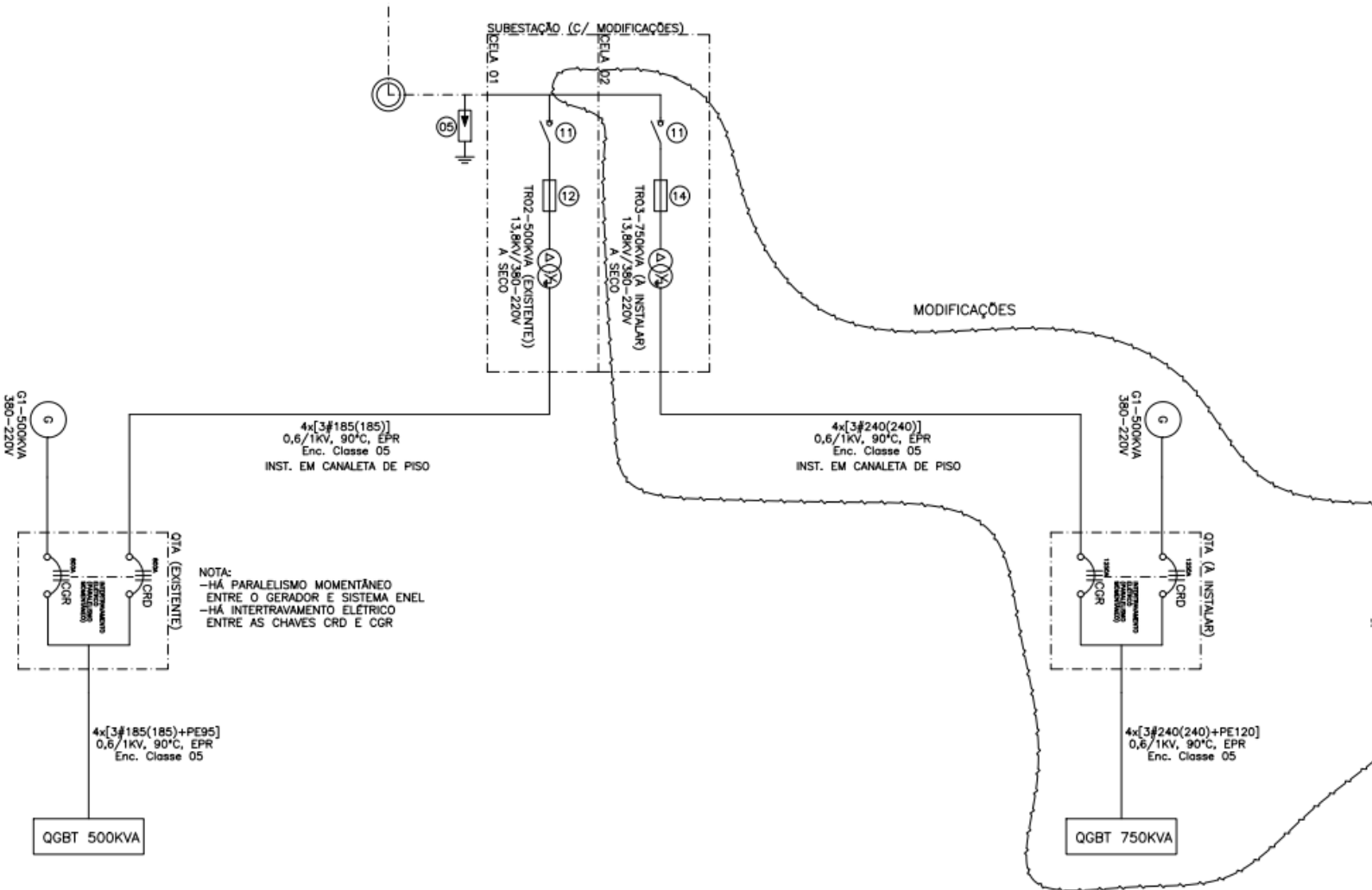
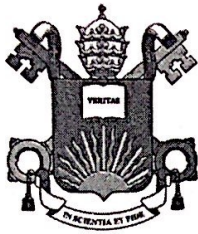


Figura 1 - Modificações - Aumento de demanda com transformador de 750kVA e Gerador de 500kVA





**PUC  
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário  
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010  
Goiânia • Goiás • Brasil  
Fone: (62) 3946.1000  
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

## RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

#### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Camila Alencar Coravello  
do Curso de Engenharia Elétrica, matrícula 2016-1003801478,  
telefone: 629-4070537 e-mail camila.agoravello@pucgoias.edu.br na qualidade de titular dos  
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),  
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o  
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado  
Estudo de caso de Proteção Elétrica da Atuação de uma  
Subestação em Goiânia, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5  
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial  
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som  
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da  
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da  
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

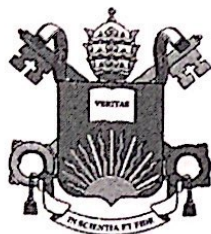
Goiânia, 09 de dezembro de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Camila Alencar Coravello

Nome completo do autor: \_\_\_\_\_

Assinatura do professor-orientador: Alain Goulart Cruz

Nome completo do professor-orientador: ALAIN GOULART CRUZ



**PUC  
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário  
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010  
Goiânia • Goiás • Brasil  
Fone: (62) 3946.1000  
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

## RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

#### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Hiago N. Wanderley  
do Curso de Engenharia Elétrica, matrícula 2016100380223-7,  
telefone: 62 998144602 e-mail hiago.wanderley@gmail.com, na qualidade de titular dos  
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),  
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o  
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado  
Estudo de caso de Proteção Elétrica de uma adeq  
de Subestação, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5  
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial  
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som  
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da  
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da  
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 09 de dezembro de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Hiago N. Wanderley

Nome completo do autor: Hiago N. Wanderley

Assinatura do professor-orientador: Alaino Gomes

Nome completo do professor-orientador: ALAINO GOMES CAVALCANTE