

Código:	Página: 1/18
MPN-DC-01/ET-03	
Versão:	Vigência:
00	04/11/2014
Doc. de Aprovação:	
RES nº 179/2014, 04/11/2014	

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

## **1. OBJETIVO**

Esta especificação define os requisitos básicos para o projeto, inspeção, montagem no campo, comissionamento e colocação em operação de:

Sistema de Proteção Secundária com Relé Microprocessado, com funções 50/51 para fase e neutro, destinado a proteger o circuito em média tensão de subestações de consumidores, a serem utilizados nas áreas de concessão da Eletrobras e das empresas a seguir indicadas, a ela associadas:

- Eletrobrás Amazonas Energia (EDAM);
- Eletrobrás Distribuição Acre (EDAC);
- Eletrobrás Distribuição Alagoas (EDAL);
- Eletrobrás Distribuição Piauí (EDPI);
- Eletrobrás Distribuição Rondônia (EDRO);
- Eletrobrás Distribuição Roraima (EDRR);

## **2. ABRANGÊNCIA**

Esta Especificação se aplica na subestação do consumidor que é atendido no sistema de distribuição em média tensão.

## **3. REFERÊNCIAS**

### **3.1 Referências Normativas**

Na aplicação desta Especificação é necessário consultar:

- 3.1.1 ABNT – NBRNM 247-3- Condutores isolados com isolamento extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensões até 750V, sem cobertura – Especificação;
- 3.1.2 ABNT – NBRNM 280 - Condutores de Cobre Mole Para Fios e Cabos Isolados – Características;
- 3.1.3 ANEEL 281 de 01/10/1999 – Resolução que estabelece as condições gerais de contratação do acesso, compreendendo o uso e a conexão, aos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica;
- 3.1.4 ANEEL- Resolução 414 de 09-09-2010 - Resolução que dispõe sobre as condições gerais de fornecimento a serem observadas na prestação e utilização do serviço de energia elétrica;
- 3.1.5 ANEEL- Resolução 479 de 03-04-2012 - Altera alguns artigos da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica;
- 3.1.6 ABNT -NBR 5180- Instrumentos Elétricos Indicadores – Procedimentos;
- 3.1.7 NBR 5283- Disjuntores em caixas moldadas – Especificação;
- 3.1.8 NBR 5361- Disjuntores secos de baixa tensão – Especificação;
- 3.1.9 NBR 5370- Conectores empregados em lig. de cond. elétricos de cobre – Especificação;
- 3.1.10 ABNT - NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão ;

Código:	Página: 2/18
MPN-DC-01/ET-03	
Versão:	Vigência:
00	04/11/2014
Doc. de Aprovação:	
RES nº 179/2014, 04/11/2014	

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

- 3.1.11 ABNT - NBR 5419 - Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas;
- 3.1.12 ABNT - NBR 5422 - Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica;
- 3.1.13 ABNT - NBR 5460 - Sistemas elétricos de potência;
- 3.1.14 ABNT - NBR 5598 - Eletroduto de Aço-Carbono e Acessórios, com Revestimento Protetor e Rosca;
- 3.1.15 ABNT-NBR 5624 - Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca;
- 3.1.16 ABNT - NBR 6323 - galvanização de produtos de aço ou ferro fundido - Especificação
- 3.1.17 ABNT - NBR 6591 - Tubos de aço-carbono com solda longitudinal, de seção circular, quadrada, retangular e especial para fins industriais
- 3.1.18 ABNT -NBR 6808- Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Especificação;
- 3.1.19 ABNT -NBR 7098- Desempenho dos contatos dos relés elétricos - Especificação;
- 3.1.20 ABNT -NBR 7116- Relé elétrico - Ensaio de Isolamento;
- 3.1.21 ABNT-NBR 7288 - Cabos de potência com isolamento sólida e extrudada de cloreto de polivinila (PVC) ou polietileno (PE) para tensões de 1 kV a 6 kV ;
- 3.1.22 NBR 8176- Disjuntor de baixa tensão - Ensaio - Método de Ensaio;
- 3.1.23 NBR 8760- Diretrizes para especificação de um sistema de proteção completo - Procedimento;
- 3.1.24 NBR 8926- Guia de aplicação de Relés para proteção de transformadores - Procedimento;
- 3.1.25 ABNT-NBR 9369 - Transformadores subterrâneos - Características elétricas e mecânicas - Padronização;
- 3.1.26 ABNT-NBR 10295 - Transformadores de potência secos
- 3.1.27 ABNT - NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão (de 1,0 a 36,2 kV)
- 3.1.28 ABNT - NBR 15465 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho (versão de agosto de 2008);
- 3.1.29 ABNT - NBR 15688 - Redes de Distribuição Aérea de Energia Elétrica com Condutores Nus;
- 3.1.30 ABNT-NBR 62271-200 - Conjunto de manobra e controle em invólucro metálico para tensões acima de 1kV até 36,2kV - Especificação;

**NOTA:** Devem ser consideradas aplicáveis as últimas revisões dos documentos listados acima.

### **3.2 Legislação e Regulamentos Federais sobre Meio Ambiente**

- 3.2.1 Constituição da República Federativa do Brasil - Título VIII: Da Ordem Social - Capítulo VI: Do Meio Ambiente;
- 3.2.2 Lei nº 7.347, de 24.07.85 - Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências;

Código:	Página: 3/18
MPN-DC-01/ET-03	
Versão:	Vigência:
00	04/11/2014
Doc. de Aprovação:	
RES nº 179/2014, 04/11/2014	

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

- 3.2.3 Lei nº 9.605, de 12.02.98 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;
- 3.2.4 Decreto nº 6.514, de 22.07.08 - Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências;
- 3.2.5 Resolução do CONAMA nº 1, de 23.01.86 - Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA;
- 3.2.6 Resolução do CONAMA nº 237, de 19.12.97 - Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.

### **3.3 Meio Ambiente**

- 3.3.1 Em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento, devem ser rigorosamente cumpridas as legislações ambientais nas esferas federal, estadual e municipal aplicáveis.
- 3.3.2 Fornecedores estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental vigente nos seus países de origem e as normas internacionais relacionadas à produção, ao manuseio e ao transporte até o seu aporte no Brasil.
- 3.3.3 O FORNECEDOR é o responsável pelo pagamento de multas e pelas ações decorrentes de práticas lesivas ao meio ambiente, que possam incidir sobre a Eletrobras, quando derivadas de condutas praticadas por ele ou por seus subfornecedores.
- 3.3.4 A Eletrobras pode verificar, nos órgãos oficiais de controle ambiental, a validade das licenças de operação e de transporte dos fornecedores e subfornecedores.

## **4. CONCEITOS**

- 4.1 **Consumidor:** pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito legalmente representada, que solicitar à Concessionária de distribuição o fornecimento de energia elétrica e assumir expressamente a responsabilidade pelo pagamento das contas e pelas demais obrigações regulamentares e contratuais.
- 4.2 **Unidade consumidora:** instalações de um único consumidor, caracterizadas pela entrega de energia elétrica em um só ponto, com medição individualizada.
- 4.3 **Relé de proteção:** O relé é definido como sendo um dispositivo sensor que comanda a abertura do disjuntor quando surgem, no sistema elétrico protegido, condições anormais de funcionamento.
- 4.4 **Demanda:** média das potências elétricas instantâneas solicitadas ao sistema elétrico pela carga instalada em operação na unidade consumidora durante um intervalo de tempo especificado.
- 4.5 **Demanda contratada:** demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento, e que deverá ser

Código:	Página: 4/18
MPN-DC-01/ET-03	
Versão:	Vigência:
00	04/11/2014
Doc. de Aprovação:	
RES nº 179/2014, 04/11/2014	

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

- 4.6 **Demanda medida:** maior demanda de potência ativa verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).
- 4.7 **Subestação:** estação com uma ou mais das funções de gerar, medir, controlar a energia elétrica ou transformar suas características, quando fazendo parte das instalações de utilização (instalações de propriedade do consumidor).
- 4.8 **Funções 50/51:** funções de sobrecorrente do relé com unidade instantânea (50) e temporizada (51) para fase e neutro.

## **5. ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS/EQUIPAMENTOS**

### **5.1 Requisitos Gerais**

5.1.1 O Fabricante deve possuir um Sistema de Gestão de Qualidade certificado na norma NBR ISO 9001 para os produtos objeto desta especificação.

5.1.2 Os relés deverão atender à NDEE-1 e ter, no mínimo, as seguintes características:

- Função 50: proteção de sobrecorrente instantânea;
- Função 51: proteção de sobrecorrente temporizada;
- Tanto a função 50 como a 51 estão disponíveis para fase e neutro (terra); assim, é exigido pela distribuidora, que o relé execute as funções 50/51 e 50N/51N.

5.1.3 Outras informações sobre o relé de proteção e seu ajuste:

5.1.3.1 Ajuste da função temporizada (51) quanto à partida (pick-up): este valor deverá ser aquele definido nesta especificação como  $I_p$  (ou  $1,2 \times I_{dem}$ ); isto significa que o relé somente começará a se sensibilizar para valores de corrente superiores a  $I_p$  (referido ao primário ou  $I_p/RTC$ , referido ao secundário; RTC é a relação de transformação dos TC de proteção). Caso o valor de corrente ultrapasse  $I_p$ , o relé inicia a contagem de tempo de acordo com a sua curva característica e atuará se o tempo for superior ao desta curva no ponto de operação;

5.1.3.2 Ajuste da função instantânea de fase (50) quanto ao valor de atuação: deverá ser escolhido o menor valor possível que não provoque a atuação indevida do relé na energização do(s) transformador(es); assim, este ajuste deverá ser superior a , no máximo, 20% do valor de  $I_{mag}$ . No diagrama de coordenação e

## ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Código:	Página: 5/18
MPN-DC-01/ET-03	
Versão:	Vigência:
00	04/11/2014
Doc. de Aprovação:	
RES nº 179/2014, 04/11/2014	

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

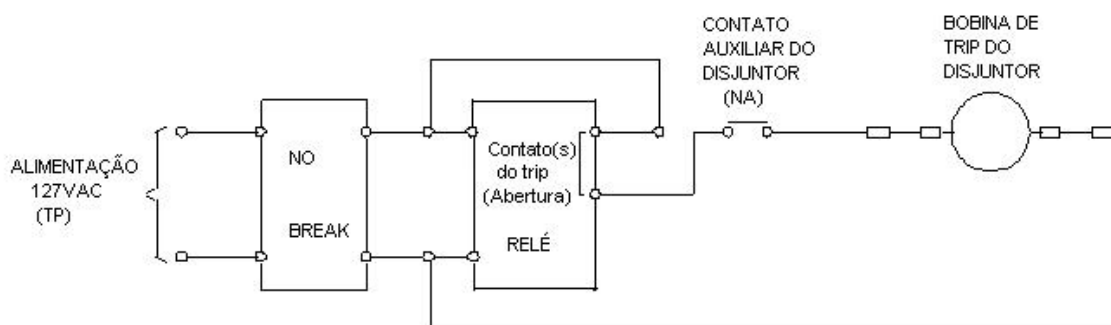
seletividade deve ser verificado que o ajuste instantâneo não seja superior ao menor valor de curto-circuito e ao ponto ANSI do menor transformador;

- 5.1.3.3 Os mesmos procedimentos acima descritos deverão ser efetuados para as funções 50N e 51N, considerando, entretanto, os valores relativos à proteção de neutro (terra);
- 5.1.3.4 Fonte de alimentação auxiliar: é necessária a utilização de fonte auxiliar para alimentação do relé pois durante a ocorrência de CC o nível de tensão tende a zero; assim, deve haver um sistema que, alimentado à partir do TP mantenha a alimentação no relé pelo tempo mínimo necessário à abertura do disjuntor. Este dispositivo deve ser um sistema "no-break" com potência mínima de 1000VA de forma que não haja interrupção na alimentação do relé. Opcionalmente poderá ser instalado conjunto de baterias, para suprir uma eventual ausência do "no-break". Adicionalmente, deverá ser previsto o trip capacitivo;
- 5.1.3.5 Se o relé não tiver uma fonte interna, além do trip capacitivo deverá ser prevista uma fonte capacitiva para o relé;
- 5.1.3.6 Ligação ao secundário dos TC de proteção: no mínimo deverão ser conectadas as 3 fases e o neutro, sendo recomendável especial atenção à polaridade dos TC para que a proteção possa atuar da forma correta;
- 5.1.3.7 Cada modelo de relé possui uma forma específica para ser parametrizado (inserção dos ajustes) e esta informação pode ser obtida no catálogo ou manual e os ajustes feitos não devem ser apagados na eventual falta de alimentação. Assim, é possível adquirir um relé já ajustado de acordo com os dados do projeto, desde que o fornecedor ofereça esta facilidade;
- 5.1.3.8 Ficará a cargo da distribuidora exigir ou não uma cópia completa do catálogo do relé a ser utilizado para acionar o disjuntor geral da subestação e seus ensaios. Deverá ser informado no memorial para ajuste do relé todos os parâmetros programáveis do relé com seus respectivos valores para serem programados;
- 5.1.3.9 Não é obrigatório utilizar as funções Idef (corrente definida) e Tdef (tempo definido), ficando a critério do projetista a utilização ou não destes parâmetros. No entanto, caso estes parâmetros sejam utilizados, o projetista deverá justificar, por escrito, na memória de cálculo para ajuste de proteção secundária, os motivos da utilização destes parâmetros;
- 5.1.3.10 No coordenograma/projeto deverá ser apresentado o diagrama unifilar completo de ligação do relé para análise. Tal diagrama se encontra no manual do mesmo.

### Título: SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

#### 5.2 Bobina de Abertura do Disjuntor (Bobina de TRIP)

- 5.2.1 Ao detectar um valor de corrente irregular o relé "fecha um contato" que vai energizar a bobina de trip; assim, é necessário prover alimentação adequada para permitir a operação da bobina. Esta alimentação pode ser obtida do mesmo dispositivo de alimentação auxiliar do relé;
- 5.2.2 Em qualquer caso deve existir um contato auxiliar do disjuntor, do tipo NA (normalmente aberto, ou seja, aberto com disjuntor aberto e fechado com disjuntor fechado) que será ligado em série com a bobina de trip para impedir o que se chama "bombeamento", que é a manutenção de tensão na bobina mesmo após a abertura do disjuntor;
- 5.2.3 Nos disjuntores mais antigos serão necessárias adaptações para permitir a correta operação da bobina de trip e do contato auxiliar NA do disjuntor. No caso de disjuntor com grande volume de óleo, este deverá ser substituído pois a adaptação não permite a correta operação da bobina de trip e do contato auxiliar NA do disjuntor. Nos disjuntores de concepção mais moderna estes dois dispositivos já estão instalados nos mesmos;
- 5.2.4 O circuito abaixo exemplifica um circuito típico de abertura de disjuntor a partir de relé secundário.



#### 5.3 Instalação física do Relé

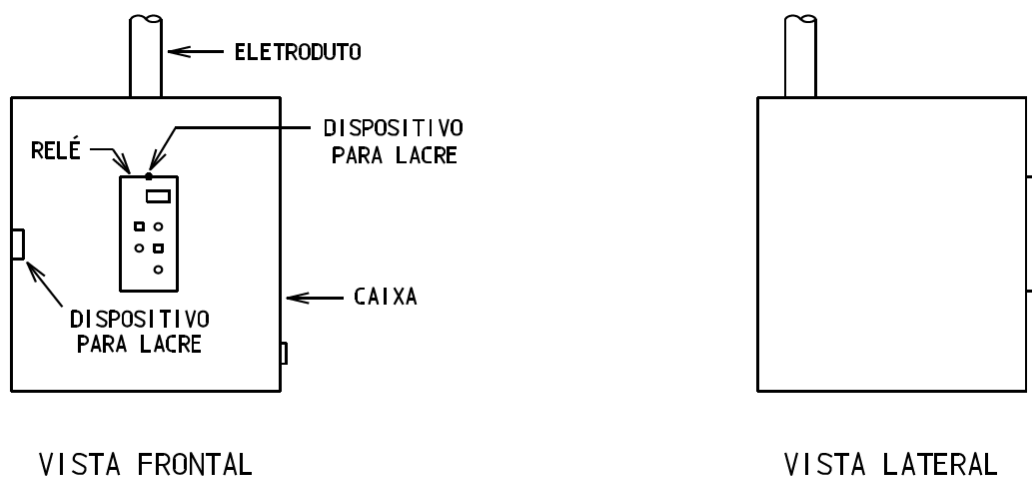
- 5.3.1 O relé de proteção secundária deverá ser instalado na tampa basculante de uma caixa metálica localizada na parede oposta a célula do disjuntor principal; esta caixa deverá possuir dispositivo para instalação de selo da distribuidora. Assim, tanto a caixa como a parte frontal do relé (por onde é feita a parametrização do mesmo) serão seladas e o consumidor terá acesso apenas ao botão de rearme ("reset") do relé;
- 5.3.2 A fiação da célula do disjuntor (onde também estão instalados os TC/TP da proteção) até a caixa deverá ser instalada em eletroduto de aço, aparente, com diâmetro nominal de 50mm (equivalente a 2 polegadas).

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

5.3.3 O encaminhamento ideal para este eletroduto é através da parede da célula do disjuntor, teto da subestação e parede onde está instalada a caixa com o relé. A caixa deverá ter dois furos de 2", um com uma tampa fixa, incolor, para visualizar o led de ligado do "no break" e um outro com tela soldada na caixa para ventilação.

5.3.4 Nesta caixa deverá ser instalado também o sistema "no-break" para alimentação do relé e do sistema de trip (bobina de abertura do disjuntor).

### **DESENHO ORIENTATIVO PARA INSTALAÇÃO DO RELÉ**



### **5.4 Coordenograma**

5.4.1 Para permitir a perfeita visualização da atuação da proteção é necessário que seja feito um gráfico Tempo x Corrente, onde se pode verificar a coordenação e seletividade para qualquer valor de corrente. Neste gráfico serão plotados os seguintes pontos e curvas:

- Valores de curto-circuito no ponto de derivação (fornecidos pela distribuidora);
- Corrente nominal ( $I_n$ );
- Corrente de partida do relé ( $I_p$ ) de fase e neutro;
- Curva do relé com os ajustes definidos no projeto (catálogo ou manual do relé) para fase e terra;
- Ajuste de atuação instantânea para fase e terra (reta perpendicular ao eixo das correntes);
- Ponto ANSI do(s) transformador(es) de fase e neutro;
- $I_m$  do(s) transformador(es);
- Corrente de curto-circuito ( $I_{cc}$ ) refletida na Média Tensão (MT) no ponto do próximo equipamento de proteção.

5.4.2 O projetista pode usar o diagrama para estudar condições de partida de motores e outras cargas; desta análise pode resultar a melhor sequência para energização das cargas da unidade consumidora.



Código:	Página: 8/18
MPN-DC-01/ET-03	
Versão:	Vigência:
00	04/11/2014
Doc. de Aprovação:	
RES nº 179/2014, 04/11/2014	

**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

5.4.3 Quando da elaboração do projeto, o projetista pode analisar o diagrama para verificar os ajustes previstos; esta análise pode evidenciar que um ou outro parâmetro deve ser alterado. Ou seja, durante a fase de elaboração do projeto, é provável que os ajustes e o próprio diagrama sejam refeitos para otimização da atuação dos vários níveis de proteção.

5.4.4 Deve ser observado na elaboração do coordenograma:

- a) Todos os pontos e curvas devem ser identificados claramente através de legenda;
- b) As correntes, preferencialmente, devem ser referidas à tensão primária.

## **6. DISPOSIÇÕES GERAIS**

- 6.1 O consumidor deverá, salvo onde especificado em contrário, prover toda a mão-de-obra, serviços, materiais, instalações e componentes necessários ao fornecimento completo do Sistema de Proteção a serem utilizados na área de concessão do Grupo Eletrobras e constitui o texto base para as relações entre a Distribuidora e consumidor;
- 6.2 O consumidor deve adquirir um modelo de relé microprocessado que possua as funções 50/51 para fase e neutro, e que tenha incorporado uma fonte capacitiva para fazer o disparo.
- 6.3 Cada modelo de relé possui uma forma específica para ser parametrizado (inserção dos ajustes) e esta informação pode ser obtida no catálogo ou manual e, de forma geral, os ajustes feitos não são apagados na eventual falta de alimentação. As funções 50 e 51(fase e neutro) devem ser garantidas, na falta de energia, por uma fonte de alimentação reserva, com autonomia mínima de 2h, que garanta a sinalização dos eventos ocorridos e o acesso à memória de registro dos relés.
- 6.4 O relé deve ser provido de meios que impeçam a alteração de sua parametrização, local ou remota, executada de acordo com o projeto aprovado na concessionária. São exemplos destes meios: o lacre, chave interna ou senha de bloqueio de alteração remota.
- 6.5 Para alimentação do relé, devem ser instalados no sistema trifásico os seguintes equipamentos:
  - a) 3 (três) transformadores de corrente (TC) e no mínimo 1 (um) transformador de potencial (TP).

## **7. DADOS FORNECIDOS PELA CONCESSIONÁRIA**

- 7.1 A concessionária deverá informar ao engenheiro projetista os valores de curto circuito para que possam ser dimensionados os TC e TP (se necessário) de proteção. De forma geral, recomenda-se que os TC tenha uma corrente primária tal que o valor de CC (curto circuito) não exceda em 20 vezes.



Código:	Página: 9/18
MPN-DC-01/ET-03	
Versão:	Vigência:
00	04/11/2014
Doc. de Aprovação:	
RES nº 179/2014, 04/11/2014	

**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

7.2 Deverá ser considerado também a corrente de partida para cálculo de TC's. A corrente de partida deverá ser a 20% da corrente dos TC's para assegurar a exatidão

**8. OUTROS DADOS FORNECIDOS PELA CONCESSIONÁRIA:**

- a) Ponto de entrega;
- b) Alimentador;
- c) Níveis de curto-circuito;
- d) Relé de sobrecorrente do alimentador (fase) da concessionária;
- e) Relé de sobrecorrente do alimentador (neutro) da concessionária;
- f) Tensão de fornecimento;
- g) Impedâncias de sequência reduzida no ponto de entrega da subestação.

8.1 Os valores de curto-circuito e as impedâncias no ponto de entrega são referentes ao alimentador da concessionária e poderão sofrer alterações em função de eventuais alterações na configuração do Sistema Elétrico.

**9. DADOS FORNECIDOS PELO PROJETISTA**

- a) Potência dos Transformadores;
- b) Impedância dos transformadores Z%;
- c) Relé de sobrecorrente de fase do consumidor;
- d) Relé de sobrecorrente do neutro do consumidor;
- e) Distância entre o Relé e TC's;
- f) Resistência Unitária do Cabo;
- g) Consumo do Relé;
- h) Corrente nominal.

**10. CÁLCULOS**

**Impedância equivalente do sistema da concessionária**

$Z_{cc} = (\text{Tensão de Fornecimento}) / \sqrt{3} \times I_{cc3F}$ , onde:  
I<sub>cc3F</sub> é a corrente de curto circuito trifásica

**Impedância do(s) Transformador(es)**

$Z_{traf1} = [(\text{Tensão de Fornecimento})^2 / Z\% \text{ trafo1}] / \text{Potência do Trafo1}$   
 $Z_{traf2} = [(\text{Tensão de Fornecimento})^2 / Z\% \text{ trafo2}] / \text{Potência do Trafo2}$

$Z_{trafn} = [(\text{Tensão de Fornecimento})^2 / Z\% \text{ trafon}] / \text{Potência do Trafon}$

**Curto-circuito no secundário do(s) Transformador(es)**

$I_{cctrafo1} = \text{Tensão de Fornecimento} / \sqrt{3} \times (Z_{cc} + Z_{trafo1})$   
 $I_{cctrafo2} = \text{Tensão de Fornecimento} / \sqrt{3} \times (Z_{cc} + Z_{trafo2})$

$I_{cctrafon} = \text{Tensão de Fornecimento} / \sqrt{3} \times (Z_{cc} + Z_{trafon})$

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

#### **Corrente nominal máxima (trifásica)**

A corrente nominal ( $I_n$ ) deve ser calculada a partir das potências dos transformadores instalados.

$I_n = \text{Potencia dos Transformadores} / \sqrt{3} \times \text{Tensão de Fornecimento}$  ou  
 $I_n = \text{Potência dos Transformadores (kVA)} / \text{Tensão de Fornecimento (kV)}$

#### **Corrente demandada**

$I_{dem} = \text{Demanda Prevista} / \sqrt{3} \times \text{Tensão de Fornecimento} \times \text{FP}$

#### **Corrente de desbalanço**

$I_{des} = I_{dem} \times 0,20$

#### **Corrente de magnetização do(s) transformador(es)**

$I_{mag} = 1 / ((1/I_{cc3F}) + (1,732 \times V) / (P \times 10))$ , onde:  
P é potência total em VA do(s) transformador(es)

#### **Cálculo do TC**

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 uma corrente de 20 vezes a corrente nominal primária.

$I_{np} = I_{cc3F} / 20$

#### **Relação do TC**

$RTC = I_{np} / I_{ns}$

$I_{np}$ : Corrente nominal do primário do TC

$I_{ns}$ : Corrente nominal do secundário do TC

#### **Impedância do cabo**

$Z_{cabo} = (R_{cabo} \times \text{Distância}) / 1000$

#### **Impedância do relé**

$Z_{relé} = \text{Consumo do relé} / (\text{Corrente Nominal})^2$ , onde:

Consumo do relé é fornecido no Catálogo do Relé

#### **Impedância total**

### **Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

$Z_{total} = 2 \cdot Z_{cabo} + Z_{relé} + Z_{tc}$ , onde:

$Z_{tc}$  a impedância do TC deve ser obtida com o fabricante. Na falta de maiores informações, e considerando-se um TC com baixa reatância de dispersão, apenas a resistência é importante e pode ser considerada como 20% da impedância burden do TC.

#### **Tensão no secundário do TC**

$$V_s = I_{cc} \cdot 3f / R_{TC} \times (Z_{tc} + 2 \cdot Z_{cabo} + Z_{relé})$$

#### **Ponto ANSI dos transformadores**

O ponto ANSI é o máximo valor de corrente que um transformador pode suportar durante 2 segundos sem se danificar. No caso de falta fase-terra este valor, para transformador triângulo-estrela com neutro solidamente aterrado é:

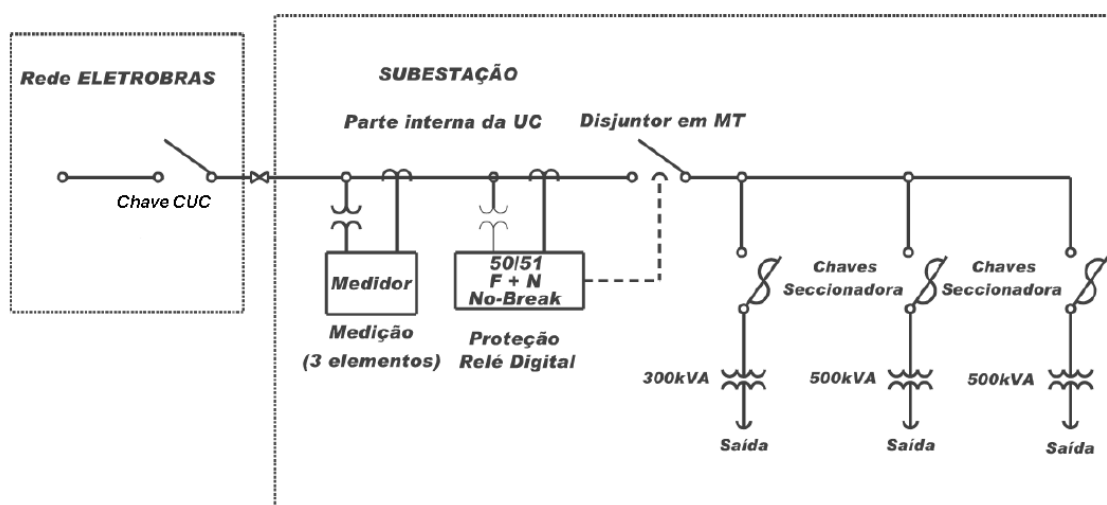
$$I_{ansi} = 0,58 \times (100 / Z\%) \times I_n$$

onde  $Z\%$  é a impedância percentual de cada transformador.

É importante notar que a curva de atuação do relé temporizado da fase deverá ficar "abaixo" do ponto ANSI do transformador de menor potência.

## **11. EXEMPLO**

Seja uma instalação atendida em 13,8kV para a qual é estimada uma demanda de 1000 kW e que possui transformadores a óleo, sendo um transformador de 300 kVA e dois de 500 kVA.



**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

### 12. DADOS FORNECIDOS PELA CONCESSIONÁRIA

#### NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO

Icc trifasico - (Icc3F)	8100 (A)
Icc bifasico - (Icc2F)	7000 (A)
Icc fase-terra - (IccFT)	5100 (A)
Icc fase-terra 40Ω -(IccFT40)	200 (A)
Icc fase-terra 100Ω -(IccFT100)	80 (A)

#### RELE DE SOBRECORRENTE DO ALIMENTADOR (FASE) DA CONCESSIONÁRIA

Função	50/51
Fabricante	ARTECHE
Tipo	PL-300
RTC	800
Elemento Temporizado (tape)	3 (A)
Curva	0,3 (MI)
Elemento Instantâneo	18 (A)

#### RELE DE SOBRECORRENTE DO ALIMENTADOR (NEUTRO) DA CONCESSIONÁRIA

Função	50/51N
Fabricante	ARTECHE
Tipo	PL-300
RTC	800
Elemento Temporizado (tape)	0,6 (A)
Curva	0,2 (MI)
Elemento Instantâneo	3,6 (A)

#### DADOS DE INSTALAÇÃO

Tensão de Fornecimento	13.800 (V)
Potência Total Instalada	1.300.000 (VA)
Demanda Prevista	1.000.000 (W)
Fator de Potência	0,92 (FP)

#### POTÊNCIA DOS TRANSFORMADORES

Transformador 1	500.000 (VA)
Transformador 2	500.000 (VA)

**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

Transformador 3	300.000 (VA)
-----------------	--------------

IMPEDÂNCIA DOS TRANSFORMADORES Z%

Transformador 1	4,5 (%)
Transformador 2	4,5 (%)
Transformador 3	3,35 (%)

### CÁLCULOS:

IMPEDÂNCIA EQUIVALENTE DO SISTEMA DA CONCESSIONÁRIA

$$Z_{cc} = (\text{Tensão de Fornecimento}) / \sqrt{3} \times I_{cc3F}$$

<b>Z<sub>cc</sub> =</b>	0,98	Ω
-------------------------	------	---

IMPEDÂNCIA DOS TRANSFORMADORES

$$Z_{traf1} = [(\text{Tensão de Fornecimento})^2 / Z\% \text{ trafo}] / \text{Potência do Trafo}$$

<b>Z<sub>traf1</sub> =</b>	17,14	Ω
<b>Z<sub>traf2</sub> =</b>	17,14	Ω
<b>Z<sub>traf3</sub> =</b>	21,27	Ω

CURTO-CIRCUITO NO SECUNDÁRIO DOS TRANSFORMADORES

$$I_{cctrafo} = \text{Tensão de Fornecimento} / \sqrt{3} \times (Z_{cc} + Z_{trafo})$$

<b>I<sub>ccTra1</sub> =</b>	439,63	A
<b>I<sub>ccTra2</sub> =</b>	439,63	A
<b>I<sub>ccTra3</sub> =</b>	358,10	A

CORRENTE NOMINAL MÁXIMA (Trifásica) – In

$$I_n = \text{Potencia dos Transformadores} / \sqrt{3} \times \text{Tensão de Fornecimento}$$

<b>I<sub>n</sub> =</b>	54,39	A
------------------------	-------	---

CORRENTE DEMANDADA (Trifásica) – Idem

$$\text{Idem} = \text{Demanda Prevista} / \sqrt{3} \times \text{Tensão de Fornecimento} \times \text{FP}$$

<b>Idem =</b>	45,48	A
---------------	-------	---

**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

CORRENTE DE DESBALANÇO – Ides

$$\text{Ides} = \text{Idem} \times 0,20$$

<b>Ides =</b>	9,10	A
---------------	------	---

CORRENTE DE MAGNETIZAÇÃO – Imag

$$\text{Imag} = 1 / ((1 / \text{Icc3F}) + (1,732 * V) / (P * 10))$$

<b>Imag =</b>	509,67	A
---------------	--------	---

PONTO ANSI

$$\text{I ansi-traf1} = 0,58 \times 100 / Z\% * \text{Intraf1}$$

<b>I ansi-traf1 =</b>	269,62 A
-----------------------	----------

$$\text{I ansi-traf2} = 0,58 \times 100 / Z\% * \text{Intraf2}$$

<b>I ansi-traf2 =</b>	269,62 A
-----------------------	----------

$$\text{I ansi-traf3} = 0,58 \times 100 / Z\% * \text{Intraf3}$$

<b>I ansi-traf1 =</b>	217,31 A
-----------------------	----------

CALCULO DO TC

$$\text{In} = \text{Icc3F} / 20$$

<b>In =</b>	405	A
-------------	-----	---

ESPECIFICAÇÃO DO TC

	Primário	Secundário
<b>TC =</b>	450	5

RTC = Primário / Secundário

<b>RTC =</b>	90
--------------	----

Distância entre Relé e TC's	10	m
Resistência Unitária do Cabo	4,7	Ω/Km
Consumo do Rele	0,2	VA
Corrente Nominal	5	A

**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

Z burden do TC	1	Ω
----------------	---	---

IMPEDÂNCIA DO TC

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

<b>Ztc=</b>	0,2	Ω
-------------	-----	---

IMPEDÂNCIA DO CABO

$$Z_{cabo} = (R_{cabo} \times \text{Distância}) / 1000$$

<b>Zcabo=</b>	0,047	Ω
---------------	-------	---

IMPEDÂNCIA DO RELÉ

$$Z_{relé} = \text{Consumo do relé} / (\text{Corrente Nominal})^2$$

<b>Zrelé=</b>	0,008	Ω
---------------	-------	---

TENSÃO SECUNDÁRIA DO TC

$$V_s = I_{cc} \times 3f / RTC \times (Z_{tc} + 2 \times Z_{cabo} + Z_{relé})$$

<b>Vs</b>	27,18	V
-----------	-------	---

SENSOR DE FASE

$$\text{Temporizado} = (I_{des}) \times 1,2 / RTC$$

<b>Temporizado</b>	0,61
--------------------	------

$$\text{Instantâneo} = (1,1 \times I_{mag}) / RTC$$

<b>Instantâneo</b>	6,23
--------------------	------

SENSOR DE NEUTRO

$$\text{Temporizado} = (I_{des} \times 1,2) / RTC$$

<b>Temporizado</b>	0,12
--------------------	------

$$\text{Instantâneo} = < I_{ccfT100} / RTC$$

<b>Instantâneo</b>	0,80
--------------------	------



### Título: SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

#### DEFINIÇÃO DOS RELÉS E AJUSTES

##### RELÉ DE SOBRECORRENTE – FASE

<b>Função</b>	50/51	
<b>Fabricante</b>	PEXTRON	
<b>Tipo</b>	URPE-6104	
<b>RTC</b>	90	
<b>Aj. Temporizado</b>	0,61	A
<b>Curva</b>	0,2	MI
<b>Aj Instantâneo</b>	6,65	A

##### RELÉ DE SOBRECORRENTE – NEUTRO

<b>Função</b>	50/51 N	
<b>Fabricante</b>	PEXTRON	
<b>Tipo</b>	URPE-6104	
<b>RTC</b>	90	
<b>Aj. Temporizado</b>	0,12	A
<b>Curva</b>	0,2	MI
<b>Aj Instantâneo</b>	0,80	A

#### PONTOS DA CURVA (FASE)

$$t = (13,5 \times TMS) / ((I/I_s) - 1) =$$

<b>Curva</b>	0,2	MI
<b>I</b>	598,29	Corrente Escolhida eixo X
<b>I<sub>s</sub></b>	54,90	Corrente de Ajuste
<b>t =</b>	0,27	

#### PONTOS DA CURVA (NEUTRO)

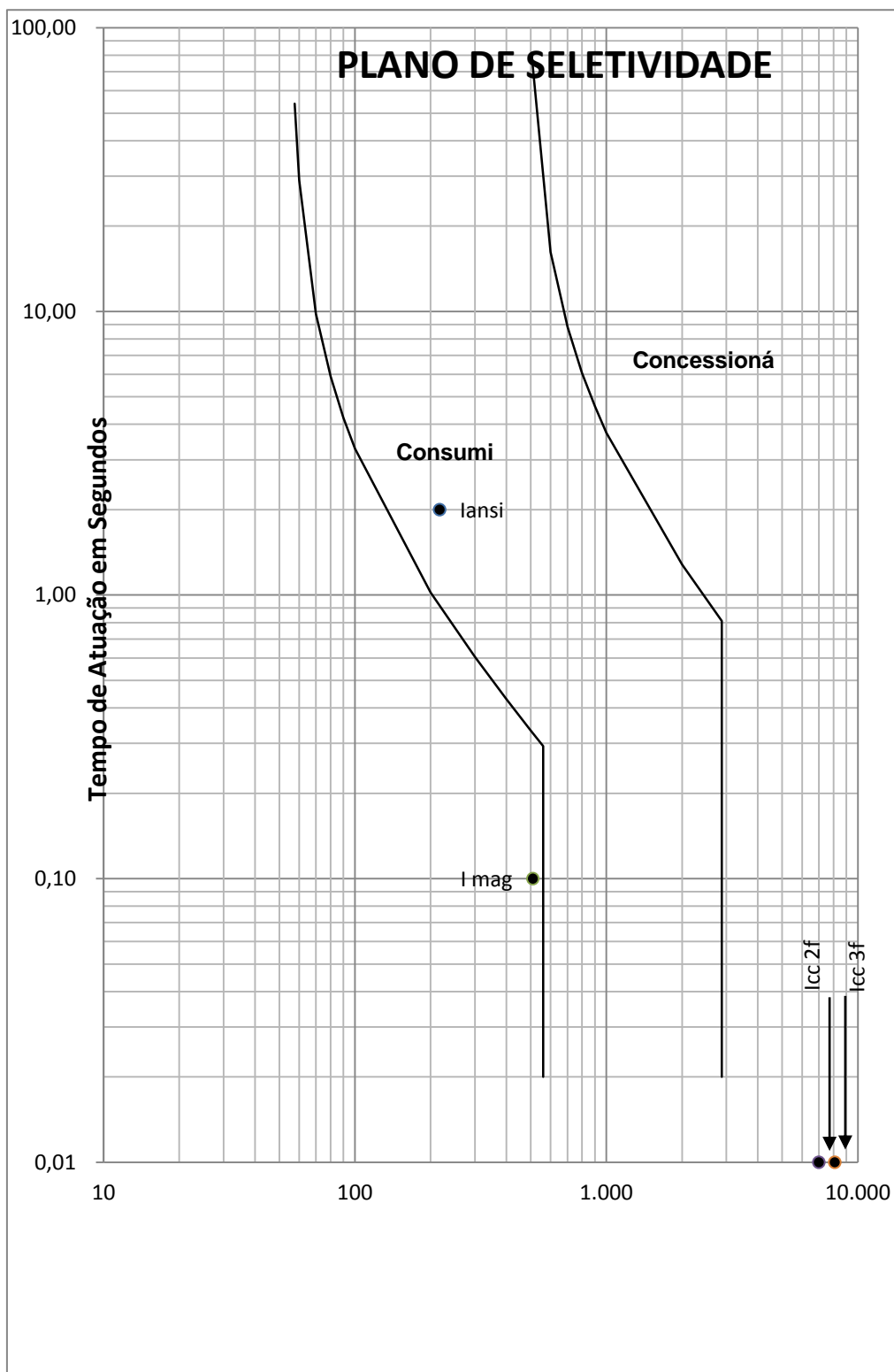
$$t = (13,5 \times TMS) / (I/I_s) - 1 =$$

Curva	0,2	MI
I	72,00	Corrente Escolhida eixo X
I <sub>s</sub>	10,80	Corrente de Ajuste
t =	0,48	

Obs: Corrente de Ajuste é a Corrente temporizada xRTC

**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

## COORDENOGRAMA



**Título:** SISTEMA DE PROTEÇÃO COM RELÉ MICROPROCESSADO COM FUNÇÃO 50/51 PARA FASE E NEUTRO

