

Estudo de proteção e seletividade.

Superviza Atacadista

## 1. Dados da instalação:

### Obra:

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Razão Social:        | Superviza Atacadista |
| Cidade:              | Curitibanos          |
| Estado:              | SC                   |
| Endereço:            | Avenida Lions, 792   |
| Número:              | 3189                 |
| CNPJ:                | 05.435.073/0017-97   |
| Telefone:            | (49) 3533-7601       |
| Unidade Consumidora: | -                    |

### Proprietário:

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Razão Social:        | Superviza Atacadista |
| Cidade:              | Curitibanos          |
| Estado:              | SC                   |
| Endereço:            | Avenida Lions, 792   |
| Número:              | 3189                 |
| CNPJ:                | 05.435.073/0017-97   |
| Telefone:            | (49) 3533-7601       |
| Unidade Consumidora: | -                    |

### Responsável técnico:

|           |  |
|-----------|--|
| Nome:     | Sidnei De Pelegrin   |
| Registro: | 097127-5   |
| Endereço: | Leonardo Granemann   |
| Número:   | 443  |
| Telefone: | 49 99981328  |
| E-mail:   | <a href="mailto:sidnei@engemase.com.br">sidnei@engemase.com.br</a> |

Curitiba, 06 de dezembro de 2025.

## 2. Introdução

O presente Memorial visa descrever os cálculos necessários para configuração do relé de proteção indireta na Subestação de entrada de medição e proteção.

## 3. Memorial de cálculo

Neste item é apresentado os cálculos realizados para o estudo de seletividade e proteção, assim como tabela de carga do empreendimento.

### 3.1. Cálculo da demanda provável.

$Dem$  = Demanda contratada;

$P_{inst}$  = Potência instalada;

$FD$  = Fator de demanda;

$FP$  = Fator de potência.

Logo a demanda provável será aproximadamente:

$$Dem = \frac{P_{inst} \times FD}{FP} = \frac{883,52 \times 0,5}{0,92} = 480,17 \text{ kVA}$$

### 3.2. Dimensionamento do transformador

Para atender as demandas da edificação o transformador a ser utilizado será:

Transformador: 500 kVA

Impedância: 5 %

### 3.3. Cálculo da corrente nominal da instalação elétrica.

A corrente nominal deve ser calculada a partir da demanda máxima de acordo com o projeto, considerando o fator de potência de referência.

$I_n$  = Corrente nominal;

$Dem$  = Demanda contratada;

$V_n$  = Tensão nominal.

$$I_n = \frac{Dem}{V_n \times \sqrt{3}} = \frac{480,17}{23,1 \times \sqrt{3}} = 12 \text{ A}$$

### 3.4. Cálculo da corrente de partida do relé.

A corrente de partida é o valor que leva o relé a ser sensibilizado, dando o início da curva temporizada.

Corrente de partida de fase:

$I_{tF}$  = Corrente de partida de fase;

$K_{tF}$  = Fator de sobrecarga;

$$I_{tF} = K_{tF} \times I_n = 1,1 \times 12 = 13,2 \text{ A}$$

Corrente de partida de neutro:

$I_{tN}$  = Corrente de partida de neutro;

$K_{tN}$  = Fator de sobrecarga;

$$I_{tN} = K_{tN} \times I_{tF} = 0,1 \times 13,2 = 1,32 \text{ A}$$

### 3.5. Cálculo das correntes de Magnetização e Ansi dos transformadores.

O transformador deve ser dimensionado segundo o cálculo da demanda provável da empresa. A potência de transformação da empresa possui 500 kVA.

A corrente de magnetização é caracterizada por um efeito transitório que apresenta uma elevação de corrente, são apresentadas em um tempo de 0,1s.

Cálculo da corrente de magnetização de fase:

$I_{nrushF}$  = Corrente de magnetização de fase;

$K$  = Coeficiente de magnetização;

$I_n$  = Corrente nominal dos transformadores;

$I_{n\_maior}$  = Corrente nominal do maior transformador.

$$I_{nrushF} = K \times I_{n\_maior} + \sum I_n = 8 \times 12,5 + \sum 0 = 100 \text{ A}$$

A corrente Ansi é um ponto máximo de corrente que o transformador suporta, sem que sofra algum dano durante um período. A curva de atuação do relé precisa estar antes do ponto de Ansi do transformador de menor potência.

Cálculo da corrente de Ansi de fase:

$I_{AnsiF}$  = Corrente Ansi de fase;

$Z$  = Impedância do transformador de menor potência;

$I_n$  = Corrente nominal do transformador de menor potência.

$$I_{AnsiF} = \frac{100}{Z} \times I_n = \frac{100}{5} \times 12,5 = 250 \text{ A}$$

Para inserir esses pontos de Ansi no diagrama de seletividade utiliza a Tabela 1, para determinar o tempo.

| Tabela 1 - Tempo da corrente Ansi |           |           |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| Z%                                | Icc Max   | Tempo (s) |
| 4                                 | 25 x In   | 2         |
| 5                                 | 20 x In   | 3         |
| 6                                 | 16 x In   | 4         |
| 7                                 | 14,3 x In | 5         |

A corrente Ansi de fase e neutro será plotada com um tempo de 3 segundos.

### 3.6. Dimensionamento de Transformador de Corrente.

É importante que os TC's de proteção retratem com fidelidade as correntes de defeito, sem sofrer os efeitos da saturação. Somente devem entrar em saturação para valores de elevada indução magnética, o que corresponde a corrente de 20 vezes a corrente nominal.

$I_P$  = Corrente primária do TC;

$I_{cs}$  = Corrente de curto-circuito trifásico assimétrico;

$F_s$  = Fator de sobrecorrente 20.

$$I_P = \frac{I_{cs}}{F_s} = \frac{1228}{20} = 61,4 \text{ A}$$

O TC escolhido possui uma corrente primária de 150 A e a corrente secundária de 5 A. De tal forma obtém-se a relação de transformação:

$RTC$  = Relação de transformação do TC;

$I_P$  = Corrente primária do TC;

$I_S$  = Corrente secundária do TC.

$$RTC = \frac{I_P}{I_S} = \frac{150}{5} = 30$$

A instalação do TC é realizada com um condutor de cobre de 4 mm<sup>2</sup> com uma extensão de 10 metros, temos uma impedância do condutor:

$Z_{fiação}$  = Impedância dos condutores;

$l$  = Distância dos condutores;

$S_{cobre}$  = Seção do condutor.

$$Z_{fiação} = \rho_{cobre} \times \frac{l}{S_{cobre}} = 0,017 \times \frac{10}{4} = 0,04 \Omega$$

Impedância do relé:

$$Z_{relé} = (Z_{fase} \times 3) + Z_{neutro} = 28 \times 3 + 28 = 0,112 \Omega$$

Impedância do TC:

$$Z_{TC} = 7 \text{ m}\Omega$$

Impedância do Total da instalação do TC:

$$Z_{Total} = Z_{fiação} + Z_{relé} + Z_{TC} = 0,04 + 0,112 + 7 = 0,16 \, \Omega$$

Tensão de saturação do TC:

$V_s$  = Tensão de saturação;

$I_{cc_{max}}$  = Corrente de curto-circuito trifásico assimétrico;

$Z_{ntc}$  = Carga instalada no TC.

$$V_s = \frac{I_{cc_{max}}}{RTC} \times Z_{ntc} = \frac{1228}{15} \times 0,16 = 13,1 \, V$$

TC: 150:5A, Relação de 30, Modelo 12,5VA 10P20.

### 3.7. Cálculo dos ajustes instantâneos.

A corrente instantânea de fase e neutro, precisa ser inferior ao valor da corrente de curto-circuito e que o ponto Ansi dos transformadores.

Corrente Instantânea de fase – ANSI 50:

$I_{insF}$  = Corrente instantânea de fase

$I_{nrushF}$  = Corrente de magnetização;

$Aj_{ins}$  = Ajuste instantâneo.

$$I_{insF} = I_{nrushF} \times Aj_{ins} = 100 \times 1,4 = 140 \, A$$

Corrente Instantânea de neutro – ANSI 50N:

$I_{insN}$  = Corrente instantânea de neutro.

$$I_{insN} = I_{insF} \times 0,10 = 140 \times 0,10 = 14 \, A$$

### 3.7. Relé secundário.

As curvas características do relé são apresentadas pela equação a seguir:

$$t = \frac{k}{M^\alpha - 1} \times DT$$

$t$  = Tempo de atuação (s)

$k$  = Constante característica do relé;

$DT$  = Dial de tempo;

$M$  = Múltiplo da corrente de atuação;

$\alpha$  = Constante que caracteriza a curva.

A tabela a seguir apresenta os valores de corrente e tempos correspondentes para elaboração da curva no coordenograma da corrente de fase. A tabela foi gerada com dois dados específicos, a corrente, ou múltiplos de corrente de partida e tempo, este por sua vez baseado nas informações da equação descrita anteriormente.

| Curva  | Ip. Fase (A) | <i>k</i> | <i>DT</i> | $\alpha$ |
|--------|--------------|----------|-----------|----------|
| IEC-EI | 13,2         | 80       | 0,1       | 2        |

| Múltiplos  | 1,2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 10   | 20   |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| I fase (A) | 15,84 | 39,6 | 52,8 | 66   | 79,2 | 92,4 | 132  | 264  |
| Tempo (s)  | 18,18 | 1    | 0,53 | 0,33 | 0,23 | 0,17 | 0,08 | 0,02 |

A tabela a seguir apresenta os valores de corrente e tempos correspondentes para elaboração da curva no coordenograma da corrente de neutro.

| Curva  | Ip Neutro (A) | <i>k</i> | <i>DT</i> | $\alpha$ |
|--------|---------------|----------|-----------|----------|
| IEC-NI | 1,32          | 0,14     | 0,1       | 0,02     |

| Múltiplos  | 1,2  | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 10   | 20   |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| I fase (A) | 1,58 | 3,96 | 5,28 | 6,6  | 7,92 | 9,24 | 13,2 | 26,4 |
| Tempo (s)  | 3,83 | 0,63 | 0,5  | 0,43 | 0,38 | 0,35 | 0,3  | 0,23 |

A tabela a seguir apresenta os dados de parametrização do relé de proteção:

| Dados da instalação em campo |          |                      |          |                 |                 |            |             |
|------------------------------|----------|----------------------|----------|-----------------|-----------------|------------|-------------|
| Local                        |          | Superviza Atacadista |          |                 | Relé do cliente |            |             |
| Religador concessionária     |          | COOPER F6            |          |                 | SIEMENS 7SR51   |            |             |
| Parametrização do relé       |          |                      |          |                 |                 |            |             |
| Dados de fase                |          |                      |          | Dados de neutro |                 |            |             |
| Parâmetro                    | Primário | Secundário           | Ajuste   | Parâmetro       | Primário        | Secundário | Ajuste      |
| TC                           | 150      | 5                    | 150:5    | TC              | 150             | 5          | 150:5       |
| I. Partida                   | 13,2     |                      | 0,08xIn  | I. Partida      | 1,32            |            | 0,008xIn ** |
| Dial tempo                   | 0,1      |                      | 0,1      | Dial tempo      | 0,1             |            | 0,1         |
| I. Instantâneo               | 140      |                      | 0,93 xIn | I. Instantâneo  | 14              |            | 0,09 xIn    |
| Curva                        | IEC-EI   |                      | IEC-EI   | Curva           | IEC-NI          |            | IEC-NI      |

\*\* O valor mínimo de ajuste permitido pelo relé é 0,05xIn

#### **4. Proteções adicionais**

##### **4.1. Bloqueio por Inrush**

A função 81HBL2 do relé detecta a presença de altos níveis de corrente de 2ª harmônico, o qual é indicativo de corrente de “inrush” de transformador na partida. Essas correntes podem estar acima do nível de operação dos elementos de sobrecorrente por curta duração e é importante que o relé não emita um comando de trip incorreto para esta condição de rede transitória. Se uma condição de “inrush” magnético for detectada, a operação dos elementos de sobrecorrente é bloqueada, essa função foi habilitada no relé de proteção, inibindo assim a operação indevida do relé.

##### **4.2. Dispositivo de monitoramento da continuidade do circuito de trip – 74**

A função 74CCS no relé, o ajuste do atraso na função impede que a falta seja indicada incorretamente durante a operação do disjuntor. Este atraso deve ser maior do que o tempo de funcionamento do disjuntor.

Função habilitada no relé de proteção, fazendo verificação em, 0,4 segundos após comando de Trip.

##### **4.3. Falha de disjuntor e contato seco disponível em caso de falha do relé**

Função 50BF do relé. Quando um disjuntor está com falta e é incapaz de abrir, um contato faltoso do disjuntor pode ser conectado à entrada no relé e se um trip ocorrer enquanto a entrada estiver elevada, o tempo de falha do disjuntor pode ser sobreposto para permitir que o “back trip” ocorra sem atraso. Qualquer entrada digital pode ser mapeada para essa entrada como 50BF disjuntor, se ela estiver energizada quando um trip é recebido, uma saída será acionada imediatamente.

Função habilitada no relé de proteção, no projeto de comando do relé temos a botoeira com contato seco instalada no carro de disjuntor que faz a abertura do mesmo sem a necessidade de funcionalidade do relé.

A entrada digital BI3 do relé monitora o status do disjuntor, caso o comando de abertura seja dado e o nível de BI3 não alterar é disparado um temporizador de 150ms conforme configuração 50BF que aguarda este período para atuar sobre a saída BO2 como segunda alternativa de TRIP.

##### **4.4. Autocheck com sinalização de defeito**

O relé incorpora uma série de características de automonitoramento. Cada um desses recursos pode iniciar uma sequência de recuperação de reinicialização controlada. A supervisão inclui um “watchdog” de fornecimento de energia, um “watchdog” de execução de código, verificações de memória por “checksum” e verificações de integridade do processador/ADC. Quando todas as verificações indicarem que o relé está a funcionar corretamente, o LED Proteção Saudável (Protection Healthy) está aceso. A função Protection Healthy ainda pode ser associada a uma saída digital e quando em nível lógico alto acender um led “secundário” no painel, por exemplo.

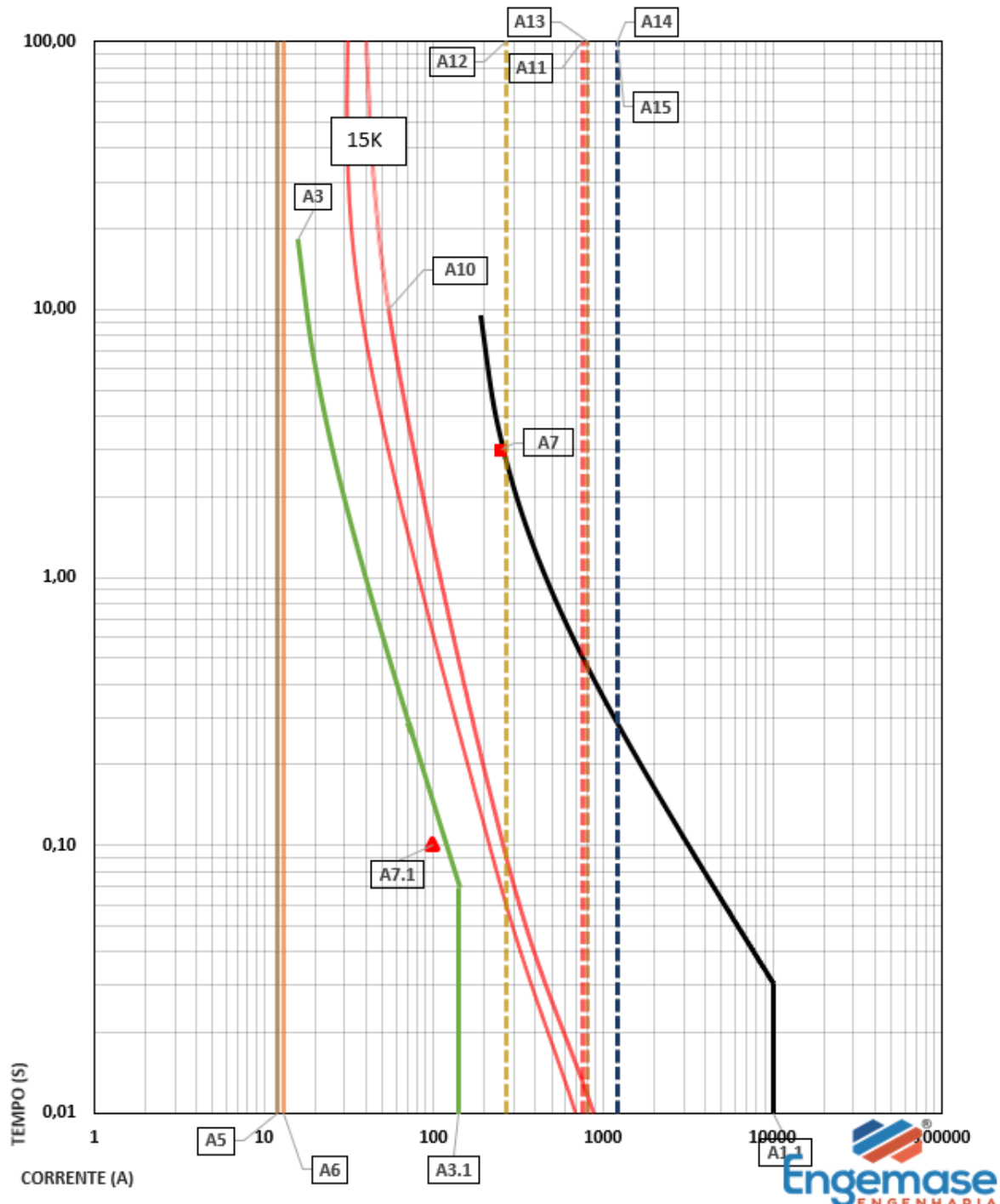
Função habilitada no relé de proteção, validada pela função saída digital, caso o relé não esteja ok o sinaleiro de falha permanece ativo conforme projeto de comando anexado.

***Este documento foi assinado digitalmente.***

## 5. Curvas de proteção

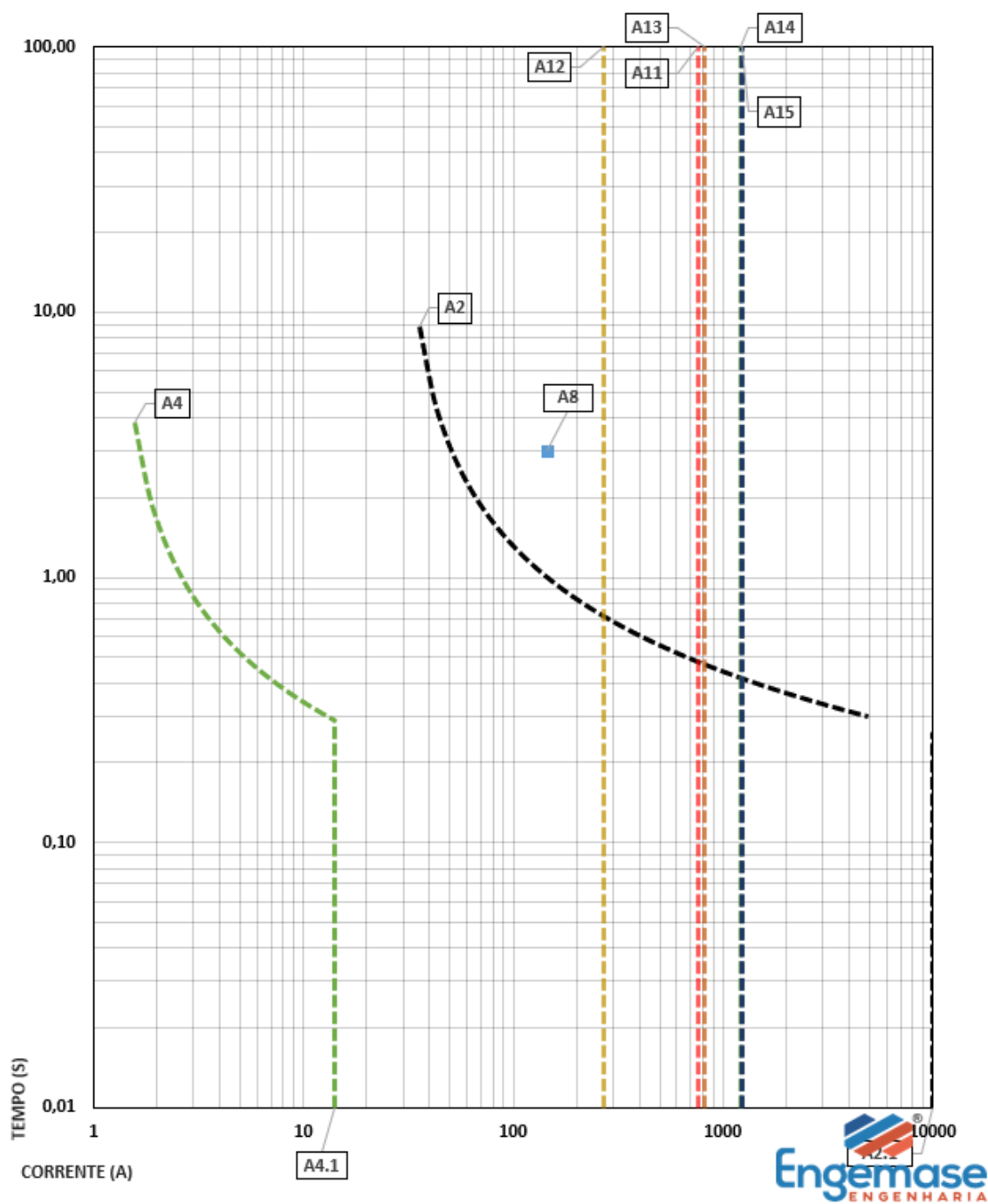
As curvas de proteção foram ajustadas buscando seletividade com o ELO de 15 K sugerido no projeto, este valor foi definido buscando seletividade com a corrente de magnetização do transformador a seco, a corrente de magnetização foi calculada com base em  $8 \times I_n$ . As curvas de proteção definidas conforme tabelas apresentadas no item 3.7 deste memorial.

### COORDENOGRAMA DE FASE





COORDENOGRAMA DE NEUTRO



**LEGENDA**

| <b>Legenda</b> | <b>Descrição</b>                                       | <b>Característica</b> |
|----------------|--|-----------------------|
| A1             | Corrente temporizada de Fase da Concessionária         | IEC-MI 0,14           |
| A1.1           | Corrente instantânea de Fase da Concessionária         | -                     |
| A2             | Corrente temporizada de Neutro da Concessionária       | IEC-NI 0,23           |
| A2.1           | Corrente instantânea de Neutro da Concessionária       | -                     |
| A3             | Corrente temporizada de Fase da Unidade Consumidora    | IEC-EI 0,1            |
| A3.1           | Corrente instantânea de Fase da Unidade Consumidora    | 140                   |
| A4             | Corrente temporizada de Neutro da Unidade Consumidora  | IEC-NI 0,1            |
| A4.1           | Corrente instantânea de Neutro da Unidade Consumidora  | 14                    |
| A5             | Corrente nominal da Unidade Consumidora                | 12                    |
| A6             | Corrente de Partida para o relé da Unidade Consumidora | 13,2                  |
| A7             | Corrente Ansi de Fase                                  | 250                   |
| A7.1           | Corrente Inrush de Fase                                | 100                   |
| A8             | Corrente Ansi de Neutro                                | 145                   |
| A8.1           | Corrente Inrush de Neutro                              | 0                     |
| A10            | Elo fusível  | 15K                   |
| A11            | Corrente de Curto-Circuito Fase Terra                  | 765                   |
| A12            | Corrente de Curto-Circuito Fase Terra Mínima           | 269                   |
| A13            | Corrente de Curto-Circuito Fase Terra Assimétrica      | 817                   |
| A14            | Corrente de Curto-Circuito Trifásica                   | 1207                  |
| A15            | Corrente de Curto-Circuito Trifásica Assimétrica       | 1228                  |



**Celesc**  
Distribuição S.A.

**DADOS PARA CÁLCULO DE AJUSTES  
DE RELÉ SECUNDÁRIO**

|  |
|--|
| CONSUMIDOR: 'SIDNEI DE PELEGRIN  |
| ENDEREÇO: 'Avenida Lions - B. Nossa Senhora Aparecida, Curitibaanos SC |
| SUBESTAÇÃO: SCO-B2   |
| LOCAL PROTEÇÃO CELESC: 86540   |

| EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO DA CELESC         |                               |                                 |
|---|-------------------------------|---------------------------------|
| EQUIPAMENTO: RELIGADOR                    |                               |                                 |
| MODELO: FASE: COOPER F8 NEUTRO: COOPER F8 |                               |                                 |
| TIPO: RL                                  |                               |                                 |
| TENSÃO: 23 kV                             |                               |                                 |
|   | NEUTRO                        | FASE                            |
| CORRENTE DE DISPARO:                      | 30,000 / 30,000 / 30,000 [A]  | 160,000 / 160,000 / 160,000 [A] |
| NÚMERO DE OPERAÇÕES RÁPIDAS:              | 2                             | 2                               |
| CURVA DE OPERAÇÃO RÁPIDA:                 | IEC NI (0,23) / IEC NI (0,23) | IEC MI (0,14) / IEC MI (0,14)   |
| NÚMERO DE OPERAÇÕES LENTAS:               | 1                             | 1                               |
| CURVA DE OPERAÇÃO LENTA:                  | IEC NI (0,23)                 | IEC MI (0,14)                   |

| CORRENTES DE CURTO NO PONTO DE CONEXÃO DO CONSUMIDOR |                      |                           |           |                          |
|--|----------------------|---------------------------|-----------|--------------------------|
| FASE TERRA   | FASE TERRA<br>MÍNIMO | FASE TERRA<br>ASSIMÉTRICA | TRIFÁSICA | TRIFÁSICA<br>ASSIMÉTRICA |
| 765 A  | 269 A                | 817 A                     | 1207 A    | 1228 A                   |

| IMPEDÂNCIA ACUMULADA NO PONTO DE CONEXÃO |            |            |            |
|--|------------|------------|------------|
| R0                                       | X0         | R1         | X1         |
| 1,581 p.u.                               | 5,569 p.u. | 1,123 p.u. | 1,751 p.u. |

| IMPEDÂNCIA DE FALTA |
|---------------------|
| 40 ohms             |

**OBSERVAÇÕES:**

CURVA DE "TEMPO X CORRENTE" DA PROTEÇÃO DA CELESC EM ANEXO

MVA base = 100 MVA

kV base = 23,000 kV

I base = 2510 A

Z base = 5,2900 ohms

|                           |                     |                     |       |
|---------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| FORNECIDO POR:<br>Juliano | MATRÍCULA:<br>15654 | DATA:<br>05/12/2025 | FONE: |
|---------------------------|---------------------|---------------------|-------|

