

## MEMORIAL DE CÁLCULO DA PROTEÇÃO



**INTERESSADO: MUNICÍPIO DE MARAU**

**ENDEREÇO: RUA IRINEU FERLIN - MARAU / RS**

## 1. OBJETIVO

O presente documento irá apresentar toda a memória de cálculo e parâmetros utilizados como base para estabelecer a proteção do sistema visando garantir a sua confiabilidade ao longo do seu período de operação.

Todas as diretrizes aqui apresentadas para definição dos ajustes das proteções foram elaboradas com base nas orientações técnicas previstas na **2855,2856,2858,2859 e 2861 de 30/12/2022 da CPFL**.

## 2. EMPRESA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

O projeto possui como responsável técnico o Engenheiro Eletricista Antônio R. J. dos Santos, com registro nacional junto ao Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea) sob o nº 134651, emitido pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Rio Grande do Sul (CREA-RS).

O presente estudo é amparado pela Anotação de Responsabilidade Técnica – ART de número **12722511** registrada junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Rio Grande do Sul- CREA RS.

## 3. MEMÓRIA DE CÁLCULO

Para o presente estudo serão previstas as seguintes funções de proteção:

- Função (50/51) – Unidade de Sobrecorrente Instantânea e Temporizada de Fase;
- Função (50N/51N) – Unidade de Sobrecorrente Instantânea e Temporizada de Neutro;

O cliente irá possuir um disjuntor de média tensão exclusivo (Marca a definir) instalado em cubículo de proteção na subestação de entrada. Além disso, terá proteção secundária exercida pelo relé de proteção Pextron 7104 instalado em quadro de sobrepor na subestação.

O cliente terá uma demanda contratada de 300kW e potência instalada de 500 kVA na modalidade tarifária horária Verde.

**Disjuntor a vácuo de média tensão:**

**\* Marca: Tavrida Electric (manual em anexo)**

**\* Classe de tensão: 24kV****\* Corrente nominal: 800A****\* Corrente nominal de interrupção de curto-circuito (Isc): 16kA****\* frequência: 60Hz****\* religamento automático (função 79) do disjuntor de conexão em MT bloqueado**

#### 4. DADOS FORNECIDOS PELA CPFL

Foram fornecidos os níveis de curto-circuito, sintetizando a contribuição do alimentador da concessionária, bem como os dados da proteção do religador a montante do cliente, abaixo relacionados:

**Tensão de suprimento: 23,1kV****Alimentador: MRU14****Equipamento de referência: UC:3081772976****Município: MARAU / RS**

*Tabela 1 - Impedância no Ponto de Conexão Fornecida pela Concessionária*

| Impedância | X [OHMS]                |
|------------|-------------------------|
| Z+         | 1,217384+j2,589483 ohms |
| Z0         | 1,774476+j4,079697 ohms |

*Tabela 2 - Níveis de Curto-Circuito Concessionária*

| Curto-Circuito    | Simétrico (A) | Assimétrico (A) |
|-------------------|---------------|-----------------|
| Trifásico         | 4661          | 5034            |
| Dupla Fase        | 4037          |                 |
| Fase-Terra        | 3934          |                 |
| Fase-Terra mínimo | 321           |                 |

*Tabela 3 – Ajuste da Proteção do Alimentador da Concessionária*

| Função | Pickup (A primário) | Dial | Curva  |
|--------|---------------------|------|--------|
| 51     | 500                 | 0,14 | IEC VI |
| 50     | 5000                |      |        |
| 51N    | 100                 | 0,45 | IEC NI |
| 50N    | 4500                |      |        |

## 5. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Para definição de alguns parâmetros da proteção será necessário determinar as características elétricas dos transformadores de potência instalados.

*Tabela 4 - Características Nominais do Transformador de Potência*

| TAG           | Potência (kVA) | Corrente Nominal (A) | Tensão Primária (kV) | Tensão Secundária (V) | Z % | Ligação | Tipo |
|---------------|----------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----|---------|------|
| Transformador | 500            | 12,50                | 23,10                | 380/220               | 5,0 | Dyn1    | Óleo |

Para realização do estudo foram determinadas as correntes de magnetização e as correntes ANSI e NANSI dos transformadores com o intuito de verificar, via coordenograma, se os equipamentos serão protegidos pelos relés de proteção. Na Tabela 5 estão representados os valores calculados para essas grandezas.

*Tabela 5 - Correntes de Magnetização, ANSI e NANSI dos transformadores*

GED2858 – ANEXO IV – Item 5.5. A norma diz que deve ser utilizado um fator de 10x para magnetização do transformador.

| TAG             | Corrente de Magnetização (A) | Corrente ANSI (A) | Corrente NANSI (A) |
|-----------------|------------------------------|-------------------|--------------------|
| Transformador 1 | 125,00                       | 250               | 145                |

Foram adotadas as seguintes equações na determinação das grandezas presentes na Tabela 5.

$$I_{\text{magnetização}} = k \times I_{\text{nominaltrafo}}$$

$$I_{\text{ANSI}} = \frac{I_{\text{nominaltrafo}}}{Z\%} \times 100$$

$$I_{\text{NANSI}} = 0,58 \times I_{\text{ANSI}}$$

$$k = 10 \text{ (óleo)} \mid k = 10 \text{ (seco)}$$

Para o transformador de 500kVA temos que:

$$I_{\text{magnetização}} = 10 \times 12,50 = 125 \text{ A}$$

$$I_{\text{ANSI}} = \frac{12,50}{5} \times 100 = 250 \text{ A}$$

$$I_{\text{NANSI}} = 0,58 \times 250 = 145 \text{ A}$$

De posse do valor da Inrush Parcial e do maior valor de contribuição de curto-circuito no ponto de entrega, podemos calcular a corrente de Inrush Real.

$$I_{inrushreal} = \frac{1}{\frac{1}{I_{inrushparcial}} + \frac{1}{I_{curto-circuito_{m\acute{a}x}}}}$$

$$I_{inrushreal} = \frac{1}{\frac{1}{125} + \frac{1}{5034}}$$

$$I_{inrushreal} = 121,97 A$$

## 6. MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS PROTEÇÕES

### 6.1. FUNÇÃO 51 – SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE FASE

Com o objetivo de proteger a unidade do cliente contra sobrecargas será prevista uma unidade de sobrecorrente temporizada ajustada com uma corrente de partida 30% superior à corrente de transformação.

$$I_n = \frac{\text{Potência Instalada}}{\sqrt{3} \times V_{ff}}$$

$$Ip_{51} = 1,30 \times I_n$$

$$I_n = \frac{500}{\sqrt{3} \times 23,10 \text{ kV}}$$

$$I_n = 12,50 A$$

$$Ip_{51} = 1,30 \times 12,50$$

$$Ip_{51} = 16,25 A$$

Será utilizada uma curva IEC Extremamente Inversa ( $k = 80 | \alpha = 2$ ) ajustado com o dial de tempo de 0,10.

## 6.2. FUNÇÃO 50 - SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA

Com o intuito de proteger a instalação do cliente contra faltas nas instalações internas alimentadas pela rede da concessionária, será ajustada uma unidade de sobrecorrente instantânea de magnitude discriminada abaixo:

$$Ip_{50} = 1,1 \times I_{inrush_{real}}$$

$$Ip_{50} = 1,1 \times 122$$

$$Ip_{50} = 134,20 A$$

**Adotado valor de 136A no coordenograma para proteger o ponto inrush.**

Será ajustado um tempo de operação da proteção conforme abaixo:

$$T_{50} = 0,00 \text{ segundos.}$$

## 6.3. FUNÇÃO 51N – SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE NEUTRO

Com o objetivo de proteger a instalação para defeitos relacionados a terra no sentido concessionária para o cliente, será ajustada uma proteção de sobrecorrente temporizada de neutro com corrente de partida de 20% da corrente de partida da unidade temporizada de fase.

$$Ip_{51N} = 0,2 \times Ip_{51}$$

$$Ip_{51N} = 0,2 \times 16,25$$

$$Ip_{51N} = 3,25A$$

Será utilizada uma curva IEC Extremamente Inversa ajustada com o dial de tempo definido abaixo:

$$Dial_{51N} = 0,10$$

#### 6.4. FUNÇÃO 50N - SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA DE NEUTRO

Com o intuito de proteger a instalação do cliente contra faltas nas instalações internas alimentadas pela rede da concessionária, será ajustada uma unidade de sobrecorrente instantânea de magnitude discriminada abaixo:

$$Ip_{50N} = 0,2 \times I_{50}$$

$$Ip_{50} = 0,2 \times 136$$

$$Ip_{50N} = 27,20 A$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção conforme abaixo:

$$T_{50N} = 0,00 \text{ segundos.}$$

#### 7. TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Inicialmente será considerado um TC que atenda à expressão abaixo:

$$I_{np} > \frac{I_{cc_{\max \text{assimétrico}}}}{20}$$

Utilizando a equação acima e substituindo o valor do curto-circuito trifásico da Tabela 2 temos o seguinte resultado:

$$I_{np} > \frac{5034}{20} > 251,70$$

Considerando-se as correntes de partida ajustadas nas proteções e o valor obtido acima será adotado um TC de relação 300:5 de classe de exatidão 25VA 10P20 para verificação da saturação do equipamento.

Para determinação do consumo do relé foi consultado o manual do fabricante que informa que o consumo do sensor de corrente é de 0,3 VA.

Além disso, os condutores secundários dos transformadores de corrente serão de 4 mm<sup>2</sup>, cuja impedância é de 4,7 ohms/km, e terão uma distância total considerada de 15 metros.

$$25VA10P20 \quad (100V)$$

$$V_{SAT_{calculado}} \leq V_{SAT_{nominal}}$$

$$V_{SAT_{calculado}} = \frac{I_{ccMÁX}}{RTC} \times Z_{carga}$$

$$Z_{carga} = Z_{fiação} + Z_{relé} + Z_{TC}$$

$$Z_{fiação} = Z_{cabo} \times Distância \times 2$$

$$Z_{relé} = Z_{Fase} + 3 \times Z_{Neutro}$$

$$Z_{TC} = Z_{burden} \times 0,2$$

$$Z_{burden} = 1 \, ohm$$

Num primeiro instante, serão determinadas todas as impedâncias dos equipamentos conectados ao relé de proteção conforme abaixo:

$$Z_{TC} = 1 \times 0,2 = 0,2 \, ohms$$

$$Z_{relé} = \frac{0,3 + 3 \times 0,3 \, VA}{(5)^2} = 0,048 \, ohms$$

$$Z_{fiação} = \frac{4,7}{1000} \times 15 \times 2 = 0,141 \, ohms$$

$$Z_{carga} = 0,4 + 0,048 + 0,141 = 0,389 \, ohms$$

De posse das impedâncias conectadas no transformador de corrente será determinada a tensão de saturação levando-se em conta, também, a maior contribuição de curto fornecida pela concessionária.

Como a maior corrente de curto assimétrico é inferior a 8,00kA será utilizada essa corrente para verificação da saturação do TC.

$$V_{SAT_{calculado}} = \frac{8000}{60} \times 0,389$$

$$V_{SAT_{calculado}} = 51,86V$$

$$\therefore V_{SAT_{calculado}} = 51,86V < V_{SAT_{nominal}} = 100V$$

Dessa forma o TC selecionado não irá saturar para a pior condição de corrente de falta no sistema, sendo, portanto, o TC utilizado **300:5, 25VA 10P20**.

## 8. DIMENSIONAMENTO DE TP E NOBREAK

Considerando-se que serão utilizadas funções de sobrecorrente temporizada e instantânea, tanto de fase quanto de neutro, como também funções de proteção de tensão, será dimensionado 1 TP para alimentação de comando e 3 TP's para aquisição de sinal de tensão.

*Tabela 6 - Quadro de Cargas Alimentação Sistema de Proteção*

| CARGA                    | QTE | Potência Unitária [kW] | Potência Total [kW] | FP   | FD  | Demanda |       |
|--------------------------|-----|------------------------|---------------------|------|-----|---------|-------|
|                          |     |                        |                     |      |     | kW      | kVA   |
| Lâmpada Ligado/Desligado | 2   | 0,006                  | 0,012               | 0,85 | 0,5 | 0,006   | 0,007 |
| Lâmpada Mola Carregada   | 1   | 0,006                  | 0,006               | 0,85 | 1,0 | 0,006   | 0,007 |
| Motor Mola Disj.         | 1   | 0,150                  | 0,150               | 0,60 | 1,0 | 0,150   | 0,250 |
| Bobina Abertura          | 1   | 0,350                  | 0,350               | 0,90 | 0,5 | 0,175   | 0,194 |
| Bobina Fechamento        | 1   | 0,350                  | 0,350               | 0,90 | 0,5 | 0,175   | 0,194 |
| Relé de Proteção         | 1   | 0,007                  | 0,350               | 0,85 | 1,0 | 0,007   | 0,008 |
|                          |     |                        |                     |      |     | 0,519   | 0,660 |

Será utilizado um nobreak de 1000 VA com módulo cuja potência de pico é de 700 W, superior à potência demandada para o comando.

Considerando-se que o nobreak será responsável pela alimentação de todo comando, será dimensionado o TP com base na potência nominal do Nobreak 1000 VA.

Por fim, o transformador de potencial utilizado para encaminhar sinal para a proteção terá potência de 500 VA considerando-se que os sensores de tensão do relé possuem potência de 0,06 VA por fase.

## 9. RESUMO DOS AJUSTES DO RELÉ

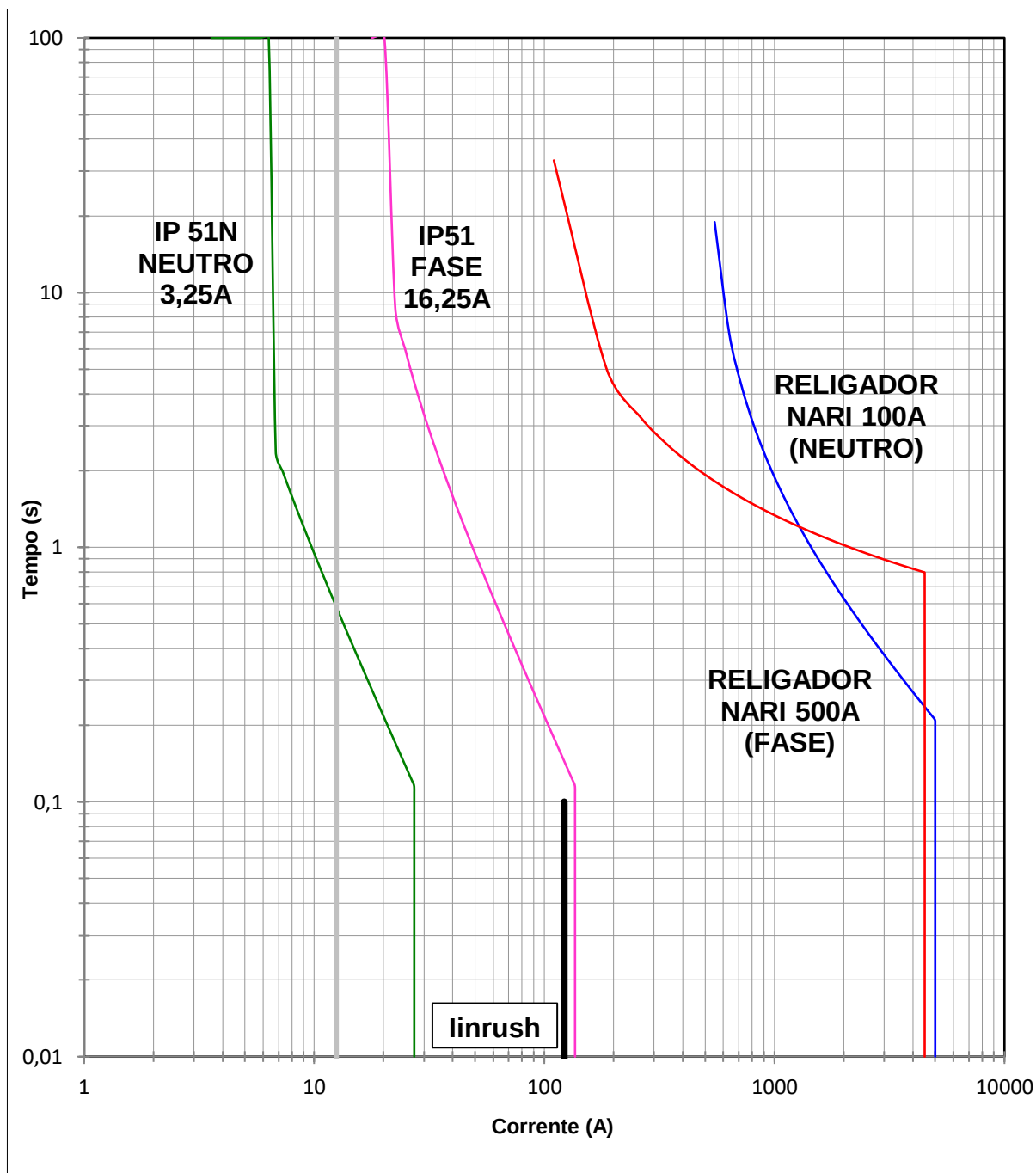
O relé utilizado será da marca PEXTRON, modelo 7104. Na tabela 7 encontra-se o resumo dos ajustes do mesmo.

*Tabela 7 – Resumo Proteções*

| Função                      | Corrente      | Dial | Curva |
|-----------------------------|---------------|------|-------|
| 51 (temporizada de fase)    | IP51= 16,25A  | 0,10 | E.I   |
| 50 (Instantânea de fase)    | IP50 = 136A   | 0,00 |       |
| 51N (temporizada de neutro) | IP51N= 3,25A  | 0,10 | E.I   |
| 50N (instantânea de neutro) | IP50N= 27,20A | 0,00 |       |



## 10. COORDENOGRAMA



## 11. DIAGRAMA UNIFILAR

