

TESE

357



ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

USANDO O COMPUTADOR PARA AJUSTAR

RELÉS DE DISTÂNCIA DE FASE

*Hélio Rezende Ribeiro*

-----  
Hélio Rezende Ribeiro

Itajubá, 13 de dezembro de 1982

CLASS. 621.316.925:681.322(043.2)

CUTT. P 184u

TOMBO 357

Agradeço a todos aqueles que pela iniciativa, pela contribuição  
 e pelos subsídios ministrados, contribuíram para a  
 realização deste trabalho:

Prof. Manoel Antônio Pires	-	EFPI
Prof. Júlio César Ribeiro	-	EFPI
Prof. Nectar Brando	-	EFPI
Engº Leuro Márcio Martins	-	CFEB
Engº Júlio Cesar de S. Barbosa	-	EFPI
Engº Danilo Martins Cavalcanti	-	EFPI
Engº José Luiz de S. de Silva	-	EFPI
Carolina M. S. Ferreira	-	EFPI
Luciana Cristina Costa	-	EFPI
Antônio Sérgio de S. S.	-	EFPI
Engº Helvécio Augusto de Mattos	-	EFPI
Engº Filipeo de S. S.	-	EFPI
Engº Roberto de S. S.	-	EFPI
Engº Paulo Roberto de S. S.	-	EFPI

À minha esposa e filhos

Agradeço a todos aqueles que pelo incentivo, pela contribuição ou pelos ensinamentos ministrados, contribuíram para a realização deste trabalho:

Prof. Márcio Antônio Curi	-	EFEI
Prof. Júlio César Tibúrcio	-	EFEI
Prof. Hector Arango	-	EFEI
Eng <sup>o</sup> Lauro Murillo Martins	-	CVRD
Eng. <sup>a</sup> Julia Cristina C. Noronha	-	ESCELSA
Eng <sup>o</sup> Ilcely Marins Coutinho	-	ESCELSA
Eng <sup>o</sup> José Ailton B. da Silva	-	ESCELSA
Saluquia M.G. Ferreira	-	ESCELSA
Luciene Santana Costa	-	ESCELSA
Antônio Rogério Silva	-	ESCELSA
Eng <sup>o</sup> Helvécio Antonio de Mattos	-	ESCELSA
Eng <sup>o</sup> Filemon Tavares	-	ESCELSA
Eng <sup>o</sup> Roberto Haig	-	ESCELSA
Eng <sup>o</sup> Paulo Roberto Starling	-	ESCELSA

R E S U M O

O tamanho e a complexidade dos modernos sistemas elétricos, aliados ao acelerado desenvolvimento da tecnologia do computador, tornaram impraticável o cálculo manual de muitos procedimentos técnicos.

Um dos campos até alguns anos atrás mais carentes e que mais tem sido desenvolvido ultimamente é o cálculo computadorizado de ajuste de relés.

O objetivo deste trabalho de dissertação é apresentar uma sistemática computarizada em Fortran H Extended, para calcular os ajustes dos relés de distância de fase, instalados em um Sistema Elétrico.

O trabalho é apresentado em duas partes. Na Parte 1 é apresentada a teoria e as considerações usadas no desenvolvimento do programa, cujos tópicos principais são assim divididos:

- Matriz de Impedância Nodal no Cálculo Digital de Curto Circuito.
- Algoritmo de Ordenação dos Dados de Entrada
- O Relé de Distância de Fase no Sistema Elétrico

Na Parte 2 é apresentado um exemplo completo de ajuste dos relés de distância de fase de vários terminais do Sistema Elétrico de uma concessionária de energia elétrica.

L E G E N D A

- RL - Retaguarda Local
- SIP - Sentido Inverso ao de Polarização do Relé 21-3
- TF - Transformador
- 1a. - Primeira
- 2a. - Segunda
- 3a. - Terceira
- 4a. - Quarta
- las. - Primeiras
- PU - Sistema por Unidade
- LT - Linha de Transmissão
- AMP - Amperes
- BMR - Basic Minimum Reach
- PTS - Percent Tap Setting
- 2F - Unidade Bifásica
- 3F - Unidade Trifásica
- ANG. - Angulo
- ALC. - Alcance
- SEC. - Secundário (a)

Í N D I C E

<u>PARTE 1</u>	<u>PÁGINA</u>
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Histórico .....	1
1.2 - Objetivo .....	4
1.3 - Descrição da Metodologia .....	4
CAPÍTULO II - MATRIZ DE IMPEDÂNCIA NODAL NO CÁLCULO DIGITAL DE CURTO - CIRCUITO .....	6
2.1 - Suposições e Aproximações .....	6
2.2 - Propriedades da Matriz de Impedância Nodal .....	7
2.3 - Curto - Circuito Trifásico .....	9
2.4 - Método para a Montagem Direta de $\bar{Z}_N$ . (2) .....	18
2.4.1 - Adição de um ramo ligando a barra de referência a uma nova barra (2) .....	20
2.4.2 - Adição de um ramo radial ligando uma barra já incluída na matriz a uma <u>no</u> va barra (2) .....	21
2.4.3 - Adição de um ramo ligando duas barras já incluídas na matriz (fechamento de malha). (2) .....	22
2.5 - Introdução do Algoritmo de Ordenação dos <u>Da</u> dos de Entrada .....	25
CAPÍTULO III - ALGORÍTMO DE ORDENAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA .....	29
3.1 - Pesquisa em Lista com Ponteiros (1) .....	29
3.2 - Montagem de Vetores Utilizando Pesquisa com Ponteiros (1) .....	30

3.3 - Formação do Algoritmo de Ordenação dos Dados de Entrada .....	37
3.4 - Exemplos de Programação do Algoritmo de Ordenação .....	40
CAPÍTULO IV - O RELÉ DE DISTÂNCIA DE FASE NO SISTEMA ELÉTRICO .....	
4.1 - Objetivo .....	43
4.2 - Introdução .....	43
4.3 - Tipos de Relés de Distância .....	44
4.4 - Constituição dos Relés de Distância .....	45
4.5 - Alcance dos Relés de Distância .....	46
4.6 - Seleção dos Relés de Distância de Fase .....	49
4.7 - A Operação dos Relés de Distância de Fase no Sistema Elétrico .....	49
4.8 - O Efeito "Infeed" em Relés de Distância (5) .....	51
4.9 - Os Transformadores nas Zonas de Proteção dos Relés de Distância .....	53
4.10 - Descrição dos Critérios de Ajuste Adotados .....	55
4.11 - Descrição do Algoritmo Computacional de Pesquisa de Barras Adjacentes .....	60
4.12 - Cálculos de Impedância Aparente Vista por Relés de Distância .....	64
CAPÍTULO V - DESCRIÇÃO DO SISTEMA COMPUTARIZADO .....	
5.1 - Objetivo .....	66
5.2 - Composição do Sistema .....	66
5.3 - Programa Principal .....	66
5.4 - Subprogramas .....	68
5.4.1 - Subrotina PONTE I .....	68
5.4.2 - Subrotinas IMPRE 1 e IMPRE 2 .....	68

5.4.3 - Subrotina RADIAL .....	68
5.4.4 - Subrotina F MALHA .....	68
5.4.5 - Subrotina DPLAJ .....	68
5.4.6 - Subrotina CNTAP .....	69
4.5.7 - Subrotina PCAJ .....	70
5.4.8 - Subrotinas de Fabricantes de Relés .....	70
5.4.8.1 - Subrotinas KD .....	70
5.4.8.2 - Subrotina GCY .....	71
5.4.8.3 - Subrotina CEYCEB .....	71
5.5 - Operação e Controle do Programa .....	72
5.5.1 - Objetivo .....	72
5.5.2 - Códigos de Controle e Operação do Programa .....	72
5.5.3 - Cartões Obrigatórios .....	72
5.5.3.1 - Cartões Título .....	73
5.5.3.2 - Cartões de Parâmetros do Sistema Elétrico .....	73
5.5.3.3 - Cartão de Escolha de Opções .....	77
5.5.3.4 - Cartões de Barras .....	79
5.5.4 - Cartões não Obrigatórios .....	80
5.5.4.1 - Cartões de Curto - Circuito .....	80
5.5.4.2 - Cartões de Tabelas de Relés .....	81
5.5.4.3 - Cartões de Ajuste de Relés .....	82
5.6 - Conclusão .....	86
ANEXO I - Ilustração de Cartões Codificados e Tabelas de Relés .....	88
ANEXO II - Listagem do Programa Fonte .....	89

PARTE 2

CAPÍTULO VI - APLICAÇÃO PRÁTICA .....	90
6.1 - Sumário .....	90
6.2 - Configuração do Sistema .....	91
6.3 - Descrição dos Relatórios de Saída .....	91
ANEXO III - Configuração do Sistema Exemplo .....	94
ANEXO IV - Dados .....	95
ANEXO V - Relatórios de Saída .....	96
ANEXO VI - Bibliografia .....	97

capítulo 1 - Introducción

1.1 - Introducción

En principio, el propósito de este documento es proporcionar una visión general de los conceptos básicos de la electrónica digital, así como de los componentes y dispositivos que se utilizan en este campo. Este documento está dirigido a aquellos que desean obtener una comprensión básica de la electrónica digital, ya sea para fines académicos o profesionales. El documento está dividido en varias secciones que cubren los temas más importantes de la electrónica digital, desde los fundamentos de la lógica digital hasta los circuitos integrados y los sistemas digitales. El documento también incluye una lista de referencias para aquellos que desean profundizar en el tema.

———— PARTE 1 ————

Con el propósito de proporcionar una visión general de los conceptos básicos de la electrónica digital, así como de los componentes y dispositivos que se utilizan en este campo. Este documento está dirigido a aquellos que desean obtener una comprensión básica de la electrónica digital, ya sea para fines académicos o profesionales. El documento está dividido en varias secciones que cubren los temas más importantes de la electrónica digital, desde los fundamentos de la lógica digital hasta los circuitos integrados y los sistemas digitales. El documento también incluye una lista de referencias para aquellos que desean profundizar en el tema.

Con el propósito de proporcionar una visión general de los conceptos básicos de la electrónica digital, así como de los componentes y dispositivos que se utilizan en este campo. Este documento está dirigido a aquellos que desean obtener una comprensión básica de la electrónica digital, ya sea para fines académicos o profesionales. El documento está dividido en varias secciones que cubren los temas más importantes de la electrónica digital, desde los fundamentos de la lógica digital hasta los circuitos integrados y los sistemas digitales. El documento también incluye una lista de referencias para aquellos que desean profundizar en el tema.

a. Introducción de la lógica digital

Esta sección trata sobre los fundamentos de la lógica digital, incluyendo los conceptos de variables booleanas, las operaciones lógicas básicas (AND, OR, NOT) y las leyes de De Morgan. También se discuten los circuitos lógicos básicos y cómo se combinan para formar circuitos más complejos. La sección también incluye una lista de referencias para aquellos que desean profundizar en el tema.

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Histórico

No princípio, quando os sistemas elétricos de potência eram locais, praticamente não havia estudos de curto-circuito que pudessem subsidiar um estudo de proteção para o sistema elétrico. Os equipamentos para proteção eram ajustados em função apenas das correntes de carga previstas sem nenhuma preocupação com a seletividade. À medida que os sistemas foram crescendo, regionalizando-se e os efeitos desta falta de seletividade foram se avolumando, houve necessidade de um melhor tratamento do problema. Com isto iniciaram-se os primeiros estudos de curto-circuito, que no princípio eram calculados manualmente e contemplavam apenas as faltas simétricas, o que caracterizava um tempo enorme de solução e ao mesmo tempo incompleto.

Com a descoberta e o desenvolvimento da teoria de componentes simétricas, estes estudos de curto-circuito, ainda manuais, passaram a contemplar as faltas assimétricas.

Mas as dificuldades de cálculo e o tempo de solução eram cada vez mais crescente, pois os sistemas elétricos de potência foram sempre crescendo, haja visto a grande dependência da sociedade moderna dos serviços de energia elétrica.

Com o advento do computador, começaram a vislumbrar métodos digitais de cálculo de curto-circuito. E assim foram surgindo vários métodos, sendo que a maioria dependia da formação da matriz de impedância nodal. Dentre estes, destacam-se:

#### a. Inversão da Matriz de Admitância Nodal

Este método toma como referência a barra neutra por trás da impedância dos geradores, monta a matriz de admitância nodal e procede a sua inversão usando um dos vários métodos disponíveis (para a inversão de matrizes). O método de Shipley-Coleman é muito usado pe

la relativa economia de memória e simplicidade no algoritmo. A grande desvantagem deste método era em termos de tempo de computação, uma vez que o número de operações necessárias para a inversão total de uma matriz é proporcional a  $n^3$ , onde  $n$  é a ordem da matriz.

b. Montagem Direta da Matriz de Impedância Nodal

Este método monta a matriz de impedância nodal ramo por ramo, através de uma lista ordenada de ramos. As principais vantagens em relação ao método anterior são:

a - Exige um número bem menor de operações aritméticas, portanto, permite grande economia de tempo de computação.

b - Permite a análise de grandes sistemas, cuja matriz de impedância não caiba na memória do computador. Para tal a montagem da matriz é feita, salvando-se na memória apenas as barras onde se deseja calcular curto-circuito, sem desconsiderar o restante do sistema elétrico.

Porém estas vantagens se anulam na montagem da matriz de impedância nodal se não houver um algoritmo de reordenação dos ramos de entrada eficiente, de modo que qualquer que seja a ordem dos ramos de entrada este algoritmo proporcione a montagem da matriz de impedância nodal rápida e seguramente. Ao mesmo tempo, este algoritmo deverá facilitar as buscas dos dados na matriz de impedância nodal. Este algoritmo é comumente chamado de SORTING ou ORDENAÇÃO (1).

c. Obtenção da Matriz de Impedância Nodal Coluna a Coluna

Este método permite uma grande economia de memória, já que ele calcula de cada vez uma coluna da matriz de impedância nodal. Porém esta vantagem tende a diminuir, quanto maior o número de barras a ser processado o curto-circuito. Por outro lado, com o barateamento

mento é o desenvolvimento da capacidade de memória dos computadores, hoje já estão sendo questionados pelos próprios fabricantes, a centralização dos serviços de processamentos até hoje utilizados. A razão desta centralização era que o pessoal de sistemas trabalhava visando a otimização do tempo de computação e memória de máquina.

Já existem levantamentos que mostram que já entramos na década de 80, com o custo de pessoal de sistemas responsável pela otimização de uso de memória e tempo de computação superior ao custo de máquina. Isto faz com que a evolução do processamento de dados tenda a se tornar uma atividade cada vez menos dependente da capacidade de memória e tempo de computação e por conseguinte mais popularizado (processamento distribuído), inclusive com linguagens de programação mais fáceis. (9).

Embora o método descrito no item C acima seja o que mais economiza memória, em virtude do exposto, achamos que hoje, o método descrito no item B como o método de formação da matriz de impedância nodal seja o mais indicado para cálculo digital de curto-circuito.

O estudo de curto-circuito em sistemas elétricos ocorre normalmente no processo de planejamento e projeto, bem como na operação dos sistemas elétricos. Destes programas são retiradas as informações para o dimensionamento de disjuntores e demais equipamentos de chaveamento (bem como outros componentes do sistema), as informações para estudos de ajuste dos relés de proteção, bem como informações para estudos de estabilidade quando se deseja determinar o comportamento dos equipamentos rotativos do sistema durante a ocorrência de defeitos.

Conforme descrito, a quantidade de informações que se deseja de um estudo de curto-circuito varia enormemente de caso para caso. Hoje, de maneira geral, os programas de curto-circuito são superdimensionados para

atender a todas estas solicitações.

O tamanho e complexidade dos modernos sistemas elétricos mais as recentes vantagens da tecnologia do computador, tornaram impraticável o cálculo manual dos ajustes dos relés (11).

O que nós pretendemos neste trabalho é apresentar um programa de curto-circuito aplicado, portanto de uso específico, que além de algumas informações geralmente fornecidas nos programas de curto-circuito atuais, forneça os ajustes dos relés de distância de fase aplicados nos terminais do sistema elétrico, de acordo com uma metodologia que será descrita a seguir.

## 1.2 - Objetivo

Obter uma sistemática computadorizada em Fortran H Extended para cálculo de ajustes dos relés de distância de todos os terminais de um sistema elétrico de potência, que possua a proteção convencional por relés de distância de fase para defeitos trifásicos, entre-fases e bifásicos para terra.

O programa está dimensionado para ajustar todos os relés de distância de fase de um sistema com até 200 barras e 500 linhas, com um número máximo de até 20 linhas por barra.

## 1.3 - Descrição da Metodologia

Para um dado sistema elétrico, são apresentados os parâmetros elétricos, a locação dos relés, suas características de alcance, bem como as características dos transformadores de corrente e potencial que os alimentam.

Independente da ordem em que os parâmetros do sistema elétrico são apresentados, um algoritmo de ordenação de alta eficiência, faz com que ao mesmo tempo em que tais parâmetros são lidos, eles são ordenados e ao mesmo tempo é feita a montagem direta da matriz de impedância nodal.

Após a montagem, usando do mesmo algoritmo de ordenação, são processados curto-circuitos trifásicos em todas as barras do sistema elétrico necessárias ao estudo de ajuste de relés de distância de fase de todos os terminais solicitados. Com estes dados e de acordo com uma série de critérios de alcance (filosofias) estabelecidas no programa, determina-se os ajustes dos relés de distância de fase.

Além desta saída, opcionalmente o programa fornecerá a matriz de impedância nodal de sequência positiva do sistema, bem como o cálculo do curto-circuito trifásico - completo para qualquer barra do sistema, para outras aplicações eventuais que o usuário desejar.

O programa serve também para verificar o alcance de qualquer relé de distância de fase instalado, para uma falta trifásica em qualquer parte do sistema elétrico, de modo a subsidiar as análises de perturbações ocorridas no sistema elétrico.

## CAPÍTULO II - MATRIZ DE IMPEDÂNCIA NODAL NO CÁLCULO DIGITAL DE CURTO-CIRCUITO

### 2.1 - Suposições e aproximações

A maneira mais direta de calcular as correntes de falta em um sistema durante um curto-circuito seria resolver um fluxo de carga onde a barra de curto fosse ligada à terra por meio de uma impedância de valor muito pequeno (mas não zero obviamente). Esse procedimento, porém é muito demorado, principalmente quando deseja-se calcular curto-circuito em muitas ou todas as barras do sistema. A razão disto é que os fluxos de carga, por serem problemas não lineares, exigem soluções iterativas. Desta forma, procura-se introduzir certas suposições e simplificações no cálculo que permitem uma solução direta (não iterativa) do problema.

As duas aproximações mais importantes que se fazem em um estudo de curto-circuito são:

- a) Geradores podem ser representados como uma força eletromotriz em série com a sua reatância subtransitória, transitória ou síncrona;
- b) As cargas podem ser representadas por impedâncias constantes (independentes das tensões) ligadas à terra, ou simplesmente desprezadas.

As outras simplificações usadas são:

- . Todas as f.e.m. representativas dos geradores estão em fase e têm o mesmo módulo.
- . Todas as tensões de barras antes da falta são iguais (normalmente 1,0 p.u.).
- . Elementos "Shunt" do sistema são desprezados.
- . Defasagens em transformadores são desprezadas.

Com isso, as representações dos componentes de um sistema elétrico simplificam-se para:

- a) Geradores - São representados por tensões (atrás) em série com a impedância ou reatância quando a resistên

cia de armadura puder ser desprezada. As tensões em todos os geradores são supostas iguais em módulo e ângulo (1.0 p.u. e 0°)

- b) Linhas - São representadas pelo circuito (PI) usual, com os elementos Shunt desprezados.
- c) Cargas - São simplesmente ignoradas.
- d) Transformadores - São representados simplesmente por sua impedância de dispersão.

Os efeitos destas simplificações e suposições foram comparadas com o uso de representações, desde as mais simples às mais complexas, para vários sistemas-testes. Destes estudos completos de curto-circuito realizados, foi constatado que as diferenças nos resultados obtidos nunca ultrapassaram 10% em relação ao caso mais exato o que, sem dúvida, constitui um forte argumento em favor de representações mais simples. (8).

## 2.2 - Propriedades da Matriz de Impedância Nodal

As duas equações mais conhecidas da análise nodal são:

$$\bar{I}_N = \bar{Y}_N \bar{V}_N \quad (1) \quad \text{e} \quad \bar{V}_N = \bar{Z}_N \bar{I}_N \quad (2) \quad (\bar{Z}_N = \bar{Y}_N^{-1})$$

$\bar{Y}_N$  - Matriz de admitância nodal

$\bar{Z}_N$  - Matriz de impedância nodal

$\bar{V}_N$  - Vetor de tensões de nós do circuito

$\bar{I}_N$  - Vetor de correntes injetadas nos nós.

Explicitando (2), temos:

$$Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 + \dots + Z_{1K} I_K + \dots + Z_{1N} I_N = V_1$$

$$Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 + \dots + Z_{2K} I_K + \dots + Z_{2N} I_N = V_2$$

⋮

$$Z_{K1} I_1 + Z_{K2} I_2 + \dots + Z_{KK} I_K + \dots + Z_{KN} I_N = V_K$$

⋮

$$Z_{N1} I_1 + Z_{N2} I_2 + \dots + Z_{NK} I_K + \dots + Z_{NN} I_N = V_N$$

Se impusermos  $I_K = 1,0$  p.u. e todas as demais correntes nulas teremos:

$$V_1 = Z_{1K}$$

$$V_2 = Z_{2K}$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$V_K = Z_{KK}$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$V_N = Z_{NK}$$

As impedâncias  $Z_{iK}$  são chamadas impedâncias de transferência entre os nós  $\underline{i}$  e  $\underline{k}$ .

As impedâncias  $Z_{KK}$  são chamadas impedâncias no ponto de aplicação do nó  $\underline{K}$ .

Se na equação (2), trabalharmos com um acréscimo

$\Delta V_N$  e  $\Delta I_N$ , ou seja:

$$\Delta \bar{V}_N = \bar{Z}_N \Delta \bar{I}_N$$

Se o vetor  $\Delta \bar{I}_N$  for tal que  $\Delta \bar{I}_K = 1,0$  p.u. e todos os demais componentes nulos, conclui-se que:

$$\Delta V_i = Z_{iK}$$

$$\Delta V_K = Z_{KK}$$

Podemos agora dizer as propriedades da matriz  $\bar{Z}_N$ :

A impedância de transferência  $Z_{iK}$  é o acréscimo  $\Delta V_i$  na tensão da barra  $\underline{i}$  quando há um acréscimo de 1,0 P.U. na corrente injetada na barra  $\underline{K}$ , qualquer que seja o valor das demais correntes injetadas.

A impedância no ponto  $Z_{KK}$  é o acréscimo  $\Delta V_K$  na tensão da barra  $\underline{K}$  quando há um acréscimo de 1,0 p.u. na corrente injetada nesta mesma barra, qualquer que sejam as demais correntes injetadas.

A matriz  $Z_N$  contém na diagonal principal a impedância equivalente de Thévenin de cada barra do sistema à barra de referência atrás dos geradores.

Com estas propriedades, veremos que a matriz impedância nodal com o nó de referência, escolhido como sendo a barra neutra por detrás das impedâncias dos geradores, constituirá uma excelente ferramenta para o cálculo das correntes de curto-circuito.

## 2.3 - Curto-Circuito Trifásico

### 2.3.1 - Aplicação do Teorema de Thévenin

Dado o sistema abaixo, vamos verificar a aplicação do teorema de Thévenin, no cálculo do curto-circuito trifásico.

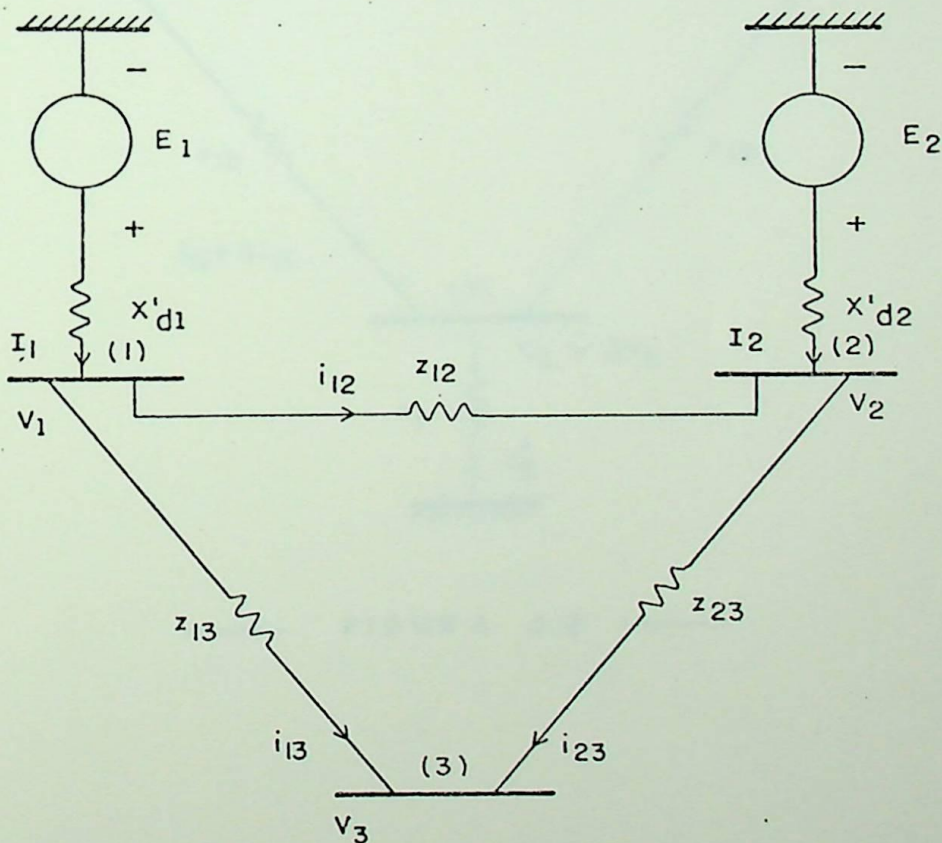


FIGURA 2.1

Se um curto-circuito trifásico ocorresse na barra 3, através de uma impedância  $z_f$  (equivalendo, portanto, a conectar uma impedância  $z_f$  entre os nós 3 e 0), teríamos a situação mostrada na fig. 2.2.

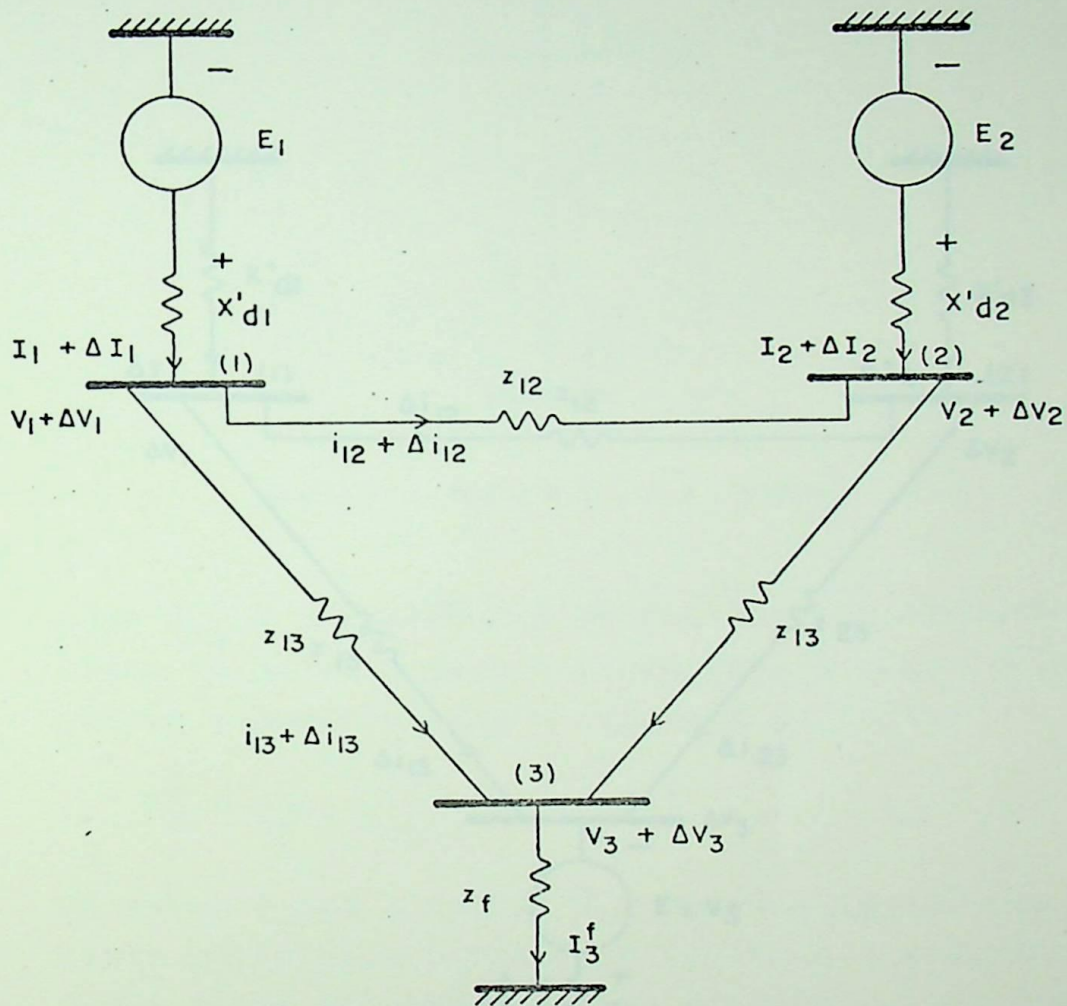


FIGURA 2.2

Aplicando o teorema de Thévenin, temos os valores da corrente de falta  $I_3^f$ , bem como dos acréscimos em correntes e tensões, respectivamente nos ramos e nós do sistema que, podem ser calculados pelo circuito da fig. 2.3.

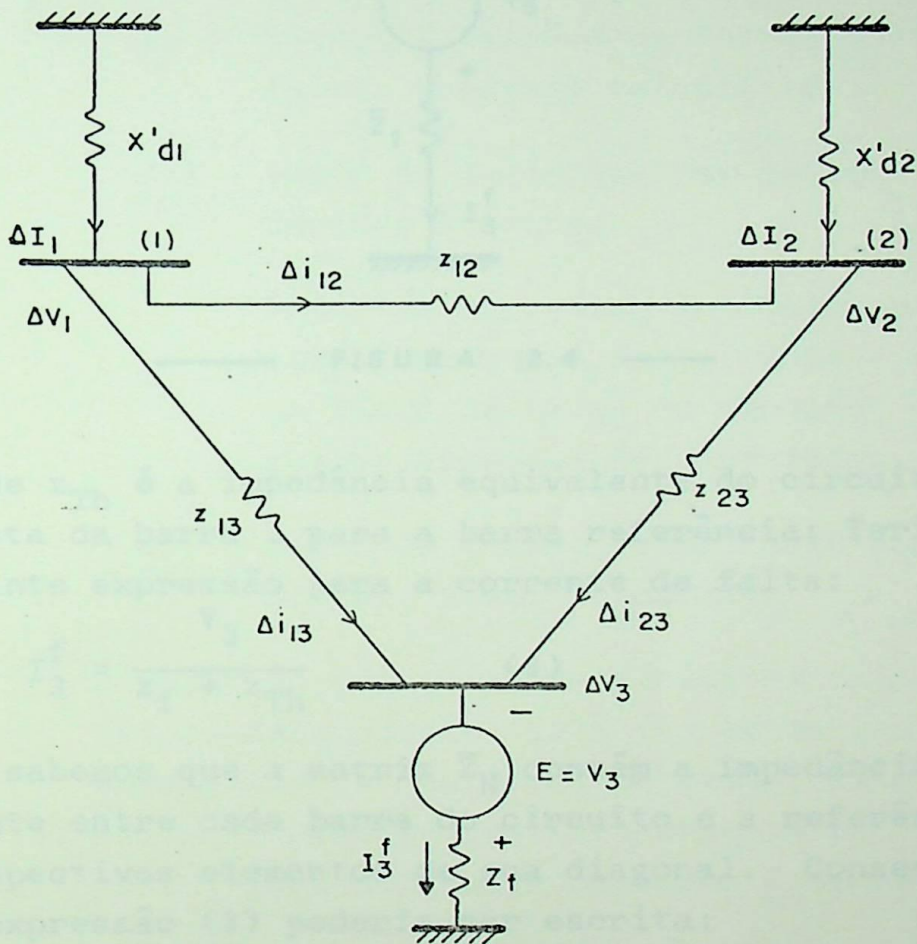


FIGURA 2.3

Para calcularmos estes valores, poderíamos reduzir o circuito até obtermos o seguinte resultado; mostrado na figura 2.4

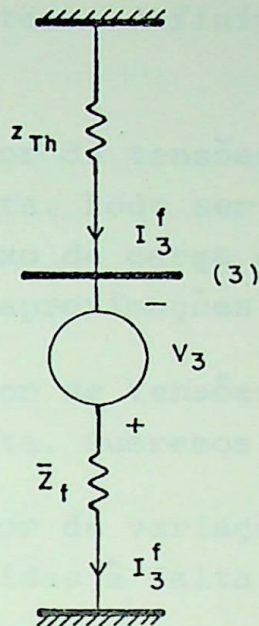


FIGURA 2.4

onde  $z_{Th}$  é a impedância equivalente do circuito original, vista da barra 3 para a barra referência; Teríamos a seguinte expressão para a corrente de falta:

$$I_3^f = \frac{V_3}{z_f + z_{Th}} \quad (3)$$

Já sabemos que a matriz  $\bar{Z}_N$  contém a impedância equivalente entre cada barra do circuito e a referência nos respectivos elementos de sua diagonal. Consequentemente, a expressão (3) poderia ser escrita:

$$I_3^f = \frac{V_3}{z_f + z_{33}} \quad (4)$$

Nota-se também que a corrente  $I_3^f$  é a corrente de falta total, uma vez que anteriormente à adição da impedância  $z_f$ , não existia este ramo no circuito.

2.3.2 - Tensões e Correntes de Falta Calculadas de Forma Sistemática. (2)

Expressões matriciais generalizadas nos permitem calcular, de forma automática, as correntes e tensões pós-falta em um sistema de  $n$  barras.

Num tal sistema, definimos os seguintes vetores e matrizes:

$\bar{V}_N^o$  Vetor de tensões de barra, anteriores à falta. Pode ser obtido de um estudo de fluxo de carga ou suposto, de acordo com as aproximações estudadas.

$\bar{V}_N^f$  Vetor de tensões de barra, posteriores à falta. Queremos calculá-lo.

$\bar{V}_N^{Th}$  Vetor de variações nas tensões de barra, devidas à falta.

$\bar{I}_N^o$  Vetor de correntes injetadas nas barras, anteriormente à falta. Pode ser obtido de um fluxo de carga ou suposto, de acordo com as aproximações estudadas.

$\bar{I}_N^f$  Vetor de correntes de falta injetadas nas barras, a ser calculado.

O vetor  $\bar{I}_N^f$  tem todos os elementos nulos, exceto o (s) correspondente (s) à (s) barra (s) em falta onde a (s) corrente (s) injetada (s) é (são) dada (s) pelo negativo da (s) corrente (s) de falta. Assim, para uma falta na barra  $K$  teremos:

$$\bar{I}_N^f = K \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix} - I_K^f \quad (5)$$

conclui-se facilmente que as variações nas tensões de barra  $V_i^{Th}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) são causadas pelas correntes de falta injetadas nas barras, ou seja:

$$\bar{V}_N^{Th} \text{ é causado por } \bar{I}_N^f$$

Se desprezarmos as cargas ou as representarmos por impedâncias fixas incorporadas à matriz  $Z_N$ , a relação entre os vetores  $\bar{V}_N^{Th}$  e  $\bar{I}_N^f$  é, evidentemente, dada por:

$$\bar{V}_N^{th} = Z_N \bar{I}_N^f \quad (6)$$

Por outro lado, as tensões pós-falta podem ser calculadas por:

$$\bar{V}_N^f = \bar{V}_N^o + \bar{V}_N^{Th} \quad (7)$$

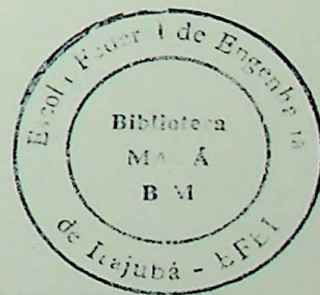
ou utilizando-se (23):

$$\bar{V}_N^f = \bar{V}_N^o + Z_N \bar{I}_N^f \quad (8)$$

A equação (8) pode ser escrita explicitamente em seus componentes, para uma falta na barra K, como:

$$\begin{aligned} V_1^f &= V_1^o - Z_{1K} I_k^f \\ V_2^f &= V_2^o - Z_{2K} I_k^f \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ V_k^f &= V_k^o - Z_{kk} I_k^f \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ V_n^f &= V_n^o - Z_{nk} I_k^f \end{aligned} \quad (9)$$

Portanto, todas as tensões de barra posteriores à falta podem ser calculadas, desde que se conheça a corrente de falta  $I_k^f$ .



Por outro lado, sabemos que a tensão pós - falta  $V_k^f$ , na barra curto-circuitada está relacionada à corrente de falta  $I_K^f$  da seguinte forma:

$$V_k^f = z_f I_K^f \quad (10)$$

Se a expressão (10) for levada à equação da barra  $k$  em (9), teremos:

$$z_f I_K^f = V_K^o - Z_{KK} I_K^f \quad (11)$$

que nos dá:

$$I_K^f = \frac{V_k^o}{z_f + z_{KK}} \quad (12)$$

Expressão que corresponde exatamente à equação (4) vista anteriormente.

Levando-se o valor de  $I_K^f$  de (12) à equação (9), obtemos as seguintes expressões gerais para as tensões de barra posteriores à falta.

$$V_i^f = V_i^o - \frac{z_{ik}}{z_f + z_{kk}} V_k^o \quad i \neq k \quad (13)$$

$$V_k^f = \frac{z_f}{z_f + z_{KK}} V_k^o \quad (14)$$

Se o curto circuito for franco ou sólido ( $z_f=0$ ) as expressões (12), (13) e (14) reduzem-se a:

$$I_K^f = \frac{V_K^o}{Z_{KK}} \quad (15)$$

$$V_i^f = V_i^o - \frac{z_{ik}}{Z_{KK}} V_k^o \quad i \neq k \quad (16)$$

$$V_k^f = 0 \quad (17)$$

Para calcularmos as correntes de falta que fluem nos ramos do sistema (chamadas contribuições) utilizamos a seguinte expressão exata:

$$I_{ij}^f = \frac{V_i^f - V_j^f}{z_{ij}} \quad (18)$$

onde  $z_{ij}$  é a impedância (física) do ramo  $ij$ . Os valores de  $V_i^f$  e  $V_j^f$  serão dados pela expressão (13) ou pela (16). Teremos:

$$I_{ij}^f = (V_i^o - \frac{Z_{ik}}{z_f + Z_{kk}} V_k^o - V_j^o + \frac{Z_{jk}}{z_f + Z_{kk}} V_k^o) \frac{1}{z_{ij}}$$

logo:

$$I_{ij}^f = \frac{V_i^o - V_j^o}{z_{ij}} + \frac{Z_{jk} - Z_{ik}}{z_f + Z_{kk}} \cdot \frac{V_k^o}{z_{ij}}$$

ou

$$I_{ij}^f = I_{ij}^o + \frac{(Z_{jk} - Z_{ik}) V_k^o}{(z_f + Z_{kk}) z_{ij}} \quad (19)$$

Caso  $z_f$  seja nula, teremos:

$$I_{ij}^f = (V_i^o - \frac{Z_{ik}}{Z_{kk}} V_k^o - V_j^o + \frac{Z_{jk}}{Z_{kk}} V_k^o) \frac{1}{z_{ij}}$$

Portanto:

$$I_{ij}^f = \frac{V_i^o - V_j^o}{z_{ij}} + \frac{Z_{jk} - Z_{ik}}{Z_{kk}} \cdot \frac{V_k^o}{z_{ij}}$$

ou:

$$I_{ij}^f = I_{ij}^o + \frac{Z_{jk} - Z_{ik}}{Z_{kk}} \cdot \frac{V_k^o}{z_{ij}} \quad (20)$$

As expressões (12) e (20) são exatas dentro das suposições feitas (linearidade do sistema).

Para aplicá-las, supomos que os valores pré-falta das tensões nas barras e correntes nos ramos são conhecidas, por exemplo, de um estudo de fluxo de carga. Na hipótese de não se dispor desses valores, usamos as simplificações, já descritas, de

considerar nulas as correntes pré-falta e de 1,0 + j0,0 p.u. as tensões. Neste caso teríamos as seguintes expressões simplificadas:

$$I_k^f = \frac{1,0}{z_f + Z_{kk}} \quad (21)$$

$$V_i^f = 1,0 - \frac{Z_{ik}}{z_f + Z_{kk}} \quad i \neq k \quad (22)$$

$$V_k^f = \frac{z_f}{z_f + Z_{kk}} \quad (23)$$

$$I_{ij}^f = \frac{Z_{jk} - Z_{ik}}{(z_f + Z_{kk}) \cdot z_{ij}} \quad (24)$$

no caso de um curto-circuito metálico as expressões seriam:

$$I_k^f = \frac{1,0}{Z_{kk}} \quad (25)$$

$$V_i^f = 1,0 - \frac{Z_{ik}}{Z_{kk}} \quad i \neq k \quad (26)$$

$$V_k^f = 0 \quad (27)$$

$$I_{ij}^f = \frac{Z_{jk} - Z_{ik}}{Z_{kk} \cdot z_{ij}} \quad (28)$$

Quer usemos as expressões exatas ou as simplificadas, necessitamos dispor dos elementos da matriz de impedância nodal  $\bar{Z}_N$ . É fácil concluir que uma vez obtida essa matriz, o cálculo de curto-circuito em um sistema elétrico resume-se na aplicação direta das expressões (12) a (20) ou (21) a (28).

No nosso programa, estamos usando as expressões (25) a (28) para cálculo da corrente de falta, tensões pós-falta e contribuições. Lembramos aqui que, para sistemas elétricos usuais,  $\bar{Z}_N$  é simétrica e não esparsa. Vejamos agora, como podemos obtê-la.

## 2.4 - Método para a Montagem Direta de $\bar{Z}_N$ . (2)

O método baseia-se em dois conceitos:

- a) A Impedância no ponto da barra  $\underline{k}$  de um sistema é igual à impedância equivalente entre a barra  $\underline{k}$  e a barra de referência do sistema.
- b) A impedância de transferência entre as barras  $\underline{i}$  e  $\underline{k}$  de um sistema totalmente radial é igual à impedância comum dos caminhos que vão da barra  $\underline{i}$  à referência e da barra  $\underline{k}$  à referência.

Os dados para o programa consistem principalmente de dados dos componentes do sistema. Inicialmente prepara-se um diagrama unifilar do sistema incluindo todos os seus componentes.

Cada barra do sistema recebe um número que pode ser sequencial ou não. Os dados para cada componente ou cada ramo (linha, transformador, gerador ou carga) são:

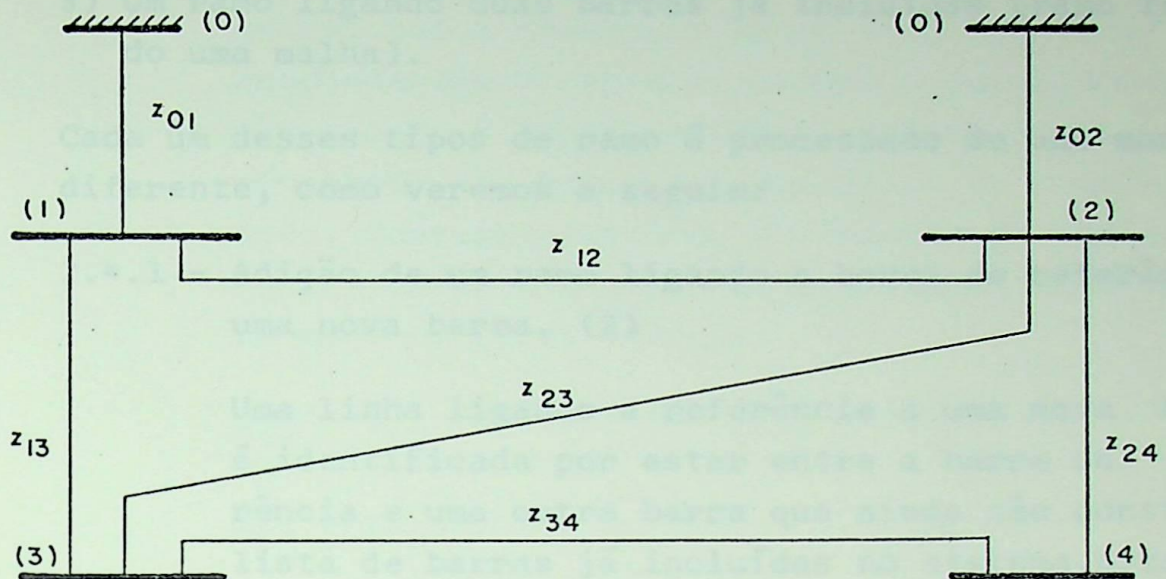
- . Números das barras terminais
- . Impedância do ramo em p.u.
- . Número do circuito (no caso de circuitos paralelos).

Além dos dados de cada componente do sistema, pode-se também fornecer ao programa dados de barra, principalmente quando se deseja resultados de tensão em volts (ou kV). Neste caso entra-se, para cada barra, com:

- . Número da barra
- . Nome da barra (opcional)
- . Tensão base na barra.

A partir dos dados de ramo, que entraram em uma ordem qualquer, monta-se uma lista ordenada de ramos de tal forma que à medida que um novo ramo é selecionado desta lista ordenada para processamento, ele passa a ser conectado à parte do sistema que já foi processada. O primeiro ramo na lista ordenada deve ser sempre conectado entre a referência e alguma outra barra do sistema. (Exem

plo: Seja o sistema esquematizado na fig. 2.5).



— FIGURA 2.5 —

Suponhamos que os dados de ramo entraram nesta ordem:

3-1, 3-2, 4-2, 0-1, 1-2, 0-2, 3-4

A lista ordenada pode ser, por exemplo:

0-1. 1-2. 0-2, 1-3, 2-3, 2-4, 3-4

Vê-se que o 1º ramo está conectado à referência, e os demais estão ordenados de forma que sempre é possível conectá-los à parte do sistema já processada. Um exemplo de ordenação errônea seria:

0-1. 1-2. 0-2, 3-4, 1-3, 2-3, 2-4

Vê-se que o ramo 3-4 não poderia ser conectado à parte do sistema já considerado.

Feita a ordenação dos ramos de maneira correta, cada novo ramo selecionado para ser processado enquadrar-se-á em uma das 3 categorias:

1) Um ramo ligando a barra de referência a uma nova barra.

- 2) Um ramo radial ligando uma barra já considerada a uma nova barra.
- 3) Um ramo ligando duas barras já incluídas (ramo fechando uma malha).

Cada um desses tipos de ramo é processado de uma maneira diferente, como veremos a seguir:

#### 2.4.1 - Adição de um ramo ligando a barra de referência a uma nova barra. (2)

Uma linha ligando a referência a uma nova barra é identificada por estar entre a barra de referência e uma outra barra que ainda não consta da lista de barras já incluídas no sistema. Esta lista, que se chama lista ordenada de barras (LOB) vai sendo construída à medida que se vai formando a matriz  $\bar{Z}_N$ . No final da montagem ela fornece a indicação de quais barras correspondem aos eixos da matriz  $\bar{Z}_N$ .

Consideremos a figura 2.6.

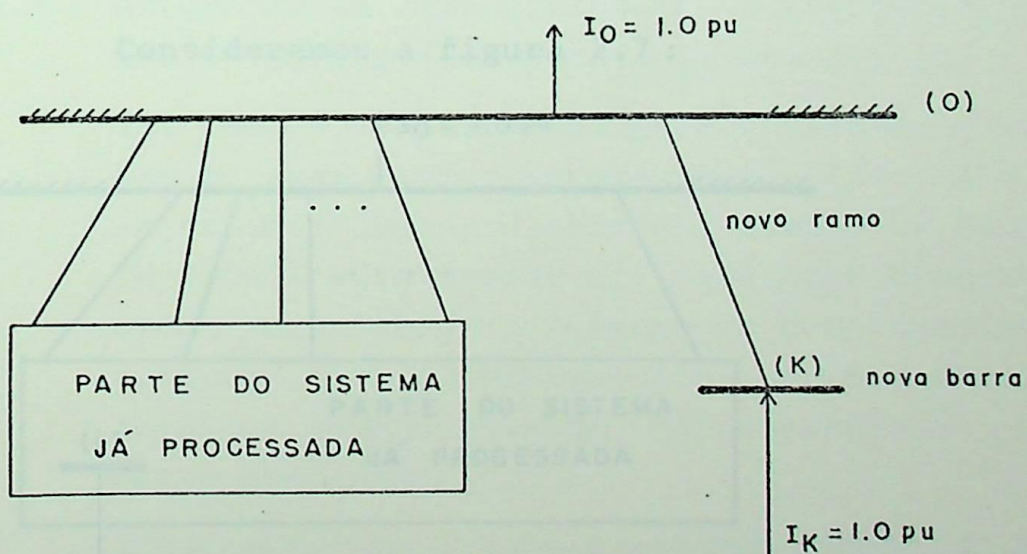


FIGURA 2.6

Se injetarmos 1,0 p.u. de corrente na barra  $k$ , sendo as demais injeções nulas, as tensões nas outras barras do sistema serão zero. Consequentemente, todos os elementos da fila e coluna correspondentes à barra  $k$ , exceto o da diagonal serão nulos. A tensão na barra  $k$  será igual, numericamente, ao valor da impedância do ramo adicionado. Consequentemente, o elemento da diagonal correspondente à barra  $k$  terá também esse valor, De maneira geral teremos:

$$Z_{ik} = Z_{ki} = 0 \quad (i \neq k) \quad (29)$$

$$Z_{kk} = z_{ok} \quad (30)$$

A nova barra  $k$  é adicionada à lista ordenada de barras.

#### 2.4.2 - Adição de ramo radial ligando uma barra já incluída na matriz a uma nova barra. (2).

Tal ramo é identificado notando-se que nenhuma das suas barras terminais é a referência e somente uma das duas já está incluída na lista ordenada de barras.

Consideremos a figura 2.7 :

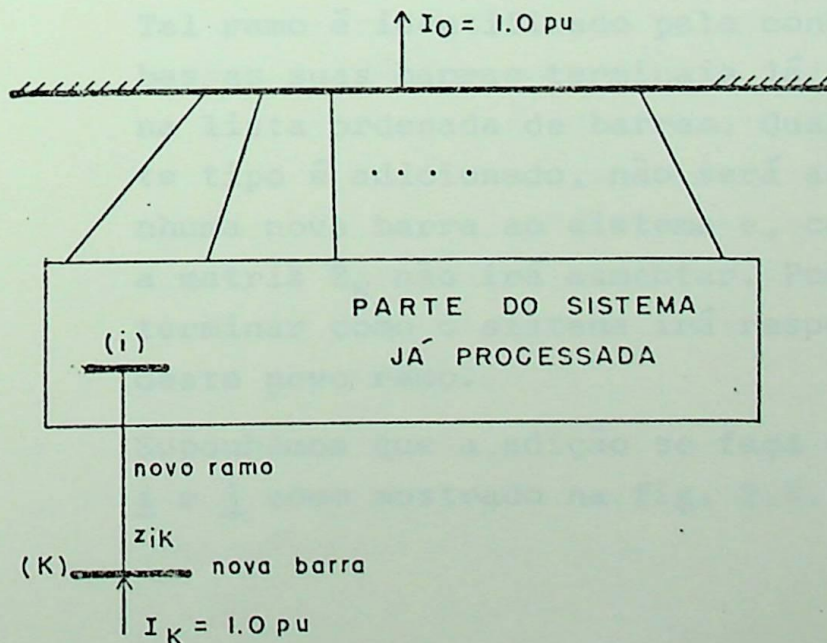


FIGURA 2.7

A injeção de 1,0 p.u. de corrente na barra  $k$  irá dar origem a tensões nas demais barras do sistema que serão idênticas às que se originariam da injeção de 1,0 p.u. de corrente na barra  $i$ . Consequentemente as impedâncias de transferência entre a barra  $k$  e as demais barras serão iguais às impedâncias de transferência entre a barra  $i$  e as demais barras.

A impedância no ponto da barra  $k$  será igual à impedância no ponto da barra  $i$  acrescida da impedância do ramo  $i-k$  que está sendo adicionado. De uma maneira geral:

$$Z_{jk} = Z_{ji} \quad j \neq k \quad (31)$$

$$Z_{kj} = Z_{ij}$$

$$Z_{kk} = Z_{ii} + z_{ik} \quad (32)$$

O novo eixo correspondente à barra  $k$  é acrescentado à matriz e a nova barra é acrescentada à lista ordenada de barras.

#### 2.4.3 - Adição de um ramo ligando duas barras já incluídas na matriz (fechamento de malha). (2)

Tal ramo é identificado pela constatação que ambas as suas barras terminais já estão incluídas na lista ordenada de barras. Quando um ramo deste tipo é adicionado, não será acrescentada nenhuma nova barra ao sistema e, conseqüentemente, a matriz  $\bar{Z}_N$  não irá aumentar. Porém, devemos de terminar como o sistema irá responder à adição deste novo ramo.

Suponhamos que a adição se faça entre as barras  $i$  e  $j$  como mostrado na fig. 2.8.

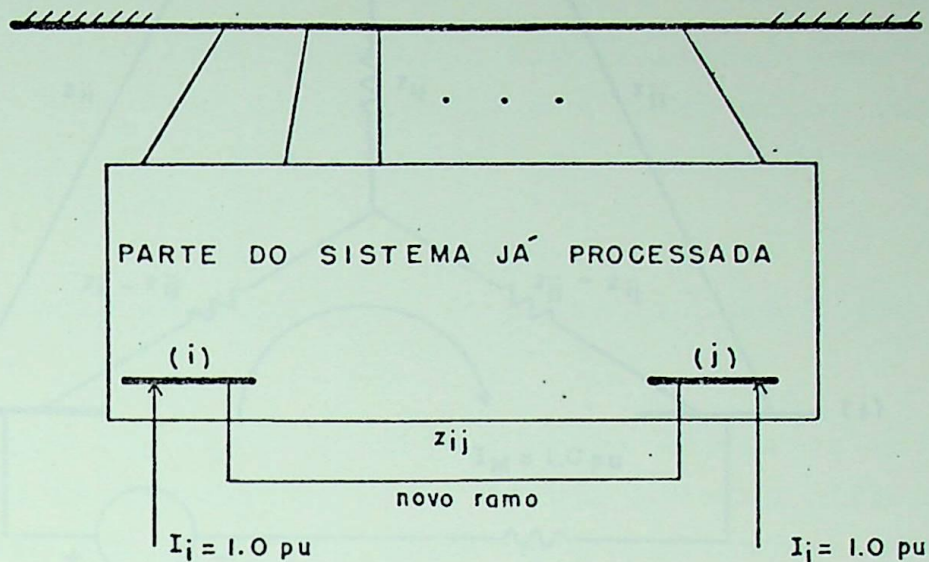


FIGURA 2.8

Se injetarmos 1,0 p.u. de corrente na barra  $\underline{i}$ , as tensões que aparecerão nas demais barras do circuito serão iguais às impedâncias de transferência entre a barra  $\underline{i}$  e essas barras. Da mesma forma, se injetarmos uma corrente de -1,0 p.u. na barra  $\underline{j}$  as tensões nas demais barras do sistema serão iguais ao negativo das impedâncias de transferência entre a barra  $\underline{j}$  e essas barras.

Uma corrente de 1,0 p.u. circulando na malha fechada através das barras  $\underline{i}$  e  $\underline{j}$  tem o mesmo efeito que as duas correntes injetadas  $I_{\underline{i}} = 1,0$  e  $I_{\underline{j}} = -1,0$  agindo simultaneamente. As tensões que aparecerão nas outras barras do sistema serão iguais à diferença entre as impedâncias de transferência entre a barra  $\underline{i}$  e tais barras e entre a barra  $\underline{j}$  e tais barras.

A impedância equivalente da malha criada pela adição do ramo, pode ser calculada da forma esquematizada na fig. 2.9.

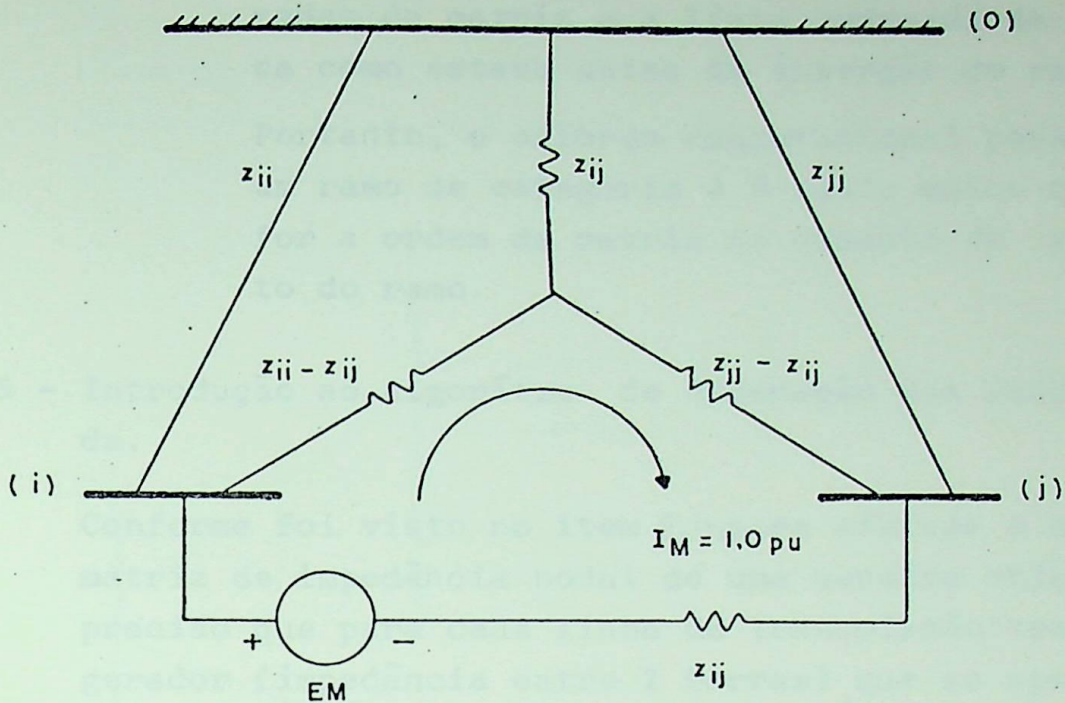


FIGURA 2.9

Temos a seguinte equação:

$$E_m = \dot{I}_m (Z_{ii} - Z_{ij} + Z_{jj} - Z_{ij} + z_{ij}) \quad (33)$$

De (57) vemos que a impedância própria da malha pode ser calculada por:

$$Z_{MM} = Z_{ii} + Z_{jj} - 2Z_{ij} + z_{ij} \quad (34)$$

Para tomar em conta a equação da malha, aumentamos a matriz  $\bar{Z}_N$  de uma fila e de uma coluna correspondentes à malha introduzida. Teremos:

$$Z_{KM} = Z_{KI} - Z_{kj} \quad (35)$$

e

$$Z_{MK} = Z_{ik} - Z_{jk}$$

sendo o elemento diagonal dado por (34). Estas novas linhas e colunas são eliminadas da matriz através de uma redução de Kron. Todos os elementos da matriz são modificados por essa redução. A fila e coluna correspondentes à malha são reti

radas da matriz e a lista ordenada de barras fica como estava antes da inserção do ramo.

Portanto, o esforço computacional para processar um ramo de categoria 3 é tanto maior quanto maior for a ordem da matriz no momento do processamento do ramo.

## 2.5 - Introdução ao Algoritmo de Ordenação dos Dados de Entrada.

Conforme foi visto no item 2.4, para efetuar a montagem da matriz de impedância nodal de uma maneira otimizada, é preciso que para cada linha de transmissão/transformador/gerador (impedância entre 2 barras) que se apresenta para ser processada, seja satisfeita uma das seguintes condições:

Condição 1 - O primeiro ramo a ser processado deve estar ligado à barra de referência.

Condição 2 - Uma das barras da linha de transmissão/transformador/gerador já esteja incorporado ao sistema (processada).

Condição 3 - Que todos os ramos que fecham-malhas sejam processados tão logo seja possível, de modo a dispender o menor esforço computacional.

Satisfazer estas condições significa ordenar os dados de entrada do programa digital de curto-circuito.

Inicialmente, nos primeiros programas digitais de cálculo de curto-circuito, estas condições eram preparadas a priori, ou seja, o usuário preparava os dados de entrada de modo a satisfazer sempre uma das condições citadas acima. Mas, isto era demasiadamente lento, exaustivo e sujeito a erros, principalmente para sistemas elétricos maiores.

Devido a isto, começaram a surgir estudos de como resolver este problema de ordenação dos dados de entrada.

Um dos primeiros processos a ser usado, foi o do procedimento de pesquisa completa em lista, que passamos a descrever. Seja um sistema como abaixo, com uma numeração arbitrária:

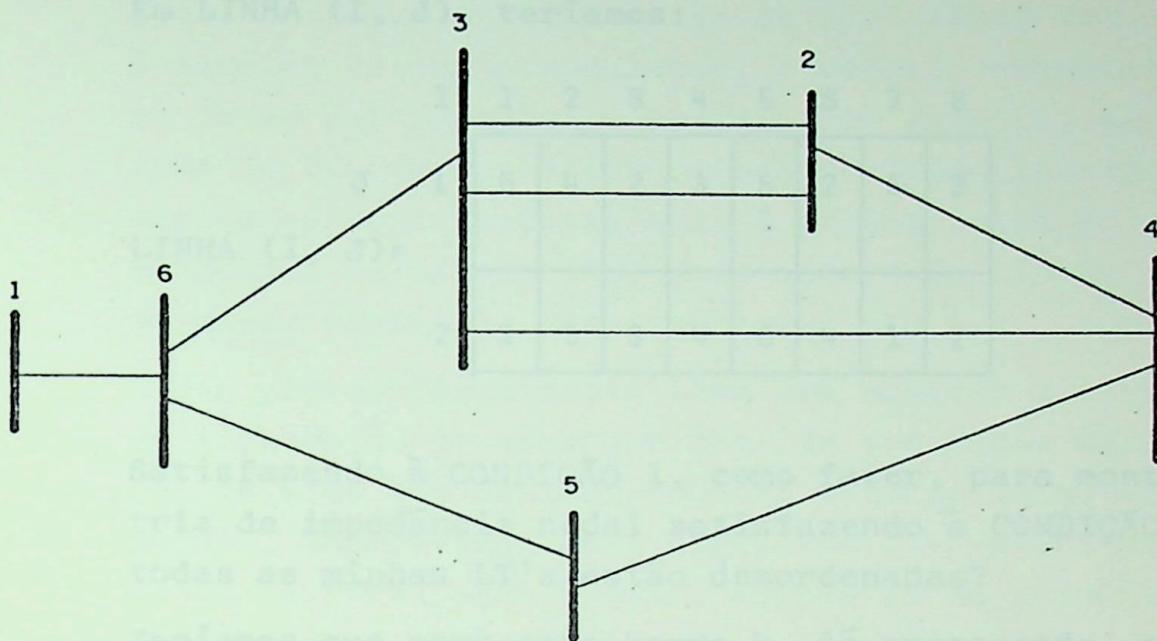


FIGURA 2.10

Suponhamos que as numerações das barras emissoras e receptoras de cada LT sejam lidas e colocadas num vetor bidimensional LINHA (I, J) em que:

- I. indica o número da linha, podendo variar de 1 ao número de linhas
- J indica se a barra é emissora ou receptora num sentido predeterminado. Para  $J=1$  a barra é emissora e para  $J=2$  a barra é receptora.

Exemplo: Para guardar a numeração da linha nº 1 do sistema da fig 2.10, teríamos:

$$\text{LINHA } (1, 1) = 1 \quad \text{LINHA } (1, 2) = 6$$

Supondo que as LT's do sistema da fig 2.10 tenham sido lidas, segundo um sentido arbitrário qualquer, como a seguir, por exemplo:

1.<sup>a</sup> linha: 6 - 32.<sup>a</sup> linha: 4 - 53.<sup>a</sup> linha: 2 - 34.<sup>a</sup> linha: 3 - 45.<sup>a</sup> linha: 5 - 66.<sup>a</sup> linha: 2 - 47.<sup>a</sup> linha: 6 - 18.<sup>a</sup> linha: 3 - 2

Em LINHA (I, J), teríamos:

		I	1	2	3	4	5	6	7	8
LINHA (I, J)=	J	1	6	4	2	3	5	2	6	3
	2	3	5	3	4	6	4	1	2	

Satisfazendo à CONDIÇÃO 1, como fazer, para montar a matriz de impedância nodal satisfazendo à CONDIÇÃO 2, se todas as minhas LT's estão desordenadas?

Teríamos que para cada barra k, já processada, pesquisar na lista LINHA (I, J), quais as barras ligadas a esta barra, de modo a satisfazer a CONDIÇÃO 2. Um programa simples para fazer tal pesquisa:

```

KK = 0
K = 1
DO 2 I = 1, NL
    DO 1 J = 1, 2
        IF (LINHA (I, J). NE . N) GO TO 1
        NILB (K) = 1
        KK = 1
1      Continue
        IF (kk . NE . 1) GO TO 2
        k = k + 1
2      continue

```

Onde:

NILB (K) - seria o vetor onde seria guardado o número das barras ligadas à barra pesquisada.

KK - existe para evitar que se conte 2 vezes uma linha que sai da barra e volta na barra.

Vimos portanto, que um programa para fazer tal pesquisa é simples mas em compensação, o esforço computacional para fazer tal pesquisa é brutal. Por exemplo, para um sistema de 200 barras e 500 ramos, teríamos 100000 pesquisas (o esforço computacional é proporcional ao produto do número de barras (NB) pelo número de linhas (NL), cuja maior parte não teria sucesso. (1)

O que pretendíamos neste item era mostrar a necessidade de elaboração de um algoritmo de ordenação mais poderoso, de modo que diminuísse este esforço computacional. A seguir, descrevemos este algoritmo, que embora mais complexo na formulação, é muito eficiente na pesquisa. Para um sistema elétrico tal como o descrito acima, o esforço computacional na pesquisa é proporcional a  $4*NB + 2*NL$ . (1)

## CAPÍTULO III - ALGORITMO DE ORDENAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA

## 3.1 - Pesquisa em Lista com Ponteiros (1)

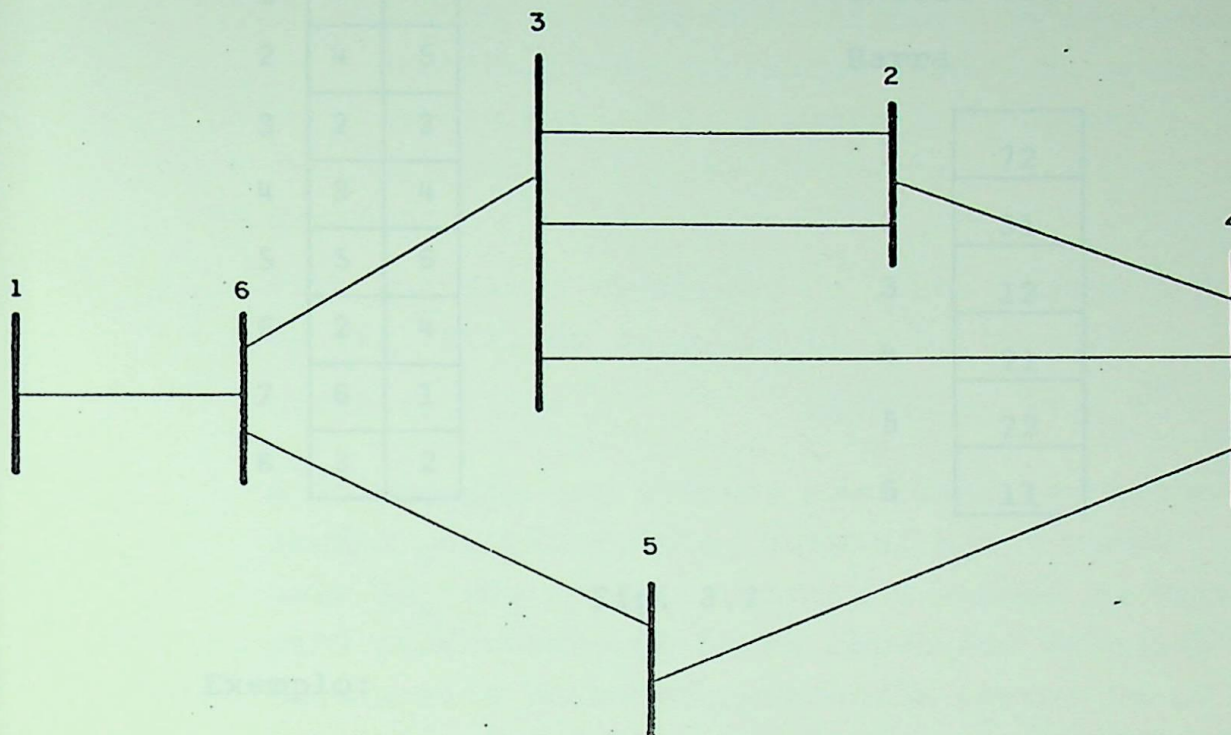


FIGURA 3.1

Suponhamos que estivéssemos pesquisando para o sistema da figura 3.1 na lista LINHA (I, J), mostrada a seguir, para uma determinada barra e, que tivéssemos um vetor INÍCIO (I) que indica para cada barra a ser pesquisada a la. vez que a barra em questão aparece em LINHA (I, J). Esta indicação poderia ser feita por um número, formado pelos algarismos representativos dos índices I e J (na ordem) do vetor LINHA da la. vez que a barra em questão aparece em LINHA (I, J).

Para facilitar a descrição, daqui em diante diremos que estes números armazenados estão "empacotados" em INÍCIO (I).

Da mesma maneira, os valores armazenados no vetor INÍCIO (I) "desempacotados" fornecem I e J do vetor LINHA (I, J) onde se encontra pela la. vez a barra pesquisada. Para o sistema da fig. 3.1 temos LINHA (I, J) e INÍCIO (I).

LINHA (I, J)

1	6	3
2	4	5
3	2	3
4	3	4
5	5	6
6	2	4
7	6	1
8	3	2

INÍCIO (I)

Barra

1	72
2	31
3	12
4	21
5	22
6	11

Fig. 3.2

Exemplo:

Para sabermos quando ocorre a barra 1 em LINHA (I,J) pela la. vez, temos que o INÍCIO (1) = 72.

O valor do INÍCIO (1) "desempacotado" é  $I = 72/10 = 7$  e  $J = 72 - 7 \times 10 = 2$  (visto que em I só pegamos a parte inteira da divisão), isto significa que a la. vez que a barra 1 aparece em LINHA (I, J) é malocação LINHA (7, 2), sendo que com esta técnica se evita de pesquisar toda a lista LINHA (I, J) pois para saber quais as barras ligadas à barra 1, começamos já da LINHA 7 de LINHA (I, J).

Esta é a técnica de ponteiros na sua forma mais simples, o que já demonstra uma economia fabulosa de pesquisa em LINHA (I, J).

### 3.2 - Montagem de Vetores Utilizando Pesquisa com Ponteiros(1)

Foram então criados dois vetores, um bidimensional de nome LINHA e outro unidimensional de nome INÍCIO. Estes vetores são formados da seguinte maneira:

1) O vetor LINHA é formado pela numeração das barras emissoras e receptoras de cada LT que lidas, são colocadas

cadadas num vetor bidimensional LINHA (I, J) em que:

I indica o número da linha, podendo variar de 1 ao número de linhas.

J indica se a barra é emissora ou receptora num sentido predeterminado. Para  $J=1$ , a barra é emissora e para  $J=2$ , a barra é receptora.

Exemplo:

Para guardar a numeração de linha número 1 do sistema da fig. 3.1, ou seja, da LT 1-6, teremos:

LINHA (1, 1) = 1                      LINHA (1, 2) = 6

A informação que aparece nas linhas do vetor INÍCIO será a posição (linha, coluna) que a barra apareceu pela 1ª vez no vetor LINHA. O acesso ao vetor INÍCIO será pelo número da barra acrescido da unidade, pois colocando a barra de referência (barra de nº 0) na primeira posição, logo todas as outras barras estão atrasadas também da unidade em relação a posição que elas ocupam.

LINHA		INÍCIO	
	1	2	1
1	1	2	
2	3	4	
3	0	2	
4	3	2	
5	1	0	
6	3	2	

Barras	
0	1
0	31
1	11
2	12
3	21
4	22

Fig. 3.3

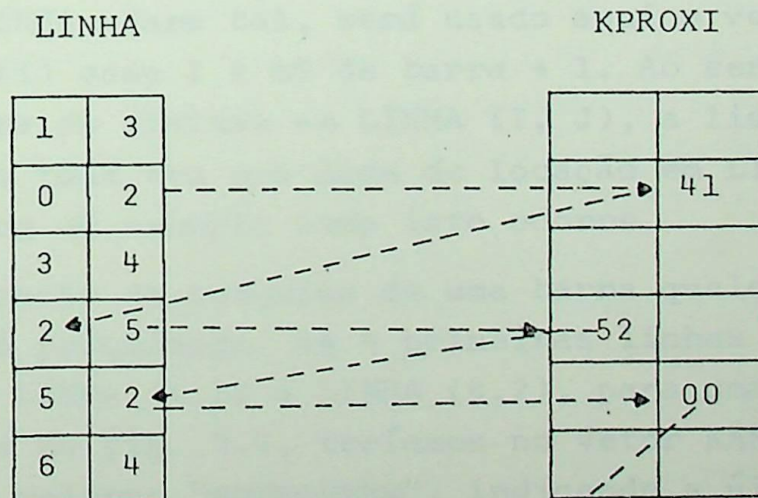
A barra 0 ocupa a posição 1 ( $0 + 1$ ) e contém a informação 31 que indica que ela apareceu pela 1ª vez na linha 3 e coluna 1 do vetor LINHA. A barra 4 por sua vez, ocu

pa a posição 5 ( $4 + 1$ ) e contém informação 22, que indica que ela apareceu pela 1a. vez na linha 2 e coluna 2 do vetor LINHA.

Com a formação do vetor INÍCIO ficou resolvida a 1a. condição para a montagem otimizada da matriz Z. Devemos agora satisfazer às outras duas condições, sendo que de preferência procurar sempre satisfazer a 3a. condição em detrimento da 2a. condição. Estas 2 condições citadas no item 2.5 serão satisfeitas com a montagem dos vetores KPROXI e NO.

Com o vetor INÍCIO nós determinamos somente a locação inicial da barra pesquisada ; agora nós queremos saber em quais outras locações se encontra novamente a barra em questão, sem que se pesquise todo o vetor LINHA novamente, sendo que para isto foi criado um novo vetor de nome KPROXI, de mesma dimensão que LINHA, de modo que nos dois (2) vetores existam posições homólogas.

Seja a lista LINHA (I, J) abaixo e suponhamos que estejamos pesquisando a barra 2. Se tivéssemos um meio de formar uma correspondência entre LINHA e KPROXI de modo que KPROXI me indique qual a próxima vez que a barra 2 (neste caso) aparece em LINHA, é possível eu reduzir ainda mais a minha pesquisa de quais barras estão ligadas a barra 2.



acabaram as barras 2  
em LINHA (I, J).

Para a locação (2,2) de KPROXI, que é homóloga de (2,2) de LINHA onde se encontra pela 1ª. vez a barra 2, temos de uma maneira "empacotada" a indicação da locação de LINHA onde se encontra a próxima barra 2. Ou seja:

$$\text{KPROXI (2,2)} = 41 \quad \text{I} = 4 \text{ e } \text{J} = 1$$

A locação homóloga de LINHA (4,1), isto é KPROXI (4,1) indica a posição da próxima barra 2 no vetor LINHA. Ou seja:

$$\text{KPROXI (4,1)} = 52 \quad \text{I} = 5 \text{ e } \text{J} = 2$$

A locação homóloga de LINHA (5,2), isto é, KPROXI (5,2) indica a posição da próxima barra 2 no vetor LINHA. Como ele está zerado, significa que não existe mais barra 2 em LINHA, ou seja, a pesquisa sobre a barra 2 está terminada.

Normalmente, para implementar a montagem do vetor KPROXI, é necessário saber a 1ª. locação em LINHA, onde se encontra a barra pesquisada. Isto é feito pela lista INÍCIO (I), já definida anteriormente. Lembrando, INÍCIO (I) - mantém guardado a 1ª. locação das barras do sistema na lista LINHA. Para implementar a montagem de KPROXI é necessário ter também um vetor, que indica a última ocorrência de cada barra para uma determinada altura da pesquisa em LINHA. Para tal, será usado aqui o vetor denominado KANTES (I) onde  $I = n^{\circ}$  de barra + 1. Ao ser pesquisado uma barra do sistema em LINHA (I, J), a lista KANTES se modifica toda vez que muda de locação em LINHA (I, J). Vejamos com um exemplo como isto ocorre.

Se no momento da pesquisa de uma barra qualquer, estivermos já pesquisado as 4 primeiras linhas de LINHA, ou seja, de LINHA (1,1) a LINHA (4,2), para uma LINHA (I, J) tal como na fig. 3.4, teríamos no vetor KANTES (I) os seguintes valores "empacotados", indicando a última ocorrência de cada barra.

		BARRA	
		0	21
		1	11
		2	41
KANTES (I)	= 3	3	31
		4	32
		5	42
		6	00

\* Significa que a barra 2 até esta altura apareceu pela última vez na locação (4,1) de LINHA.

\*\* Significa que a barra 6 até a esta altura, ainda não apareceu na lista LINHA.

Fig 3.5

Repare que KANTES (I) é uma lista dinâmica que muda a cada variação de I e ou J de LINHA (I, J).

Vejamos agora um exemplo de como se interagem os vetores LINHA (I, J), KPROXI (I, J) e KANTES (I).

Suponhamos que a uma dada altura da pesquisa em LINHA, encontro a barra 2 em LINHA (5,2), por exemplo. Logo, devo colocar 052 ( $5 \times 10 + 2$ ) na locação KPROXI onde ocorreu pela última vez a barra 2. No exemplo da figura 3.4, seria em KPROXI (4,1). com isto em KPROXI (4,1) tenho uma informação que desempacotada (052 I = 5 e J = 2) fornece a próxima locação da barra 2 em LINHA (I, J). Ao mesmo tempo, coloco em KANTES (3) o valor 052, indicando que isto é a última locação da barra 2 ocorrida em LINHA.

	LINHA	KPROXI	BARRA	KANTES	I
1	1 3		0		1
2	0 2		1		2
3	3 4		2	52	3
4	2 5	52	3		4
5	5 2		4		5
6	6 4		5		6

Fig 3.6

Com a montagem do vetor KPROXI, nós agora temos acesso à barra em pesquisa e a todas as outras barras ligadas a ela, sem que seja preciso pesquisar toda a lista LINHA.

Vamos definir uma lista que é muito importante para a formação do algoritmo de ordenação, que é a lista aqui designada por NO.

Um método eficiente para implementar NO, consiste em fazê-lo como um vetor bidimensional (NB, 2). O valor I no primeiro índice indica que as respectivas locações NO (I, 1) e NO (I, 2) contêm informações referentes à barra de nº I-1. Isto ocorre devido à barra de referência também estar incluída na lista NO. Cada valor de I está associado a uma barra.

Estas informações são as seguintes:

NO (I, 1) → contém o número de ordem de incorporação da barra de número I-1 na lista NO por intermédio de um contador aqui designado por KONT.

NO (I, 2) → contém o número da barra que foi incorporado imediatamente depois da barra (I-1), acrescido da unidade.

Para o sistema que contenha os dados LT/trafo da fig.3.3, teremos esquematicamente:

POSIÇÃO	BARRA	NO	
		J=1	J=2
1	0		
2	1		
3	2		
4	3		
5	4		

Fig. 3.7

Inicialmente, todo o vetor NO está zerado conforme acima.

A primeira barra a ser incorporada é a barra de referência (barra de nº 0). Então na posição (1,1) do vetor NO será colocado 1 (nº de ordem de incorporação). Se a próxima barra ligada à barra zero é a barra 1, na posição (1,2) será colocado 2 (nº da barra acrescido de 1) e na posição (2,1) será colocado 2 pois a barra 1 será a segunda barra incorporada.

Se a próxima barra ligada à barra 1 fosse a de nº 3, colocaríamos na posição (2,2) o nº 4 (nº da barra acrescido de 1) e na posição (4,1) colocaríamos 3, pois a barra 3 foi a 3a. barra incorporada. O vetor NO ficaria conforme fig 3.8.

Para este exemplo dado, diz-se que a barra 1 tem "antiguidade" (incorporada na frente de) maior que a barra 3 e a barra 0 tem "antiguidade" maior que as barras 1 e 3. Para verificar isto, basta comparar os valores da 1a. coluna de NO, referentes às barras 0 (posição 1), 1 (posição 2) e 3 (posição 4).

POSIÇÃO	BARRA	J=1	J=2
1	0	1	2
2	[1]	2	4
3	2		
4	[3]	3	
5	4		

Fig. 3.8

Através da 1a. coluna de NO, temos a linha e coluna da matriz de impedância nodal correspondente a qualquer barra desejada.

Por outro lado, a 2a. coluna de NO conserva o número da barra que foi incorporada imediatamente depois da barra recém incorporada.

Com este novo vetor NO é possível satisfazer às condições 2 e 3 citadas no item 2.5. Resumindo, para sabermos a primeira vez que uma barra aparece, acessamos ao vetor INÍCIO. Para sabermos quais as barras ligadas à barra pesquisada, acessamos ao vetor KPROXI. Resta-nos agora, saber se estas barras já foram processadas e adicionadas à matriz de impedância nodal.

Para isto, teremos que acessar em NO para saber o número de incorporação de cada uma destas barras.

Se a posição NO (I + 1,1), que dá o número de incorporação da barra I na matriz de impedância nodal, contiver um número menor que o número de incorporação da barra em processo, significa que esta linha formada pela "barra em processo" e pela "outra barra" (barra I) é uma linha do tipo fecha-malha ou radial.

A linha radial só é processada uma vez quando muda a barra em processo. A partir daí, as LT's pesquisadas serão processadas como tipo fecha-malha ou então terão apenas incorporação de barras no vetor NO (NB, 2).

Se a posição NO(I + 1,1) contiver 0 (zero), significa que esta barra ainda não foi implementada em NO. Adicionamos esta barra ao vetor NO, colocando o último número de incorporação acrescido de uma unidade na posição citada.

Porém, não processamos esta linha como linha radial, pois interessa-nos atender à condição 3 em detrimento da condição 2.

### 3.3 - Formação do Algoritmo de Ordenação dos Dados de Entrada

À medida que os dados das LT's/Trafos/Geradores são lidos, também são formados os vetores LINHA (I,J), INÍCIO (I), KPROXI (I,J) e KANTES (I). Depois formamos o vetor

NO (NB,2) e ao mesmo tempo montamos a Matriz de Impedância Nodal, de acordo com a antiguidade das barras na lista NO. Observamos que depois que é incorporada a la. barra ligada à referência (condição 1 - item 2.5), o procedimento para incorporação das demais LT's/Trafo/Geradores não muda (condição 2 e 3 - item 2.5).

Um fluxograma básico de montagem da matriz seria então conforme fig. 3.9.

Para um componente genérico (LT/Trafo/Gerador) que se apresenta para o processamento, será usada no fluxograma básico, a denominação "OUTRA BARRA" para a barra terminal da barra que está sendo processada (BARRA EM PROCESSO).

Formada a Matriz de Impedância Nodal, é possível calcular a corrente de falta trifásica em qualquer barra, tensões pós-falta e contribuições, de acordo com as equações (25), (26), (27) e (28) do item 2.3.2.

Estes valores serão posteriormente usados na determinação dos ajustes dos relés de distância.

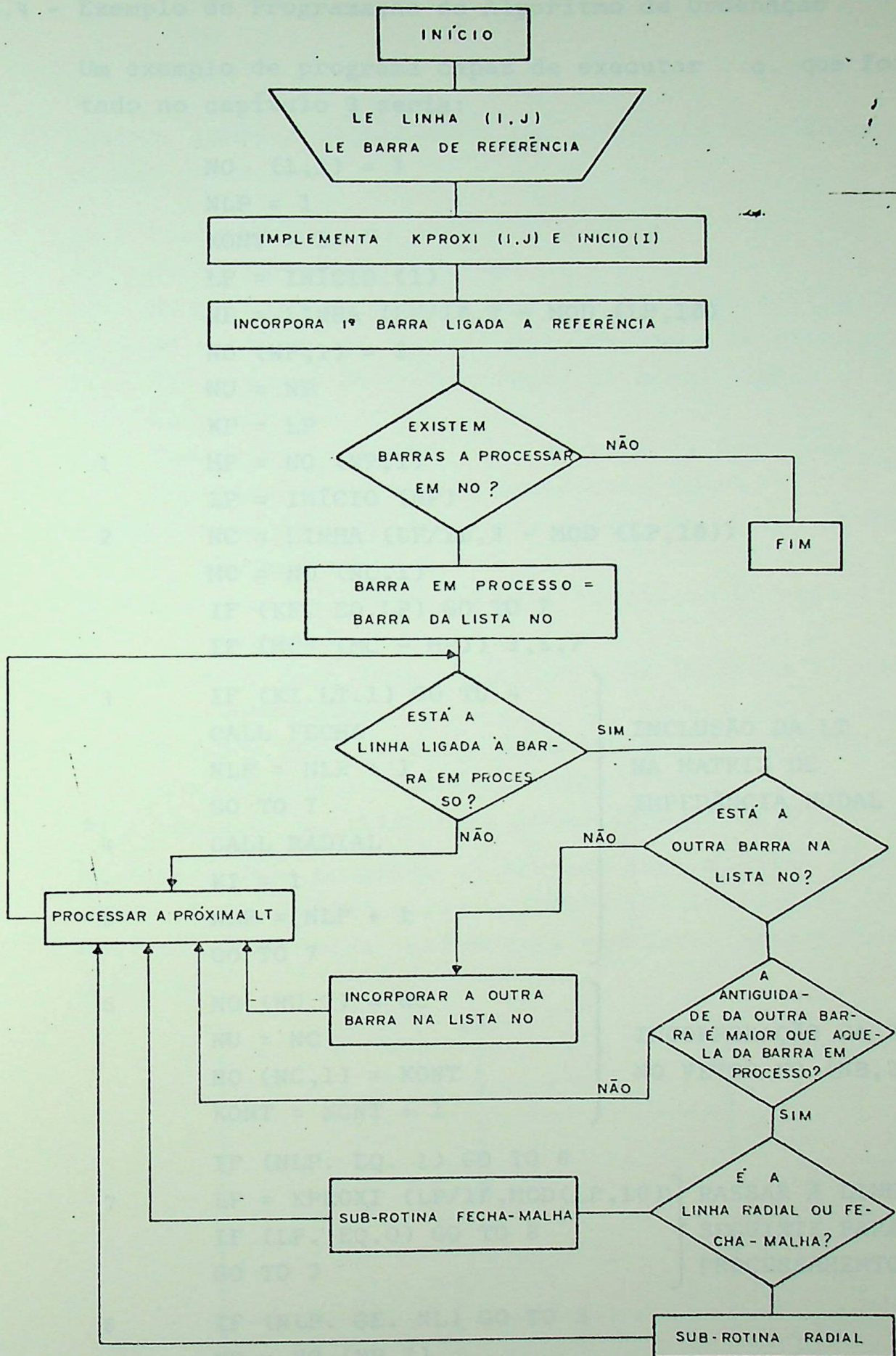


FIGURA 3.9

## 3.4 - Exemplo de Programação do Algoritmo de Ordenação

Um exemplo de programa capaz de executar o que foi citado no capítulo 3 seria:

```

NO (1,1) = 1
NLP = 1
KONT = 3
LP = INÍCIO (1)
NP = LINHA (LP/10,3 - MOD (LP,10))
NO (NP,1) = 2
NU = NP
KF = LP
1  MP = NO (NP,1)
   LP = INÍCIO (NP)
2  NC = LINHA (LP/10,3 - MOD (LP,10))
   MC = NO (NC,1)
   IF (KF. EQ. LP) GO TO 7
   IF (MC* (MC - MP)) 3,6,7
3  IF (KI.LT.1) GO TO 4
   CALL FECHA
   NLP = NLP + 1
   GO TO 7
4  CALL RADIAL
   KI = 1
5  NLP = NLP + 1
   GO TO 7
6  NO (NU,2) = NC
   NU = NC
   NO (NC,1) = KONT
   KONT = KONT + 1
   IF (NLP. EQ. 1) GO TO 8
7  LP = KPROXI (LP/10,MOD(LP,10))
   IF (LP. EQ. 0) GO TO 8
   GO TO 2
8  IF (NLP. GE. NL) GO TO 9
   NP = NO (NP,2)

```

} INCLUSÃO DA LT  
NA MATRIZ DE  
IMPEDÂNCIA NODAL

} INCORPORAÇÃO DA BARRA  
NO VETOR NO (NB,2)

} PASSAR À LINHA  
SEGUINTE PARA  
PROCESSAMENTO

```

      KI = 0
      GO TO 1
9     END

```

Abaixo, temos o significado das variáveis utilizadas, ainda não definidas.

LP - Linha pesquisada

NP - Nº da barra em processo

NC - Nº da barra ligada à barra em processo (outra barra)

MP - Nº de ordem de incorporação da barra em processo

MC - Nº de ordem de incorporação da barra ligada à barra em processo.

NLP - Contador que indica o nº de LT's já incluídas na Montagem da Matriz de Impedância Nodal.

FECHA - Nome da subrotina para adição da LT que fecha malha na matriz  $Z_N$ .

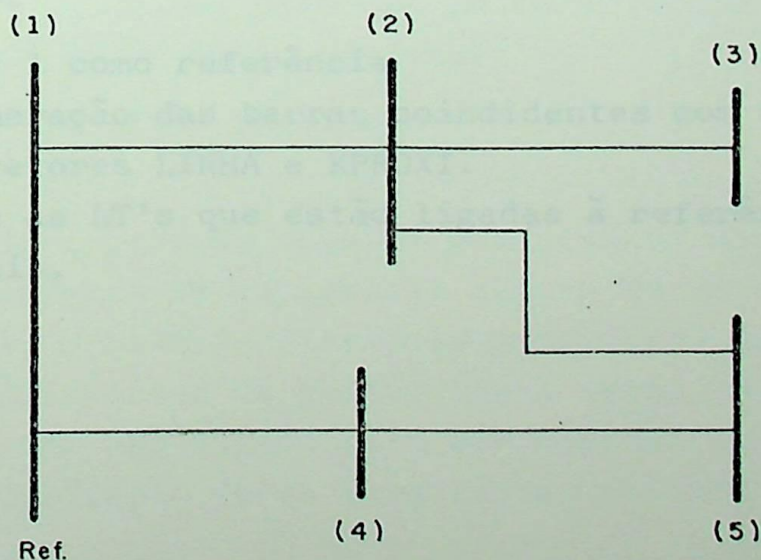
RADIAL - Nome da subrotina para adição de LT radial na matriz  $Z_N$ .

KI - É usado para identificar se a LT incluída é radial ou fecha-malha.

KF - É usado para evitar a incorporação da primeira linha (ligada à referência) duas vezes.

NU - Variável auxiliar para localizar valores em NO (NB.2)

Aplicando este programa ao sistema abaixo, cujos vetores LINHA (I,J), KPROXI (I,J) e INÍCIO (I) estivessem montados conforme abaixo, teríamos as seguintes etapas, resumidamente.



	LINHA (I, 2)		KPROXI (I, 2)		INÍCIO (I)
	1	2	1	2	
1	2	3	042	000	032
2	4	5	031	052	011
3	4	1	000	041	012
4	1	2	000	051	021
5	2	5	000	000	022

ETAPAS	NP	NC	INCORPORAÇÃO OU ADIÇÃO EFETUADA
1	4	1	a - Barras 1 (ref.) e 4 em NO (NB,2)
			b - LT 1-4 $Z_N$
2	4	5	Barra 5 em NO (NB,2)
3	5	4	LT 5-4 em $Z_N$
4	5	2	Barra 2 em NO (NB,2)
5	2	3	Barra 3 em NO (NB,2)
6	2	1	LT 2-1 em $Z_N$
7	2	5	LT 2-5 em $Z_N$
8	3	2	LT 3-2 em $Z_N$

OBS.:  $Z_N$  - Matriz de Impedância Nodal

Para efeito de simplificação, no programa - exemplo foi adotado:

- Barra 1 como referência
- A numeração das barras coincidentes com o 1º índice dos vetores LINHA e KPROXI.
- Todas as LT's que estão ligadas à referência não são radiais.

## CAPÍTULO IV - O RELÉ DE DISTÂNCIA DE FASE NO SISTEMA ELÉTRICO

## 4.1 - Objetivo

O objetivo deste capítulo é apresentar uma breve descrição de algumas das características, constituição, tipos, alcances, características de seleção e a operação do relé no sistema elétrico. Esta apresentação é feita apenas para esclarecer melhor as posições e critérios assumidos para o ajuste automático dos relés de distância de fase.

## 4.2 - Introdução

O uso da proteção de distância iniciou-se devido à necessidade de seletividade da proteção já que dependendo da localização da falta bem como da configuração do sistema, os defeitos ou não eram eliminados, ou o eram com o tempo muito alto, já que o tempo de atuação e o alcance dos relés de sobrecorrente eram dependentes do valor da corrente de defeito (5).

O relé de distância recebeu este nome pelo fato de que ele realmente mede a distância entre o local do relé e o ponto de falta na linha de transmissão. Quando ocorre um curto-circuito na linha de transmissão, uma corrente flui na impedância da linha, havendo uma queda de tensão na impedância. O relé de distância mede a tensão e corrente no terminal da linha de transmissão, dividindo efetivamente  $V$  por  $I$  para obter a impedância entre o local do relé (local dos TC's e TP's que o alimentam) e o ponto de falta. Ou seja, para uma falta sólida a uma distância  $nZ_L$  do local do relé, teríamos:

$$\frac{V}{I} = \frac{nZ_L I}{I} = nZ_L = \text{constante}$$

Ajustando o relé de maneira que desenvolva torque positivo para níveis de impedância abaixo de um valor específico ( $nZ_L$ ), o relé de distância pode fazer distinção entre locais diferentes de falta. Dessa forma, o relé de distância pode ser ligado para dar disparo instantâneo ou com temporização única para faltas em todo o seu trecho

de linha protegido e não dar disparo em trechos remotos (6). Portanto, o relé de distância tem um alcance fixo, oposto aos relés de sobrecorrente, para os quais o alcance varia de acordo com as condições do sistema elétrico.

#### 4.3 - Tipos de Relés de Distância

Os relés de distância mais comumente aplicados, ainda são os eletromecânicos, baseados no princípio da indução eletromagnética, cuja equação universal de torque se resume em:

$$T = K_1 I^2 + K_2 V^2 + K_3 V I \cos(\theta - \zeta) + K_4$$

Escolhendo adequadamente os valores de  $K_1$ ,  $K_2$  e  $K_3$  na equação universal dos relés ou usando técnica de polarização (substituir  $I$  por  $(I+CV)$  ou  $V$  por  $(V+CI)$ ), podemos obter uma família de diversos tipos de relés de distância. Estes relés, usam geralmente estruturas de alta velocidade, tais como, unidades tipo copo de indução para assegurar operação praticamente instantânea (3). Os tipos mais comuns são apresentados no quadro abaixo:

TIPO	EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA	DIAGRAMA R - X
Impedância	$T = K_1 I^2 - K_2 V^2 - K_4$	
Admitância ou Mho	$T = K_3 V I \cos(\theta - \zeta) - K_2 V^2 - K_4$	
Reatância	$T = K_1 I^2 - K_2 V I \cos(\theta - \zeta) - K_4$	
Impedância Modificado	$T = K_1 I^2 - K_2 (V+CI)^2 - K_4$	

$Z$   $\angle$  Impedância da LT

OBS.:

$I$  = Corrente no relé

$K_4$  = Corrente de mola

$V$  = Tensão no relé

$\alpha$  = Ângulo de máximo torque.

Se a concepção (princípio de construção) dos relés de distância for estática, as formas de equações características alcançariam além das citadas, um número muito grande e mais variado possível (tipo elíptica, tipo tomate, tipo quadrilátero, etc... ).

#### 4.4 - Constituição dos Relés de Distância

Estas características dos relés de distância são combinadas de vários modos. Os processos utilizados, atualmente, são o de combinar as características do relé ou em um pacote por zona ou em um pacote monofásico.

O primeiro inclui 3 unidades em uma só caixa extraível, uma unidade para cada par de fases. Este pacote oferece uma zona de proteção, mas inclui todos os 3 pares trifásicos. O pacote monofásico também compõe-se dos três elementos em uma só caixa, mas oferece três zonas de proteção para um só par de fases. Assim, para três zonas de proteção e três fases, tanto um pacote de três zonas ou um pacote de três fases pode ser usado.

Para duas zonas de proteção, relés de duas zonas por caixa deveriam ser utilizados.

Os relés de distância são também disponíveis num arranjo de uma zona e monofásico, onde cada elemento monofásico do relé é fornecido com sua própria caixa extraível.

O retardo de tempo solicitado pelo esquema de distância da segunda e terceira zonas é provido por um temporizador, separado do relé de distância.

Tanto temporizadores eletromecânicos, quando estáticos - são utilizáveis e são geralmente fornecidos com suas próprias caixas e localizados no painel adjacente aos relés de fase.

Os relés que compõem o pacote por zona são comumente chamados de relés trifásicos. Eles respondem a todas as faltas, independentes das fases específicas envolvidas na falta.

Eles têm 2 unidades de operação. Uma unidade responde a qualquer falta trifásica entre o relé e o ponto da LT referente ao ajuste máximo; a outra responde a qualquer falta fase-fase (A-B, B-C e C-A) entre o relé e o mesmo ponto. Uma ou as duas unidades irão responder a todas as faltas fase-fase-terra entre o relé e o referido ponto. Ou seja, para qualquer defeito, a equação característica dos 3 (três) relés se aplica (5)

Os relés que compõem o pacote monofásico são comumente chamados de relés monofásicos e respondem diferentemente dos relés trifásicos para as faltas fase-fase e fase-fase-terra. Geralmente, somente um dos três relés irão ter um alcance fixo para estes tipos de faltas. Por exemplo, para faltas B-C, o relé B opera enquanto os relés A e C "vêm" uma impedância aparente enorme com um ângulo diferente do ângulo visto pelo relé B. (5).

#### 4.5 - Alcance dos Relés de Distância.

Os relés de distância de fase são aplicados para eliminação de faltas trifásicas, entre fases ou bifásicos para terra em linhas de transmissão.

O alcance da 1a. zona (21-1) é ajustado em 85 a 90% do comprimento da LT. Os fatores limitadores no ajuste do alcance da primeira zona são a precisão do relé e dos transformadores de instrumentos, e a tendência do relé para o sobrealcance devido à componente d-c na corrente de falta. Também a precisão dos cálculos da impedância da linha pode ser um fator. A primeira zona está conectada para disparar seu disjuntor associado, sem nenhum retardamento de tempo intencional (6). Vide figura 4.1.

A unidade de 2a. zona (21-2) está conectada para disparar através de um retardamento de tempo na ordem de 0,15 a 0,35 segundos. Este retardamento de tempo é necessário, já que o alcance da unidade da segunda zona sobrepõe a primeira zona de relés em linhas adjacentes na direção do disparo. O alcance da segunda zona deve estender-se além da barra na extremidade oposta da LT, para propor

cionar proteção de retaguarda para a barra. O alcance da segunda zona não deve se estender além da primeira zona de relês nas linhas adjacentes, na direção do disparo. Em geral, o alcance da 2a. zona se estende a aproximadamente 50% da menor linha adjacente (6). Vide figura 4.1.

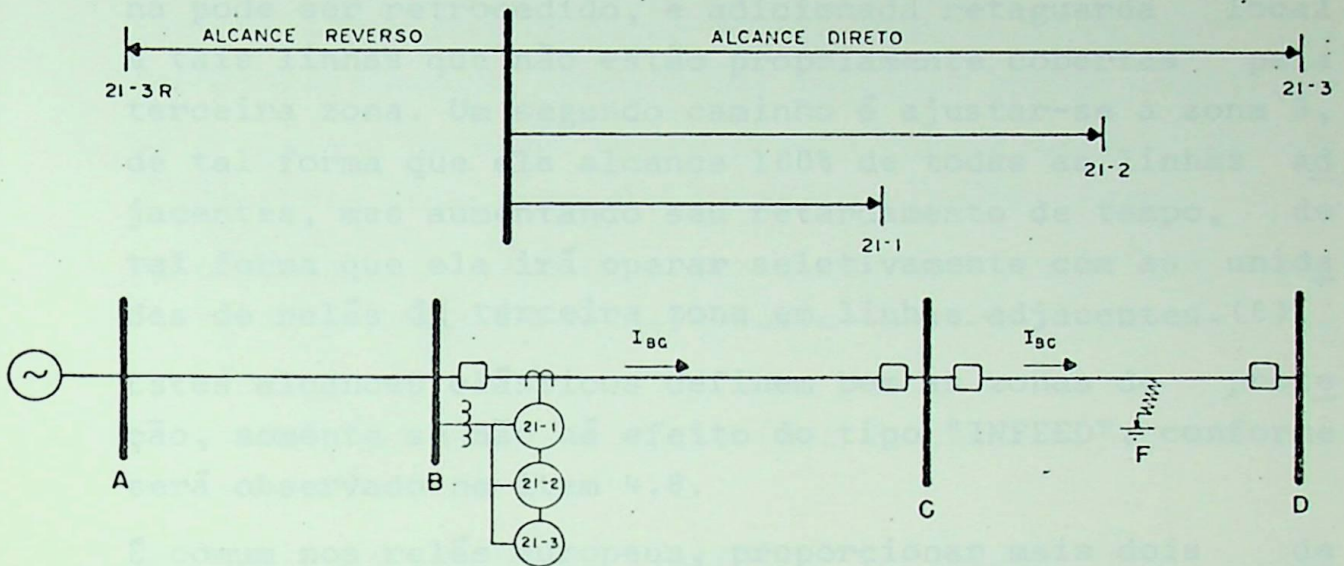


FIGURA 4.1

O alcance da 3a. zona pode ser DIRETO ou REVERSO, dependendo apenas de conexões no próprio relê.

O alcance direto da terceira zona (21.3) sobreporá o alcance das unidades da 2a. zona nas seções de linhas adjacentes, e por isso é conectada para disparar depois de um retardamento de tempo de 0,5 a 1 segundo, dependendo do retardamento de tempo máximo usado em qualquer das unidades da segunda zona da linha adjacente. A fim de proporcionar retaguarda para todas as linhas adjacentes, o alcance de cada unidade da terceira zona deve incluir 100% de cada seção da linha adjacente. Vide figura 4.1 (6).

No caso do alcance REVERSO (21-3R), que é o mais usado, o relê deverá ser ajustado de modo que proteja todas as LT's adjacentes que saem do seu próprio terminal. Vide Fig. 4.1.

Quando as linhas adjacentes variam consideravelmente em comprimento., será difícil ajustar a unidade da terceira zona, de tal forma a alcançar 100% da linha mais comprida, sem que haja um sobrealcançe nas unidades da segunda zona dos relés nas linhas adjacentes. Há duas soluções disponíveis para esta situação. O alcance de terceira zona pode ser retrocedido, e adicionada retaguarda local a tais linhas que não estão propriamente cobertas pela terceira zona. Um segundo caminho é ajustar-se a zona 3, de tal forma que ela alcance 100% de todas as linhas adjacentes, mas aumentando seu retardamento de tempo, de tal forma que ela irá operar seletivamente com as unidades de relés de terceira zona em linhas adjacentes. (6).

Estes alcances clássicos definem bem as zonas de proteção, somente se não há efeito do tipo "INFEED", conforme será observado no item 4.8.

É comum nos relés europeus, proporcionar mais dois de graus de temporização totalizando cinco. O quarto degrau é dado pelo elemento detector (partida) tipo impedância ou tipo sobrecorrente, controlado pela unidade direcional, e o quinto degrau somente pelo elemento de partida. Nos relés de distância onde os elementos detectores (partida) são direcionais, somente o quarto degrau é proporcionado. Estes relés de distância de fase são complementados com relés de sobrecorrente direcional de terra para eliminação de defeitos fase-terra e juntos formam um dos esquemas de proteção mais usados no Sistema Elétrico do Brasil (10).

De qualquer modo, os relés de distância usados na proteção de LT, apresentam resumidamente as seguintes vantagens:

- Maior cobertura instantânea.
- Eliminação de defeitos no fim da zona de alcance mais rápidas.
- Zona de proteção fixa, relativamente independente de mudanças no sistema, o qual requer menos reajustes.

- Maior independência da carga
- Maior sensibilidade

#### 4.6 - Seleção dos Relés de Distância de Fase

Para a seleção dos relés de distância de fase, existem 4 (quatro) considerações técnicas significantes, que juntamente com a configuração do sistema, indicam qual das características ou combinações são mais apropriadas:

- a) O alcance do relé deverá cobrir toda a seção de LT prevista como proteção primária e/ou retaguarda.
- b) O alcance do relé deve ser aproximadamente independente da parcela de resistência de arco incluída na falta.
- c) O relé não deve ser suscetível de disparo por correntes de sobrecarga.
- d) O relé não deve ser suscetível de disparo por oscilações em sistemas de potência estáveis.

#### 4.7 - A Operação dos Relés de Distância de Fase no Sistema Elétrico

Escolhido o relé segundo os critérios acima e instalado nos terminais da LT, ao longo de sua vida útil, verificações são feitas periodicamente ou não, sobre sua performance quanto a cada uma destas características.

De todas estas características, o que está sujeito a maiores variações são os ajustes dos relés de distância 21-3 que são usados como proteção de retaguarda. A proteção primária efetuada pelos relés 21-1 e 21-2 são praticamente insensíveis às mudanças de configurações do sistema. Embora o relé 21-2 efetue também proteção de retaguarda, sua função principal ainda é a proteção primária da LT.

Com relação ao item b acima, escolhido o relé, a tendência da parcela de resistência de arco incluída na falta é cada vez ficar menor, pois com o crescimento do sistema, a impedância da fonte tende a diminuir e conseqüentemente a resistência de arco ( $I_3$ ). Outra opção, principalmente

usada para relés tipo Mho, que são os mais sensíveis à resistência de falta é a de procurar ajustar o relé com o ângulo de máximo torque (geralmente) variável de 60° a 80° para um valor menor que o ângulo de curto-circuito da LT (6). Desde que o relé de distância foi bem escolhido, a verificação da sua performance quanto à resistência de arco não é rotineira.

Com relação ao item c descrito anteriormente, isto pode ser verificado através de um estudo de fluxo de carga e o uso das expressões que permitem expressar a potência ativa e reativa de uma LT em um diagrama R-X junto com a característica do relé. Esta verificação não é periódica também, pois de uma maneira geral, com exceção do relé tipo impedância, os relés de distância não estendem sua zona de atuação a uma distância considerável no eixo das resistências.

Com relação ao item d descrito anteriormente, a verificação da performance do relé pode ser efetuada através da simulação em programas de estabilidade.

Do exposto anteriormente, concluímos que o item que se encontra mais vezes sob verificação é o item a, na parte que se refere à proteção de retaguarda (atuação do relé 21-3). Na operação do sistema elétrico, constantemente a configuração varia em função de:

- Entrada e saída de geradores em usinas que operam em regime de ponta.
- Entrada de novas LT's em operação
- Saídas de LT para manutenção programada ou não (saída forçada).
- Configurações provisórias do sistema em decorrência de obras no sistema de transmissão.

Em um sistema elétrico grande, fica muito difícil calcular o ajuste ótimo dos relés de distância (12). Manualmente é praticamente impossível. É prática nas concessionárias de energia elétrica brasileiras o uso apenas da

configuração base para o ajuste dos relés de distância. Consequentemente, o número de atuação de proteção de distância errado ou por motivo ignorado tende a ser tanto maior, quanto maior for as variações de configuração do sistema.

Em função destas considerações é que se vislumbrou a necessidade de usar um pouco mais o computador no cálculo do ajuste dos relés de distância de fase na proteção de linhas, já que ele era usado até aqui apenas para o cálculo das correntes de curto-circuito. Trata-se portanto de uma sistemática a ser usada após a instalação do relé no Sistema Elétrico (Operação), embora ele possa ser usado para auxiliar no dimensionamento do relé (Projeto).

#### 4.8 - O Efeito "Infeed" em Relés de Distância (5).

Quando existe uma fonte de corrente dentro da zona de operação do relé de distância, o alcance do relé poderá ser reduzido e variável. Este efeito é dominado "infeed" ou "shunt".

Para um sistema conforme o da figura 4.1 - item 4.5, em que não existe fonte de corrente dentro da zona de operação dos relés de distância instalados na barra B, não existe tal efeito. Para uma falta sólida em F, temos que, a tensão na barra B será dada pela queda ao longo da linha desde a falta até o relé:

$$V_B = I_{BC} \cdot Z_{BC} + I_{BC} \cdot Z_{CF}$$

Desde que o relé só é alimentado pela corrente  $I_{BC}$ , temos que a impedância  $Z$  vista pelos relés instalados em B será:

$$Z = \frac{V_B}{I_{BC}} \quad \therefore \quad Z = Z_{BC} + Z_{CF} \quad (36)$$

Suponhamos agora que na barra C existissem outras fontes de curto-circuito (geradores ou LT ligadas a geradores), dentro da zona de operação dos relés de distância instalados em B, conforme fig. 4.2.

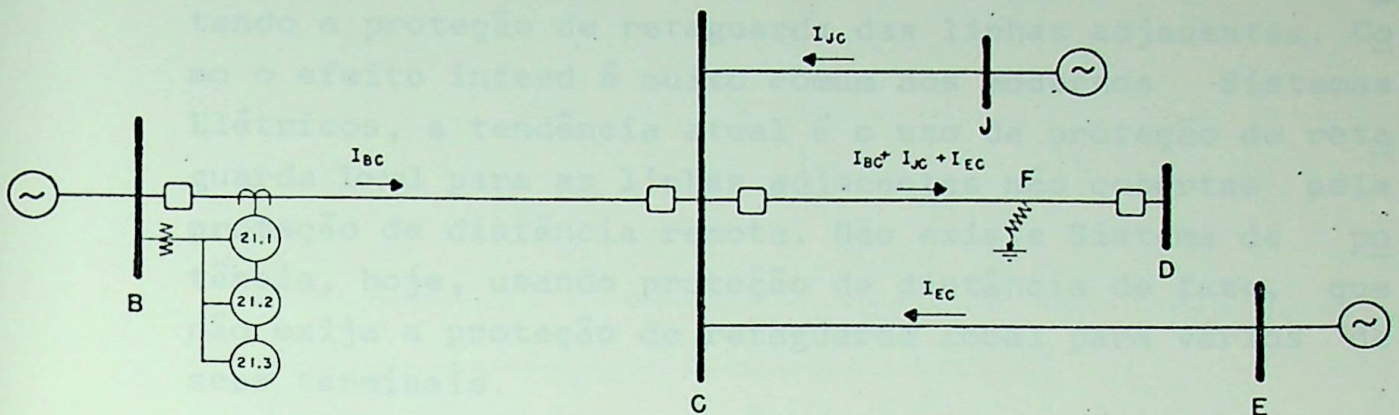
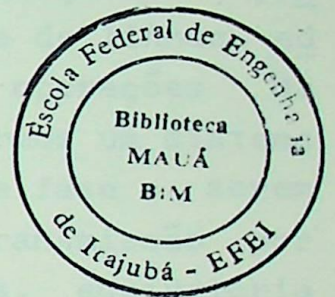


FIGURA 4.2



Neste caso, analogamente, teríamos:

$$V_B = I_{BC} \cdot Z_{BC} + (I_{BC} + I_{JC} + I_{EC}) \cdot Z_{CF}$$

$$e Z = \frac{V_B}{I_{BC}} \quad Z = Z_{BC} + Z_{CF} + \frac{(I_{JC} + I_{EC})}{I_{BC}} Z_{CF} \quad (37)$$

Comparando as equações (36) e (37), vemos que, a impedância vista pelos relés instalados em B, para o caso em que há fontes de curto-circuito dentro da zona de operação dos relés, é maior que a soma das impedâncias físicas ( $Z_{BC} + Z_{CF}$ ) das linhas. A impedância aparente aumenta com o fator  $\frac{I_{JC} + I_{EC}}{I_{BC}}$ . Como esta impedância medida pe

lo relé de distância é maior que a impedância física ( $Z_{BC} + Z_{CF}$ ), os alcances dos relés de distância instalados em B decrescem. Isto é, os relés protegem menos da linha, à medida que o "infeed" aumenta. Os relés afetados por este efeito são os relés de 2a. zona, 3a. zona e

4a. zona. Portanto, qualquer mudança na configuração do sistema elétrico, tais como aquelas já citadas no item 4.6, variam os alcances dos relés de distância, comprometendo a proteção de retaguarda das linhas adjacentes. Como o efeito infeed é muito comum nos modernos Sistemas Elétricos, a tendência atual é o uso de proteção de retaguarda local para as linhas adjacentes não cobertas pela proteção de distância remota. Não existe Sistema de potência, hoje, usando proteção de distância de fase, que não exija a proteção de retaguarda local para vários de seus terminais.

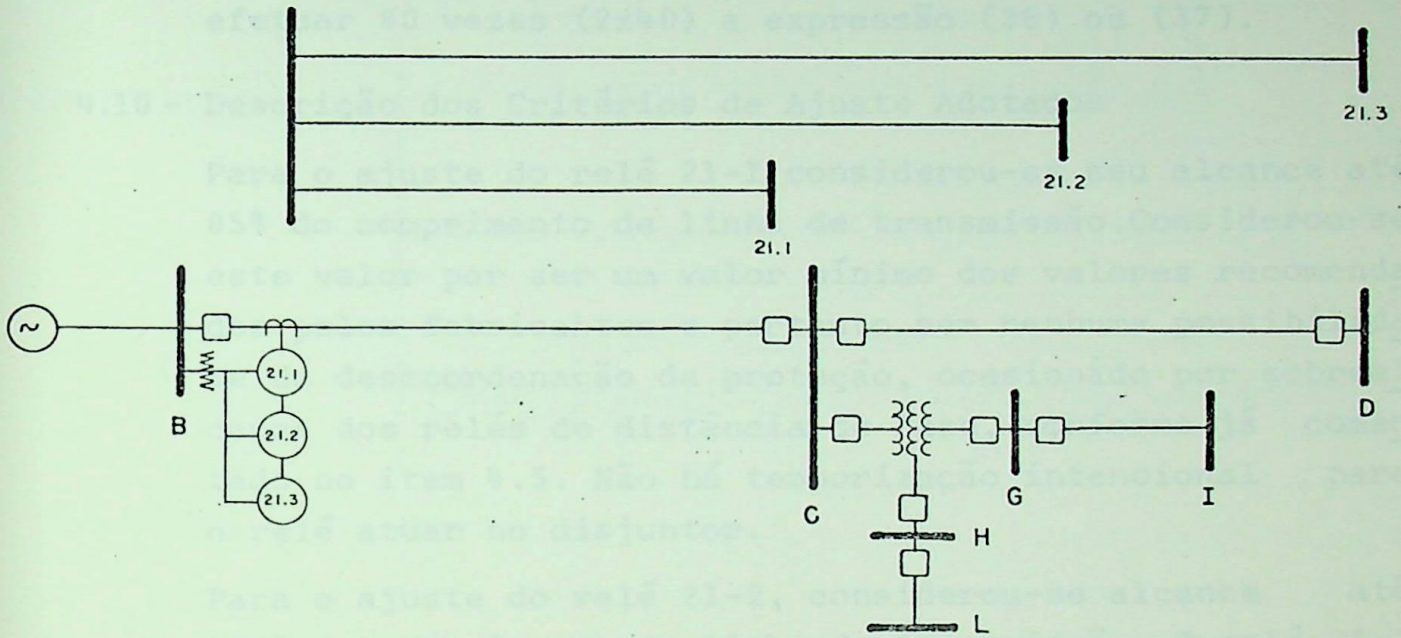
Por outro lado, o cálculo manual de todos os alcances dos relés de distância, para todas configurações possíveis que promovem proteção de retaguarda de linhas adjacentes, exige um número muito grande de operações da expressão (37). Por exemplo, se considerarmos um sistema com 40 terminais com relés de distância de fase a serem ajustados, com uma média de 5 linhas de transmissão por subestação, para 3 configurações prováveis, equivaleria a resolver 480 vezes  $(40 \times (5-1) \times 3)$  a expressão (37).

Isto sem considerar o caso de cálculos adicionais de impedâncias aparentes vistas por relés de distância, para curto circuito nas 2a.s linhas adjacentes à LT onde estão instalados os relés de distância.

#### 4.9 - Os Transformadores nas Zonas de Proteção dos Relés de Distância.

Um transformador estrêla-estrêla ou delta-delta simplesmente adiciona impedância a um circuito protegido por relé de distância de fase. Ou seja, o transformador se comporta como uma seção de linha. Transformadores estrêla-delta ou delta-estrêla, por outro lado, mudam a aparência de todas as faltas, menos as trifásicas. Uma falta à terra no secundário aparece como uma falta fase-fase para os dispositivos de proteção do primário se estes dispositivos forem relés de distância de fase do tipo monofásico (5); uma falta fase-fase no secundário aparece como um desequilíbrio envolvendo todas as três fases, en

quanto uma falta trifásica no secundário aparece como uma falta trifásica para os dispositivos de proteção do primário (6).



— FIGURA 4.3 —

Ilustrando, temos que, os ajustes dos relés de distância 21-2 (ajustado, por exemplo, para 120% da LT B-C) e 21-3 (ajustado, por exemplo, para 100% da LT B-C e 100% da LT C-D) instalados no terminal B, poderiam ultrapassar a impedância dos transformadores aplicados na barra C. Quando isto acontece, um defeito em uma das LT's que são alimentadas pelo secundário e/ou terciário do(s) transformador(es), poderá vir a retirar uma LT do sistema erroneamente. Para a figura 4.3, seria o caso de uma falta no início das LT's G-I ou H-L em que o relé 21-2 ou 21-3 alcançasse, a qual poderia causar uma descoordenação da proteção,

que resultasse no desligamento da LT B-C,

Este fato obriga a que todos os alcances dos relés de distância de fase 21-2 e 21-3, sejam verificados para evitar a possibilidade de uma descoordenação.

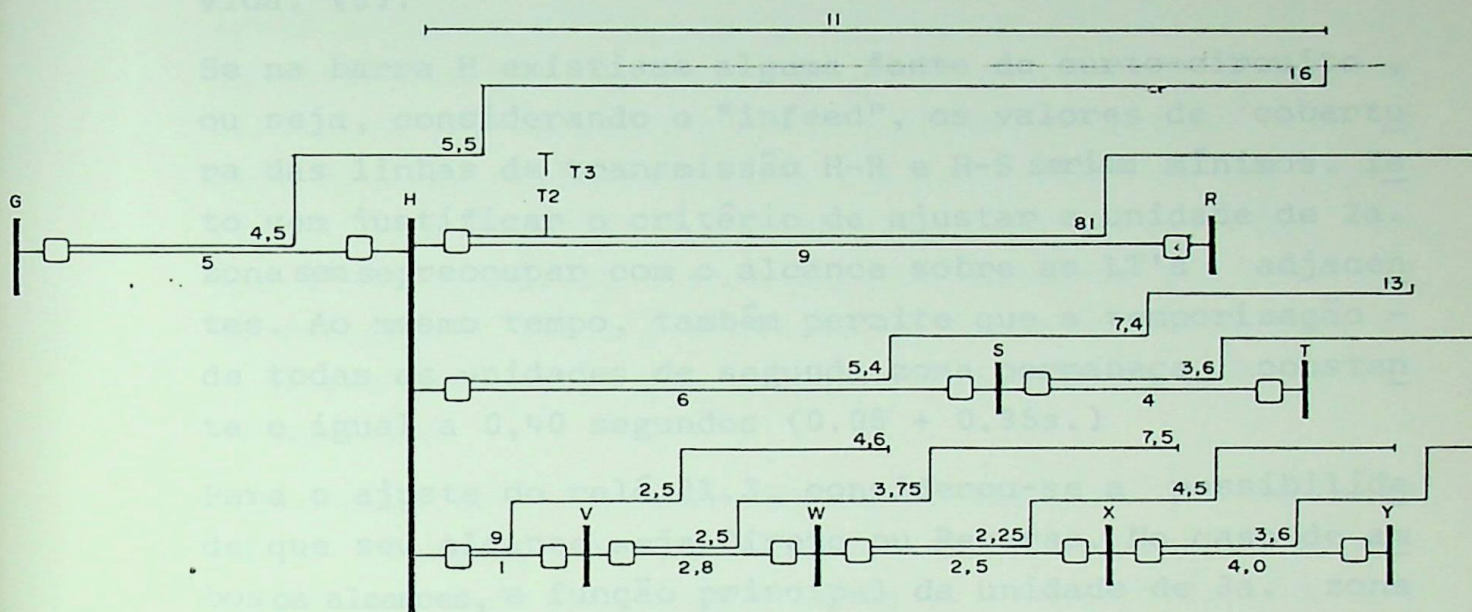
Se considerarmos que um sistema de 40 terminais com proteção de distância de fase, tenha em média 2 transformadores instalados por barra envolvida, isto equivaleria a efetuar 80 vezes (2x40) a expressão (36) ou (37).

#### 4.10 - Descrição dos Critérios de Ajuste Adotados

Para o ajuste do relé 21-1 considerou-se seu alcance até 85% do comprimento da linha de transmissão. Considerou-se este valor por ser um valor mínimo dos valores recomendados pelos fabricantes e portanto sem nenhuma possibilidade de descoordenação da proteção, ocasionado por sobrealcance dos relés de distância de fase, conforme já comentado no item 4.5. Não há temporização intencional para o relé atuar no disjuntor.

Para o ajuste do relé 21-2, considerou-se alcance até 120% do comprimento da linha de transmissão. O relé 21-2 está praticamente dimensionado apenas para complementar a proteção primária efetuada pela unidade de primeira zona, ou seja, os 15% restantes do comprimento da LT e mais a proteção de retaguarda do barramento remoto.

No caso de falha da unidade de primeira zona, ele atua como proteção de retaguarda de toda a LT. Não houve preocupação de fazer valer o que foi citado no item 4.5, que prevê o alcance clássico da 2a. zona se estendendo a aproximadamente 50% da menor linha adjacente. A razão principal é devido ao efeito "infeed" na unidade de 2a. zona, ou seja, o alcance variável que a unidade de 2a. zona está sujeito, devido às mudanças de configuração no Sistema Elétrico, conforme comentado no item 4.8. Independente do efeito "infeed", o alcance clássico do relé 21-2 citado, garante muito pouco alcance além da própria LT em que ele está instalado, quando estão envolvidas várias linhas adjacentes de comprimentos diferentes.



NOTA: Valores em Ohms Secundário

FIGURA 4.4

Para exemplificar, seja o sistema da figura 4.4 em que, temos a LT G-H ( $5\Omega$  secundário) e as linhas adjacentes - HV ( $1\Omega$  secundário), HS ( $6\Omega$  secundário) e HR ( $9\Omega$  secundário) com comprimentos diferentes. Um relé 21-2 instalado em G, ajustado com o alcance clássico dê até 50% da menor LT adjacente H-V ( $5 + 0.5 \times 1 = 5.5\Omega$ ), cobriria apenas o máximo de 5.5% da linha HR ( $\frac{0.5 \times 100}{9}$ ) e o máximo de 4.8% da linha H-S ( $\frac{0.5 \times 100}{6}$ ). (5)

Qualquer tentativa de aumento de cobertura das linhas adjacentes HS e HR, levariam a um aumento da temporização da unidade de 2ª zona instalada em G, para coordenar

com as unidades de 2a. zona das LT's HV, VW e WX. O resultado seria uma temporização muito grande para a segunda zona do relé instalado em G, que refletiria em toda a temporização da proteção de distância de 3a. zona envolvida. (5).

Se na barra H existisse alguma fonte de curto-circuito, ou seja, considerando o "infeed", os valores de cobertura das linhas de transmissão H-R e H-S seriam mínimos. Isto vem justificar o critério de ajustar a unidade de 2a. zona sem se preocupar com o alcance sobre as LT's adjacentes. Ao mesmo tempo, também permite que a temporização de todas as unidades de segunda zona permaneça constante e igual a 0,40 segundos (0.05 + 0.35s.)

Para o ajuste do relé 21.3, considerou-se a possibilidade de que seu alcance seja Direto ou Reverso. No caso de ambos alcances, a função principal da unidade de 3a. zona é proporcionar retaguarda para todas as linhas adjacentes à LT onde está instalado o relé, conforme foi citado no item 4.5 e ilustrado na figura 4.1. Para cada um destes alcances existem 3 critérios de ajustes da unidade de 3a. zona:

Critério I - O alcance da terceira zona é considerado igual ao menor alcance pesquisado para cobrir as LT's adjacentes, com a temporização constante igual a 0,75s (0,40 + 0,35s) para todas as unidades de 3a. zona. Este é o tipo de critério recomendado para quando todos (ou maioria) os terminais de LT's que usam proteção de distância de fase, têm também proteção de retaguarda local e de falha de disjuntor. Este é o critério ideal para um Sistema de Potência cuja proteção de LT's já alcançou um grau ótimo de proteção de retaguarda. Por outro lado, o alcance adotado não deverá sobrealcançar o (s) transformador (es) instalados na barra do relé 21-3 a ser ajustado no caso do alcance REVERSO, bem como não deverá sobrealcançar o (s) transformador (es) do outro terminal da LT (oposto ao local de instalação do relé 21-3), no caso do alcance DIRETO. Não deverão ser considerado para fornecer ajustes, as bar

ras que quando curto-circuitadas proporcionem uma contribuição de corrente com sentido inverso ao de polarização (SIP) do relé.

Critério II - O alcance da terceira zona é considerada igual ao maior alcance pesquisado para cobrir as LT's adjacentes que não tenham proteção de retaguarda local, excluindo o (s) transformador (s) instalado(s) na barra do relé 21-3 ou na barra remota tal como descrito no Critério I. Este critério é recomendado para sistemas em cujas LT's, nenhum ou apenas alguns terminais têm proteção de retaguarda local e proteção de falha de disjuntor. Seriam sistemas ainda pobres quanto ao grau de proteção de retaguarda.

A proteção de retaguarda remota efetuada pelas unidades de 3a. zona, não precisa alcançar as LT's adjacentes que tenham proteção de retaguarda local. A temporização adotada é constante e igual a 0,75 segundos. Se o sistema de potência exigir proteção de retaguarda local em algum terminal e esta não existir, haverá a probabilidade de o relé ajustado segundo este critério, sobrealcançar as demais LT's adjacentes de menor alcance e em consequência haver a descoordenação da proteção.

Neste caso, uma solução seria aumentar a temporização destas unidades de 3a. zona que estivessem sobrealcançando, criando um 4º grau de temporização ( $0,75 + 0,35 = 1,1s$ ) ou 5º grau ( $1,1 + 0,35 = 1,45s$ ).

Não adotamos este critério, devido aos graves problemas de estabilidade decorrentes de uma temporização tão grande, principalmente em se tratando do Sistema Elétrico Brasileiro, cujas unidades geradoras se encontram muito distante dos centros de carga e cujo sistema ainda é muito pouco malhado. Devemos reparar que devido aos mesmos problemas, procurou-se usar um degrau (step) de temporização bem pequeno (0,35s), justamente para evitar maiores tempos de atuação das unidades de 2a. e 3a. zona. Não deverão ser considerada para fornecer ajustes as barras

que quando curto-circuitadas, proporcionem uma contribuição de corrente com sentido inverso ao de polarização (SIP) do relé.

Critério III - Como não é possível considerar todas as possíveis situações necessárias ao ajuste dos relés de distância 21-3, este critério apresenta para cada unidade de 3a. zona a ser ajustada, apenas as impedâncias aparentes vistas por estes relés para faltas trifásicas em todas as primeiras e segundas barras adjacentes aos terminais da LT onde se encontra a unidade de 3a. zona a ser ajustado. Ele deixa ao usuário a opção de escolher a temporização e impedância em que será ajustado a unidade de 3a. zona.

Por outro lado, este Critério III serve para estudar, a priori, a variação dos alcances das unidades de 3a. zona de um ou de vários terminais, para as possíveis mudanças de configuração do Sistema Elétrico. A estruturação de um estudo de proteção de retaguarda, usando relé de distância de fase, se assemelharia a um estudo de fluxo de potência com um caso base e várias contingências. Da análise deste caso base e suas variações, se determinaria o melhor critério para ajustar as unidades de 3a. zona do Sistema Elétrico.

Este critério III serve também para verificar a posteriori, a performance dos relés de distância de fase, para uma determinada falta ocorrida no Sistema Elétrico.

Independente dos critérios, são calculados para cada terminal onde se esteja ajustando o(s) relé (s), a contribuição mínima de corrente que vai passar nos relés de 1a., 2a., e 3a. zona, bem como os ângulos de curto-circuito.

Para as unidades de 1a. e 2a. zona, são consideradas como contribuição mínima, 50% da contribuição de corrente no relé para uma falta trifásica no terminal oposto ao de instalação do relé.

Para a unidade de 3a. zona, são calculadas as contribuições mínimas, como 50% da contribuição de corrente, para

curto-circuito trifásico em todas as primeiras barras adjacentes. Com relação ao ângulo de curto-circuito, para as unidades de 1ª e 2ª zonas, é considerado o ângulo de falta do terminal oposto ao de instalação do relé. Já para a unidade de 3ª zona são calculados os ângulos de falta para todas as primeiras barras adjacentes.

No critério II, independente do alcance determinado; o ângulo de falta e a continuação mínima adotadas são as menores calculadas. No critério I, o ângulo de falta e a contribuição mínima adotadas são as mesmas da primeira barra adjacente de menor alcance.

#### 4.11- Descrição do Algoritmo Computacional de Pesquisa de Barras adjacentes

Como o ajuste dos relés 21-1 e 21-2 depende unicamente da impedância da LT onde está instalado o(s) relé (s) e como este dado é facilmente determinado através de uma pesquisa em LINHA (I, J) com o auxílio dos vetores INÍCIO (I) e KPROXI (I,J) podemos dizer que o ajuste do relé 21-1 e 21-2 é calculado diretamente.

Para ajustar o relé 21-3 segundo os critérios apresentados no item anterior, vimos que os ajustes dos relés dependem do conhecimento do curto-circuito trifásico no fim de todas as LT's adjacentes à LT onde está instalado o relé. Estas LT's adjacentes formariam um primeiro nível de LT adjacentes. Para conhecer efetivamente até onde o relé 21-3 alcançará com o ajuste escolhido, será preciso conhecer também o curto-circuito trifásico no fim das LT's adjacentes e estas últimas onde foi processado o curto-circuito. Estas outras LT's adjacentes formariam um segundo nível de LT's adjacentes. Para qualquer dos critérios (I, II ou III) deverá ser definido se a filosofia do alcance para cada relé de 3ª zona é DIRETO ou REVERSO, para que sejam pesquisadas corretamente as primeiras barras adjacentes (correspondente ao 1º nível de LT adjacentes) e segundas barras adjacentes (correspondente ao 2º nível de LT adjacentes), se for o caso.

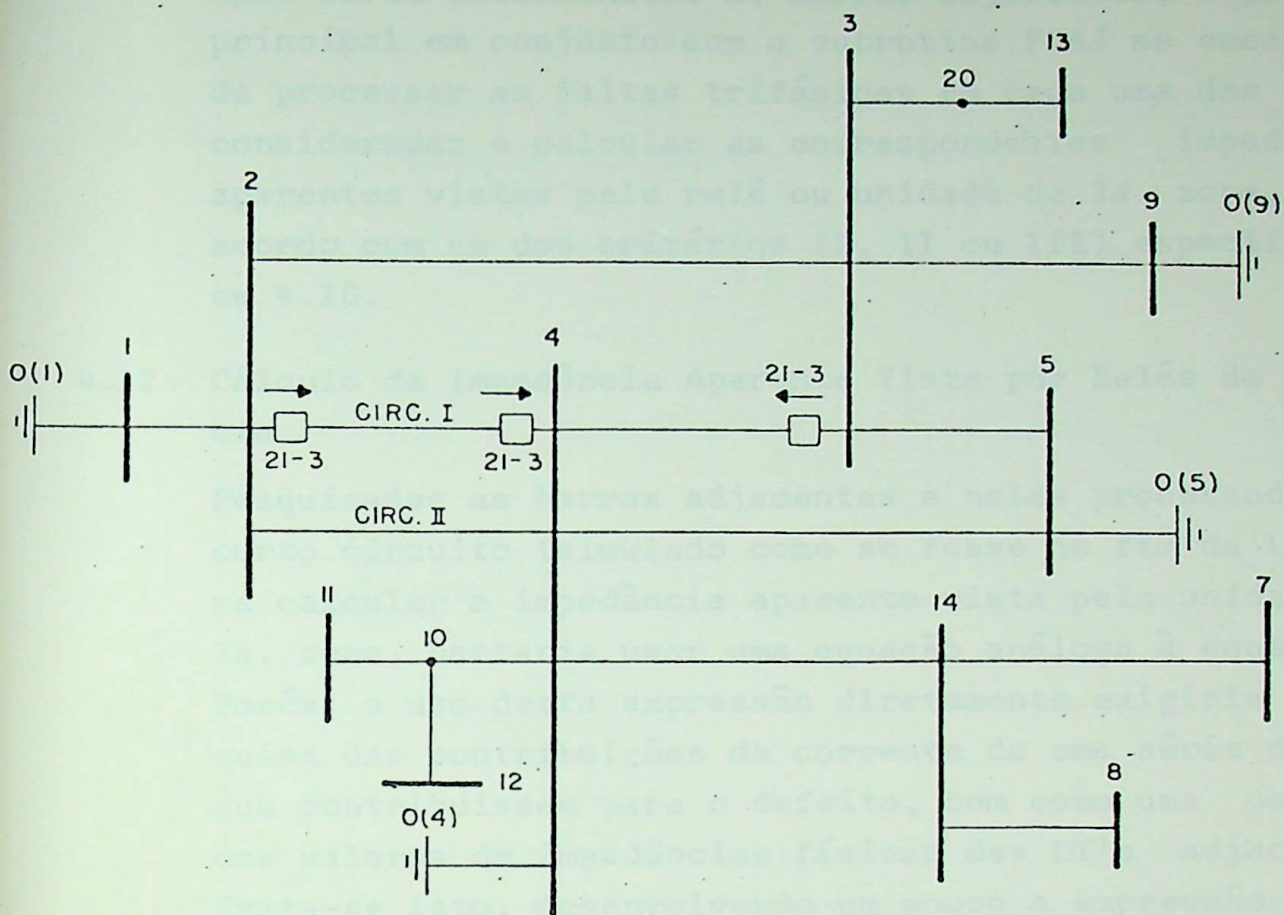
Para efetuar a pesquisa o programa usa os próprios vetores do algoritmo de ordenação. Primeiro ele pesquisa em INÍCIO (I), quando que a barra onde está instalado o relé 21-3 aparece pela primeira vez na lista de linhas (NL, 1) e LISTA (NL, 2), se o alcance do relé 21-3 for REVERSO. Se o alcance for DIRETO, ela faz a mesma pesquisa em INÍCIO (I), só que com a barra do terminal remoto onde está instalado o relé 21-3. Com isto é possível saber a partir de qual barra deverão ser pesquisadas as primeiras barras adjacentes. Usando o vetor KPROXI (I,1) e KPROXI (I,2), conjugados com LINHA (NL,1) e LINHA (NL, 2), é possível saber quais as barras que estão ligadas à barra pesquisada em INÍCIO (I). Estas barras serão as primeiras barras adjacentes. Se alguma destas barras for um secundário ou terciário de um transformador ou autotransformador, esta barra não será incluída na lista de primeiras barras adjacentes. Para fazer esta exclusão é utilizada uma subrotina denominada CNTAP. Para evitar que ao pesquisar as barras, por meio de caminhos (ramos) diferentes seja encontrada uma barra mais de uma vez, existe a subrotina DPLAJ. Ela evita portanto a duplicidade de ajustes do relé para a mesma barra. Também não deverão ser consideradas as barras de referência que representam os geradores ou equivalentes de sistemas elétricos vizinhos.

Determinadas as primeiras barras adjacentes, havendo necessidade de pesquisar as segundas barras adjacentes, o processo de pesquisa se processa de maneira idêntica, usando os mesmos vetores de ordenação e as mesmas subrotinas citadas. Nesta pesquisa, exceção deverá ser feita:

- a) Se a 2a. barra pesquisada for a barra de referência;
- b) Se a 2a, barra pesquisada for uma barra ligada diretamente por uma LT à barra onde se encontra o relé 21-3.

Se for detectada a existência de transformadores ou autotransformadores de dois ou três enrolamentos no alcance do relé 21-3, é permitido que as barras secundária ou terciária sejam consideradas segundas barras adjacentes.

Para efeito de verificação, para evitar que não haja sobrealcance no (s) transformador (es), só é considerada segunda barra adjacente, o ramo de menor impedância do transformador ou autotransformador de 3 enrolamentos. Se o relé 21-3 não sobrealcançar o ramo de menor impedância, ele conseqüentemente não alcançará o outro ramo. Se o transformador for de 2 enrolamentos ele não faz esta opção. Cada transformador do sistema deverá ser representado com um ponto central fictício separando as impedâncias do primário para o secundário e/ou terciário. Este ponto fictício chamado comumente de ponto central dos enrolamentos do transformador (mid point) é que serve para diferenciar as LT's dos equipamentos de transformação. Independente da posição do transformador, quer ele esteja locado na barra onde um relé 21-3 com alcance REVERSO vai ser ajustado, quer ele esteja locado numa primeira barra adjacente a esta barra, a barra secundária e/ou terciária deste (s) transformador (es) é considerada como segunda barra adjacente. Se o relé 21-3 tem alcance DIRETO, independente se o transformador está locado no terminal oposto da LT onde está locado o relé ou se está na primeira barra adjacente, a barra secundária ou terciária deste transformador é considerada como segunda barra adjacente. A seguir é apresentada uma configuração de um sistema fictício e uma tabela com 3 exemplos de pesquisa de primeiras e segundas barras adjacentes para ajuste de relé de 3a. zona.



LOCALIZAÇÃO DO RELÉ 21-3		TIPO DE ALCANCE	PRIMEIRAS BARRAS ADJACENTES		SEGUNDAS BARRAS ADJACENTES	
LT	TERMINAL		PESQUISADAS	CONSIDERADAS	PESQUISADAS	CONSIDERADAS
2-4	4	REVERSO	3, 2, 10, 0(4), 14, 5	3, 14, 5	5, 9, 2, 11, 12 20, 7, 8, 0(5) 3	9, 13, 8, 7, 11 ou 12
3-4	3	DIRETO	2, 5, 10, 0(4) 14	2, 5, 14	1, 3, 4, 0(5) 7, 8	1, 7, 8, 11 ou 12
2-4	2	DIRETO	3, 2, 10, 0(4) 14, 5	3, 14, 5	5, 9, 2, 20, 11 12, 7, 8, 0(5) 3	9, 13, 8, 7, 11 ou 12

Após serem determinadas as barras adjacentes, o programa principal em conjunto com a subrotina PCAJ se encarregam de processar as faltas trifásicas em cada uma das barras consideradas e calcular as correspondentes impedâncias aparentes vistas pelo relé ou unidade de 3a. zona, de acordo com um dos critérios (I, II ou III) especificados em 4.10.

#### 4.12 - Cálculo da Impedância Aparente Vista por Relés de Distância

Pesquisadas as barras adjacentes e nelas processado o curto circuito (simulado como se fosse no fim da LT), para calcular a impedância aparente vista pela unidade de 3a. zona, bastaria usar uma equação análoga à equação (37). Porém, o uso desta expressão diretamente exigiria a pesquisa das contribuições de corrente de uma série de LT's que contribuissem para o defeito, bem como uma pesquisa dos valores de impedâncias físicas das LT's adjacentes. Evita-se isto, desenvolvendo um pouco a expressão de medição do relé de distância de fase ( $Z = \frac{V}{I}$ ) procurando utilizar os dados de saída do programa de curto-circuito.

Temos que, para um sistema monofásico:

$$Z = Z_{pu} \times Z_{base} \quad (38)$$

$$N_{pu} = I_{pu} \quad (\text{p/curto circuito trifásico}) \quad (39)$$

$$Z_{pu} = \frac{V_{pu}}{I_{pu}} \quad (40)$$

$$Z_{base} = \frac{(V_{base})^2}{N_{base}} \quad (41)$$

Onde:

- Z - impedância vista pela unidade de 3a. zona.
- N - contribuição do nível de curto circuito trifásico no terminal onde está instalado a unidade de 3a. zona.

V - Tensão no terminal onde está instalada a unidade de 3a. zona.

I - Corrente no terminal onde está instalada a unidade de 3a. zona.

Substituindo a equação (39) na equação (40), temos:

$$Z_{pu} = \frac{V_{pu}}{N_{pu}} \quad (42)$$

Substituindo as equações (42) e (41) na equação (38), temos:

$$Z = \frac{V_{pu} \times (V_{base})^2}{N_{pu} \times N_{base}}$$

$$\therefore Z = \frac{V_{pu} \times (V_{base})^2}{N_{MVA}} \quad (43)$$

Com isto a impedância vista pelo relé 21-3 passa a depender unicamente da tensão da barra onde está instalado o relé (dado de entrada), da tensão da barra em pu e da contribuição de curto-circuito no terminal onde está instalado o relé em MVA (dados de saída do cálculo de curto circuito). Comparando a equação (43) com a equação (37), veremos que com o uso da equação (43), haverá uma economia substancial de cálculos e de tempo de computação.



## CAPÍTULO V - DESCRIÇÃO DO SISTEMA COMPUTARIZADO

### 5.1 - Objetivo

O objetivo deste capítulo é fornecer todas as informações necessárias ao manuseio do programa e ao mesmo tempo interagir as informações dos capítulos 2, 3 e 4.

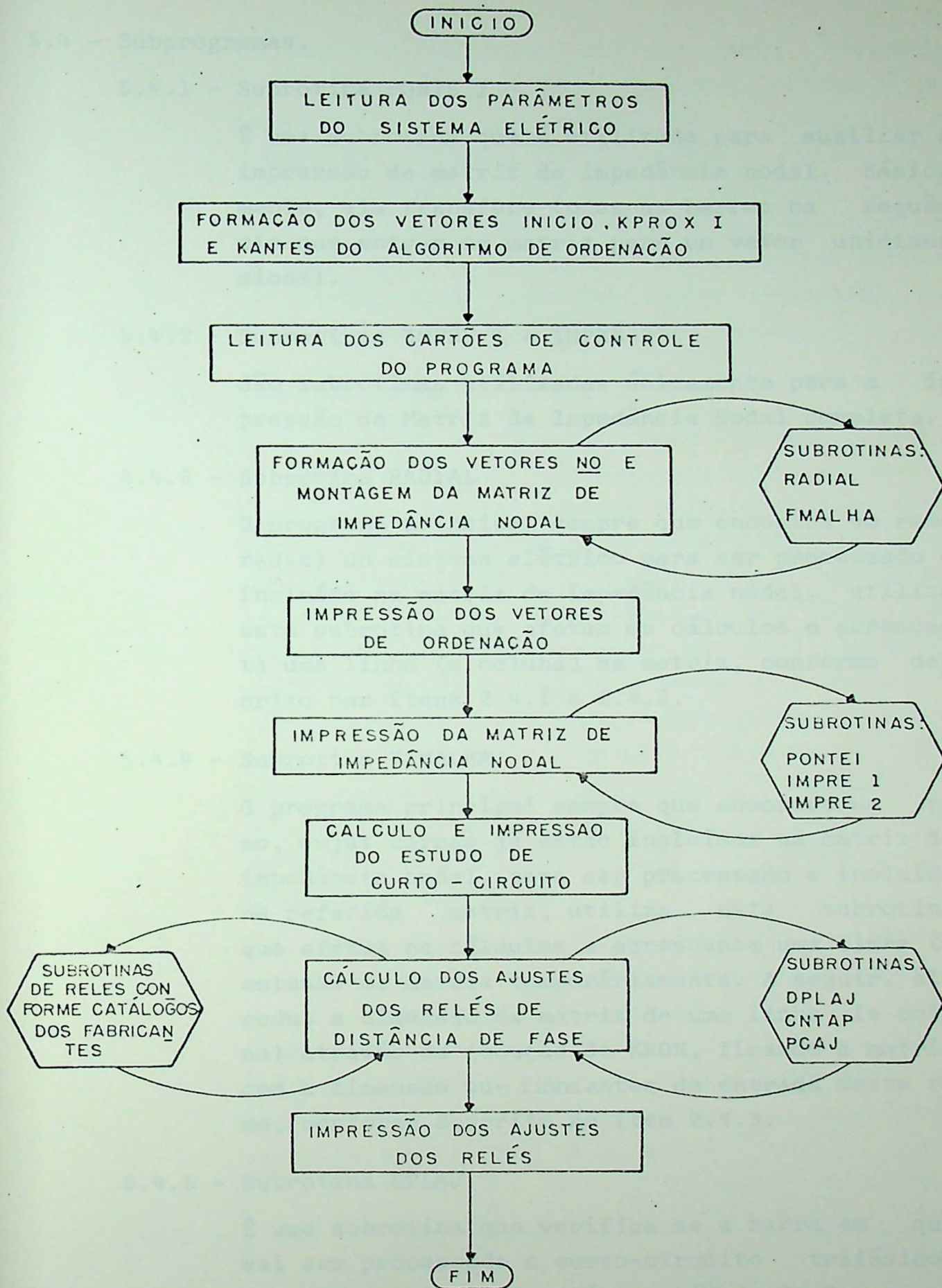
### 5.2 - Composição do Sistema

O sistema é composto pelo programa principal e por onze (11) subprogramas (todos os subprogramas são subrotinas). O sistema computarizado está dimensionado para ajustar os relés de distância de fase de um sistema elétrico com um número máximo de 200 barras (incluindo a barra de referência) e 500 linhas, com um máximo de até 20 linhas por barra.

### 5.3 - Programa Principal

O programa principal calcula os ajustes dos relés ou unidades de 1a. zona, 2a. zona e 3a. zona. Para os relés de 1a. e 2a. zona, os ajustes são calculados usando praticamente os dados de entrada. Para a unidade ou relé de 3a. zona é necessário montar a matriz de Impedância Nodal, conforme metodologia dos capítulos 2 e 3. A mesma metodologia descrita no capítulo 3 que gerou os vetores usados na ordenação dos dados de entrada, permite pesquisar as barras a serem faltadas e consideradas no cálculo do ajuste do relé ou unidade de 3a. zona.

Opcionalmente o programa fornecerá a matriz de impedância nodal de sequência positiva do sistema, bem como o cálculo do curto-circuito trifásico completo para qualquer barra do sistema com uma matriz de impedância reduzida, denominada aqui de submatriz de impedâncias, para outras aplicações eventuais que o usuário desejar. No item 5.5 será apresentado um resumo das opções que o programa fornece. Na página seguinte é apresentado um fluxoograma reduzido que mostra resumidamente como o programa foi estruturado. Maiores informações poderão ser complementadas ainda, utilizando a listagem do programa fonte no Anexo II.



## 5.4 - Subprogramas.

### 5.4.1 - Subrotina PONTE I

É uma subrotina que é utilizada para auxiliar a impressão da matriz de impedância nodal. Basicamente, ela transfere todas as barras na sequência que entram na matriz para um vetor unidimensional.

### 5.4.2 - Subrotinas IMPRE 1 e IMPRE 2

São subrotinas utilizadas unicamente para a impressão da Matriz de Impedância Nodal completa.

### 5.4.3 - Subrotina RADIAL

O programa principal sempre que encontra um ramo radial do sistema elétrico para ser processado e incluído na matriz de impedância nodal, utiliza esta subrotina que efetua os cálculos e acrescenta uma linha (e coluna) na matriz, conforme descrito nos itens 2.4.1 e 2.4.2.

### 5.4.4 - Subrotina F MALHA

O programa principal sempre que encontra um ramo, cujas barras já estão incluídas na matriz de impedância nodal, para ser processado e incluído na referida matriz, utiliza esta subrotina que efetua os cálculos e acrescenta uma linha (e coluna) na matriz temporariamente. A seguir, ele reduz a dimensão da matriz de uma linha (e coluna) através da redução de KRON, ficando a matriz com a dimensão que tinha antes da entrada deste ramo, conforme descrito no item 2.4.3.

### 5.4.5 - Subrotina DPLAJ

É uma subrotina que verifica se a barra em que vai ser processado o curto-circuito trifásico, para o ajuste de um relé ou unidade de 3a. zona, já foi processado. Em caso afirmativo, o programa

ma não processa o curto-circuito pela segunda vez na barra e retorna ao programa principal para pesquisar uma nova barra. Caso contrário, a subrotina permite o processamento do curto-circuito na barra e a posterior pesquisa de nova barra. Esta subrotina é necessária, pois depende da topologia do circuito, ao pesquisar as barras adjacentes pelos diferentes ramos (caminhos) do circuito, deparamos com a mesma barra.

#### 5.4.6 - Subrotina CNTAP

Esta subrotina é utilizada toda vez que a barra pesquisada para ser processado o curto-circuito é um ponto (neutro) central da estrêla que representa o transformador ou autotransformador de 3 enrolamentos (MIDPOINT). Neste caso a subrotina pesquisa a barra (secundária ou terciária do equipamento de transformação) que está ligada ao ponto neutro da estrêla que possui o ramo de menor impedância e processa o curto-circuito nesta barra. Ou seja, se o ajuste da unidade ou relê de 3a. zona não deve ultrapassar o transformador, sob pena de haver descoordenação da proteção, basta calcular o curto-circuito trifásico no ramo de menor impedância.

Considerando a figura 5.1 a seguir, se o número da barra pesquisada para ser processado o curto-circuito trifásico é a barra de nº 10, mas ela é um ponto neutro da estrêla, a barra escolhida é a barra 15, já que a impedância entre as barras 10 e 15 ( $-20j$ ) é menor que a impedância entre as barras 10 e 18 ( $+1j$ ).

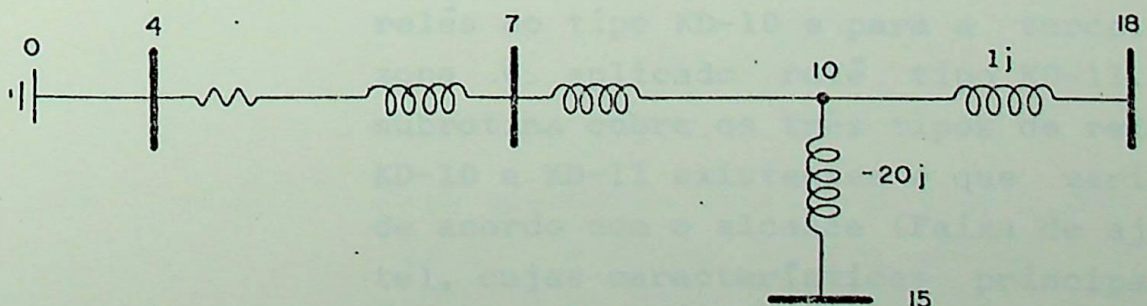


FIGURA 5.1

#### 5.4.7 - Subrotina PCAJ

É a subrotina que executa os cálculos de impedância aparente vistas pela unidade ou relé de 3a. zona. Ela, junto com o programa principal calcula o ajuste do relé ou unidade de 3a. zona, de acordo com um dos critérios de ajuste estabelecidos no item 4.10.

#### 5.4.8 - Subrotinas de Fabricantes de Relés

Foram criadas três subrotinas específicas para alguns dos relés de distância de fase mais comumente utilizados no Sistema Elétrico Brasileiro, para que o programa já fornecesse os ajustes dos relés de acordo com os catálogos dos fabricantes. Caso haja necessidade, por parte de alguém, de ajustar outros relés de distância de fase diferentes dos aqui previstos, basta criar uma subrotina específica para o relé de acordo com o catálogo do fabricante. Não achamos fundamental dissecar o funcionamento e características destes relés de distância de fase, pois não é este o escopo do trabalho.

##### 5.4.8.1 - Subrotina KD

Esta subrotina calcula o ajuste do relé de distância de fase dos tipos KD-10 e KD-11 de fabricação Westinghouse, de acordo com a referência (14). Estes relés são do tipo trifásico, ou seja, é usado um relé para cada zona de atuação, formando um pacote por zona. Para a primeira e segunda zona são usados relés do tipo KD-10 e para a terceira zona é aplicado relé tipo KD-11. A subrotina cobre os três tipos de relés KD-10 e KD-11 existentes e que variam de acordo com o alcance (Faixa de ajuste), cujas características principais são:

TIPO	F A I X A D E A J U S T E		
	ALCANCE (OHM)	ÂNGULO DE MÁXIMO TORQUE (GRAUS)	
		UNIDADE FASE - FASE	UNIDADE TRIFÁSICA
Curto	0.2 a 4.35	60 a 63 - 75 a 78	45 a 48 - 38 a 63
Médio	0.75 a 21.2	60 a 63 - 75 a 78	60 a 63 - 75 a 78
Longo	1.3 a 36.6	60 a 63 - 75 a 78	60 a 63 - 75 a 78

## 5.4.8.2 - Subrotina GCY

Esta subrotina calcula o ajuste de relés de distância de fase do tipo GCY15A de fabricação General Electric, de acordo com a referência (15). Estes relés são do tipo monofásico, ou seja, é usado um relé para cada fase com 3 (três) zonas de atuação cada um, formando o pacote monofásico. Basicamente, as características principais deste relé são:

UNIDADE	F A I X A D E A J U S T E		
	ALCANCE (OHM)	ÂNGULO DE MÁXIMO TORQUE (GRAUS)	ALCANCE MÍNIMO (OHM)
1a. zona	0,75 a 30	60 e 75	0,75/1.5/3
2a. zona	1 a 30	60 e 75	1/2/3
3a. zona	3 a 30	75	3

## 5.4.8.3 - Subrotina CEYCEB

Esta subrotina calcula o ajuste dos relés de distância de fase CEY51A, CEY52A e CEB52A de fabricação General Elec

tric de acordo com as referências 16, 17 e 18 respectivamente. Estes relés são do tipo trifásico, sendo normalmente aplicado o relé CEY51A como unidade de primeira zona, o CEY52A como unidade de segunda zona e o CEB52A como terceira zona. Basicamente, as características principais destes relés são:

TIPO	FAIXA DE AJUSTE		
	ALCANCE (OHM)	ÂNGULO DE MÁXIMO TORQUE (GRAUS)	ALCANCE MÍNIMO (OHM)
CEY51A	0.375 a 15 ou	60 e 75	0.375/0.75/1,5 ou
	0.75 a 30		0.75/1.5/3.0
CEY52A	0.5 a 15 ou	60 e 75	0.5/1.0/1,5 ou
	1 a 30		1/2/3
CEY52A	1 a 30	60 e 75	1/2/3

## 5.5 - Operação e Controle do Programa

### 5.5.1 - Objetivo

O objetivo deste item é descrever os códigos de controle do programa que serão usados para manusear o programa.

### 5.5.2 - Códigos de Controle e Operação do Programa

Os códigos de controle e operação são constantes usadas para controle interno do programa e são entradas através de cartões. Podemos dividir os códigos de controle e operação em cartões obrigatórios e cartões não obrigatórios.

### 5.5.3 - Cartões Obrigatórios

Os cartões obrigatórios como o próprio nome diz, terão sempre que fazer parte da massa de dados

do programa. Eles são divididos em cartões título, cartões de parâmetros (dados) do Sistema Elétrico, cartão de escolha das opções e cartão de barras. Estes cartões deverão vir obrigatoriamente, sempre, nesta sequência citada acima.

#### 5.5.3.1 - Cartões Título

Estes 2 (dois) cartões fornecerão os títulos para o sistema elétrico, que se deseja processar ou qualquer informação considerada importante que o usuário desejar imprimir. Sempre deverão ser colocados os 2 (dois) cartões. Eles podem ser perfurados a partir da coluna 1 (inclusive) até a coluna 80 (inclusive), podendo começar e terminar a perfuração em qualquer coluna deste campo (1 a 80). Segue uma ilustração no Anexo I - Ilustração 5.5.3.1

#### 5.5.3.2 - Cartões de Parâmetros do Sistema Elétrico

Estes cartões fornecerão os parâmetros do Sistema Elétrico necessários ao estudo requerido, de acordo com as imposições e aproximações apresentadas no item 2.1. Os geradores, bem como os equivalentes elétricos, deverão sempre estarem ligados à barra de referência, que sempre será representada pelo algarísmo 0 (zero).

As barras do Sistema Elétrico podem ser representadas por qualquer número compreendido entre zero (referência) e 9998 e não há necessidade de obedecer qualquer ordem de sequência. Todo transformador ou autotransformador que esteja ligado a uma barra, que faz parte

de um subsistema onde exista um relé de distância de fase a ser ajustado, de verá ser representado com um ponto central nos enrolamentos. Os transformadores que fazem parte do sistema, mas não estão no mesmo nível de tensão que o das linhas de transmissão que têm proteção de distância de fase, não precisam ser representados com este ponto central. No caso de transformadores de 3 (três) enrolamentos deverá ser usada a representação em estrela já bastante divulgada, conforme item 7.4 da referência (4). Para autotransformadores de 3 (três) enrolamentos e bancos trifasicos de unidades monofásicas deverá ser usada a mesma representação em estrela, conforme itens 7.5.1 e 7.6 respectivamente, da referência (4). Para transformadores de 2 enrolamentos, convencionamos que a impedância do enrolamento de maior tensão é 90% da impedância de dispersão do transformador e o enrolamento de menor tensão representa os 10% restantes. Separando estas duas impedâncias será representada uma barra fictícia como ponto central (mid point) dos enrolamentos dos transformadores, conforme figura 5.2.

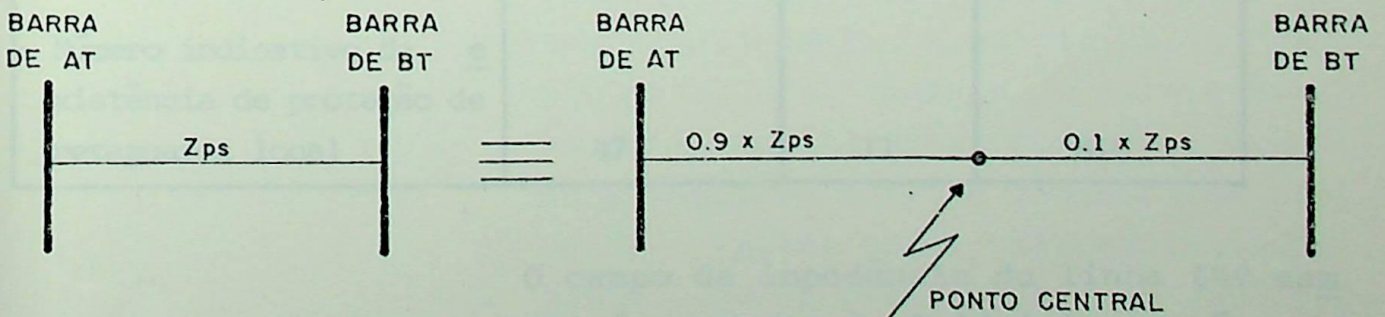


FIGURA 5.2

O ponto central da representação acima ou da estrela equivalente da representação de transformadores ou autotransformadores de 3 (três) enrolamentos é fictício e não carece de significado físico. Caso exista alguma dúvida em discernir se um determinado transformador do sistema deve ser representado com ponto central ou não, é preferível representá-lo com o ponto central, a menos da limitação do número de barras. Este ponto central é que serve para identificar se um determinado ramo é transformador.

Em cada cartão existem 6 (seis) campos, sendo que 4 (quatro) deles terão que ser sempre preenchidos. Abaixo descrevemos os nomes dos campos, as colunas que formam os campos e se eles são obrigatórios ou não.

NOME DO CAMPO	COLUNAS	FORMATO	OBRIGATÓRIO
- Nº barra emissora da LT	1 a 4 (incl.)	I4	SIM
- Nº barra receptora da LT	9 a 12 (incl.)	I4	SIM
- Nº do circuito	16	I1	NÃO
- Impedância da LT em % na base 100MVA	18 a 29 (incl.)	2F6.2	SIM
- Nome indicativo da LT	44 a 45 (incl.)	A2	NÃO
- Número indicativo da existência de proteção de retaguarda local	47	I1	SIM

O campo de impedância da linha (4º campo) é composto de 2 (dois) números reais (que representam a parte resistiva da impedância) no formato F6.2, sen

do que o ponto que separa a parte inteira da parte decimal não deve ser perfurada no cartão. Ou seja, o número (parte inteira mais parte decimal) deve ser sempre perfurado, ajustado à direita do campo, sem o ponto. Caso o ponto seja perfurado, ele anula a posição da parte decimal descrita no formato F6.2.

Para o 5º campo, tem-se usado a seguinte legenda para dar nome aos ramos:

LT = Linha de interligação

Gn = Gerador de número n

Tn = Transformador de número n

EQ = Equivalente elétrico

Ln = Linha de número n

A escolha de nomes indicativos é livre, desde que não sejam usadas mais do que 2 colunas.

Para codificação do 6º campo, deverá ser indicado 1 se a linha de transmissão tiver proteção de retaguarda local. Se não existir proteção de retaguarda local, no 6º campo deverá ser colocado o dígito 0 (zero). Excetua-se da obrigatoriedade de preenchimento deste campo, quando o programa for usado apenas para calcular a matriz de impedância nodal e/ou cálculo de curto-circuito trifásico. A existência de proteção de retaguarda local é indicada na saída do programa pela representação "RL" junto à barra pesquisada para ser processado o curto-circuito e posteriormente ser calculada a impedância após

rente vista pelo relé.

Depois de codificados todos os parâmetros do Sistema Elétrico, devemos colocar um cartão que indica o fim dos dados. Este cartão é composto de um campo único, contendo o número 9999, a partir da coluna 1 até a coluna 4 (inclusive).

No Anexo I - Ilustração 5.5.3.2 temos uma ilustração da codificação destes cartões de parâmetros.

#### 5.5.3.3 - Cartão de Escolha de Opções

Neste cartão de controle será retratado o que o usuário deseja do programa, dentro das suas várias aplicações já citadas. Ele é composto de 6 (seis) campos que servem para indicar a escolha de uma determinada opção. Cada campo contém apenas 1 (um) dígito que deverá ser 1 (um) ou 0 (zero). Caso se queira uma determinada opção, colocamos 1 (um) no campo correspondente à aquela opção. Caso contrário, colocamos 0 (zero) no campo.

O primeiro campo está situado na coluna 4 (formato I1) e serve para indicar se as impedâncias das linhas estão na forma  $R + jX$  ou simplesmente na forma  $jX$ . Um dígito de número 1 (um) no campo, representa que a impedância está na forma  $R + jX$ , e um dígito de número 0 (zero) no campo, indica que a impedância está na forma  $jX$ . (Só existe parte reativa).

O segundo campo está situado na coluna 6 (formato I1) e representa a opção

do usuário querer que sejam impressos os vetores utilizados na montagem da Matriz de Impedância Nodal.

O terceiro campo está situado na coluna 8 (formato Il) e representa a opção do usuário querer que o programa imprima a Matriz de Impedância Nodal completa.

O quarto campo está situado na coluna 10 (formato Il) e representa a opção do usuário querer que o programa calcule e imprima cálculos de curto - circuitos trifásicos em barras a serem determinadas.

O quinto campo está situado na coluna 12 (formato Il) e representa a opção do usuário querer que o programa calcule e imprima o ajuste de relés de distância de fase em terminais a serem determinados.

O sexto campo está situado na coluna 14 (formato Il) e indica se existem relés que usarão de tabelas, que deverão ser lidas, para determinar os ajustes. Se colocado o dígito 1 na coluna 14, indica que existe uma única tabela para ser lida. Se colocado o dígito 0 (zero), significa que não existem tabelas a serem lidas.

O sétimo campo está situado na coluna 16 (formato Il) e representa a opção do usuário querer que o programa calcule e imprima o ajuste dos relés de distância de fase em valores primários e secundários incluindo ajustes segundo catálogo do fabricante.

Neste caso deverá ser colocado o dígito 0 (zero) na coluna 16. Caso seja colocado o dígito 1 (um), o programa calculará e imprimirá apenas os cálculos e ajustes primários do relé.

Escolhidas as opções de colocar nomes nas barras e/ou de calcular e imprimir os curto-circuitos e/ou ajustar os relês de distância de fase, devemos colocar os cartões não obrigatórios descritos nos itens que se seguem. No Anexo I - Ilustração 5.5.3.3 é apresentado um cartão de escolha de opções codificado.

Observamos que se o quinto campo (coluna 12) for 0 (zero) os campos de número 6 (seis) e 7 (sete) perdem o significado, pois o campo de número 5 exclui a validade dos campos números 6 e 7.

#### 5.5.3.4 - Cartões de Barras

Estes cartões descrevem os números e nomes das barras que constituem o Sistema Elétrico. Eles são compostos por 3 campos que representam o número da barra, colocado nas colunas de 1 a 4 (inclusive), no formato (I4) e o nome das barras, colocados nas colunas de 10 a 19 (inclusive) no formato 5A2. A barra de referência (barra de nº 0), não precisa ser definida, pois ela é definida internamente no programa.

O terceiro e último campo, indica se a barra é um ponto central de enrolamento dos transformadores (mid point), é representado pelo formato I1 na coluna 25. Se a barra for um ponto central

de enrolamento dos transformadores, de verá ser colocado o dígito 1 (um) no campo 25, caso contrário, um dígito de número 0 (zero) deverá ser colocado no mesmo campo ou deixado em branco. O primeiro e terceiro campo são obrigatórios, enquanto o segundo campo é optativo. O terceiro campo só não é obrigatório se o programa for usado apenas para cálculo da matriz de impedância nodal e/ou cálculo de curto-circuito trifásico.

Depois de descritas todas as barras, de vemos colocar 1 cartão contendo um campo único nas colunas de 1 a 4 (inclusive) com o n<sup>o</sup> 9999. Este cartão serve para indicar que acabaram as barras.

O Anexo I - Ilustração 5.5.3.4 apresenta vários cartões de barras exemplificando o descrito acima.

#### 5.5.4 - Cartões não Obrigatórios

Estes cartões não são obrigatórios, podendo existir ou não, dependendo apenas das escolhas de opções que foram especificadas nas colunas 10, 12 e 14, no cartão de escolha de opções. Estes cartões opcionais quando exigidos deverão vir sempre na seguinte ordem:

- 1<sup>o</sup>) Cartões de curto-circuito
- 2<sup>o</sup>) Cartões de tabelas de relés
- 3<sup>o</sup>) Cartões de ajuste de relé

##### 5.5.4.1 - Cartões de Curto-Circuito

Estes cartões descrevem as barras que deverão ser faltadas para a análise de curto-circuito trifásico. Estes cart

tões são simples; em cada cartão deve\_rã vir apenas o número da barra a ser faltada. O campo que apresenta o núme\_ro da barra está nas colunas 1 a 4 (in\_clusive) e está no formato I4. Observa\_mos que caso o quarto campo do cartão de escolha de opções (coluna 10) este\_ja codificado com 0 (zero), não poderá existir nenhum cartão de curto-circui\_to.

Quando acabam os cartões das barras ã serem faltadas, devemos colocar um car\_tão que representa o fim dos dados (nº 9999 nas colunas de 1 a 4). O Anexo I Ilustração 5.5.4.1 apresenta vários cartões de curto-circuito codificados como exemplo.

#### 5.5.4.2 - Cartões de Tabelas de Relés

Estes cartões têm formatos variáveis de leitura, dependendo da tabela a ser lida. Como das subrotinas de relés aqui implantadas, somente a Westinghouse faz uso de tabela para ajustar os relés KD-10 e KD-11 de sua linha de fabricação, estão sendo lidas apenas 1 tabela de toda linha de fabricação, que envolve basicamente 3 (três) tipos de relés: alcance curto (0,2-4.35  $\Omega$ ) médio (0.75 - 21.2  $\Omega$ ) e longo ( 1.6 - 36.6  $\Omega$ ). Basicamente, para cada um dos tipos seu autotransformador (T) tem 3 tapes S (1, 2, 3) no enrolamento prin\_cipal e, no enrolamento terciário M, tem mais 4 tapes que podem modificar S em degraus de 3% aproximadamente. Assim o al\_cance original (T) pode ser expandido dentro

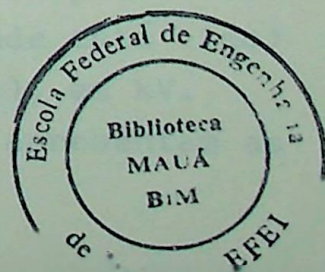
de  $\pm 1,5\%$  desde o valor mínimo ao valor máximo. O Anexo I - Ilustrações - 5.5.4.2-1, 5.5.4.2-2 e 5.5.4.2-3 apresentam as tabelas completas. Como as tabelas são praticamente fixas, não nos preocupamos em apresentar os formatos de leituras. Maiores detalhes, podem ser observados na listagem do programa fonte no Anexo II.

Observamos que caso o quinto campo de cartão de escolha de opções (coluna 12) esteja codificado com 0 (zero), não poderão haver os cartões de tabelas de relés. A maneira mais segura de trabalhar com as tabelas é codificar o dígito 1 na coluna 12 do cartão de escolha de opções e manter sempre nos dados a tabela na sua posição original, independente do uso ou não das tabelas.

#### 5.5.4.3 - Cartões de Ajuste de Relés

Este cartão é o que apresenta os dados necessários ao cálculo dos ajustes dos relés. Ele fornece um número grande de informações do esquema de alimentação do relé, da posição do relé no Sistema Elétrico, dos critérios de ajustes, bem como da quantidade de relés a serem ajustados.

É necessário um único cartão para cada terminal que tenha relé de distância de fase a ser ajustado. Este cartão contém 15 campos que serão descritos abaixo, juntamente com o formato e as colunas usadas.



Nº - NOME DO CAMPO/OBSERVAÇÕES	COLUNAS	FORMATO
01 - Nº barra emissora da LT protegida pelo (s) relé (s)	1 a 4	I4
02 - Nº barra receptora da LT protegida - pelo(s) relé(s)	6 a 9	I4
03 - Nº barra em que está(ão) locado (s) o(s) relé(s) (emissora ou receptora)	11 a 14	I4
04 - Tensão da barra do(s) relé(s) kV	16 a 21	F6.2
05 - Relação de transformação de corrente absoluta do(s) relé(s)	23 a 28	F6.2
06 - Relação de transformação de potencial absoluta do(s) relé(s)	30 a 35	F6.2
07 - Sentido do alcance do relé de terceira zona	37	I1
08 - Critério escolhido para ajuste do(s) relé(s)	39	I1
09 - Nº de relé(s) a ser(em) ajustado(s)	41	I1
10 - Suscetibilidade do(s) relé(s) a balanço de potência	43	I1
11 - Tipo e fabricação do (s) relé (s)	45 a 46	I2
12 - Nº do circuito onde está(ão) locado(s) o (s) relé(s)	48	I1
13 - Reservado para relé avulso de 1a.zona	50	I1
14 - Reservado para relé avulso de 2a.zona	52	I1
15 - Reservado para relé avulso de 3a.zona	54	I1

Os campos de números 1, 2 e 3 podem ser preenchidos com qualquer valor entre 1 e 9998. Evidentemente o campo número 3 obrigatoriamente será igual a um dos campos anteriores (1 ou 2).

O campo número 4 deverá ser preenchido com a tensão da barra, onde está (ão) locado (s) o (s) relé (s), em kV.

Os campos número 5 e 6 apresentam as

características de alimentação de corrente e potencial do (s) relé (s). Eles deverão ser preenchidos com o resultado da divisão dos valores nominais do primário e secundário dos transformadores de corrente e potencial que alimenta (m) o (s) relé (s) em questão.

O campo número 7, só poderá ser preenchido com os seguintes dígitos:

Ø (zero) - Se o alcance da unidade de 3a. zona for DIRETO.

1 (um) - Se o alcance da unidade de 3a. zona for REVERSO.

O campo 8, só poderá ser preenchido com os seguintes dígitos:

1 (um) - Se o critério I for escolhido para ajustar o (s) relé (s).

2 (dois) - Se o critério II for escolhido para ajustar o (s) relé (s).

3 (três) - Se o critério III for escolhido para ajustar o (s) relé (s).

O campo número 9 só poderá ser preenchido com os seguintes dígitos:

1 (um) - Se apenas a unidade de 1a. zona será ajustada.

2 (dois) - Se as unidades de 1a. e 2a. zona serão ajustadas.

3 (três) - Se as unidades de 1a., 2a. e 3a. zona serão ajustadas.

O campo número 10, só poderá ser preenchido com os seguintes dígitos:

0 (zero) - Se o terminal onde estão instalados os relés não necessita de proteção contra oscilação de potência.

1 (um) - Se o terminal onde estão instalados os relés necessita de proteção contra oscilação de potência e estes não estão instalados.

O campo número 11, só poderá ser preenchido com os seguintes dígitos:

0 (zero) - Reservado para o caso em que os 3 relés de distância de fase são avulsos. Neste caso, os campos 13, 14 e 15 deverão ser preenchidos para indicar o tipo de relé com os números de 1 a 9 já reservados, mas ainda não determinados.

10(dez) - Reservado para aplicações futuras com relés de 1a, 2a. e 3a. zona do mesmo tipo e/ou fabricação (não avulsa).

11 (onze)- Se os relés forem do tipo - KD-10 e KD-11 de fabricação Westinghouse com alcance - 0,2 a 4,35 ohms, conforme referência (14).

12(doze) - Se os relés forem do tipo KD-10 e KD-11 de fabricação Westinghouse com alcance 0,75 a 21ohms, conforme referência (14).

13(treze) - Idem, idem, exceto alcance 1.30 a 36.6 ohms.

14(quatorze) - Se os relés forem do tipo GCY51A - conforme referência (15).

15(quinze) - Se os relés de 1a., 2a. e 3a. zona forem do tipo CEY51A, CEY52A e CEB52A respectivamente, conforme (16), (17) e (18).

O campo número 12, deverá ser preenchido com o número do circuito no caso em que a LT apresentar circuito duplo ou no caso em que houver duas ou mais linhas ligando duas barras do Sistema Elétrico. Os dígitos usados variam de 0 a 9. Caso só exista um circuito simples, poderá ser digitado 0 (zero) ou deixado em branco a coluna 48, que o programa definirá este circuito como o circuito de número 1.

Os campos número 13, 14 e 15 só seriam preenchidos se o campo número 11 tivesse sido codificado com o número 0 (zero). Neste caso, poderiam ser usados dígitos de 1 a 9 para indicar os relés avulsos.

No Anexo I - Ilustração 5.5.4.3 são apresentados alguns cartões codificados como exemplo.

## 5.6 - Conclusão

Com a aplicação do método apresentado:

- 1) Haverá uma economia enorme de tempo na determinação dos ajustes dos relés de distância de fase, possibilitando acompanhar melhor o sistema de proteção.
- 2) Haverá uma otimização dos ajustes dos referidos relés, já que o uso do computador possibilitará análises mais apuradas.

- 3) Teremos os ajustes com um grau muito maior de confiabilidade já que o programa conta com critérios fixos e imparciais.
- 4) Teremos uma documentação maior dos alcances dos relés de distância de fase que subsidiará na análise das - perturbações ocorridas no Sistema Elétrico.

Cumpre-nos destacar ainda quena montagem da Matriz de Impedância Nodal, usando este método de ordenação de dados de entrada, a economia de tempo de computação é tão grande que viabiliza o seu uso para várias aplicações já muto difundidas em Sistema Elétrico de Potência ( cálculo de equivalentes, cálculo de fatores de distribuição, etc.) bem como para aplicações futuras tal como o acompanhamento dos ajustes dos relés de distância de fase em tempo real.

— ANEXO I —





TABLE I  
RELAY SETTINGS FOR KD-4 RELAY (.2 - 4.35 OHMS)

Δ T	S = 1						S = 2		S = 3	LEAD CONNECTION				
	.230	.307	.383	.537	.690	.920	1.23	.920	1.23	1.23	+ M	- M	"L" Lead	"R" Lead
.195	-	-	-	-	-	-	-	1.56	2.08	3.12	+18		.06	0
.200	.267	.333	.467	.600	.800	1.070	1.60	2.14	3.21	3.21	+15		.06	.03
.205	.274	.342	.480	.616	.821	1.098	1.64	2.20	3.29	3.29	+12		.09	0
.211	.282	.351	.493	.633	.844	1.128	1.69	2.26	3.38	3.38	+09		.09	.03
.217	.290	.361	.507	.651	.868	1.160	1.74	2.32	3.48	3.48	+06		.06	.09
.223	.298	.372	.521	.670	.893	1.194	1.78	2.39	3.58	3.58	+03		.03	0
.230	.307	.383	.537	.690	.920	1.230	1.84	2.46	3.69	3.69	0	-0	0	0
.237	.317	.395	.554	.711	.948	1.268	1.90	2.54	3.80	3.80		-03	0	.03
.245	.327	.407	.571	.734	.979	1.308	1.96	2.62	3.93	3.93		-06	.09	.06
.253	-	.421	.590	.758	1.011	1.352	2.02	2.70	4.05	4.05		-09	.03	.09
.261	-	.435	-	.784	1.046	1.398	-	2.80	4.19	4.19		-12	0	.09
-	-	.451	-	-	-	1.447	-	2.89	4.34	4.34		-15	.03	.06
-	-	-	-	-	-	1.50	-	3.00	4.5*	4.5*			0	.06

Δ The tap plate values refer to standard maximum torque angle adjustment which is 75° for phase-to-phase unit and 60° for three phase unit.

TABLE III  
RELAY SETTINGS FOR KD-10 & KD-11 RELAYS (1.3-36.6)

A T	S = 1						S = 2			S = 3		"M"		LEAD CONNECTION	
	2.0	2.5	3.51	5.0	7.02	10.0	7.02	10	7.02	10	+M	-M	"L" Lead	"R" Lead	
1.5	2.0	2.5	3.51	5.0	7.02	10.0	7.02	10	7.02	10	+M	-M	"L" Lead	"R" Lead	
1.27	1.69	2.12	2.97	4.25	5.94	8.5	-	17.0		25.5	+18		.06	0	
1.31	1.74	2.17	3.04	4.35	6.10	8.7	-	17.4		26.1	+15		.06	.03	
1.34	1.78	2.23	3.12	4.46	6.26	8.9	12.5	17.9		26.8	+12		.09	0	
1.37	1.83	2.30	3.21	4.60	6.40	9.2	12.8	18.4		27.6	+09		.09	.03	
1.41	1.88	2.36	3.30	4.73	6.60	9.46	13.2	18.9		28.4	+06		.06	.09	
1.46	1.94	2.42	3.40	4.85	6.80	9.7	13.6	19.4		29.1	+03		.03	0	
1.50	2.0	2.50	3.51	5.00	7.02	10.0	14.0	20.0		30.0	0	0	0	0	
1.54	2.07	2.57	3.60	5.15	7.25	10.3	14.5	20.6		31.0	-	-.03	0	.03	
1.59	-	2.66	3.73	5.33	7.45	10.6	14.9	21.3		32.0		-.06	.09	.06	
1.65	-	2.75	3.84	5.50	7.70	11.0	15.4	22.0		33.0		-.09	.03	.09	
-	-	2.84	3.98	5.70	7.95	11.4	15.9	22.7		34.2		-.12	0	.09	
-	-	2.94	4.13	5.90	8.25	11.8	16.5	23.6		35.4		-.15	.03	.06	
-	-	-	-	-	-	12.2	24.4			36.7		-.18	0	.06	

"L" OVER "R"

"R" OVER "L"

TABLE II  
RELAY SETTINGS FOR KD-10 & KD-11 (0.75-21.2)

Δ T	"S" = 1						"S" = 2		"S" = 3		"M"		LEAD CONNECTION	
											+M	-M	"L" Lead	"R" Lead
.87	1.16	1.45	2.03	2.9	4.06	5.8	4.06	5.8	4.06	5.8	+M	-M	.06	0
.737	.98	1.23	1.72	2.46	3.44	4.92	-	9.83	-	14.7	+18		.06	0
.756	1.01	1.26	1.76	2.52	3.53	5.04	-	10.1	-	15.1	+15		.06	.03
.777	1.04	1.29	1.81	2.59	3.63	5.18	7.26	10.4	-	15.5	+12		.09	0
.798	1.06	1.33	1.86	2.66	3.72	5.32	7.45	10.6	-	16.0	+09		.09	.03
.821	1.09	1.37	1.91	2.74	3.83	5.47	7.66	10.9	-	16.4	+06		.06	.09
.845	1.13	1.41	1.97	2.82	3.94	5.63	7.88	11.3	-	16.9	+03		.03	0
.870	1.16	1.45	2.03	2.90	4.06	5.80	8.12	11.6	-	17.4	0	0	0	0
.897	1.20	1.49	2.09	2.99	4.19	5.98	8.37	12.0		17.9	-.03	0	0	.03
.926	-	1.54	2.16	3.09	4.32	6.17	8.64	12.3	-	18.5	-.06	0	.09	.06
.956	-	1.59	2.23	3.19	4.46	6.37	8.92	12.7	-	19.1	-.09	0	.03	.09
-	-	1.65	2.31	3.30	4.61	6.59	9.23	13.2	-	19.8	-.12	0	0	.09
-	-	1.71	2.39	3.41	4.78	6.82	9.55	13.6	-	20.5	-.15	0	.03	.06

"L" OVER "R"

"R" OVER "L"



— ANEXO II —



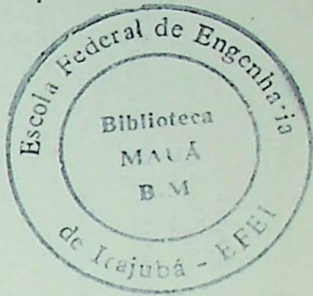




```

141 I = 0
142 I = 1 + 1
143 I = I - 1
144 I = I + 1
145 I = I - 1
146 I = I + 1
147 I = I - 1
148 I = I + 1
149 I = I - 1
150 I = I + 1
151 I = I - 1
152 I = I + 1
153 I = I - 1
154 I = I + 1
155 I = I - 1
156 I = I + 1
157 I = I - 1
158 I = I + 1
159 I = I - 1
160 I = I + 1
161 I = I - 1
162 I = I + 1
163 I = I - 1
164 I = I + 1
165 I = I - 1
166 I = I + 1
167 I = I - 1
168 I = I + 1
169 I = I - 1
170 I = I + 1
171 I = I - 1
172 I = I + 1
173 I = I - 1
174 I = I + 1
175 I = I - 1
176 I = I + 1
177 I = I - 1
178 I = I + 1
179 I = I - 1
180 I = I + 1
181 I = I - 1
182 I = I + 1
183 I = I - 1
184 I = I + 1
185 I = I - 1
186 I = I + 1
187 I = I - 1
188 I = I + 1
189 I = I - 1
190 I = I + 1
191 I = I - 1
192 I = I + 1
193 I = I - 1
194 I = I + 1
195 I = I - 1
196 I = I + 1
197 I = I - 1
198 I = I + 1
199 I = I - 1
200 I = I + 1
201 I = I - 1
202 I = I + 1
203 I = I - 1
204 I = I + 1
205 I = I - 1
206 I = I + 1
207 I = I - 1
208 I = I + 1
209 I = I - 1
210 I = I + 1
211 I = I - 1
212 I = I + 1
213 I = I - 1
214 I = I + 1
215 I = I - 1
216 I = I + 1
217 I = I - 1
218 I = I + 1
219 I = I - 1
220 I = I + 1

```







```

NW = (I-1) *K
*****
C*CHAMADA DA SUBROTINA DE IMPRESSAO DA MATRIZ DE IMPEDANCIA
*****
CALL IZ2ZF;
230 CONTINJE
IF(KO .LE. 0) GO TO 240
IF(KPL .LE. 0) GO TO 240
NN = KL * K
I = KL + 1
K = KPL
*****
C*CHAMADA DE SUBROTINA DE IMPRESSAO DA MATRIZ DE IMPEDANCIA
*****
CALL IZ2ZF;
240 CONTINJE
C*
C*
*****
C*CALCULO DO CIRCITO TRIFASICO
C*
IF(LN .EQ. 0) GO TO 400
*****
C*LEITURA DOS CAPTRES DE BARRAS A SEREM CURTOCIRCUITADAS
*****
255 READ(T, 260) N
260 FORMAT(I4)
IF(N .EQ. 9999) GO TO 400
KPA3 = CPAG + 1
WRITE(I4, 265) ITIT(I), I=1, 40, KPAG, ITIT(I), I=41, 80
265 FORMAT(I4, I21, 40A2.4X, *EL. *14.//IX, 40A2.11X, *ESTUDO DE FALTA
*)
WRITE(I4, 266)
266 FORMAT(I4, I25, *//, /)
WRITE(I4, 270)
270 FORMAT(40, 15 F M R E T I R A R L I N H A S%, /,
* I4, 35(I-1), //,
* I33, *BARRA
*//, I38, *F4 FALTA*, T53, *MVA ANGULO*, T73, *71 (PU) ANGULO
*/, /)
K = N/(N+1, 1) - 1
Z1 = (1, 0, 0, 0)/ZBARZ1(C, K)
FMVA = F0A35(Z1) * 10000
X = COSAL(Z1) * 10000.
Y = SINAS(Z1) * 10000.
A1 = DTANG2(Y, X) * CORREC
Z1 = ZBARZ1(C, K)
X = DBREAL(Z1) / 100.
Y = DIMAG(Z1) / 100.
A2 = DTANG2(Y, X) * CORREC
Z10 = COMBS(Z1) / 100.
X = Y/X
WRITE(I4, 271)N, FMVA, W1, 710, W2, X, (NOME(I), I=1, 5)
271 FORMAT(I35, *-----+*, I38, I3, T49, F8.1, 2X, F5.2, T72, F7.4, 3X,

```

CTP02760

CTP02770

CTP02780

CTP02790

CTP02800

CTP02810

CTP02820

CTP02830

CTP02840

CTP02850

CTP02860

CTP02870

CTP02880

CTP02890

CTP02900

CTP02910

CTP02920

CTP02930

CTP02940

CTP02950

CTP02960

CTP02970

CTP02980

CTP02990

CTP03000

CTP03010

CTP03020

CTP03030

CTP03040

CTP03050

CTP03060

CTP03070

CTP03080

CTP03090

CTP03100

CTP03110

CTP03120

CTP03130

CTP03140

CTP03150

CTP03160

CTP03170

CTP03180

CTP03190

CTP03200

CTP03210

CTP03220

CTP03230

CTP03240

CTP03250

CTP03260

CTP03270

CTP03280

CTP03290

CTP03300

```

164.2X.F7.3./,137.5A2./)
*PIE(14,274)
274 FORMAT(1,X-----C J N Y T R U I C O E S-----X',/,/,
* , X-----PARRA P-----X BARRA O-----X CCT LINHA',/,/,
* , BARRA VOMF BARRA NOME NO. NOME',I60,
* ,(PARRA C VOLTS ANGULO) (FLUXO MVA ANGULO),/)
D0 R10 I=1.5
NOMEA(1)=NOME(N,I)
910 CONTINUE
K1 = INICIO(N+1)
275 IF(K1 .LE. 0) GO TO 330
K2 = LINHA(K1/10,3-MOD(K1,10)) + 1
K3 = NO(K2,1) - 1
IF(K3 .NE. 0) GO TO 277
VOLTP0 = 1.00
W1 = 0.0
71 = (1.0-0.0)/LINHA(K1/10)
FMVAPO = COS(S(71)) * 10000
X = D=AL(71) * 10000.
Y = DIVAS(71) * 10000.
M2 = DFANG2(Y,X) * CORRCC
GO TO 315
277 IF(K - (3) 290,280,300
280 *PIE(14,285)
285 FORMAT(1,FRP3)
GO TO 255
290 71 = (PARRA(K,K) - ZARRA(K3,K))/ZARRA(K,K)
GO TO 310
300 71 = (PARRA(K,K) - ZARRA(K,K3))/ZARRA(K,K)
310 VOLTP0 = COS(S(71))
IF(VOLTP0 .NE. 0.0) GO TO 312
W1 = 0.0
GO TO 313
312 X = D=AL(71)
Y = DIVAS(71)
41 = DFANG2(Y,X) * CORRCC
313 71 = 71 / LINHA(K1/10)
FMVAPO = COS(S(71)) * 10000
IF(FMVAPO .NE. 0.0) GO TO 314
M2 = 0.0
GO TO 315
314 X = D=AL(71) * 10000.
Y = DIVAS(71) * 10000.
M2 = DFANG2(Y,X) * CORRCC
315 K2 = K2 - 1
KT = K1/10
IF(K2 .EQ. 0) GO TO 321
*PIE(14,320) N.(NOME(N,KY),KY=1.5),K2,(NOME(K2,KY),KY=1.5),
* KCIRC(KT),NCIRC(KT),
VOL TPO,W1,FMVAPO,W2
320 FORMAT(2X,I4,2X,5A2,3X,I4,2X,5A2,2X,I1,3X,A2,T65,F6.3,I75,F7.2,
* T88,F8.1,3X,F7.2./)
GO TO 325
321 *PIE(14,322) N.(NOME(N,KY),KY=1.5),K2,KCIRC(KT),NCIRC(KT),VOL TPO,
FMVAPO,W2
* 41.
322 FORMAT(2X,I4,2X,5A2,3X,I4,2X,REFERENCIA',2X,I1,3X,A2,T65,

```

CTP03310  
CTP03320  
CTP03330  
CTP03340  
CTP03350  
CTP03360  
CTP03370  
CTP03380  
CTP03390  
CTP03400  
CTP03410  
CTP03420  
CTP03430  
CTP03440  
CTP03450  
CTP03460  
CTP03470  
CTP03480  
CTP03490  
CTP03500  
CTP03510  
CTP03520  
CTP03530  
CTP03540  
CTP03550  
CTP03560  
CTP03570  
CTP03580  
CTP03590  
CTP03600  
CTP03610  
CTP03620  
CTP03630  
CTP03640  
CTP03650  
CTP03660  
CTP03670  
CTP03680  
CTP03690  
CTP03700  
CTP03710  
CTP03720  
CTP03730  
CTP03740  
CTP03750  
CTP03760  
CTP03770  
CTP03780  
CTP03790  
CTP03800  
CTP03810  
CTP03820  
CTP03830  
CTP03840  
CTP03850

```

*
325 K1 = K000X1(1/10,M00K1,10)
330 T = 1
      KPAG = KPAG + 1
      WRITE(14,265) (TIT(M),M=1,40),KPAG,(TIT(M),M=41,80)
      WRITE(14,335)
335 FORMAT(1, T37,'SUBMATRIZ DE IMPEDANCIAS - NUMERO DA BARRA = ',
*14)
      DO 336 JJ=1,500
      KANTES(JJ) = 0
336 CONTINUE
      NUMERO(J) = M
      LOCAL(I) = K
340 KPR = -INVHAI(1/10,3-MD)(K1,10)
      IF(KRR.FO.0) GO TO 345
      IF(KANTES(KPR).FO.1) GO TO 345
      KANTES(KRR)=1
      I = I + 1
      NUMERO(I) = KPR
      LOCAL(I) = NO(NUMERO)(I)+1,13-1
      LLL=(I-1)*5
      DO 342 LLLL=1,5
      NOMEA(LLLL+LLLL) = VOME(KRR,LLLL)
342 CONTINUE
      IF(I .GE. 7) GO TO 350
345 K1 = K000X1(1/10,M0D(K1,10))
      IF(K1 .NE. 0) GO TO 340
      IF(I .FO. 0) GO TO 255
350 WRITE(14,355) (NUMERO(M),M=1,I)
355 FORMAT(1,1 X---PARAZAMENTO---X,7X,14,6(12X,14))
      M2 = I * 5
      WRITE(14,356) (NOMEA(M),M=1,M2)
356 FORMAT(1, M, VOME,6X,5A2,6(6X,5A2))
      M1 = M7
      WRITE(14,357) (TRACO(M),M=1,M1)
357 FORMAT(1,4---+-----+-----+7(2X,7A2))
      DO 360 L=1,I
      IF(LOCAL(L).ST.LOCAL(J)) GO TO 360
      ZARRAI(200,J) = ZARRAI(LOCAL(J),LOCAL(L))/(100.0,0.0)
      GO TO 370
360 ZARRAI(200,J) = ZARRAI(LOCAL(L),LOCAL(J))/(100.0,0.0)
370 CONTINUE
      M = (L-1) * 5 + 1
      M2 = M + 4
      WRITE(14,380) NUMERO(L),(NOMEA(M1),M1=M,M2),
      (ZARRAI(200,J),JJ=1,I)
*
380 FORMAT(1,1X,14,6X,5A2,T20,7(1X,F7.4,1X,F7.4))
390 CONTINUE
      I = 0
      GO TO 345

```

C\*  
C\*

CTP03860  
CTP03870  
CTP03880  
CTP03890  
CTP03900  
CTP03910  
CTP03920  
CTP03930  
CTP03940  
CTP03950  
CTP03960  
CTP03970  
CTP03980  
CTP03990  
CTP04000  
CTP04010  
CTP04020  
CTP04030  
CTP04040  
CTP04050  
CTP04060  
CTP04070  
CTP04080  
CTP04090  
CTP04100  
CTP04110  
CTP04120  
CTP04130  
CTP04140  
CTP04150  
CTP04160  
CTP04170  
CTP04180  
CTP04190  
CTP04200  
CTP04210  
CTP04220  
CTP04230  
CTP04240  
CTP04250  
CTP04260  
CTP04270  
CTP04280  
CTP04290  
CTP04300  
CTP04310  
CTP04320  
CTP04330  
CTP04340  
CTP04350  
CTP04360  
CTP04370  
CTP04380  
\*CTP04390  
\*CTP04400



```

590 IF(KALC.FO.0)GO TO 595
   K2=LINHA2
   GO TO 500
595 K2=LINHA1
   KX=NPARRA
   NPARRA=LINHA2
   GO TO 600
599 IF(KALC.FO.0)GO TO 595
   K2=LINHA1
   GO TO 500
596 K2=LINHA2
   KX=NPARRA
   NPARRA=LINHA1
   CONTINUE
*****
P# ESCOLHA DA IMPEDANCIA DA LINHA ONDE ESTAO LOCALIZ OS RELES
P#
599 NV = 0
   N=INITI(NPARRA+1)
605 K1=LINHA(N4/10,3-WD(N4,10))
   IF(K1=0,K2)GO TO 626
   N=CORR(LIN4/10,WD(N4,10))
   GO TO 525
596 Z1=LINHA(N4/10)
P#
*****
APTC = 5.93TC
WRITE(W,46.0)71,ARTC,PTP
IF(CARS(7)) N= 0.0) GO TO 627
FORMAT(3,IMPEDANCIA=F6.2,+,J,F6.2,*(PIK100)*,T73,R.T.C. =
1*.F6.1,*/5 A 3.T.2. = *.F6.1,*/ 1.*/A
WRITE(W,530)
530 FORMAT(1H,FRRO - IMPEDANCIA DA LINHA = (0.0,0.0))
   GO TO 510
527 IF(KALC.FO.1)GO TO 628
   JA=NPARRA+1,1)-1
   IA=NDI(1,1,1)-1
   GO TO 629
528 IA=NDI(NPARRA+1,1)-1
   JA=NDI(1,1,1)-1
*****
C#CALCULO DE CONTRIBUICAO DE CORRENTE PARA RELES DE 1A. E 2A. ZONA
*****
529 CONT=CARS(7)PARRA(JA,JA)-ZARRA(JA,IA)/(ZPARRA(JA,JA)*Z1)
   CONT1=.55773509.*CONT/10TNSA0
*****
C#CALCULO DE ALCANCES PRIMARIOS DOS RELES DE 1A. E 2A. ZONA
*****
CALC1=.85CARS(7)1*(TNSA0*TNSA0)/10000.
CALC2=.1.2*CARS(7)1*(TNSA0*TNSA0)/10000.
P71=DPFAL(71)
X7]=DIWAS(71)
AVG71 =DAT*V2(X71,PZ1)*CORREC
*****
CTP04960
CTP04970
CTP04980
CTP04990
CTP05000
CTP05010
CTP05020
CTP05030
CTP05040
CTP05050
CTP05060
CTP05070
CTP05080
CTP05090
CTP05100
*CTP05110
*CTP05120
CTP05130
CTP05140
CTP05150
CTP05160
CTP05170
CTP05180
CTP05190
*CTP05200
*CTP05210
CTP05220
CTP05230
CTP05240
CTP05250
CTP05260
CTP05270
CTP05280
CTP05290
CTP05300
CTP05310
CTP05320
CTP05330
CTP05340
CTP05350
CTP05360
CTP05370
*CTP05380
*CTP05390
CTP05400
CTP05410
CTP05420
*CTP05430
CTP05440
CTP05450
CTP05460
CTP05470
CTP05480
CTP05490
*****CTP05500

```



```

CPO5069
CPO5070
CPO5080
CPO5090
CPO5100
CPO5110
CPO5120
CPO5130
CPO5140
CPO5150
CPO5160
CPO5170
CPO5180
CPO5190
CPO5200
CPO5210
CPO5220
CPO5230
CPO5240
CPO5250
CPO5260
CPO5270
CPO5280
CPO5290
CPO5300
CPO5310
CPO5320
CPO5330
CPO5340
CPO5350
CPO5360
CPO5370
CPO5380
CPO5390
CPO5400
CPO5410
CPO5420
CPO5430
CPO5440
CPO5450
CPO5460
CPO5470
CPO5480
CPO5490
CPO5500
CPO5510
CPO5520
CPO5530
CPO5540
CPO5550
CPO5560
CPO5570
CPO5580
CPO5590
CPO5600

IF(K1.EQ.0).OR.(K1.EQ.2))GO TO 700
IF(LCPC(N1/10).EQ.1)NRL=1
K2 = K1
*****
CACHUADA DE SIRENINA PARA VERIFICAR SE HA DUPLICAÇÃO DE AJUSTE
*****
CALL DPLAJ
NRL=0
NN=0
IF(KANTES(K1).EQ.1)GO TO 700
*****
CACHUADA DAS SEGUNDAS BARRAS ADJACENTES EM INICIO(T) E LINHA(T,J)
*****
N2 = INIC(T)(K1 + 1)
570 K3 = LINHA(N2/10,3 - WDO(N2,10))
IF(K3.EQ.0).OR.(K3.EQ.K2).OR.(K3.EQ.NBARRAS)
* GO TO 690
CALL DPLAJ
NRL=0
NN=0
690 N2 = WDOXI(N2/10,WDO(N2,10))
IF(N2.NE.0) GO TO 670
700 N1 = WDOXI(N1/10,WDO(N1,10))
IF(N1.EQ.0) GO TO 710
GO TO 690
710 IF(L1.EQ.1) GO TO 730
IF(LICPIT.EQ.3) GO TO 510
WRITE(IH,720)
720 FORMAT(//,I37,'OBS- O PROGRAMA NAO EXECUTOU O CALCULO DO AJUSTE DO
RELE 21-31,//,I41,'VERIFIQUE SE A CONFIGURACAO DO SISTEMA ELETRICOCPO5350
* PERMITE 1,//,I41,'O AJUSTE DO RELE 21-3 OU SE O CRITERIO DE AJUSTE
*TE FOI ES-1,//,I41,'COLHIDO CORRETAMENTE')
IND=2
GO TO 750
730 IF(LICPIT.EQ.3)GO TO 510
735 IF(KVET.GT.0)GO TO 915
WRITE(IH,720)
IND=2
GO TO 750
*****
CRITERIO DE AJUSTE ESCOLHIDO
*****
315 IF(LICPIT.EQ.2)GO TO 920
*****
CACHUADA DO AJUSTE DO RELE 21-3 SEGUNDO CRITERIO 1
C*
CALL CAJ=VETAJ(1,2)
IF(KVET.EQ.1)GO TO 925
DO 930 KV=2,KVET
AJUSTE=VETAJ(KV,2)
CALL AJ=OMINI(AJUSTE,CAJ)
CONTINUE
IF(CALCAJ.EQ.VETAJ(1,2))GO TO 925
KV=KVET
DO 935 KV=2,KVET

```





```

DIMENSION NR(500,2),KEYS(0500)
DIMENSION _INHAI(500,2),KPROXI(500,2),KANTES(500)
DIMENSION ITT(80)
KEYS(1) = NR(1,2)
DO 10 I=2,NR1
KEYS(I) = NR(KEYS(I-1)+1,2)
10 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE IMPR2
*****
CHESTA SUBROTINA AUXILIA O PROGRAMA PRINCIPAL NA IMPRESSAO DA MATRIZ DE
C*IMPODANCIA VODAL
C#SUBROTINA JEILHADA-IMPR2
*****
COMMON ZPARA,ZLINHA,MP,MO,LP,KI,NJ,KEYS
* ,NR1,K3,I,K,NA,KK,IA,KR,J,LI,L2
* ,KNT,C3,NRARA,71,LI,LJ,KANTES,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI
* ,LINHA1,LINHA2
* ,FNSAO,CONTI,NQUWY,CALC1,CALC2,ITT,ICRIT,KX,RYC,RTD,IND,ITIP,
* MPL,KEL,XTAB,ISWNG,F13,CONTI,CONT3,IMPI
COMMON EX#16,ZARRAI(200,200),ZLINHA(500),Z1
REAL*8 CALCAJ
REAL*8 CALC1,CALC2
REAL*8 CONT1,CONT3,F13
DIMENSION KEYS(500),V0(500,2)
DIMENSION _INHAI(500,2),INICIO(500),KPROXI(500,2),KANTES(500)
DIMENSION ITT(80)
DO 10 J=1,CR
LI = (J-1)*CC + 1
LP = J * CC
CALL IMPR2
CONTINUE
IF(KOR.LF. 0) RETURN
LI = LP + 1
J = KR + 1
LP = NR1
CALL IMPR2
RETURN
END

SUBROUTINE IMPR2
*****
CHESTA SUBROTINA AUXILIA A SUBROTINA IMPR1 NA IMPRESSAO DA MATRIZ DE
C*IMPODANCIA VODAL
C#SUBROTINA IMPR2
*****
COMMON ZPARA,ZLINHA,MP,MO,LP,KI,NJ,KEYS
* ,NR1,K3,I,K,NN,KK,IA,KPB,J,LI,L2
* ,KNT,C3,NRARA,Z1,LI,LJ,KANTES,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI
* ,LINHA1,LINHA2
* ,FNSAO,CONTI,NQUWY,CALC1,CALC2,ITT,ICRIT,KX,RYC,RTD,IND,ITIP,
* MPL,KEL,XTAB,ISWNG,F13,CONT1,CONT3,IMPI
COMMON EX#16,ZARRAI(200,200),ZLINHA(500),Z1
REAL*8 CALCAJ
REAL*8 CALC1,CALC2
REAL*8 IMAG

```

- CFP07710
- CFP07720
- CFP07730
- CFP07740
- CFP07750
- CFP07760
- CFP07770
- CFP07780
- CFP07790
- CFP07800
- CFP07810
- CFP07820
- CFP07830
- CFP07840
- CFP07850
- CFP07860
- CFP07870
- CFP07880
- CFP07890
- CFP07900
- CFP07910
- CFP07920
- CFP07930
- CFP07940
- CFP07950
- CFP07960
- CFP07970
- CFP07980
- CFP07990
- CFP08000
- CFP08010
- CFP08020
- CFP08030
- CFP08040
- CFP08050
- CFP08060
- CFP08070
- CFP08080
- CFP08090
- CFP08100
- CFP08110
- CFP08120
- CFP08130
- CFP08140
- CFP08150
- CFP08160
- CFP08170
- CFP08180
- CFP08190
- CFP08200
- CFP08210
- CFP08220
- CFP08230
- CFP08240
- CFP08250

```

REAL*8 CONTI,CONT3,FI3
DIMENSION N3(500,2),KEYS(500)
DIMENSION KNTA(500,2),INICIO(500),KPROXI(500,2),KANTES(500)
DIMENSION ZIWAG(12),B(07)
DIMENSION TIT(80)
DATA B/7*,*
      F(0,7) GO TO 60
      WRITE(14,05) (TIT(I),L=1,40)
05 FORMAT(1H)T21,40A2,/)
      WRITE(14,10) I,J,(KEYS(I),L=1,L2)
10 FORMAT(14I,53HIMPRESSAO DA MATRIZ 7. 085. SO EXISTE REATANCIACTP0360
      * (J),/ ,F103,5HMA3. ,I3,8H PARTE ,I3,TI26,1H,/,T7,12(I3,7X),
      * /,T6,12(I64+----+,4X),/)
      DO 50 N=1,K
      N3 = NV + N
      N4 = 0
      DO 20 NI=L1,L2
      N5 = N4 + 1
      ZIWS(N4) = DIMAG(7PARRA(N3,N1))
20 CONTINUE
      WRITE(14,30) (KEYS(N3),ZIWAG(L),L=1,N4)
30 FORMAT(1X,I3,T6,12(F6.3,4X),/)
40 CONTINUE
      WRITE(14,50)
50 FORMAT(126,0000)
      RETURN
60 WRITE(14,05)
      WRITE(14,70) I,J,(KEYS(L),L=L1,L2)
70 FORMAT(14I,70,IMPRESSAO DA MATRIZ 7. IMPED. = R + JX EM POR
      * ENTRO,/,
      * T109,5HPAG. ,I3,8H PARTE ,I3,TI32,1H,/,/
      * T12,I3,6I15X,I3,/,T6,7I16H+-----+,2X),/)
      IF(L2-L1-6.FO. 0) GO TO 77
      WRITE(14,75) (R(L),L=L1,L2)
75 FORMAT(/,T6,7(I16H+-----+,A2))
      WRITE(14,78)
78 FORMAT(1X)
      DO 90 N=1,K
      N3 = NV + N
      WRITE(14,80) (KEYS(N3),ZRAPRA(N3,L),L=L1,L2)
80 FORMAT(1X,I3,T6,7(F7.3,2X,F7.3,2X),/)
      IF(L2-L1-6.FO. 0) GO TO 90
      WRITE(14,78)
90 CONTINUE
      WRITE(14,100)
100 FORMAT(132,1H)
      RTJOP
      END
      SJOBOTINE RADIAL
      *****
      CESTA SUBOTINA PROCESSO LINHAS DO TIPO RADIAL
      *****
      COMMON 7PARRA,7IYNHA,MP,MO,LP,KI,NO,KEYS
      *NPI,K9,I,6,NV,KK,IA,K9B,J,LI,L2
      * ,KNT,CA,NRARA,7I,LI,LJ,KNTFS,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI

```

CTP03260  
 CTP03270  
 CTP03280  
 CTP03290  
 CTP03300  
 CTP03310  
 CTP03320  
 CTP03330  
 CTP03340  
 CTP03350  
 CTP03360  
 CTP03370  
 CTP03380  
 CTP03390  
 CTP03400  
 CTP03410  
 CTP03420  
 CTP03430  
 CTP03440  
 CTP03450  
 CTP03460  
 CTP03470  
 CTP03480  
 CTP03490  
 CTP03500  
 CTP03510  
 CTP03520  
 CTP03530  
 CTP03540  
 CTP03550  
 CTP03560  
 CTP03570  
 CTP03580  
 CTP03590  
 CTP03600  
 CTP03610  
 CTP03620  
 CTP03630  
 CTP03640  
 CTP03650  
 CTP03660  
 CTP03670  
 CTP03680  
 CTP03690  
 CTP03700  
 CTP03710  
 CTP03720  
 CTP03730  
 CTP03740  
 \*\*\*\*\*CTP03750  
 \*CTP03760  
 \*\*\*\*\*CTP03770  
 \*\*\*\*\*CTP03780  
 CTP03790  
 CTP03800



```

DEAL*8 CONV1,CONV2,FI3
DIMENSIV M(500,2),KEYS(500)
DIMENSIV MVHA(500,2),INICIO(500),KPROXI(500,2),KANTES(500)
DIMENSIV TIT(PO)
*****
CAPROCESSAMENTO DE LINHA TIPO FECHA MALHA OUF CONTEM BARRA DE REFERENCIACTP03400
*****
TE(M) .NE. 1) 67 13 20
M = MP - 1
LINK = M + 1
DO 1) I=1,M
  ZARRA(LINK,I) = ZARRA(M,I)
10 CONTINUE
  ZARRA(LINK,LINK) = ZARRA(M,M) + ZLINHA(LP / IO)
  GO TO 50
*****
CAPROCESSAMENTO DE LINHA TIPO FECHA MALHA NAO CONTENDDO BARRA DE REFE
CERENCIA
*****
20 M = MP - 1
N = MO - 1
LINK = M + 1
DO 30 I=1,N
  ZARRA(LINK,I) = ZARRA(M,I) - ZARRA(N,I)
30 CONTINUE
  J = N + 1
  DO 40 I=J,M
    ZARRA(LINK,I) = ZARRA(M,I) - ZARRA(I,N)
40 CONTINUE
  ZARRA(LINK,LINK) = ZARRA(LINK,M) - ZARRA(LINK,N) +
  * ZLINHA(LP / IO)
50 CONTINUE
  DO 70 I=1,M
    ZAJX = ZARRA(LINK,I) / ZARRA(LINK,LINK)
    DO 60 J=1,I
      ZARRA(I,J) = ZARRA(I,J) - ZAJX * ZARRA(LINK,J)
60 CONTINUE
70 CONTINUE
  RETRN
END
SJOBOUTIVE PPLAJ
*****
CESTA SUBPOITIVA VERIFICA SE UMA DETERMINADA BARRA PESQUISADA JA FOI
CAPROCESSAMENTO F CALCULADA A IMPEDANCIA APARENTE VISTA PELO RELF DE
CATERGOTIPA ZARRA
C*SUBROTINAS UTILIZADAS=CVTAP,PCAJ
*****
C*MODN ZARRA,ZLINHA,MP,MO,LP,KI,NO,KEYS
* .NPL,KR,I,K,VN,KK,IV,KR,J,LI,L2
* .KNT,C3,ZARRA,ZI,LI,LJ,KANTES,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI
* .LINHA,LINHA2
* .FENSAO,CONVI,NJMMY,CALCI,CALC2,TIT,ICRIT,KX,RTC,RTP,IND,ITIP,
* NPL,KR,I,KTAB,ISWING,FE3,CONT3,IMP1
CTP03400 ZARRA(200,200),ZLINHA(500),ZI
DEAL*8 CALCAJ
CTP03360
CTP03370
CTP03380
CTP03390
CTP03400
CTP03410
CTP03420
CTP03430
CTP03440
CTP03450
CTP03460
CTP03470
CTP03480
CTP03490
CTP03500
CTP03510
CTP03520
CTP03530
CTP03540
CTP03550
CTP03560
CTP03570
CTP03580
CTP03590
CTP03600
CTP03610
CTP03620
CTP03630
CTP03640
CTP03650
CTP03660
CTP03670
CTP03680
CTP03690
CTP03700
CTP03710
CTP03720
CTP03730
CTP03740
CTP03750
CTP03760
CTP03770
CTP03780
CTP03790
CTP03800
CTP03810
CTP03820
CTP03830
CTP03840
CTP03850
CTP03860
CTP03870
CTP03880
CTP03890
CTP03900

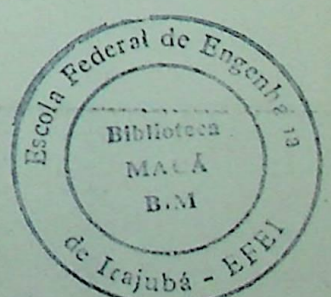
```

```

CFP03910
CFP03920
CFP03930
CFP03940
CFP03950
CFP03960
CFP03970
CFP03980
CFP03990
CFP10000
CFP10010
CFP10020
CFP10030
CFP10040
CFP10050
CFP10060
CFP10070
CFP10080
CFP10090
CFP10100
CFP10110
CFP10120
CFP10130
CFP10140
CFP10150
CFP10160
CFP10170
CFP10180
CFP10190
CFP10200
CFP10210
CFP10220
CFP10230
CFP10240
CFP10250
CFP10260
CFP10270
CFP10280
CFP10290
CFP10300
CFP10310
CFP10320
CFP10330
CFP10340
CFP10350
CFP10360
CFP10370
CFP10380
CFP10390
CFP10400
CFP10410
CFP10420
CFP10430
CFP10440
CFP10450

REAL#0 CALC1,CALC2
REA.#0 CONT1,CONT3,FI3
DIMENSION NL(40)
DIMENSION LINHA(500,2), INICIUM(500,2), KANTES(500)
DIMENSION VJ(500,2), KEYS(1050)
MO=03
IF(K1.NE.0)GO TO 13
IF(KANTES(K1).NE.1)GO TO 5
*****
*CHAMADA DA SUBROTINA QUE VERIFICA SE A BARRA PESQUISADA E UM PONTO
*CENTRAL DE ENROLAMENTO DE TRANSFORMADOR
*****
CALL CNTAP
GO TO 15
IF(KONT1.NE.0)GO TO 10
IF 2 = 0
GO TO 35
10 IF 1 = 1
IF 2 = KONT1
GO TO 25
13 IF(KANTES(K3).EQ.1)CALL CNTAP
15 IF(KONT.NE.20)GO TO 20
IF 2 = 20
GO TO 35
20 IF 1 = 21
IF 2 = KONT
*****
*PESQUISA DA EXISTENCIA DA BARRA NO VETOR QUE GUARDA AS BARRAS JA CUR-
*SORCIRCUITADAS
*****
25 DO 30 II=1,12
IF(NL(II).EQ.K3)RETURN
30 CONTINUE
35 NL(12 + 1) = K3
IF(K1.NE.03)GO TO 40
KONT1 = KONT1 + 1
GO TO 45
40 KONT = KONT + 1
*****
*CHAMADA DA SUBROTINA QUE CALCULA OS AJUSTES DO RELF 21-3 PARA CADA
*UMA DAS BARRAS ADJACENTES PESQUISADAS
*****
45 CALL PCAJ
RFTJRN
END
SUBROUTINE CNTAP
*****
*ESTA SUBROTINA ESCOLHE QUAL A BARRA LIGADA AO PONTO CENTRAL DO ENRO
*CLAMENTO DO TRANSFORMADOR DE 3 ENROLAMENTOS QUE VAI SER FALTADA
*****
COMMON ZAPRA,ZLINHA,MP,MO,LP,KI,NO,KEYS
*NOI,K3,I,C,N,KK,IK,CQB,J,LI,L2
* KONT,K3,MPARA,Z1,LI,LJ,KANTES,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI
* LINHA1,LINHA2

```



```

* TENSÃO,CONT1,NDJMY,CALC1,CALC2,TIT,ICRIT,KX,RTC,RTP,IND,IITP, CIP10460
* NPL,KRL,KTAB,ISHING,FT3,CONT1,CONT3,IMPI CIP10470
CJMPLEX#16 7RARRA(200,200),ZLINHA(500),71
REAL#8 CALCAJ CIP10480
REAL#8 CALC1,CALC2 CIP10500
REAL#8 CONT1,CONT3,FI3 CIP10510
DIMENSION LINHA(500,2),INICIO(500),KPROXI(500,2),KANTES(500) CIP10520
DIMENSION V(10500,2),KEYS(10500) CIP10530
DIMENSION L(2,2) CIP10540
DIMENSION IIT(10) CIP10560
NV = 1 CIP10570
IT = 0 CIP10580
N = INICIO(3 + 1) CIP10590
10 KA = LINHA(N/10, 3 - MOD(N,10)) CIP10600
IF((KA .EQ. K1) .OR. (KA .EQ. NPARRA)) GO TO 20 CIP10610
IF((I .NE. 0) GO TO 15 CIP10620
IT = 1 CIP10630
***** CIP10640
CERCIADO DE IM VETOR L(2,2) PARA ARMAZENAR NUMEROS DAS BARRAS E RES- CIP10650
PECTIVAS IMPEDANCIAS DO TRANSFORMADOR CIP10660
***** CIP10670
L(1,1) = V/10 CIP10680
L(1,2) = KA CIP10690
GO TO 20 CIP10700
15 L(2,1)=V/10 CIP10710
L(2,2) = KA CIP10720
GO TO 30 CIP10730
20 N = KPROXI(N/10,MOD(N,10)) CIP10740
IF(N .NE. 0) GO TO 10 CIP10750
IF(I .NE. 2) GO TO 40 CIP10760
***** CIP10770
C ESCOLHA DA BARRA LIGADA AO PONTO CENTRAL DO ENROLAMENTO QUE VAI SER CIP10780
RECURTIZADA CIP10790
***** CIP10800
30 IF(DIMAG(ZLINHA(L(1,1))) .LT. DIMAG(ZLINHA(L(2,1)))) GO TO 40 CIP10810
K3 = L(2,2) CIP10820
RETRN CIP10830
40 K3 = L(1,2) CIP10840
RETRN CIP10850
END CIP10860
SUBROUTINE PCAJ CIP10870
***** CIP10880
C ESTA SUBROTINA CALCULA E IMPRIME OS AJUSTES DE TODAS AS PRIMEIRAS E CIP10890
PASCUNHAS BARRAS ADJACENTES CIP10900
***** CIP10910
COMMON 7PARRA,ZLINHA,MP,MO,LP,KI,NO,KFYS CIP10920
* NPL,K3,I,K,VA,KK,IM,KRB,J,LI,L2 CIP10930
* KANT,C3,VPARRA,7I,LI,LJ,KANTES,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI CIP10940
* LINHA1,LINHA2 CIP10950
* TENSÃO,CONT1,NDJMY,CALC1,CALC2,TIT,ICRIT,KX,RTC,RTP,IND,IITP, CIP10960
* NPL,KRL,KTAB,ISHING,FT3,CONT1,CONT3,IMPI CIP10970
COMMON VETAJ,NVETAJ,KVET CIP10980
CJMPLEX#16 7RARRA(200,200),ZLINHA(500) CIP10990
CJMPLEX#16 7I,72,73,FMVA,VOLTI CIP11000
CJMPLEX#16 V(1)

```

```

REAL#9 CALCAJ,AJUSTE
REAL#9 CALCI,CALC2
REAL#9 PFI,XFI
REAL#9 CONT,F1
REAL#9 CONTI,CONTI,F13
DIMENSION VETAJ(20,4),VETAJ(20)
DIMENSION N(10500,2),CFYS(0500)
DIMENSION TVHA(500,2),INIC(1500),XPROXI(500,2),KANTES(500)
DIMENSION IT(10)
CORREC = 180./3.14
KEPR=0
C*****
CALCULO DA CONFIABILIDADE DE CORRENTE NO RELF 21-3
C*****
LK = N/(K+1) - 1
72 = ZBARRA(LK,LK) * 71
IF(LJ .LE. LK) GO TO 10
73 = ZBARRA(LJ,LK) / 72
GO TO 20
10 73 = ZBARRA(LK,LJ) / 72
20 IF(LI .LE. LK) GO TO 30
FVA = 73 - ZBARRA(LI,LK) / 72
VOLTJ = (1.0,0.0) - (ZBARRA(LI,LK)/ZBARRA(LK,LK))
VOLTJ = (1.0,0.0) - (ZBARRA(LJ,LK)/ZBARRA(LK,LK))
GO TO 40
30 FVA = 73 - ZBARRA(LI,LJ) / 72
VOLTJ = (1.0,0.0) - (ZBARRA(LK,LI) / ZBARRA(LK,LK))
VOLTJ = (1.0,0.0) - (ZBARRA(LK,LJ) / ZBARRA(LK,LK))
40 CONF = .55773500.#CDARS(FVA)/TENSAD
C*****
CATEGORIE DE EXISTENCIA DE FONTE DE CURTO CIRCUITO
C*****
IF(CONT.LT.4.) GO TO 120
2FI = DREAL(ZBARRA(LK,LK))
XFI = DIMAG(ZBARRA(LK,LK))
FI = DATAN2(XFI,2FI)/CORREC
IF (XV.F0.0)GO TO 37
L2 = NOT(X+1) - 1
VOLTJ=(1.0,0.0) - (ZBARRA(L7,LK)/ZBARRA(LK,LK))
LT = N2 (NPARPA + 1, 1) - 1
VOLTJ = (1.0,0.0) - (ZBARRA (LT,LK)/ ZBARRA(LK,LK))
C*****
CATEGORIE DE QUARTIZACAO DO RELF 21-3
C*****
IF(CDARS(VOLTJ),LT,CDARS(VOLTJ)) GO TO 135
C*****
CALCULO DE ALCANCE PRIMARIO DO RELF 21-3
C*****
AJUSTE = ( CDARS(VOLTJ/FVA) + CDARS(71) )*(ITENSAD *TENSAD* 0.0001)CTP11490
GO TO 38
135 KEPR=1
AJUSTE = ( CDARS(VOLTJ/FVA) - CDARS(21) )*(ITENSAD*TENSAD*0.0001)
GO TO 36
37 IF(CDARS(VOLTJ),LT,CDARS(VOLTJ)) KEPR = 1
AJUSTE = CDARS(VOLTJ/FVA) * (TENSAD * TENSAD * 0.0001 )

```

CTP11010  
CTP11020  
CTP11030  
CTP11040  
CTP11050  
CTP11060  
CTP11070  
CTP11080  
CTP11090  
CTP11100  
CTP11110  
CTP11120  
CTP11130  
CTP11140  
CTP11150  
CTP11160  
CTP11170  
CTP11180  
CTP11190  
CTP11200  
CTP11210  
CTP11220  
CTP11230  
CTP11240  
CTP11250  
CTP11260  
CTP11270  
CTP11280  
CTP11290  
CTP11300  
CTP11310  
CTP11320  
CTP11330  
CTP11340  
CTP11350  
CTP11360  
CTP11370  
CTP11380  
CTP11390  
CTP11400  
CTP11410  
CTP11420  
CTP11430  
CTP11440  
CTP11450  
CTP11460  
CTP11470  
CTP11480  
CTP11490  
CTP11500  
CTP11510  
CTP11520  
CTP11530  
CTP11540  
CTP11550







```

105 IF(KANTES(Y),EQ,0,RR,KERR,EO,1) GO TO 120
C*****
C*CALCULO DO MENOR ALCANCE PRIMARIO DOS TRANSFORMADORES LIGADOS A LT
C*ONDE ESTAO LIGADOS OS RELES A SEREM AJUSTADOS
C*****
IF(KRR,EO,1)GO TO 110
CALC2 = AJUSTE
KRR = 1
GO TO 120
110 CALC2 = DMVHCALC2,AJUSTE)
120 KERR = 0
RETURN
END
REA, FUNCTION DIMAG*8(CMPLEX)
COMPLX*16 CMPLEX
COMPLX*8 SMPLEX
SMPLEX*CMPLX
DIMAG=AIMAG(SMPLEX)
RETURN
END
REA, FUNCTION DREAL*8(CMPLEX)
COMPLX*16 CMPLEX
COMPLX*8 SMPLEX
SMPLEX=CMPLX
DREAL = REAL(SMPLEX)
RETURN
END
REA, FUNCTION DTANG*8(Y,X)
REAL*8 Y,X,7E93
DATA 7E9 /50-17/
IF(CAPSI(X)-7E93)5,4,4
5 IF(DARS(Y)-7E93)1,4,4
4 CONTINUE
DTANG2=DATA2(Y,X)
GO TO 2
1 DTANG2=7E97
2 RETURN
END
SUBROUTINE KD
COMMON 7RARRA,ZLINHA,MP,MO,LP,KI,NO,KEYS
*NOI,KR,I,K,NN,KK,TK,KRR,J,LL,L2
*CONT,K3,NARRA,Z1,LI,LJ,KANTES,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI
*LINHA1,LINHA2
*FENSAO,CONT1,NJIMY,CALC1,CALC2,TIT,ICRIT,KX,RTC,RTP,IND,ITIP,
*NP,KT,CTAR,ISHING,FI3,CONT1,CONT3,IMPI
DIMENSION ATAP(13,11,3),AZAUX(2),ZONA(4),S(11,3),T(11,3),AM(13,3),
JALIT(3),AR(13,3),TARFLA(18,3),LR(13,3)
COMPLX*16 7RARRA(200,200),ZLINHA(500),Z1
DIMENSION JNHA(0500,2),INICIO(0500),KPROXI(0500,2),KANTES(0500),
*NT(0500,2),KFYS(0500),TIT(80)
REAL*8 CALCAJ,CALC1,CALC2,PZLT,XZLT,AZ,ANG
REAL*8 CONT1,CONT3,FI3
DATA LEFT,IM9/5,6/
CONT1=180./3,141 50
IF(CTAP,EO,0)GO TO 30

```

CTP13210  
CTP13220  
\*CTP13230  
\*CTP13240  
CTP13250  
CTP13260  
CTP13270  
CTP13280  
CTP13290  
CTP13300  
CTP13310  
CTP13320  
CTP13330  
CTP13340  
CTP13350  
CTP13360  
CTP13370  
CTP13380  
CTP13390  
CTP13400  
CTP13410  
CTP13420  
CTP13430  
CTP13440  
CTP13450  
CTP13460  
CTP13470  
CTP13480  
CTP13490  
CTP13500  
CTP13510  
CTP13520  
CTP13530  
CTP13540  
CTP13550  
CTP13560  
CTP13570  
CTP13580  
CTP13590  
CTP13600  
CTP13610  
CTP13620  
CTP13630  
CTP13640  
CTP13650  
CTP13660  
CTP13670  
CTP13680  
CTP13690  
CTP13700  
CTP13710  
CTP13720  
CTP13730  
CTP13740  
CTP13750

```

*****CTP13760
CALCULA DAS TABELAS DE AJUSTES DOS RELES KD-10 F KD-11
*****CTP13770
*****CTP13780
DO 10 4=1,3
  READ(LFIT,500)(TABFLA(I,K),I=1,18)
500 FORMAT(18A4)
DO 20 J=1,11
  20 READ(LFIT,501)(IATA3(I,J,K),I=1,13)
501 FORMAT(13F6.3)
  READ(LFIT,501)(SII,K),I=1,11)
  READ(LFIT,501)(I(I,K),I=1,11)
  READ(LFIT,501)(AM(I,K),I=1,13)
  READ(LFIT,501)(AL(I,K),I=1,13)
  READ(LFIT,501)(AP(I,K),I=1,13)
  READ(LFIT,513)(LR(I,K),I=1,13)
513 FORMAT(13I6)
10 CONTINUE
  KTAB=0
  GR TO 412
30 NPEL=0
*****CTP13960
C*EXPRESSAO DO CALCULO DO LAYOUT DE SAJDA
*****CTP13970
  APIF(IMD,1)
  1 F094ATTC66,1+,25(1-),+,T76,+,18(1-),/.
  1T4,1+----+,T13,1+,7(1-),+,T25,+-+---+,T34,1+,7(1-),T53,
  2+A J U S F S,T77,ALCANCE SECUNDARIO,T99,+,12(1-),+,
  3T116,+,8(1-),+,/.
  4T5,7ONA,114,UNIDADE,T26,RELE,T36,FAIXA,T47,ANGULO,T92,
  5104MS,T100,CONTABIL,MIN,T117,TEMP(S),/,
  6T3,+(4MS),T47,(3RAUS),T56,+,S,T62,+,T69,+,T77, AJUSTADO
  7DFSEJAD,T102,(AMP,1,/)
*****CTP14070
C*CALCULO DOS VALORES SECUNDARIOS NOMEIS
*****CTP14100
  CONT1=CONT1/RTC
  CONT3=CONT3/RTC
  CONT2=CONT1
  F12=DARS(F13)
  J1=)
  A7=ALC1
  A7=A7+TC/RTC
  ZULT=DREAL(71)
  XZLT=DIVAG(71)
  ANG=DATAN2(XZLT,RZLT)
*****CTP14210
C*TESTE DO TIPO DE ALCANDE DOS RELES KD
*****CTP14220
  IF(ITP,GT,11160 TO 250
  7LIM=1.5
*****CTP14250
C*CALCULO DOS AJUSTES DO RELF DE 1A, 7ONA KD-10 - ALCANDE 0-2-4-35 OHMS
*****CTP14260
*****CTP14270
*****CTP14280
  K=1
  APIF(IMD,507)
*****CTP14300

```

```

507 FOMATI,T5,11,T16,2F,T25,10,10,T34,10,20-4,35)
F(AVS,T,0,87266)G T) 120
AMTF=1.30800
AMT3E=1.04720
140 JJ=7
40 F(AZS,LT,ZLIM)J=1
*****
COPROCESSA DAS TABELAS DE AJUSTE
*****
00 50 J=JJ,11
00 50 I=1,13
F(AZS-ATAR(I,J,K))60,70,70
70 AZS=AZS+1.
50 CONTINJE
I=13
J=11
40 ATAR=ATAR(I,J,K)
SS=5(J,K)
TT=T(J,K)
AMM=AM(I,K)
ALL=ALL(I,K)
PR=AP(I,K)
LLR=LR(I,K)
F(JJ,50,1)G TO 180
F(AMTCC-1.30899)150,110,110
110 NRFL=NRFL+1
AMTF=AMTF*CR31
AMT3E=AMT3E*CR31
*****
CIMPRESSAO DOS AJUSTES DAS UNIDADES FASE-FASF F TRIFASICA - 1A. ZONA
*****
505 FOMATI(H,T,47,F5,2,/)
1F55,F3,1,T60,F5,2,T67,F6,2,T78,F6,2,T88,F6,2)
F(INPE,F0,3)RIT(I)MP,555)CNT3,AMT3F
F(INRE,F0,2)RIT(I)MP,545)CNT2,AMT3F
F(INRE,F0,1)RIT(I)MP,535)CNT1,AMT3F
F3R4AT(I,H,T,102,F7,2,T118,INST,1,T14,3F,T47,F5,2,/)
535 FOMATI(H,T,102,F7,2,T119,10,40,/,T16,3F,T47,F5,2,/)
545 FOMATI(H,T,102,F7,2,T119,10,75,/,T16,3F,T47,F5,2,/)
555 F(INPEL-IND)190,400,400
120 AMTF=1.04720
AMT3E=1.78540
AZS=1.11535*AZS
GN TO 140
170 AZS=1.009074*AZS
GN TO 140
150 AMTF=AMTF*CR31
*****
CIMPRESSAO DOS AJUSTES DA UNIDADE FASE-FASE - 1A. ZONA
*****
AZIT F(IMP,515)AMTFF,SS,TT,AMM,AZTAB,AZS
515 FOMATI(H,T,47,F5,2,T55,F3,1,T60,F5,2,T67,F4,2,
1T78,F6,2,T88,F6,2)
JI=1

```

```

CTP14310
CTP14320
CTP14330
CTP14340
CTP14350
CTP14360
CTP14370
CTP14380
CTP14390
CTP1440
CTP14420
CTP14430
CTP14440
CTP14450
CTP14460
CTP14470
CTP14480
CTP14490
CTP14500
CTP14510
CTP14520
CTP14530
CTP14540
CTP14550
CTP14560
CTP14570
CTP14580
CTP14590
CTP14600
CTP14610
CTP14620
CTP14630
CTP14640
CTP14650
CTP14660
CTP14670
CTP14680
CTP14690
CTP14700
CTP14710
CTP14720
CTP14730
CTP14740
CTP14750
CTP14760
CTP14770
CTP14780
CTP14790
CTP14800
CTP14810
CTP14820
CTP14830
CTP14840
CTP14850

```



```

CTP15410
CTP15420
CTP15430
CTP15440
CTP15450
CTP15460
CTP15470
CTP15480
CTP15490
CTP15500
CTP15510
CTP15520
CTP15530
CTP15540
CTP15550
CTP15560
CTP15570
CTP15580
CTP15590
CTP15600
CTP15610
CTP15620
CTP15630
CTP15640
CTP15650
CTP15660
CTP15670
CTP15680
CTP15690
CTP15700
CTP15710
CTP15720
CTP15730
CTP15740
CTP15750
CTP15760
CTP15770
CTP15780
CTP15790
CTP15800
CTP15810
CTP15820
CTP15830
CTP15840
CTP15850
CTP15860
CTP15870
CTP15880
CTP15890
CTP15900
CTP15910
CTP15920
CTP15930
CTP15940
CTP15950

IF(INDF,FO,2)WRITE(I,545)CNT2,AMT3F
IF(INDF,FO,1)WRITE(I,535)CNT1,AMT3F
IF(I,FO,1)GOTO 280
IF(ITIP,FO,12)GO TO 270
IF(INDF,IND)230,400,400
*****
CALCULO DOS AJUSTES D0 RELE DE 3A. 70NA KD-11 - ALCANCE 0.2-4.35 OHMS*CTP15470
*****
230 IF(IND,FO,2)GO TO 412
A7S=CALCAJ*PTC/PTD
A7TE(TMP,509)
FORWAT(I,15,13,116,12F,125,10.20-4.35)
GO TO 260
250 IF(ITIP,FO,13)GO TO 330
*****
CALCULO DOS AJUSTES D0 RELE DE 1A. 70NA KD-10-ALCANCE 0.75-21.2 OHMS *CTP15560
*****
<=2
IF(ANG,GT,1.13444)GO TO 260
AANG=1.30800-ANG
A7S=A7S/COS(AANG)
260 7L14=7.77
A7TE(TMP,517)
FORWAT(I,16,11,116,12F,125,10.75-21.2)
GO TO 260
*****
CALCULO DOS AJUSTES D0 RELE DE 2A. 70NA KD-10 - ALCANCE .75-21.2 OHMS*CTP15670
*****
270 IF(IND,FO,1) GO TO 412
A7S=CALC*PTC/PTD
A7TE(TMP,518)
FORWAT(I,16,12,116,12F,125,10.75-21.2)
JI=JI+1
GO TO 260
*****
CALCULO DOS AJUSTES D0 RELE DE 3A. 70NA KD-11 - ALCANCE .75-21.2 OHMS*CTP15760
*****
280 IF(IND,FO,2)GO TO 412
A7S=CALCAJ*PTC/PTD
A7TE(TMP,519)
FORWAT(I,16,13,116,12F,125,10.75-21.2)
JI=JI+1
350 IJ=7
IF(A7S,LT,7L14)IJ=1
DO 320 J=IJ,11
DO 320 I=1,13
IF(A7S-ATAB(I,J))310,300,300
300 A7S=A7S*I
320 CONTINUE
I=13
J=11
310 A7TAB=ATAB(I,J,K)
SS=SI(J,K)
TT=T(J,K)
AMH=AM(I,K)

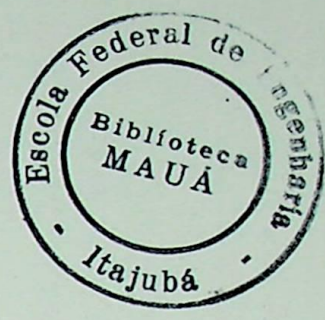
```

```

ALL=ALIT,K)
PO=AP(I,K)
LLR=LPII,X)
NPFL=NPFL+1
AMTF=75
AMTF=75
*****
C#IMPRESSAO DOS AJUSTES DO RELE DE 3A. 70VA
*****
#CTP15030
*****CTP15040
CTP15050
CTP15060
CTP15070
CTP15080
CTP15090
CTP15100
CTP15110
CTP15120
CTP15130
CTP15140
CTP15150
CTP15160
CTP15170
CTP15180
CTP15190
CTP15200
CTP15210
CTP15220
CTP15230
CTP15240
CTP15250
CTP15260
CTP15270
CTP15280
CTP15290
CTP15300
CTP15310
CTP15320
CTP15330
CTP15340
CTP15350
CTP15360
CTP15370
CTP15380
CTP15390
CTP15400
CTP15410
CTP15420
CTP15430
CTP15440
CTP15450
CTP15460
CTP15470
CTP15480
CTP15490
CTP15500

```

390 LEVRE.-IND)300,400,400  
C#CALCULO DOS AJUSTES DO RELE DE 1A. 70VA KD-10 - ALCANCE 1.3-36.6 OHMS\*CTP15140  
\*\*\*\*\*CTP15150  
390 LEVRE.-IND)300,400,400  
AMTF=75  
AVTF=75  
IF(AVG.GI.1.13446)G7 TO 340  
AANG=1.30899-AVG  
AVS=AVS/COS(AANG)  
340 ZLTA=12.2  
401F(IMP,577)  
527 FORMAT(I,T6,'1',T16,'2F',T25,'KD-10',T34,'1.30-36.6')  
G7 TO 350  
C#CALCULO DOS AJUSTES DO RELE DE 2A. 70VA KD-10 - ALCANCE 1.3-36.6 OHMS\*CTP15270  
\*\*\*\*\*CTP15280  
360 LEVRE.-IND)300,400,400  
AVS=AVS/COS(AANG)  
401F(IMP,528)  
528 FORMAT(I,T6,'2',T16,'2F',T25,'KD-10',T34,'1.30-36.6')  
JI=JI+1  
G7 TO 350  
370 LEVRE.-IND)375,400,400  
C#CALCULO DOS AJUSTES DO RELE DE 3A. 70VA KD-11 - ALCANCE 1.3-36.6 OHMS\*CTP15370  
\*\*\*\*\*CTP15380  
375 LEVRE.-IND)375,400,400  
AVS=AVS/COS(AANG)  
401F(IMP,529)  
529 FORMAT(I,T6,'3',T16,'2F',T25,'KD-11',T34,'1.30-36.6')  
JI=JI+1  
G7 TO 350  
400 CONTINJE  
LEVRE.-IND)375,400,400  
401F(IMP,410)  
410 FORMAT(I,T6,'03SERVACONS - RELE 21-3 POLARIZADO')  
IF(IX.EQ.0)G7 TO 411  
401F(IM,420)ICAT



```

470 FORMATT(14,T52,10 I R F T A M E N T F *I83,*AJUSTADO SEGUNDO CRITECP15510
      IRID ',11)
      GO TO 412
411 WRITE(10,430)ICRIT
430 FORMATT(14,T52,*R E V E R S A M E N T F *,T93,*AJUSTADO SEGUNDO CRITECP15550
      ITR01 ',11)
412 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE CEXGER
      DIMENSION Z(100),Z1(100),MP,MO,LP,KI,NO,KEYS
      *V01,K9,I,C,NV,KK,IK,KR9,J,LI,L2
      *KANT,C3,VR000,71,LI,LJ,KANTES,INICIO,LINHA,KPROXI,CALCAJ,KI
      *LINHA1,LINHA2
      *TENSAO,CONT1,NJMMY,CALC1,CALC2,ITT,ICRIT,KX,RTC,8YP,IND,ITIP,
      *NRL,K2,KTAB
      *TISHING,F13,CONT1,CONT3,IMP1
      *COMPLEX*15 Z0000(200,200),Z1(LINHA(500),Z1
      DIMENSION LINHA(0500,2),INICIO(0500),KPROXI(0500,2),KANTES(0500,1),
      *N(0500,2),KEYSI(0500),ITIT80)
      REAL*8 CALCAJ,CALC1,CALC2
      REAL*8 Z1L1,XZLT,A7,ANG
      REAL*8 CONT1,CONT3,F13
      ITR00A=1
      *****
      CALCULO DOS VALORES SECUNDARIOS NDTAVEIS
      *****
      CONT1 = CONT1 / RTC
      CONT3 = CONT3 / RTC
      CONT2=CONT1
      F13=DARS(F13)
      *****
      COMPRESSAO DO CARFALHO DO LAYOUT DE SAIDA
      *****
      WRITE(14,11)
      1 FORMATT(76,*,*,22(1-),*,*,T94,*,*,9(1-),*,*,T108,*,*,9(1-),*,*,
      *T122,*,*,9(1-),*,*,T4,*,*,T13,*,*,T24,*,*,22(1-),*,*,
      *T51,*,*,11(1-),*,*,T72,*,*,J U S T E S *,T95,*ALC.SEC.',T109,*CCIP15880
      *CONT3R,*,//
      *T5,T00A,T15,*FLEA,T25,*ALCANCEFS MINTMOS(10HMS),T52,*FAIXA(10HMS)CIP15900
      *T50,*ANGULO 342 PTS*,T96,*(10HMS)*,T109,*MIN.(AMP)*,T123,CIP15910
      *TEMP(5)*,//
      *T50,*(GRAUS) (10HMS) (*100)*,//)
      WRITE(14,506)IT00A
      506 FORMATT(76,11,T14,*CEV51A',T27,10.375/0.75/1.5 DU ',T52,*0.375-15
      *T5,T27,*0.750/1.50/3.0,T52,*0.750-30*)
      *****
      VERIFICACAO DA SUSCETIBILIDADE DA LT AD BALANCO DE POTENCIA
      *****
      ITRISHING,F0,1160 T3 10
      AMT=1.047195
      GO TO 11
      10 AMT=1.308995
      CALC1=CALC1/1.03
      A7=CALC1
      11

```

```

*****CTP17060
C#CALCULO DOS AJUSTES DO RELE DE 1A. 70NA CEYSIA *****CTP17070
C*****CTP17080
A7S=AZ*OTC/PTP
R7LT=OP=AL(71)
X7LT=OTMAG(71)
ANG=DATAN2(Y7LT,R7LT)
X=X7LT
P=P7LT
AANG=ATAN2(X,R)
C*****CTP17150
C#DEFERIMENTACAO DO ALCANCE MINIMO(84R) *****CTP17160
C*****CTP17170
IF(1A7S.GE.3.0)GO TO 15
IF(1A7S.GE.1.5)GO TO 20
IF(1A7S.GE.0.75)GO TO 25
GO TO 26
15 RMD=3.
TAB=1.
GO TO 35
20 RMD=1.5
TAB=2.
GO TO 35
25 RMD=0.75
TAB=4.
GO TO 35
26 RMD=0.375
TAB=8.
C*****CTP17330
C#DEFERIMENTACAO DO AJUSTE DO TAP PERCENTUAL *****CTP17340
C*****CTP17350
C#PS=100.*MPCDS(AANG-AVT1)/A7S *****CTP17360
IF(PTC.GT.100)GO TO 37
AVT=AVT*20./1.57079632
IF(PTC.GE.50.)TAB=2*TAB
C*****CTP17390
C#VERIFICACAO DA ADEQUACAO DO RELE CEYSIA A CORRENTE MINIMA DE OPER. *****CTP17400
C*****CTP17410
IF(CONTI.LE.TAB)GO TO 30
GO TO 38
30 APTF(I4,5)71
507 FPRAT(I4,T68,10 RELE ESTA APLICADO INADEQUADAMENTE QUANTO A CORR *****CTP17420
LENTE MINIMA./T63.'DE OPERACAO')
GO TO 40
37 APTF(I4,5)71
512 FPRAT(I4,T68,10 RELE ESTA APLICADO INADEQUADAMENTE QUANTO AD TAP *****CTP17430
19)
GO TO 40
C*****CTP17500
C#IMPRESSAO DOS AJUSTES DO RELE CEYSIA *****CTP17510
C*****CTP17520
38 APTF(I4,5)8)AVT,PM3,PTS,A7S,CONTI *****CTP17530
508 FPRAT(I4,T69,F4,1,T77,F5,3,T87,F6,0,T94,F6,2,T110,F6,2) *****CTP17540
APTFF(I4,5)14 *****CTP17550
514 FPRAT(I4,T124,INST.,///) *****CTP17560
*****CTP17570
*****CTP17580
*****CTP17590
*****CTP17600

```

```

40 170NA=170NA+1
   FEIND-170NA)400.43.43
43 WRITE(14,509)ZONA
   509 CORRAT(6,11,114,*CFY52A*,Y27,*0.500/1.00/1.5 DU *T52,*0.500-15
   11 *./T27,*1.00/2.00/3.01,T52,*1.000-30*)
*****
CALCULO DOS AJUSTES DO RELE DE 2A. ZONA CFY52A
*****
A7SERCALCORRIG/3TP
F12=AVAG
*****
CORREMINACAO DO ALCANCE MINIMO(BMP)
*****
   IF(AZS.GF.3.160 T) 45
   IF(A7S.GF.2.160 T) 50
   IF(A7S.GF.1.5160 T) 55
   IF(A7S.GF.1.160 T) 60
   BMP=0.5
   GO TO 55
45 BMP=1.
   GO TO 65
50 BMP=2.
   GO TO 45
55 BMP=1.5
   GO TO 65
60 BMP=1.
   GO TO 45
65 IF(F12.LT.1.13446)GO TO 70
   AMT=1.30995
   BMP=1.2094R
*****
CORREMINACAO DO AJUSTE DO TAP PERCENTUAL(PTS)
*****
   P(S=10).0000COS(F12-1.30999)/A7S
   IF(PTS.GT.100.160 T) 86
   AMT=75
   GO TO 75
70 AMT=1.047195
   P(S=100.*BMP)COS(F12-1.04719)/AZS
   IF(PTS.GT.100.160 T) 86
   AMT=50
*****
CORREMINACAO DA ADEQUACAO DE RELE CFY52A A CORRENTIF MINIMA DE OPER.*CPL18030
*****
75 AMPM(4.*SQRT(PTS/1001)/BMR
   IF(CONT2-LT.AMPMIN)GO TO 80
   GO TO 85
80 WRITE(14,507)
   GO TO 90
96 APITF(14,512)
   GO TO 90
*****
CORREMINACAO DOS AJUSTES DO RELE CFY52A
*****
95 WRITE(14,509)AMT,3*2.PTS,AZS,CONT2

```

```

CPL17610
CPL17620
CPL17630
CPL17640
CPL17650
CPL17660
CPL17670
CPL17680
CPL17690
CPL17700
CPL17710
CPL17720
CPL17730
CPL17740
CPL17750
CPL17760
CPL17770
CPL17780
CPL17790
CPL17800
CPL17810
CPL17820
CPL17830
CPL17840
CPL17850
CPL17860
CPL17870
CPL17880
CPL17890
CPL17900
CPL17910
CPL17920
CPL17930
CPL17940
CPL17950
CPL17960
CPL17970
CPL17980
CPL17990
CPL18000
CPL18010
CPL18020
CPL18030
CPL18040
CPL18050
CPL18060
CPL18070
CPL18080
CPL18090
CPL18100
CPL18110
CPL18120
CPL18130
CPL18140
CPL18150

```

```

WRITE(TW,513)
513 FORMAT(14,F125,10.40',/ /)
90 I70N4=170N4+1
93 WRITE(14,510)I70N4
510 FORMAT(174,'-SEM OFFSET-',I76,I14,'CEB52A',I27,'1.000/2.00/3.00',I192I10
10,T52,'1.000-30',)
C*****
C*CALCULO DOS AJUSTES DO RELE DE 3A. ZONA CER52A
C*****
A75=CALC AJRTRC/RT3
AVT=1.308005
C*****
C*DETERMINACAO DO ALCANCE MINIMO(RVP)
C*****
IF(A75.GE.3.163 TO 95
IF(A75.GE.2.160 TO 100
RMP=1.
50 TO 105
95 RMP=3.0
50 TO 105
100 RMP=2.0
50 TO 105
C*****
C*DETERMINACAO DO AJUSTE DO TAP PERCENTUAL
C*****
105 TAP=100.*R40*DCOS(I3-1.30899)/A75
IF(TAP.GT.100.160 TO 106
AVT=75
C*****
C*IMPRESSAO DOS AJUSTES DO RELE CER52A
C*****
WRITE(14,511)I3MR,TAP,AZ5,CONT3
511 FORMAT(14,F149,F4.1,I77,F5.3,I87,F4.0,I96,F6.2,I110,F6.2,I125,'0.7',I194,490
15,'.77','-COM OFFSET-',I76,I69,'ADOTAR SOLUCAO Grafica')
50 TO 400
106 WRITE(14,512)
400 CONTINUE
IF(IND.LT.3) GO TO 412
WRITE(14,410)
410 FORMAT(174,'116. OBSERVACOES - RELE 21-3 POLAR(7ADD)')
IF(IX.EQ.0)GO TO 411
WRITE(14,420)ICRIT
420 FORMAT(14,F152,'0 I R E T A M E N T E',I83,'AJUSTADO SEGUNDO CRITFCRIT18590
1910 ',I11)
GO TO 412
411 WRITE(14,430)ICRIT
430 FORMAT(14,F152,'R F V E R S A M E N T E',I83,'AJUSTADO SEGUNDO CRITFCRIT18630
ITERIO ',I11)
412 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE GCY
COMMON ZPAR3A,ZLIVHA,MP,MOALP,KI,ND,KEYS
*MR1,K3,I<NN,KK,1W,438,J,11,17

```

CTP19160  
CTP13170  
CTP13190  
CTP13190  
CTP13200  
CTP13200  
CTP13230  
\*CTP13240  
\*CTP13250  
CTP13260  
CTP13270  
CTP13280  
\*CTP13290  
\*CTP13300  
CTP13310  
CTP13320  
CTP13330  
CTP13340  
CTP13350  
CTP13360  
CTP13370  
CTP13380  
\*CTP13390  
\*CTP13400  
\*CTP13410  
CTP13420  
CTP13430  
CTP13440  
\*CTP13450  
\*CTP13460  
\*CTP13470  
CTP13480  
CTP13490  
CTP13500  
CTP13510  
CTP13520  
CTP13530  
CTP13540  
CTP13550  
CTP13560  
CTP13570  
CTP13580  
CTP13590  
CTP13600  
CTP13610  
CTP13620  
CTP13630  
CTP13640  
CTP13650  
CTP13660  
CTP13670  
CTP13680  
CTP13690  
CTP13700



```

IF(COMP1.LT.8.160 TO 30
50 TO 35
30 WRITE(14,507)
507 FORMAT(1H+,T68,7RELE ESTA APLICADO INADEQUADAMENTE QUANTO A CORRENTE
ITE MINIMA,7,T68,7DE OPERACAO)
50 TO 414
C*****
C*DETERMINACAO DO AJUSTE DO TAP PERCENTUAL (PTS)
C*****
35 T=PAR*(C*(AVS-1.04719)*100/AVS
IF(T.LE.100.160 TO 36
WRITE(14,510)
510 FORMAT(1H+,T68,7RELE ESTA APLICADO INADEQUADAMENTE QUANTO AO TAP)
50 TO 414
36 T70VA=170VA+1
45 AMT=40.
F*****
F*IMPRESSAO DOS AJUSTES DA 1A. ZONA DO RELE GCY51A
F*****
42 ITET14,50818VT,3V3,T,27S,CJVTI
508 FORMAT(1H+,T69,F4.1,177,F5.3,T87,F4.0,T96,F6.2,T110,F5.2)
42 ITET14,511)
511 FORMAT(1H+,T124,7INST.,7///)
42 ITET14,512)170VA
512 FORMAT(6,11,T15,7GCY,T30,71.00/2.0/31,T54,71.00-30)
F*****
F*CALCULO DOS AJUSTES DA 2A. ZONA DO RELE GCY51A
F*****
AVS=CALC2*RTIC/RTP
FT2=ANG
C*****
C*DETERMINACAO DO ALCANCE MINIMO(BVR),F.VERIFICACAO DA CORRENTE MINIMA *CTP19580
C*****
IF(A7S.GE.3.160 TO 50
IF(A7S.GE.2.0.AND.AZS.LT.3.160 TO 55
IF(A7S.LT.2.160 TO 60
50 BVP=3.
IF(COMP2.LT.3)60 TO 65
50 TO 70
55 BVP=2.
IF(COMP2.LT.4)60 TO 65
50 TO 70
60 BVR=1.
IF(COMP2.LT.12.160 TO 65
50 TO 70
65 WRITE(14,507)
50 TO 414
70 T=(1P.LT.1.1344160 TO 75
AMT=1.308905
BVP=1.2*BVR
C*****
C*DETERMINACAO DO AJUSTE DO TAP PERCENTUAL
C*****
T=PAR*(C*(F12-1.30899)*100/AVS
CTP19260
CTP19270
CTP19280
CTP19290
CTP19300
CTP19310
CTP19320
CTP19330
CTP19340
CTP19350
CTP19360
CTP19370
CTP19380
CTP19390
CTP19400
CTP19410
CTP19420
CTP19430
CTP19440
CTP19450
CTP19460
CTP19470
CTP19480
CTP19490
CTP19500
CTP19510
CTP19520
CTP19530
CTP19540
CTP19550
CTP19560
CTP19570
CTP19580
CTP19590
CTP19600
CTP19610
CTP19620
CTP19630
CTP19640
CTP19650
CTP19660
CTP19670
CTP19680
CTP19690
CTP19700
CTP19710
CTP19720
CTP19730
CTP19740
CTP19750
CTP19760
CTP19770
CTP19780
CTP19790
CTP19800

```

```

I7ONA=I7ONA+1
AMT=75
RVD=RM2/1.2
GO TO 87
75 AMT=1.047195
T=RM2*35(F2-1.04719)*100/AZS
I7ONA=I7ONA+1
AMT=60
GO TO 89
80 IF(LT.LT.100.160 TO 85
WRITE(I4,510)
GO TO 414
C*****
C*IMPRESSAO DOS AJUSTES DA 2A. ZONA DO RELE GCY51A
C*****
95 WRITE(I4,509)AMT,RM2,T,AZS,CJNT2
WRITE(I4,514)
514 FORMAT(14+,T125,10.60,////)
IF(LT.LT.170)GO TO 87,87
97 WRITE(I4,515)I7ONA
515 FORMAT(14+,T115,9.55,130,1.00/2.0/3,154,13,00-30*)
C*****
C*CALCULO DOS AJUSTES DA 3A. ZONA DO RELE GCY51A
C*****
A75=CALC AJUSTE/RT2
AMT=1.379895
RM2=A.
DEF=5
C*****
C*DETERMINACAO DO AJUSTE DO TAP PERCENTUAL(P.TS)
C*****
T=RM2*375(F13-AMT)*100/AZS
AMT=75
IF(LT.LT.100.160 TO 90
WRITE(I4,517)
GO TO 414
C*****
C*IMPRESSAO DOS AJUSTES DA 3A. ZONA DO RELE GCY51A
C*****
90 WRITE(I4,508)AMT,RM2,T,AZS,CJNT3
WRITE(I4,516)
516 FORMAT(14+,T125,10.75,////)
400 CONTINUE
IF(LT.LT.31 GO TO 414
WRITE(I4,417)
410 FORMAT(//,T16,'OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO*')
IF(LX.FO.0)GO TO 411
WRITE(I4,420)ICRIT
420 FORMAT(14+,T52,10 I R F T A M F N T F*,T93,'AJUSTADO SEGUNDO CRITIC
IP10 ',I11)
GO TO 417
411 WRITE(I4,430)ICRIT
430 FORMAT(14+,T52,10 R F V E R S A M E N T E*,T83,'AJUSTADO SEGUNDO CRIT
ITERIO ',I11)
412 CONTINUE

```

CTP19810  
CTP19820  
CTP19830  
CTP19840  
CTP19850  
CTP19860  
CTP19870  
CTP19880  
CTP19890  
CTP19900  
CTP19910  
CTP19920  
CTP19930  
\*CTP19940  
\*CTP19950  
CTP19960  
CTP19970  
CTP19980  
CTP19990  
CTP20000  
CTP20010  
CTP20020  
\*CTP20030  
CTP20040  
CTP20050  
CTP20060  
CTP20070  
CTP20080  
CTP20090  
\*CTP20100  
CTP20110  
CTP20120  
CTP20130  
CTP20140  
CTP20150  
CTP20160  
CTP20170  
\*CTP20180  
CTP20190  
CTP20200  
CTP20210  
CTP20220  
CTP20230  
CTP20240  
CTP20250  
CTP20260  
CTP20270  
CTP20280  
CTP20290  
CTP20300  
CTP20310  
CTP20320  
CTP20330  
CTP20340  
CTP20350

WRITE(14,517)  
517 COMPACT(1H+,1115,\*CDM OFFSET=0.5)  
414 RETJRN  
END

CTP20360  
CTP20370  
CTP20380  
CTP20390

PARTE 2

CAPÍTULO VI - APLICAÇÃO PRÁTICA

6.1 - Sumário

Antes de apresentar os exemplos práticos da Parte 2 do presente trabalho, vamos relembrar neste sumário os pontos principais abordados na Parte 1.

Existem três (3) critérios para determinar os limites da unidade de la. Para observados para os 3 (três) critérios a seguir:

- Qualquer transformador (TT) ligado diretamente à barra de la onde se encontra os relés a serem protegidos, deverá ser (ter) secundária ou terciária (leitura) considerada para barras adjacentes.

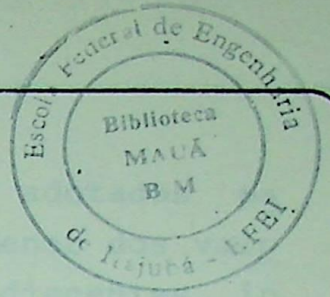
———— PARTE 2 ————

Para o Critério I são observados as seguintes regras: O ajuste de alcance do relé R-1 é dado pela soma da potência aparente obtida pelo curto-circuito simétrico nas primeiras barras adjacentes à localização do relé.

O ajuste de alcance de relé R-2 é dado pela soma da potência aparente obtida pelo curto-circuito simétrico nas primeiras barras adjacentes à localização do relé.

Para o Critério II são observadas as seguintes regras: O ajuste de alcance do relé R-1 é dado pela soma da potência aparente obtida pelo curto-circuito simétrico nas primeiras barras adjacentes à localização do relé, das barras de la onde se encontra os relés a serem protegidos.

Para o Critério III são observadas as seguintes regras: O ajuste de alcance do relé R-1 é dado pela soma da potência aparente obtida pelo curto-circuito simétrico nas primeiras barras adjacentes à localização do relé, das barras de la onde se encontra os relés a serem protegidos.



## CAPÍTULO VI - APLICAÇÃO PRÁTICA

### 6.1 - Sumário

Antes de apresentar os exemplos práticos na Parte 2 do presente trabalho, vamos lembrar neste sumário, os pontos principais abordados na Parte 1.

Existem 3 (três) critérios para determinar os ajustes da unidade de 3a. zona. É observada para os 3 (três) critérios a seguinte regra:

- Qualquer transformador (TF) ligado diretamente à uma das barras da LT onde se encontra os relés a serem ajustados, deverá ser (barra secundária ou terciária) - considerada como segunda barra adjacente.

Para os Critérios I e II, são observadas as seguintes regras:

- Não deverá ser considerado como ajuste de alcance, as barras que quando curto-circuitadas, proporcionem uma contribuição de corrente com sentido inverso ao de polarização do relé 21-3 (SIP).
- O ajuste de alcance determinado pelas primeiras barras adjacentes não poderá sobrealcançar os transformadores (TF).

Para o Critério I são observadas as seguintes regras:

- O ajuste de alcance do relé 21-3 é dado pela menor impedância aparente obtida pelo curto-circuito trifásico nas primeiras barras adjacentes à locação do relé.
- O ângulo de falta e a contribuição mínima adotadas para ajuste, são fornecidas pela primeira barra adjacente que der o menor ajuste de alcance.

Para o Critério II são observadas as seguintes regras:

- O ajuste de alcance do relé 21-3 é dado pela maior impedância aparente obtida pelo curto circuito trifásico nas primeiras barras adjacentes à locação do relé, desde que excluídas as LT's que já tenham proteção de retaguarda local (RL).

- O ângulo de falta e a contribuição mínima adotados para ajuste são dados separadamente, pelo menor dos valores calculados para as primeiras barras adjacentes, independente do valor de alcance.

## 6.2 - Configuração do Sistema

Foi usado o sistema elétrico da concessionária de energia elétrica do Estado do Espírito Santo - configuração 1982, cuja malha principal tem 20 linhas de transmissão na tensão de 138 kV, todas usando relés de distância de fase. Este sistema opera com vários despachos de geração ao longo do dia, ao longo do mês e do ano; que podem inclusive em alguns casos, influenciar o ajuste da proteção de retaguarda de vários terminais. O sistema está representado através de 75 barras e 108 linhas (ramos) conforme Anexo III. Os dados referentes a este sistema são apresentados no Anexo IV.

## 6.3 - Descrição dos Relatórios de Saída

No Anexo V, é apresentado o relatório de saída contendo na ordem:

- 3 primeiras páginas com a listagem completa dos vetores utilizados na montagem da Matriz de Impedância Nodal.
- 3 páginas seguintes mostrando um trecho da impressão da Matriz de Impedância Nodal. Como a folha de impressão só permite imprimir 7 (sete) barras na horizontal e 25 (vinte e cinco) na vertical, qualquer sistema com ordem superior a 7 não caberá em uma única folha de impressão. Neste caso, o nº de barras dividido por 25 (vinte e cinco) dá o número de páginas do relatório de saída. Cada página é composta de um número de folhas impressas (partes) que é dado pelo resultado da divisão do número de barras por 7 (sete). Para um sistema com 75 barras teríamos 3 páginas ( $75 \div 25 = 3$ ) e cada página conteria ( $75 \div 7 = 10.7$ ) 11 partes. O número de folhas impressas é resultado do produto do nú

mero de páginas pelo número de partes.

- 2 páginas seguintes contêm um estudo de falta trifásica na barra 133 - Carapina 138 kV e uma submatriz de impedâncias referentes à mesma barra.
- Nas páginas restantes são apresentados exemplos mais diversificados possíveis de ajuste de relés de distância de fase, em que foi procurado ilustrar o maior número de combinações possíveis de Alcances (direto ou Reverso) com Critérios (I, II ou III) e Relés (KD, CGY, CEY/CEB).

Detalhando um pouco mais, usando da própria numeração do relatório de saída temos:

Fls. 23 e 24

- Exemplo de ajuste de relés dos tipo CEY e CEB.

Fls. 27 e 28

- Exemplo de ajuste de relés CEY/CEB polarizados diretamente usando Critério I

Fls. 28 e 29/74 e 75/ 78 e 79/ 138 e 139/142 e 143/147 e 148/ 150 e 151/ 154 e 155.

- Exemplo de ajuste de relés KD polarizados reversamente, usando critério I.

Fls. 33 e 34/ 41 e 42

- Exemplo de impossibilidade de ajustar os relés de 3a. zona deste terminal de interligação, devido ao não fornecimento da configuração do sistema vizinho.

Fls. 37 e 38/53 e 54/ 57 e 58

- Exemplo de ajuste de relés KD-alcance médio polarizados reversamente, usando Critério II

Fls. 45 e 46

- Exemplo de aplicação de relé GCY impossível de ser ajustado, pois a corrente de falta mínima é inferior à corrente mínima que sensibiliza o relé.

Fls. 49 e 50

- Idem exemplo anterior, só que desta vez o relé GCY não tem taps adequados ao ajuste determinado.

Fls. 63 e 64/ 67 e 68

- Exemplo de ajuste de relés KD-alcance médio e polarizados diretamente, usando Critério I.

Fls. 69 e 70

- Exemplo de ajuste de relés KD-alcance curto polarizados reversamente, usando critério II.

Fls. 90 e 91

- Exemplo de ajuste de relé GCY polarizado reversamente, usando critério I.

Fls. 96 e 97/ 100 e 101/ 108 e 109.

- Exemplo de ajuste de relé KD-alcance longo polarizado diretamente, usando critério I.

Fls. 111 e 112/ 115 e 116/ 121 e 122/ 125 e 126/ 135 e 136

- Exemplos de ajustes de relés de diferente fabricação de 1a. e 2a. zona apenas, aplicados em linhas radiais.

Fls. 128 e 129/ 132 e 133

- Exemplo de erro no cartão de ajuste de relés. Foi solicitado ajuste do relé 21-3 de retaguarda de uma LT radial.

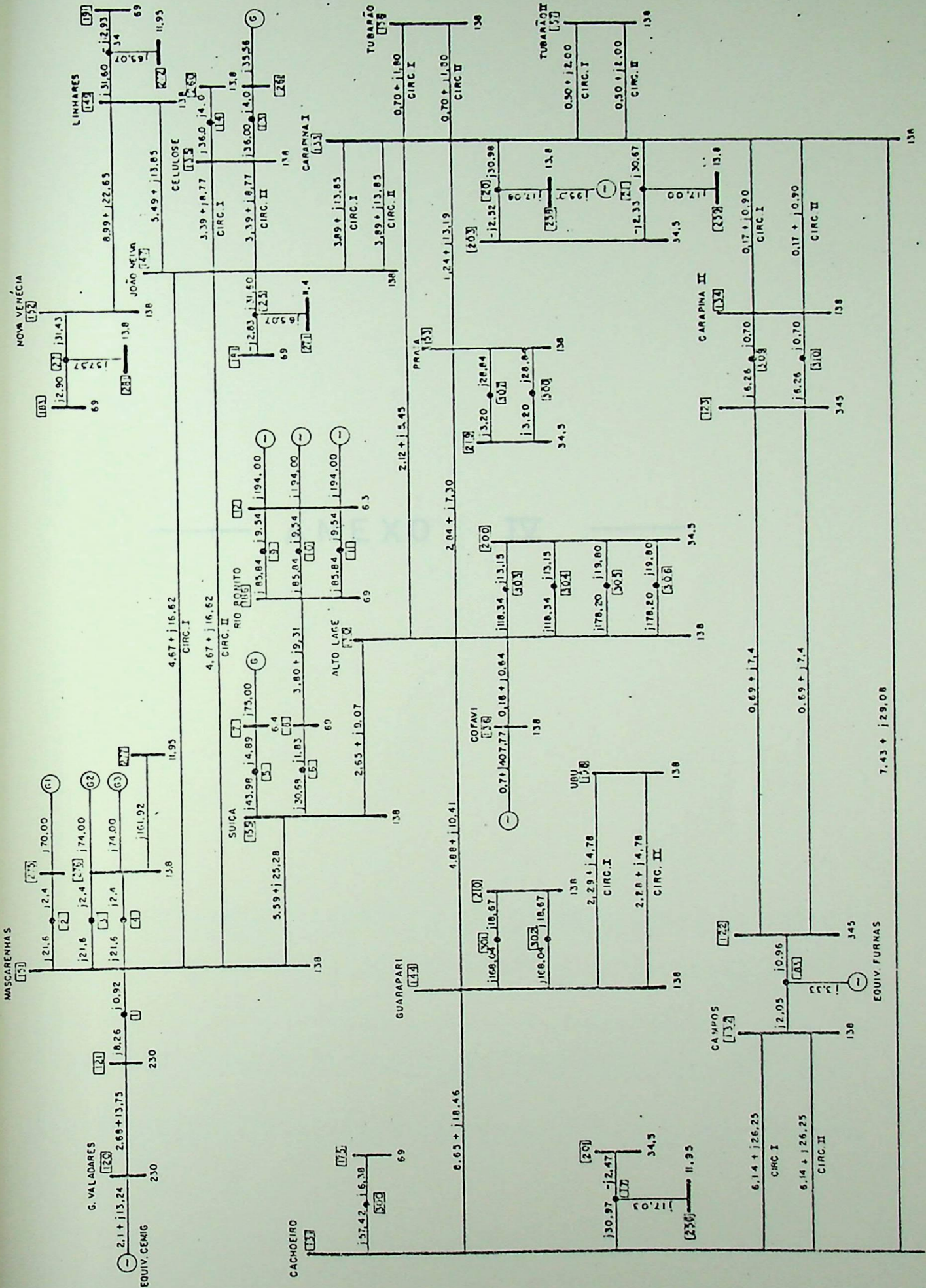
Fls. 82 e 83

- Exemplo de ajustes de relés CEY/CEB polarizados reversamente, usando critério II.

Fl. 71

- Exemplo de relatório de saída usando o critério III.

— ANEXO III —



CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA EXEMPLO

13A

7.43 + j29.08

13B

13C

13D

— ANEXO IV —



14	260	1	0	400
135	13	1	0	3600
13	261	1	0	400
0	261	1	0	3556
203	20	1	0	-252
20	133	1	0	3098
258	20	1	0	1703
0	258	1	0	9500
203	21	1	0	-233
21	133	1	0	3067
259	21	1	0	1700
123	309	1	0	626
309	134	1	0	70
123	310	1	0	626
310	134	1	0	70
152	149	1	899	2265
183	27	1	0	290
281	27	1	0	5757
27	152	1	0	3143
149	34	1	0	3160
272	34	1	0	6507
34	191	1	0	-293
0	120	1	210	1324
120	121	1	268	1375
121	1	1	0	826
1	151	1	0	92
151	2	1	0	2160
2	275	1	0	240
0	275	1	0	7000
151	3	1	0	2160
3	276	1	0	240
0	276	1	0	7400
151	4	1	0	2160
4	276	1	0	240
0	276	1	0	7400
276	277	1	0	16192
151	147	1	467	1662
151	147	2	467	1662
151	155	1	559	2528
155	5	1	0	4398
5	7	1	0	489
0	7	1	0	7500
155	6	1	0	3068
6	8	1	0	183
8	186	1	380	931
155	130	1	265	907
186	9	1	0	8554
9	12	1	0	954
0	12	1	0	19400
186	10	1	0	8584
10	12	1	0	954
186	0	1	0	19400
11	11	1	0	8584
0	12	1	0	954
0	12	1	0	19400

1  
1  
1

9999	1	1	1	1	0	
131					CACHOEI138	
300					CACHOEITF1	1
175					CACHOEI 69	
17					CACHOEITF2	1
201					CACHOEI 34	
256					CACHOEI 11	
144					GUARAPAI38	
210					GUARAPAI38	
301					GUARAPATF1	1
302					GUARAPATF2	1
158					UBU 138	
136					CPFAVI 138	
130					ALTLAGE138	
200					ALTLAGE 34	
303					ALTLAGEIF1	1
304					ALTLAGEIF2	1
305					ALTLAGEIF3	1
306					ALTLAGEIF4	1
132					CAMPOS 138	
83					EQFURNATF1	1
122					EQFURNA345	
123					EQFURNA345	
309					EQFURNATF1	1
310					EQFURNATF2	1
134					CARAPI138	
133					CARAPI 138	
156					TUBARI 138	
157					TUBARI1138	
20					COMSINCIF1	1
258					COMSINC 13	
203					COMSINC 34	
21					CARAPI TF1	1
259					CARAPI 13	
152					NOV/ENE138	
27					NOV/ENEITF1	1
183					NOV/ENE 69	
281					NOV/ENE 13	
149					LINHARE138	
34					LINHARETF1	1
191					LINHARE 69	
272					LINHARE 11	
147					JNEIVA 138	
25					JNEIVA TF1	1
181					JNEIVA 69	
271					JNEIVA 11	
135					CELULOS138	
14					CELULOSITF1	1
13					CELULOSIF2	1
260					CELULOI 13	
261					CELULOI113	
120					GVALADA230	
121					GVALADA230	
1					GVALADATF1	1





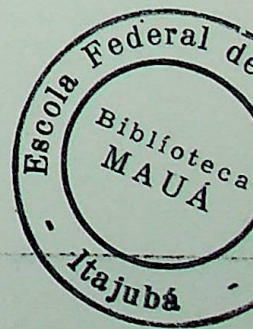
TABELA DE AJUSTES SELE KD-10 E KD-11 - ALCANCE 1.5-36.6 OHMS												
1.720	1.760	1.810	1.860	1.910	1.970	2.030	2.090	2.160	2.230	2.310	2.390	.100
2.450	2.520	2.590	2.660	2.740	2.820	2.900	2.990	3.070	3.170	3.300	3.410	.100
3.440	3.530	3.630	3.720	3.830	3.940	4.060	4.190	4.320	4.460	4.610	4.780	.100
4.820	5.040	5.180	5.320	5.470	5.630	5.800	5.970	6.170	6.370	6.590	6.820	7.070
7.100	7.260	7.430	7.600	7.780	7.960	8.120	8.370	8.640	8.920	9.230	9.550	.1
9.850	10.1	10.4	10.6	10.9	11.2	11.6	12.0	12.3	12.7	13.2	13.6	14.14
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	14.8
14.3	15.1	15.5	16.	16.4	16.9	17.4	17.9	18.5	19.1	19.8	20.5	21.2
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	3.	3.		
.87	1.16	1.45	2.03	2.9	4.05	5.8	4.05	5.8	4.05	5.06		
+18	+15	+12	+09	+06	+03	0.	-03	-06	-09	-12	-15	-18
-06	-06	-09	-09	-06	-03	0.	0.	-09	-03	0.	-03	0.
-0	-03	-0	-03	-09	0.	0.	.03	.06	.09	.09	.06	.06
22	22	22	22	22	22	22	44	44	44	44	44	44
1-27	1-31	1-34	1-37	1-41	1-46	1-50	1-54	1-59	1-65	.1	.1	.1
1-69	1-74	1-78	1-83	1-89	1-94	2-00	2-07	.1	.1	.1	.1	.1
2-12	2-17	2-23	2-30	2-36	2-42	2-50	2-57	2-65	2-75	2-84	2-94	.1
2-97	3-04	3-12	3-21	3-30	3-40	3-51	3-50	3-73	3-84	3-98	4-13	.1
4-25	4-35	4-46	4-60	4-73	4-85	5.	5-15	5-33	5-5	5-7	5-9	.1
5-94	6-10	6-26	6-4	6-6	6-8	7-02	7-25	7-45	7-7	7-95	8-25	.1
8-5	8-7	8-9	9-2	9-6	9-7	10.	10-3	10-6	11.	11-4	11-8	12-2
.1	.1	12-5	12-8	13-2	13-6	14.	14-5	14-9	15-4	15-9	16-5	.1
17.	17-4	17-9	18-4	18-9	19-4	20.	20-6	21-3	22.	22-7	23-6	24-4
.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1
25-5	26-1	26-8	27-6	28-4	29-1	30.	31.	32.	33.	34-2	35-4	36-7
1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	3.	3.		
1-5	2.	2-5	3-1	5.	7-02	10.	7-02	10.	7-02	10.		
+18	+15	+12	+09	+06	+03	0.	-03	-06	-09	-12	-15	-18
.06	.06	.09	.09	.06	.03	0.	0.	.09	.03	.0	.03	0.
0.	-03	-0	-03	.04	0.	0.	-03	-06	-09	-09	-06	-06
22	22	22	22	22	22	22	44	44	44	44	44	44
121	144	131	138.	120.	1200.	1	1	3	0	11		
131	144	131	138.	120.	1200.	0	1	3	0	15		
131	144	144	138.	120.	1200.	1	1	3	0	12		
131	144	144	138.	120.	1200.	0	1	3	0	15		
131	122	131	138.	100.	1200.	1	1	3	0	12	1	
131	122	131	138.	100.	1200.	0	1	3	0	12	1	
131	132	132	138.	100.	1200.	1	1	3	0	12	1	
131	132	132	138.	100.	1200.	0	1	3	0	12	1	
131	132	131	138.	120.	1200.	1	2	3	0	12	2	
131	132	131	138.	120.	1200.	0	1	3	0	12	2	
131	132	132	136.	120.	1200.	1	1	3	0	12	2	
131	132	132	138.	120.	1200.	0	1	3	0	12	2	
131	133	131	138.	120.	1200.	1	2	3	0	14		
131	133	131	138.	120.	1200.	0	2	3	0	12		
131	133	133	138.	120.	1200.	1	1	3	0	14		
131	133	133	138.	120.	1200.	0	2	3	0	12		
144	130	144	138.	80.	1200.	1	2	3	0	12		
144	130	144	138.	50.	1200.	0	2	3	0	12		
144	130	130	138.	80.	1320.	1	2	3	0	12		
144	130	130	138.	80.	1320.	0	2	3	0	12		
130	153	130	138.	120.	1320.	1	2	3	0	12		
130	153	130	138.	120.	1320.	0	1	3	0	11		
130	153	153	138.	120.	1200.	1	2	3	0	12		



— ANEXO V —

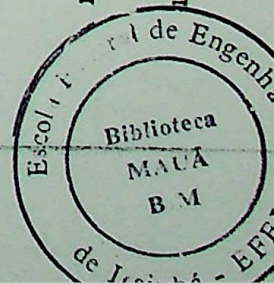
LINHA	DE	PARA	R	X	PRXIMO ENDE- RECO DA BARRA	BARRA	ENDERECO		PROCESSAMENTO	
							INIC.	FINAL	SEQUENCIA	PROXIMA
1	131	132	6.140	26.250	21	0	41	1081	1	83
2	131	132	6.140	26.250	61	1	782	791	53	2
3	132	83	0.0	2.050	0	2	802	811	54	3
4	0	83	0.0	3.330	191	3	832	841	55	4
5	122	83	0.0	0.960	211	4	862	871	56	7
6	131	17	0.0	30.970	91	5	932	941	44	6
7	17	201	0.0	-2.470	82	6	962	971	45	219
9	256	17	0.0	17.030	0	7	942	952	57	8
10	131	144	8.650	18.460	101	8	972	981	58	260
11	303	300	0.0	57.420	231	9	1002	1011	72	10
12	144	130	4.860	10.410	0	10	1032	1041	73	11
13	144	301	0.0	168.040	131	11	1062	1071	74	12
14	301	210	0.0	13.670	151	12	1012	1082	75	0
15	144	302	0.0	168.040	0	13	552	561	48	152
16	302	210	0.0	18.670	171	14	532	541	47	13
17	144	158	2.290	4.780	0	17	62	82	7	144
18	144	158	2.280	4.780	181	20	582	602	25	21
19	0	136	0.070	407.770	0	21	622	642	26	136
20	136	130	0.160	0.640	571	25	502	521	38	151
21	122	123	0.690	7.400	0	27	702	721	61	272
22	122	123	0.690	7.400	221	34	732	751	50	181
25	131	133	7.430	29.080	0	83	32	52	2	132
24	130	133	2.120	5.450	251	120	762	771	70	277
25	130	153	2.840	7.300	261	121	772	781	64	275
26	130	303	0.0	113.340	281	122	51	221	4	131
27	303	200	0.0	13.150	0	123	212	671	6	17
28	130	304	0.0	118.340	301	130	122	992	15	301
29	304	200	0.0	13.150	0	131	11	231	5	123
30	130	305	0.0	178.200	321	132	12	31	3	122
31	305	200	0.0	19.800	0	133	232	632	10	309
32	130	308	0.0	178.200	992	134	391	682	21	156
33	306	200	0.0	19.800	0	135	472	551	36	149
34	219	307	0.0	3.200	0	136	192	201	27	303
35	307	153	0.0	28.840	361	144	92	181	8	300
36	219	308	0.0	3.200	0	147	451	912	24	20
37	308	153	0.0	28.840	0	149	492	731	37	25
38	153	133	1.240	13.190	0	151	792	921	39	203
39	134	133	0.170	0.900	401	152	691	722	49	34
40	133	133	0.170	0.900	662	153	252	381	20	134
41	133	156	0.700	1.800	421	155	922	991	32	210
42	133	156	0.700	1.800	431	156	412	422	22	157
43	133	157	0.500	2.000	441	157	432	442	23	147
44	133	133	0.500	2.000	452	175	172	182	18	175
45	147	133	3.890	13.850	461	181	112	112	19	153
46	147	133	3.890	13.850	471	183	501	501	51	271
47	147	135	3.390	8.770	481	186	701	701	68	281
48	147	135	3.390	8.770	491	191	982	1061	67	183
49	147	149	5.490	13.850	522	200	752	752	63	121
50	161	25	0.0	-2.830	0	201	272	332	43	5
							72	72	13	256

LINHA	PARA			R	X	PROXIMO ENDE- RECO DA BARRA	BARRA		ENDERECO		PROCESSAMENTO	
	DE	PARA	X				INIC.	FINAL	SEQUENCIA	PROXIMA		
51	271	25	0.0	65.070	0	521	203	581	621	40	258	
52	25	147	0.0	31.600	0	902	210	142	162	33	307	
53	135	14	0.0	36.000	551	541	219	341	361	46	14	
54	14	260	0.0	4.000	0	0	256	81	81	14	130	
55	135	13	0.0	36.000	0	561	258	601	612	41	259	
56	13	261	0.0	4.000	0	572	259	641	641	42	200	
57	0	261	0.0	35.560	611	0	260	542	542	59	261	
58	203	20	0.0	-2.520	621	591	261	562	572	60	27	
59	20	133	0.0	30.980	602	632	271	511	511	52	1	
60	258	20	0.0	17.080	512	0	272	741	741	62	191	
61	0	258	0.0	95.000	761	0	275	812	822	65	276	
62	203	21	0.0	-2.330	642	0	276	842	891	66	186	
63	21	133	0.0	30.670	671	0	277	892	892	71	9	
64	259	21	0.0	17.000	0	0	281	711	711	69	120	
65	123	309	0.0	6.260	0	661	300	102	111	9	133	
66	309	134	0.0	0.700	0	682	301	132	141	16	302	
67	123	310	0.0	6.260	0	681	302	152	161	17	158	
68	310	134	0.0	0.700	0	0	303	262	271	28	304	
69	152	149	8.990	22.650	722	731	304	282	291	29	305	
70	183	27	0.0	2.900	0	712	305	302	311	30	306	
71	281	27	0.0	57.570	0	721	306	322	331	31	155	
72	27	152	0.0	31.430	0	0	307	342	351	34	308	
73	149	34	0.0	31.600	0	742	308	362	371	35	135	
74	272	34	0.0	65.070	0	751	309	652	661	11	310	
75	34	191	0.0	-2.930	0	0	310	672	681	12	201	
76	0	120	2.100	13.240	821	771	304	282	291	29	305	
77	120	121	2.680	13.750	0	781	305	302	311	30	306	
78	121	1	0.0	8.260	0	791	306	322	331	31	155	
79	1	151	0.0	0.920	0	801	307	342	351	34	308	
80	151	2	0.0	21.600	631	811	308	362	371	35	135	
81	2	275	0.0	2.400	822	822	309	652	661	11	310	
82	0	275	0.0	70.000	851	0	310	672	681	12	201	
83	151	3	0.0	21.600	861	841	304	282	291	29	305	
84	3	276	0.0	2.400	852	852	305	302	311	30	306	
85	0	276	0.0	74.000	881	871	306	322	331	31	155	
86	151	4	0.0	21.600	901	871	307	342	351	34	308	
87	4	276	0.0	2.400	951	882	308	362	371	35	135	
88	0	276	0.0	74.000	951	891	309	652	661	11	310	
89	276	277	0.0	161.920	0	0	310	672	681	12	201	
90	151	147	4.870	16.620	911	912	304	282	291	29	305	
91	151	147	4.870	16.620	921	0	305	302	311	30	306	
92	151	155	5.590	25.280	931	0	306	322	331	31	155	
93	155	5	0.0	43.980	961	941	307	342	351	34	308	
94	5	7	0.0	4.890	961	941	308	362	371	35	135	
95	0	7	0.0	75.000	1021	0	309	652	661	11	310	
96	155	6	0.0	30.680	991	971	310	672	681	12	201	
97	6	8	0.0	1.830	0	981	310	672	681	12	201	
98	8	186	3.800	9.310	0	1001	310	672	681	12	201	
99	155	130	2.650	9.070	0	0	310	672	681	12	201	
100	186	9	0.0	85.840	1031	1011	310	672	681	12	201	



	LJNHA		R	X	PROXIMO ENDE- RECO DA BARRA
	DE	PARA			
101	9	12	0.0	9.540	0
102	0	12	0.0	194.000	1051
103	186	10	0.0	85.840	1061
104	10	12	0.0	9.540	0
105	0	12	0.0	194.000	1081
106	186	11	0.0	85.840	0
107	11	12	0.0	9.540	0
108	0	12	0.0	194.000	0

	83	132	122	131	123	17	144							
136	-0.011	1.913	-0.055	2.242	0.007	2.311	0.154	4.408	0.218	3.839	0.154	4.408	0.893	6.865
303	-0.010	1.916	-0.054	2.245	0.008	2.315	0.156	4.415	0.220	3.845	0.156	4.415	0.897	6.875
304	-0.010	1.916	-0.054	2.245	0.008	2.315	0.156	4.415	0.220	3.845	0.156	4.415	0.897	6.875
305	-0.010	1.916	-0.054	2.245	0.008	2.315	0.156	4.415	0.220	3.845	0.156	4.415	0.897	6.875
306	-0.010	1.916	-0.054	2.245	0.008	2.315	0.156	4.415	0.220	3.845	0.156	4.415	0.897	6.875
155	-0.077	1.546	-0.124	1.800	-0.077	1.872	-0.043	3.496	0.039	3.131	-0.043	3.496	0.411	5.345
210	0.016	2.105	0.004	2.726	0.026	2.421	0.858	6.718	0.180	3.636	0.858	6.718	4.003	13.475
307	0.015	1.959	-0.033	2.259	0.042	2.383	0.110	4.250	0.297	4.008	0.110	4.250	0.531	6.198
308	0.015	1.959	-0.033	2.259	0.042	2.383	0.110	4.250	0.297	4.008	0.110	4.250	0.531	6.198
135	-0.071	1.463	-0.113	1.647	-0.072	1.798	-0.104	2.892	0.046	3.091	-0.104	2.892	-0.019	3.703
149	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
25	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
151	-0.098	1.125	-0.136	1.277	-0.108	1.378	-0.154	2.305	-0.057	2.358	-0.154	2.305	-0.049	3.114
203	0.031	1.789	-0.004	2.010	0.057	2.202	0.097	3.475	0.305	3.783	0.097	3.475	0.219	4.325
258	0.027	1.535	-0.004	1.725	0.049	1.889	0.083	2.982	0.262	3.246	0.083	2.982	0.188	3.711
259	0.031	1.769	-0.004	1.987	0.057	2.176	0.096	3.435	0.302	3.739	0.096	3.435	0.216	4.275
200	-0.010	1.916	-0.054	2.245	0.008	2.315	0.156	4.415	0.220	3.845	0.156	4.415	0.897	6.875
5	-0.050	0.997	-0.080	1.161	-0.050	1.207	-0.028	2.255	0.025	2.019	-0.028	2.255	0.265	3.447
6	-0.050	1.203	-0.085	1.401	-0.049	1.458	-0.012	2.721	0.049	2.437	-0.012	2.721	0.353	4.158
219	0.015	1.959	-0.033	2.259	0.042	2.383	0.110	4.250	0.297	4.008	0.110	4.250	0.531	6.198
14	-0.071	1.463	-0.113	1.647	-0.072	1.798	-0.104	2.892	0.046	3.091	-0.104	2.892	-0.019	3.703
13	-0.037	0.766	-0.054	0.863	-0.037	0.941	-0.054	1.514	0.024	1.618	-0.054	1.514	-0.010	1.939
152	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
34	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
181	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919



	83	132	122	131	123	17	144							
271	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
1	-0.092	1.097	-0.129	1.245	-0.101	1.344	-0.143	2.248	-0.048	2.299	-0.143	2.248	-0.037	3.037
2	-0.076	0.866	-0.105	0.983	-0.084	1.062	-0.119	1.775	-0.044	1.816	-0.119	1.775	-0.037	2.399
3	-0.076	0.877	-0.106	0.995	-0.085	1.074	-0.120	1.797	-0.045	1.838	-0.120	1.797	-0.038	2.428
4	-0.076	0.877	-0.106	0.995	-0.085	1.074	-0.120	1.797	-0.045	1.838	-0.120	1.797	-0.038	2.428
7	-0.047	0.936	-0.075	1.090	-0.047	1.134	-0.026	2.117	0.024	1.896	-0.026	2.117	0.249	3.236
8	-0.049	1.183	-0.083	1.378	-0.047	1.433	-0.010	2.675	0.050	2.395	-0.010	2.675	0.349	4.087
260	-0.071	1.463	-0.113	1.647	-0.072	1.798	-0.104	2.892	0.046	3.091	-0.104	2.892	-0.019	3.703
261	-0.033	0.688	-0.053	0.775	-0.034	0.846	-0.049	1.361	0.022	1.455	-0.049	1.361	-0.009	1.743
27	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
272	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
191	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
121	-0.037	0.848	-0.060	0.963	-0.036	1.038	-0.040	1.735	0.035	1.772	-0.040	1.735	0.066	2.339
275	-0.073	0.838	-0.102	0.951	-0.081	1.026	-0.115	1.717	-0.043	1.756	-0.115	1.717	-0.036	2.319
276	-0.074	0.849	-0.103	0.964	-0.082	1.041	-0.116	1.741	-0.043	1.781	-0.116	1.741	-0.037	2.352
186	-0.083	1.076	-0.121	1.252	-0.090	1.303	-0.097	2.436	-0.033	2.183	-0.097	2.436	0.184	3.734
183	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
281	-0.042	1.549	-0.082	1.746	-0.035	1.904	-0.045	3.062	0.118	3.269	-0.045	3.062	0.063	3.919
120	-0.025	0.414	-0.038	0.470	-0.027	0.507	-0.035	0.848	0.001	0.867	-0.035	0.848	0.012	1.144
277	-0.074	0.849	-0.103	0.964	-0.082	1.041	-0.116	1.741	-0.043	1.781	-0.116	1.741	-0.037	2.352
9	-0.059	0.757	-0.085	0.881	-0.063	0.917	-0.068	1.713	-0.023	1.536	-0.068	1.713	0.130	2.626
10	-0.059	0.757	-0.085	0.881	-0.063	0.917	-0.068	1.713	-0.023	1.536	-0.068	1.713	0.130	2.626
11	-0.059	0.757	-0.085	0.881	-0.063	0.917	-0.068	1.713	-0.023	1.536	-0.068	1.713	0.130	2.626
12	-0.056	0.721	-0.081	0.839	-0.060	0.874	-0.065	1.633	-0.022	1.464	-0.065	1.633	0.124	2.503

↑ SUBESTACAO CACHOEI138 ↓  
 LT CACHOEI138 - GUARAPA138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 8.65+J 18.46 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

↑-----↑  
 ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↑-----↑  
 33.00 64.93  
 ↑-----↑  
 CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) 544.05

↑-----↑  
 PRIMEIRA ZONA ↑-----↑  
 33.00 64.93

↑-----↑  
 SEGUNDA ZONA ↑-----↑  
 46.59 64.93

A L C A N C E S D I R E I T O S - C R I T E R I O 1

↑-----↑ BARRA	↑-----↑ LINHA BARRA	↑-----↑ BARRA DO AJUSTE	↑-----↑ PRIMEIRA BARRA	↑-----↑ AJUSTE (OHMS)	↑-----↑ ANG. DE FAL TA(GRAUS)	↑-----↑ CONTRIB. MIN(AMP)	↑-----↑ SEGUNDA BARRA	↑-----↑ AJUSTE (OHMS)
131	144	131	130	60.72	81.00	315.09	136	70.48
							133	91.59
							153	145.92
							200 TF	656.87
							155	166.09
							210 TF	525.12
			158	52.62	72.07	458.54		
			↑-----↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS)		↑-----↑ ANGULO DE FALTA(GRAUS)		↑-----↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	
			52.62	72.07	72.07	458.54		458.54
			↑-----↑ PRIMEIRA ZONA		↑-----↑ ANGULO DE FALTA(GRAUS)		↑-----↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	
			52.62	72.07	72.07	458.54		458.54

-----+  
 SUBESTACAO CACHOEI138  
 -----+

LT CACHOEI138 - GUARAPA138 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 8.65+J 18.46 (PU#100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

-----+  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 -----+

ZONA	RELE	ALCANCES MINIMOS(OHMS)	FAIXA(OHMS)	AJUSTES ANGULO BMR (GRAUS) (OHMS)	PTS (*100)	ALC.SEC. (DHMS)	CONTRIB. MIN.(AMP)	TEMPO(S)
1	CEY51A	0.375/0.75/1.5 OU 0.750/1.50/3.0	0.375-15 OU 0.750-30	60.0 3.000	91.	3.30	4.53	INST.
2	CEY52A	0.500/1.00/1.5 OU 1.00/2.00/3.0	0.500-15 OU 1.000-30	60.0 3.000	64.	4.66	4.53	0.40
3	CEB52A	1.000/2.00/3.0	1.000-30	75.0 3.000	57.	5.26	3.82	0.75

-SEM OFFSET-  
 -COM OFFSET-  
 ADOTAR SOLUCAO GRAFICA

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO DIRETAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1



-----+  
 SUBESTACAO GUARAPAL38  
 -----+  
 LT CACHOEI138 - GUARAPAL38 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 8.65+J 18.46 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

-----+  
 A J U S T E S D O S R E L E S D E D I S T A N C I A D E F A S E  
 -----+

ZONA	RELE	ALCANCES MINIMOS(OHMS)	FAIXA(OHMS)	A J U S T E S ANGULO (GRAUS) BMR (OHMS)	P T S (#100)	ALC. SEC. (OHMS)	CONTRIB. MIN.(AMP)	TEMPO(S)
1	CEY51A	0.375/0.75/1.5 OU 0.750/1.50/3.0	0.375-15 OU 0.750-30	60.0	91.	3-30	3-32	INST.
2	CEY52A	0.500/1.00/1.5 OU 1.00/2.00/3.0	0.500-15 OU 1.000-30	60.0	64.	4.66	3-32	0-40
3	CE952A	1.000/2.00/3.0	1.000-30	75.0	32.	9.06	1.55	0.75

-SEM OFFSET-  
 -COM OFFSET-  
 ADOTAR SOLUCAO GRAFICA

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO D I R E T A M E N T E AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

↑ SUBESTACAO CACHOEI138 ↓

LT CACHOEI138 - CAMPOS 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 6.14+J 26.25 (PU\*100) R.T.C. = 500.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↓  
 43.64  
 ↑ ANGULO DE FALJA(GRAUS) ↓  
 76.87  
 ↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↓  
 188.02

↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↓  
 61.61  
 ↑ ANGULO DE FALJA(GRAUS) ↓  
 76.87  
 ↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↓  
 188.02

A L C A N C E S R E V E R S O S - C R I T E R I O 1

↑ LINHA BARRA BARRA AJUSTE ↓  
 131 132 131

PRIMEIRA BARRA AJUSTE (OHMS) ANG. DE FALTA (GRAUS) CONTRIB. MIN(AMP)  
 144 93.73 73.49 225.36

SEGUNDA BARRA AJUSTE (OHMS)  
 201 TF 195.26

130 94.61  
 210 IF 1259.60  
 158 127.04  
 175 TF 437.11  
 153 192.66  
 134 78.40  
 156 100.00  
 157 102.34  
 147 214.18

↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↓  
 70.78  
 ↑ ANGULO DE FALTA(GRAUS) ↓  
 85.37  
 ↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↓  
 207.68

203 JF 476.59  
 ↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↓  
 207.68

85.37

70.78

207.68

↑ SUBESTACAO CACHOEI138 ↓

LT CACHOEI138 - CAMPOS 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 6-14+J 26-25 (PU#100) R.T.C. = 500.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

↑-----↑  
 A J U S T E S D U S R E L E S D E D I S T A N C I A D E F A S E  
 ↑-----↑

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	A J U S T E S	M	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)		
1	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	4.06	0.09	3.72	3.64	1.88	INST.
	3F			75.00							
2	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	5.80	0.12	5.18	5.13	1.88	0.40
	3F			75.00							
3	2F	KD-11	0.75-21.2	75.00	1.0	5.80	-0.03	5.98	5.90	2.08	0.75
	3F			75.00							

E F E I - EXEMPLO 2 - C O N F I G U R A C A O E S C E L S A - 1982 E S T U D O D E P R O T E C A O

↑ SUBESTACAO CAMPOS 138 ↓

LT CACHOEI138 - CAMPOS 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 6.14+J 26.25 (PU\*100) R.T.C. = 500.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

↑ ALANCE PRIMARIO(OHMS) ↑ ANGULO DE FALTA(GRAUS) ↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↓

43.64 76.87 528.43

↑ PRIMEIRA ZONA ↓

↑ SEGUNDA ZONA ↓

61.61 76.97 528.43

A L C A N C E S R E V E R S O S - C R I T E R I O 1

↑ LINHA ↓	PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
BARRA BARRA						
131 132					122 TF	253.97

OBS-O PROGRAMA NAO EXECUTOU O CALCULO DO AJUSTE DO RELE 21-3  
 VERIFIQUE SE A CONFIGURACAO DO SISTEMA ELETRICO PERMITE  
 O AJUSTE DO RELE 21-3 OU SE O CRITERIO DE AJUSTE FOI ES-  
 COLHIDO CORRETAMENTE

E F E I - EXEMPLO 2 - CONFIGURACAO ESCELSA - 1982 ESTUDO DE PROTECAO

SUBESTACAO CAMPOS 138  
 LT CACHOEI138 - CAMPOS 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 6.14+J 26.25 (PU\*100) R.T.C. = 500.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)	
				ANGULO (GRAUS)	J	M				
1	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	4.06	3.72	3.64	5.28	INST.
	3F			75.00						
2	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	5.80	5.18	5.13	5.28	0.40
	3F			75.00						

LT CACHOEI138 - CAMPOS 138 CIRC. 2 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 6.14+J 26.25 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

	ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
PRIMEIRA ZONA	43.64	76.87	188.02
SEGUNDA ZONA	61.61	76.87	188.02

A L C A N C E S R E V E R S O S - C R I T E R I O 2

BARRA	PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA(GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
131	132				201 JF	195.26
131	144	93.73	73.49	225.36	130	94.61
131	133-RL	70.78	85.37	207.68	210 JF	1259.60
131					158	127.04
131					175 JF	437.11
131					153	192.66
131					134	78.40
131					156	100.00
131					157	102.34
131					147	214.18
131					203 JF	476.59

TERCEIRA ZONA

ALCANCE PRIMARIO(OHMS) 93.73

ANGULO DE FALTA(GRAUS) 73.49

CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) 225.36

←-----+  
 SUBESTACAO CACHOEI138  
 ←-----+

LT CACHOEI138 -- CAMPOS 138 CIRC. 2 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 6.14+J 26.25 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

←-----+  
 A J U S T E S D O S R E L E S D E D I S T A N C I A D E F A S E  
 ←-----+

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	A J U S T E S	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS)	AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
1	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0 4.06 -.09	4.46	4.36	1.57	INST.
	3F			75.00					
2	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0 5.80 -.06	6.17	6.16	1.57	0.40
	3F			75.00					
3	2F	KD-11	0.75-21.2	75.00	2.0 4.06 -.15	9.55	9.37	1.88	0.75
	3F			75.00					

← SUBESTACAO CAMPOS 138 →  
 ← LT CACHOEI138 - CAMPOS 138 CIRC. 2 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA →

IMPEDANCIA= 6.14+J 26.25 (PU\*100) R.T.C. = 609.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

	← ALCANÇE PRIMARIO(OHMS) →	← ANGULO DE FALTA(GRAUS) →	← CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) →
← PRIMEIRA ZONA →	43.64	76.87	528.43
← SEGUNDA ZONA →	61.61	76.87	528.43

ALCANÇES REVERSOS - CRITERIO 1

← LINHA BARRA →	← PRIMEIRA BARRA →	← AJUSTE (OHMS) →	← ANG. DE FALTA (GRAUS) →	← CONTRIB. MIN (AMP) →	← SEGUNDA BARRA →	← AJUSTE (OHMS) →
131	132				122	122 TF
						253.97

OBS-O PROGRAMA NAO EXECUTOU O CALCULO DO AJUSTE DO RELE 21-3  
 VERIFIQUE SE A CONFIGURACAO DO SISTEMA ELETRICO PERMITE  
 O AJUSTE DO RELE 21-3 OU SE O CRITERIO DE AJUSTE FOI ES-  
 COLHIDO CORRETAMENTE

←-----+  
 SUBESTACAO CAMPOS 138  
 -----+  
 LT CACHOEI138 - CAMPOS 138 CIRC. 2 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 6.14+J 26.25 (PU\*100) R.T.C. = 600-0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

-----+  
 A J U S T E S D O S R E L E S D E D I S T A N C I A D E F A S E  
 -----+

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	A J U S T E S		ALCANCE SECUNDARIO (OHMS)	AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)		
				ANGULO (GRAUS)	S T M						
1	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	4.06	-0.09	4.46	4.36	4.40	INST.
	3F			75.00							
2	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	5.80	-0.06	6.17	6.16	4.40	0.40
	3F			75.00							

---+  
 SUBESTACAO CACHOEI138  
 ---+

L1 CACHOEI138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 7.43+J 29.08 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.I.P. = 1200.0/ 1

---+ PRIMEIRA ZONA ---+	ALCANCE PRIMARIO(OHMS) 48.59	ANGULO DE FALTA(GRAUS) 75.71	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) 257.17
---+ SEGUNDA ZONA ---+	63.59	75.71	257.17

ALCANCES REVERSO S - C R I T E R I O 2

---+ Linha BARRA 131 ---+	PRIMEIRA BARRA 132	ANG. DE FALTA(GRAUS) 88.88	CONTRIB. MIN(AMP) 190.69	SEGUNDA BARRA 122 IF	AJUSTE (OHMS) 582.02
	144	73.49	93.70	201 IF	228.64
				130	213.91-SIP
				210 IF	3029.55
				158	305.55
---+ TERCEIRA ZONA ---+	ALCANCE PRIMARIO(OHMS) 225.43	ANGULO DE FALTA(GRAUS) 73.49		175 IF	511.84
					CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) 93.70

-----+  
 SUBESTACAO CACHOEI138  
 -----+

LT CACHOEI138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 7.43+J 29.08 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

-----+  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 -----+

ZJNA	RELE	ALCANCES MINIMOS(OHMS)	FAIXA(OHMS)	AJUSTES			CONTRIB. MIN.(AMP)	TEMPO(S)
				ANGULO (GRAUS)	BMR (OHMS)	PIS (*100)	ALC.SEC. (OHMS)	
1	GKY	0.75/1.5/3	0.75-20	60.0	3.000	59.	4.86	2.14 INST.
2	GKY	1.00/2.0/3	1.00-30	RELE ESTA APLICADO INADEQUADAMENTE QUANTO A CORRENTE MINIMA DE OPERACAO				

← SUBESTACAO CARAPI 138 →  
 ← LT CACHOEI138 - CARAPI 138 CIRC. I TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA →

IMPEDANCIA= 7.43+J 29.08 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

← PRIMEIRA ZONA →	← ALCANCE PRIMARIO(OHMS) →	← ANGULO DE FALTA(GRAUS) →	← CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) →
PRIMEIRA ZONA	48.59	75.71	451.27
SEGUNDA ZONA	68.59	75.71	451.27

ALCANCES REVERSOS - CRITERIO I

← LINHA BARRA	← BARRA DO AJUSTE	← PRIMEIRA BARRA	← AJUSTE (OHMS)	← ANG. DE FALTA (GRAUS)	← CONTRIB. MIN (AMP)	← SEGUNDA BARRA	← AJUSTE (OHMS)
131	133	130-RL	157.43	81.00	89.44	144	282.32-SIP
		153-RL	222.77	80.86	91.26	136	191.70
		134-RL	5.92	85.63	241.14	153	222.77
		156-RL	23.92	83.17	223.85	200 IF	2252.41
		157-RL	25.53	84.05	221.14	155	419.19
		147-RL	130.68	82.33	137.24	130	157.43
						219 IF	816.61
						123 IF	67.72
						135	273.90
						149	638.58
						181 IF	1109.24
						151	266.25
						203 IF	328.48

← TERCEIRA ZONA →	← ALCANCE PRIMARIO(OHMS) →	← ANGULO DE FALTA(GRAUS) →	← CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) →
TERCEIRA ZONA	5.92	85.63	241.14

SUBESTACAO CARAPI 138  
 LT CACHOEI138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 7.43+J 29.08 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

-----  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 -----

ZONA	RELE	ALCANCES MINIMOS(OHMS)	FAIXA(OHMS)	ANGULO (GRAUS) (OHMS)	A J U S T I B S BMK PTS (#100)	ALC.SEC. (OHMS)	CONTRIB. MIN.(AMP)	TEMPO(S)
1	GKY	0.75/1.5/3	0.75-20	60.0	3.000 59.	4.86	3.76	INST.
2	GKY	1.00/2.0/3	1.00-30	75.0	3.000 52.	6.86	3.76	0.40
3	GKY	1.00/2.0/3	3.00-30					

RELE ESTA APLICADO INADEQUADAMENTE QUANTO AO TAP

---+  
 SUBSTACAO GUARAPAI38  
 ---+

LT GUARAPAI38 - ATILAGEL38 CIRC. 1 IENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 4.88+J 10.41 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

---+  
 P R I M E I R A Z O N A  
 ---+

---+  
 ALCANCE PRIMARIO(OHMS)  
 18.61  
 ---+  
 ---+  
 ANGULO DE FALTA(GRAUS)  
 64.92  
 ---+

---+  
 CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)  
 315.09  
 ---+

---+  
 S E G U N D A Z O N A  
 ---+

---+  
 26.27  
 ---+  
 ---+  
 64.92  
 ---+

---+  
 315.09  
 ---+

A L C A N C E S R E V E R S O S - C R I T E R I O 2

---+  
 BARRA DO  
 BARRA AJUSTE  
 144 144  
 ---+

---+  
 PRIMEIRA  
 BARRA  
 131  
 ---+  
 ---+  
 AJUSTE  
 (OHMS)  
 38.82  
 ---+  
 ---+  
 ANG. DE FAL  
 TA(GRAUS)  
 79.03  
 ---+  
 ---+  
 CONTRIB.  
 MIN(AMP)  
 398.04  
 ---+

---+  
 SEGUNDA  
 BARRA  
 132  
 ---+  
 ---+  
 AJUSTE  
 (OHMS)  
 90.40  
 ---+  
 ---+  
 201 JF  
 296.58  
 ---+  
 ---+  
 175 TF  
 617.54  
 ---+  
 ---+  
 133  
 52.76-SIP  
 ---+  
 ---+  
 210 IF  
 280.24  
 ---+

---+  
 T E R C E I R A Z O N A  
 ---+

---+  
 158  
 ---+  
 ---+  
 7.95  
 ---+  
 ---+  
 ALCANCE PRIMARIO(OHMS)  
 38.82  
 ---+

---+  
 72.07  
 ---+  
 ---+  
 795.71  
 ---+  
 ---+  
 ANGULO DE FALTA(GRAUS)  
 72.07  
 ---+

---+  
 398.04  
 ---+

SUBESTACAO GUARAPAI38  
 LJ GUARAPAI38 - ALTILAGE138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 4.88+j 10.41 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

-----  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 -----

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)	
				ANGULO (GRAUS)	S	T M				
1	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	1.45	0.12	1.29	1.26	INST.
	3F			75.00					3.94	
2	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	2.03	0.15	1.76	1.75	0.40
	3F			75.00					3.94	
3	2F	KD-11	0.75-21.2	75.00	1.0	2.90	0.12	2.59	2.59	0.75
	3F			75.00					4.98	

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO REVERSAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 2

SUBESTACAO ALTLAGE138  
 LT GUARAPA138 - ALTLAGE138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 4.88+J 10.41 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1320.0/1

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
18.61	64.92	944.11
26.27	64.92	944.11

ALCANCES REVERSOS - CRITERIO 2

LINHA BARRA	BARRA DO AJUSTE	PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN (AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
144	130	136	9.77	80.67	292.56	131	60.72-SIP
		133-KL	30.92	85.37	160.56	153	85.22
						134	41.34
						156	69.08
						157	71.82
						147	186.54
						203 TF	556.22
						219 TF	395.07
						133	30.92
						200 TF	597.05
						151	233.24
						7 TF	1007.05
						8 TF	710.61

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
105.38	80.67	168.91

TERCEIRA ZONA

SUBESTACAO ALTLAGE138  
 LT GUARAPAL38 - ALTLAGE138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 4.88+j 10.41 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1320.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
					S T M			
1	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	1.16	1.15	INST.
	3F			75.00	1.0	1.16	1.15	
2	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0	1.45	1.59	0.40
	3F			75.00	1.0	1.45	1.59	
3	2F	KD-11	0.75-21.2	75.00	1.0	5.80	6.39	0.75
	3F			75.00	1.0	5.80	6.39	

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO REVERSA MENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 2

SUBESTACAO ALTLAGEL38  
 LT ALTLAGEL38 - PRAIA 138 CIRC. 1 JENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 2.84+J 7.30 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1320.0/ 1

PRIMEIRA ZONA	ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMAL(AMP)
SEGUNDA ZONA			
	12.68	68.78	1000.22
	17.90	68.78	1000.22

ALCANCES DIRETOS - CRITERIO 1

LINHA BARRA	PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA(GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
130	153				219 TF	69.53
		133-RL	40.15	85.37	131	580.74-SIP
					134	52.12
					156	88.97
					157	92.66
					147	510.34
					203 JF	716.86
TERCEIRA ZONA		ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)			CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
		40.15	85.37			124.79

SUBESTACAO ALTLAGE138  
 LT ALTLAGE138 - PRAIA 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 2.84+J 7.30 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1320.0/1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS)	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
					S T M	AJUSTADO		INST.
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	1.16	8.34	
	3F			60.00	1.23	1.15		0.75
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	2.0	1.64	8.34	
	3F			60.00	0.92	1.63		0.40
3	2F	KD-11	0.20-4.35	75.00	3.0	3.69	1.04	
	3F			60.00	1.23	3.65		0.75

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO DIRETAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1



← SUBESTACAO PRAIA 138 →  
 ← →

LT ALTLAGE138 - PRAIA 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA = 2.84+J 7.30 (PU\*100) R.T.C. = 600.075 A R.T.P. = 1200.0/ 1

← →  
 ← ALANCE PRIMARIO(OHMS) →  
 ← ANGULO DE FALTA(GRAUS) →  
 ← CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) →

PRIMEIRA ZONA	12.68	68.78	353.89
SEGUNDA ZONA	17.90	68.78	353.89

ALCANCES DIRETOS - CRITERIO 1

← LINHA →  
 ← BARRA →  
 ← AJUSTE →  
 ← PRIMEIRA BARRA →  
 ← AJUSTE (OHMS) →  
 ← ANG. DE FALTA (GRAUS) →  
 ← CONTRIB. MIN (AMP) →  
 ← SEGUNDA BARRA →  
 ← AJUSTE (OHMS) →

130	153	153	131	131	146.11	146.11	131	595.66
			136	23.61	80.67	328.59	210 JF	1954.63
			133-RL	24.87-SIP	85.37	124.79	158	207.78
			155	117.15	80.87	174.11	134	36.79-SIP
							156	73.96-SIP
							157	77.49-SIP
							147	495.36-SIP
							203 TF	700.74-SIP
							200 JF	546.51
							151	1009.24
							7 JF	991.88
							8 JF	704.29

← →  
 ← ALANCE PRIMARIO(OHMS) →  
 ← ANGULO DE FALTA(GRAUS) →  
 ← CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) →

TERCEIRA ZONA	23.61	80.67	328.59
---------------	-------	-------	--------

SUBESTACAO PRAIA 138  
 LT ALTLAGE138 - PRAIA 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 2.84+j 7.30 (PU\*100) R.F.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CUNTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
					S T M			
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	1.27	2.95	INST.
	3F			60.00	1.23	1.27		
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	2.0	1.84	2.95	0.40
	3F			60.00	0.92	1.79		
3	2F	KD-11	0.20-4.35	75.00	2.0	2.39	2.74	0.75
	3F			60.00	1.23	2.36		

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO DIRETAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

SUBSTACAO ALTLAGE138  
 LT ALTLAGE138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 2.12+J 5.45 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
9.47	68.78	445.83
13.36	68.78	445.83

ALCANCES REVERSOS - CRITERIO 2

PRIMEIRA BARRA	ANG. DE FALTA(GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE(OHMS)
130	73.49	522.00	131	162.55
133	80.67	1173.93	210 IF	542.93
136	80.86	486.18	158	53.98
153	80.87	622.03	219 IF	142.27
155	80.87	622.03	200 IF	148.79
			151	278.31
			7 IF	273.45
			8 IF	192.96

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
39.60	73.49	486.18

TERCEIRA ZONA

SUBESTACAO ALTLAGE138

LT ALTLAGE138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 2.12+j 5.45 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
				S T M				
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0 0.92 -0.03	0.95 0.95	3.72	INST.
	3F			60.00				
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0 1.23 -0.09	1.35 1.34	3.72	0.40
	3F			60.00				
3	2F	KD-11	0.20-4.35	75.00	3.0 1.23 -0.09	4.05 3.96	4.05	0.75
	3F			60.00				

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO REVERSA MENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 2

LT SUICA 138 - ALTAGEL 138 CIRC. 1 TENSAG = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA = 2.65+J 9.07 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

SUBESTACAO SUICA 138

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)      ANGULO DE FALTA(GRAUS)      CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)  
 15.30      73.75      524.67  
 PRIMEIRA ZONA  
 SEGUNDA ZONA      524.67

ALCANCES REVERSOS - CRITERIO 1

LINHA BARRA	BARRA AJUSTE	PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
155 130	155	151-RL	86.28	83.53	222.07	121 TF	235.40	
						275 IF	549.61	
						276 IF	296.43	
						147	444.02-SIP	
						7 IF	154.46	
						8 IF	103.80	
								222.07

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)      ANGULO DE FALTA(GRAUS)  
 86.28      83.53

TERCEIRA ZONA

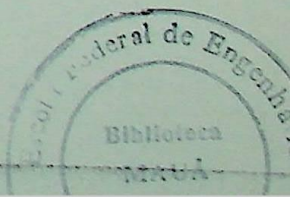
SUBESTACAO SUICA 138  
 LT SUICA 138 - ALTLAGE138 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 2.55+J 9.07 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
1	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0 1.16 0.12	1.04 1.02	6.56	INST.
	3F			75.00				
2	2F	KD-10	0.75-21.2	75.00	1.0 1.45 0.0	1.45 1.44	6.56	0.40
	3F			75.00				
3	2F	KD-11	0.75-21.2	75.00	1.0 5.80 0.0	5.80 5.75	2.78	0.75
	3F			75.00				

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO REVERSA MENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1



↑ SUBESTACAO SUICA 136 ↓  
 LJ MASCAREI38 - SUICA 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 5.59+j 25.28 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↓ ANGULO DE FALTA(GRAUS) ↓ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↓  
 41.91 77.57 388.57

↑ PRIMEIRA ZONA ↓  
 59.17 77.57 388.57

A L C A N C E S R E V E R S O S - C R I T E R I O 1

↑ LINHA ↓	PRIMEIRA BARRA	ANG. DE FALTA(GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
151	155	81.00	279.36	7 TF	303.19
				8 TF	203.75

130	33.80	81.00	279.36	144	192.40
				136	44.78
				133	82.91
				153	132.77
				200 TF	705.44

↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↓ ANGULO DE FALTA(GRAUS) ↓ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↓  
 33.80 81.00 279.36

↑ TERCEIRA ZONA ↓

---+  
 SUBESTACAO SUJICA 130  
 ---+

LT MASCARELHA - SUJICA 130 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 5.59+j 25.28 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

---+  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 ---+

ZONA	RELE	ALCANCES MINIMOS(OHMS)	FAIXA(OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES BMR (OHMS)	PTS (*100)	ALC.SEC. (OHMS)	CONTRIB. MIN.(AMP)	TEMPO(S)
1	GKY	0.75/1.5/3	0.75-20	60.0	3.000	68.	4.19	3.24	INST.
2	GKY	1.00/2.0/3	1.00-30	75.0	3.000	61.	5.92	3.24	0.40
3	GKY	1.00/2.0/3	3.00-30	75.0	3.000	88.	3.38	2.33	0.75

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO DIRETAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1 COM OFFSET=0.5

---+  
 SUBSTACAO MASCAREI38  
 ---+  
 LT MASCAREI38 - JNEIVA 138 CIRC. I TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 4.67+J 16.62 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

	ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
PRIMEIRA ZONA	27.95	74.34	445.76
SEGUNDA ZONA	39.45	74.34	445.76

ALCANCES DIRETOS - CRITERIO I

LINHA BARRA	BARRA DO AJUSTE	PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN (AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
151 147	151	133-RL	70.59	85.37	261.47	131	378.26
						130	191.26
						153	264.82
						134	76.24
						156	93.94
						157	95.70
		135-RL	77.08	79.36	299.87	203 IF	392.84
		149-RL	189.48	73.46	163.07	260 IF	519.81
						261 IF	450.48
						152	445.63
						191 IF	483.53
						181 IF	335.29

	ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
TERCEIRA ZONA	70.59	85.37	261.47

↑  
 SUBESTACAO MASCAREI38  
 ↓

LJ MASCAREI38 - JNEIVA 138 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 4.67+j 16.62 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

↑-----↑  
 A J U S T E S D O S R E L E S D E D I S T A N C I A D E F A S E  
 ↓-----↓

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	A J U S T E S	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
					S Y M			
1	2F	KD-10	1.30-36.6	75.00	1.0 2.00 0.06	1.88 1.86	5.57	INST.
	3F			75.00				
2	2F	KD-10	1.30-36.6	75.00	1.0 2.50 -0.06	2.66 2.63	5.57	0.40
	3F			75.00				
3	2F	KD-11	1.30-36.6	75.00	1.0 5.00 0.06	4.73 4.71	3.27	0.75
	3F			75.00				

OBSERVACDES - RELE 21-3 POLARIZADO D I R E T A M E N T E AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

SUBESTACAO JNEIVA 138  
 LT MASCAREI138 - JNEIVA 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 4.67+J 16.62 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
27.95	74.34	436.96
39.45	74.34	436.96

ALCANCES DIRETOS - CRITERIO 1

PRIMEIRA BARRA	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN (AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
151	80.87	21.28	121 IF	109.14
147	80.87	21.28	275 IF	269.09
			276 IF	140.39
			7 IF	8348.26
			8 IF	5996.67
			130	158.02-SIP

ALCANCE PRIMARIO(OHMS) 109.14  
 ANGULO DE FALTA(GRAUS) 80.87  
 CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) 21.28

TERCEIRA ZONA

SUBESTACAO JNEIVA 138  
 LT MASCAREL38 - JNEIVA 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 4.67+J 16.62 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
1	2F	KD-10	1-30-36.6	75.00	1.0 2.00 0.06	1.88 1.86	5.46	INST.
	3F			75.00				
2	2F	KD-10	1-30-36.6	75.00	1.0 2.50 -0.06	2.66 2.63	5.46	0.40
	3F			75.00				
3	2F	KD-11	1-30-36.6	75.00	1.0 7.02 -0.06	7.45 7.28	0.27	0.75
	3F			75.00				

OBSERVACÖES - RELE 21-3 POLARIZADO DIRETAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1





SUBESTACAO MASCAREL38  
 LT MASCAREL38 - JNEIVA 138 CIRC. 2 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 4.67+J 16.62 (PU#100) R.T.C. = 400.0/5 A R.J.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
					S T M			INST.
1	2F	KD-10	1.30-36.6	75.00	1.0 2.00 0.06	1.88 1.86	5.57	
	3F			75.00				
2	2F	KD-10	1.30-36.6	75.00	1.0 2.50 -0.06	2.66 2.63	5.57	0.40
	3F			75.00				
3	2F	KD-11	1.30-36.6	75.00	1.0 5.00 0.06	4.73 4.71	3.27	0.75
	3F			75.00				

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO DIRETAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

↑ SUBSTACAO JNEIVA 138 ↓

LT MASCAREL38 - JNEIVA 138 CIRC. 2 JENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 4.67+j 16.62 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.J.P. = 1200.0/ 1

↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↑ ANGULO DE FALTA(GRAUS) ↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↑

27.95 74.34 436.96

↑ PRIMEIRA ZONA ↓

39.45 74.34 436.96

↑ SEGUNDA ZONA ↓

ALCANCES DIRETOS - CRITERIO 1

↑ LINHA ↓ BARRA DO AJUSTE 147

PRIMEIRA BARRA	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)	AJUSTE (OHMS)
151	80.87	21.28	121	1200.30	109.14
147			275		269.09
			276		140.39

↑ TERCEIRA ZONA ↓

↑ ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↑ ANGULO DE FALTA(GRAUS) ↑ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↑

109.14 80.87 21.28

130 158.02-SIP

7 JF 8348.26  
 8 JF 5996.67

-----+  
 SUBESTACAO JNEIVA 138  
 -----+

LT MASCAREL38 - JNEIVA 138 CIRC. 2 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 4.67+J 16.62 (PU#100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

-----+  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 -----+

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)		
				ANGULO (GRAUS)	S	T M					
1	2F	KD-10	1.30-36.6	75.00	1.0	2.00	0.06	1.88	1.86	5.46	INST.
	3F			75.00							
2	2F	KD-10	1.30-36.6	75.00	1.0	2.50	-0.06	2.66	2.63	5.46	0.40
	3F			75.00							
3	2F	KD-11	1.30-36.6	75.00	1.0	7.02	-0.06	7.45	7.28	0.27	0.75
	3F			75.00							

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO DIRETAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

SUBESTACAO LINHARE138  
 LT LINHARE138 - NOVVENEL38 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEOANCIA= 8.99+J 22.65 (PU\*100) R.T.C. = 303.075 A R.T.P. = 1200.07 I

	ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
PRIMEIRA ZONA	39.45	68.39	439.80
SEGUNDA ZONA	55.69	68.39	439.80

-----+  
 SUBESTACAO LINHARE138  
 -----+

LT LINHARE138 - NOVENE138 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 8.99+J 22.65 (PU\*100) R.I.C. = 300.0/5 A R.I.P. = 1200.0/ 1

-----+  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 -----+

ZONA	RELE	ALCANCES MINIMOS(OHMS)	FAIXA(OHMS)	AJUSTES			CONTRIB. MIN.(AMP)	TEMPO(S)
				ANGULO (GRAUS)	BMR (OHMS)	PTS (*100)		
1	GKY	0.75/1.5/3	0.75-20	60.0	1.500	75.	7.33	INST.
2	GKY	1.00/2.0/3	1.00-30	75.0	2.000	86.	7.33	0.40

---+  
 SUBESTACAO JNEIVA 138  
 ---+

LT JNEIVA 138 - LINHARE138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 5.49+J 13.85 (PU\*100) R.T.C. = 300.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

---+  
 PRIMEIRA ZONA  
 ---+

---+  
 ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ---+  
 24.12 ANGULO DE FALTA(GRAUS) ---+  
 68.41 CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)  
 900.06

---+  
 SEGUNDA ZONA  
 ---+

34.05 68.41 900.06

-----+  
 SUBESTACAO JNEIVA 138  
 -----+  
 LT JNEIVA 138 - LINHAREL38 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 5.49+j 13.85 (PU\*100) R.T.C. = 300.0/5 A R.I.P. = 1200.0/ 1

-----+  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 -----+

ZONA	RELE	ALCANCES MINIMOS(OHMS)	FAIXA(OHMS)	ANGULO (GRAUS)	4WR	AJUSTES (OHMS)	PTS (*100)	ALC.SEC. (OHMS)	CONTRIB. MIN.(AMP)	TEMPO(S)
1	5CY	0.75/1.5/3	0.75-20	60.0	0.750	62.	1.21	15.00	INST.	
2	6CY	1.00/2.0/3	1.00-30	75.0	1.000	70.	1.70	15.00	0.40	

↑-----↑  
 SUBESTACAO CARAPI 138  
 ↑-----↑

LT CARAPI 138 - TUBARI 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 0.70+J 1.80 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

↑-----↑  
 PRIMIRA ZONA  
 ↑-----↑

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	↑-----↑	↑-----↑	↑-----↑
J.13	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	
	68.78	1455.82	

↑-----↑  
 SEGUNDA ZONA  
 ↑-----↑

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	↑-----↑	↑-----↑	↑-----↑
4.41	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	
	68.78	1455.82	

SUBESTACAO CARAPI 138  
 LT CARAPI 138 - TUBARI 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 0.70+J 1.80 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1203.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)		
				ANGULO (GRAUS)	S	T M					
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	0.31	-0.03	0.32	0.31	12.13	INST.
	3F			60.00							
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	0.38	-0.15	0.45	0.44	12.13	0.40
	3F			60.00							

↑  
 SUBESTACAO CARAPI 138  
 ↓

↑  
 LT CARAPI 138 - TUBARI 138 CIRC. 2 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 ↓

↑  
 IMPEDANCIA= 0.70+J 1.50 (PU\*100) R.I.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1  
 ↓

↑  
 ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ↑  
 3.13 ↑  
 ↓

↑  
 ANGULO DE FALTA(GRAUS) ↑  
 68.78 ↑  
 ↓

↑  
 CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ↑  
 . 1455.82 ↑  
 ↓

↑  
 PRIMEIRA ZONA ↑  
 ↓

↑  
 SEGUNDA ZONA ↑  
 ↓

↑  
 68.78 ↑  
 ↓

↑  
 1455.82 ↑  
 ↓



SUBESTACAO CARAPI 138

LT CARAPI 138 - TUBARI 138 CIRC. 2 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 0.70+J 1.80 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0 0.31 -0.03	0.32 0.31	12.13	INST.
	3F			60.00				
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0 0.38 -0.15	0.45 0.44	12.13	0.40
	3F			60.00				

SUBSTACAO CARAPI 138  
 LT CARAPI 138 - TUSARI1138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 0.50+J 2.00 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
3.34	76.00	1438.17
4.71	76.00	1438.17

ALCANCES DIRETOS - CRITERIO 1

PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
LINHA BARRA					
BARRA DO AJUSTE					

OBS-D PROGRAMA NAO EXECUTOU O CALCULO DO AJUSTE DO RELE 21-3  
 VERIFIQUE SE A CONFIGURACAO DO SISTEMA ELETRICO PERMITE  
 O AJUSTE DO RELE 21-3 OU SE O CRITERIO DE AJUSTE FOI ES-  
 COLHIDO CORRETAMENTE



$\overline{\text{SUBESTACAO CARAPI 138}}$   
 LT CARAPI 138 - TUBARIL138 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA = 0.50+J 2.00 (PU\*100) R.T.C. = 500.0/5 A R.T.P. = 1200.0/1

$\overline{\text{AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE}}$

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (UHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)	
					S	T	M				
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	0.38	0.12	0.34	0.33	11.98	INST.
	3F			60.00							
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	0.54	0.12	0.48	0.47	11.98	0.40
	3F			60.00							

E F E I - E X E M P L O 2 - C O N F I G U R A C A O E S C E L S A - 1982 E S T U D O D E P R O T E C A O

---+  
 SUBESTACAO CARAPI 138  
 +---

LT CARAPI 138 - TUBARII138 CIRC. 2 TENSAC = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 0.50+J 2.00 (PU\*100) R.T.C. = 600-0/5 A R.T.P. = 1200-0/ 1

---+  
 ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ---+  
 ANGULO DE FALTA(GRAUS) ---+  
 CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) ---+

---+  
 P R I M E I R A Z O N A  
 +---

3.34 76.00 1438.17

---+  
 S E G U N D A Z O N A  
 +---

4.71 76.00 1438.17

A L C A N C E S D I R E T O S - C R I T E R I O 1

---+ L I N H A ---+ BARRA BARRA	PRIMEIRA BARRA	ANG. DE FALTA(GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
---	---	---	---	---	---

OBS-O PROGRAMA NAO EXECUTOU O CALCULO DO AJUSTE DO RELE 21-3

VERIFIQUE SE A CONFIGURACAO DO SISTEMA ELETRICO PERMITE

O AJUSTE DO RELE 21-3 OU SE O CRITERIO DE AJUSTE FOI ES-

COLHIDO CORRETAMENTE

+-----+  
 SUBESTACAO CARAPI 138  
 +-----+  
 LT CARAPI 138 - JUBARII138 CIRC. 2 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 0.50+J 2.00 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

+-----+  
 AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE  
 +-----+

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)		
				ANGULO (GRAUS)	S	T M					
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	0.38	0.12	0.34	0.33	11.98	INST.
	3F			60.00							
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	0.54	0.12	0.48	0.47	11.98	0.40
	3F			60.00							

USANDO O COMPUTADOR PARA AJUSTAR PROTECAO DE LT'S COM RELES DE DISTANCIA DE FASE FL. 134  
 EFEI - EXEMPLO 2 - CONFIGURACAO E SCEL SA - 1982 ESTUDO DE PROTECAO

↑-----↑  
 SUBESTACAO JNEIVA 138  
 ↓-----↓

LT JNEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 3.89+J 13.85 (PU#100) R.T.C. = 600.0/5 A R.I.P. = 1200.0/ 1

↑-----↑      ↑-----↑      ↑-----↑  
 ALCANCE PRIMARIO(OHMS)      ANGULO DE FALTA(GRAUS)      CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)

↑-----↑  
 PRIMEIRA ZONA  
 ↓-----↓

23.29      74.35      359.93

↑-----↑  
 SEGUNDA ZONA  
 ↓-----↓

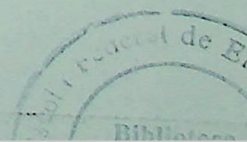
32.88      74.35      359.93

SUBESTACAO JNEIVA 138  
 LT JNEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAU = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 3.89+j 13.85 (PU#100) R.T.C. = 600.0/5 A R.I.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	T	M	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS)	AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)	
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	2.0	1.23	0.03	2.39	2.33	3.00	INST.
	3F			60.00							
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	3.0	1.23	0.12	3.29	3.29	3.00	0.40
	3F			60.00							



-----+  
 SUBESTACAO CARAPI 138 -----+  
 LT JNEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 3.89+J 13.85 (PU#100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
23.29	74.35	654.61
32.88	74.35	654.61

ALCANCES REVERSOS - CRITERIO 1

PRIMEIRA BARRA	ANG. DE FALTA(GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
147	79.03	120.47	132	121.20
133	81.00	189.84	201 JF	1063.72
130-RL	80.86	156.58	144	248.97
153-RL	85.63	346.93	175 TF	2123.69
134-RL	83.17	313.29	136	90.32
156-RL	84.05	309.50	153	129.84
157-RL	84.05	309.50	200 JF	1061.19
ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	155	846.71
4.11	85.63	346.93	130	74.17
17.09	83.17	313.29	219 JF	475.94
18.24	84.05	309.50	123 TF	32.66
ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	203 TF	234.70
4.11	85.63	346.93		

-----+  
 PRIMEIRA ZONA -----+  
 SEGUNDA ZONA -----+  
 TERCEIRA ZONA -----+

SUBESTACAO CARAPI 138  
 LT JNEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 1 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 3.89+J 13.85 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (CHMSJ) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	2.0 1.23 0.03	2.39 2.33	5.46	INST.
	3F			60.00				
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	3.0 1.23 0.12	3.29 3.29	5.46	0.40
	3F			60.00				
3	2F	KD-11	0.20-4.35	75.00	1.0 0.38 -0.09	0.42 0.41	2.89	0.75
	3F			60.00				

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO REVERSAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

-----+  
 SUBESTACAO JNEIVA 138 -----+  
 LT JNEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 2 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA = 3.89+J 13.85 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

	ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
PRIMEIRA ZONA	23.29	74.35	.359.93
SEGUNDA ZONA	32.88	74.35	359.93

A L C A N C E S R E V E R S O S - C R I T E R I O 1

LINHA BARRA	BARRA DJ AJUSTE	PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
147	133	135-RL	30.10	79.36	440.36	260 IF	331.58	
		149-RL	106.64	73.46	239.47	261 IF	284.37	
		151-RL	40.65	83.53	353.44	152	281.07	
						191 TF	306.88	
						181 TF	205.93	
						121 IF	134.31	
						275 TF	331.78	
						276 TF	172.69	
						155	873.26-SIP	
TERCEIRA ZONA			30.10	79.36				440.36

SUBESTACAO JNEIVA 138  
 LT JNEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 2 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 3.89+J 13.85 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)		
				ANGULO (GRAUS)	S	T M					
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	2.0	1.23	0.03	2.39	2.33	3.00	INST.
	3F			60.00							
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	3.0	1.23	0.12	3.29	3.29	3.00	0.40
	3F			60.00							
3	2F	KD-11	0.20-4.35	75.00	3.0	1.23	0.18	3.12	3.01	3.67	0.75
	3F			60.00							

OBSERVAÇÕES - RELE 21-3 POLARIZADO R E V E R S A M E N T E AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

SUBESTACAO CARAPI 138  
 LI JMEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 2 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA = 3.89+J 13.85 (PU\*100) R.T.C. = 600.0/5 A R.J.P. = 1200.0/1

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)
23.29	74.35	654.61
32.88	74.35	654.61

ALCANCES REVERSOSS - CRITERIO 1

PRIMEIRA BARRA	AJUSTE (OHMS)	ANG. DE FALTA (GRAUS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	AJUSTE (OHMS)
147 BARRA	133	133	133	132	121.20
144	144	144	144	201 TF	1063.72
175	175	175	175	175 TF	2123.69
136	136	136	136	136	90.32
153	153	153	153	153	129.84
200	200	200	200	200 TF	1061.19
155	155	155	155	155	846.71
130	130	130	130	130	74.17
219	219	219	219	219 TF	475.94
123	123	123	123	123 TF	32.65
203	203	203	203	203 TF	234.70

ALCANCE PRIMARIO(OHMS) 4.11  
 ANGULO DE FALTA(GRAUS) 85.63  
 CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) 346.93

SUBESTACAO CARAPI 138  
 LT JNEIVA 138 - CARAPI 138 CIRC. 2 TENSAO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA = 3.89+j 13.85 (PU\*100) R.T.C. = 800.0/5 A R.T.P. = 1200.0/1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	ANGULO (GRAUS)	T	M	AJUSTES	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)	
1	2F	KD-10	0.20-4.35	2.39	75.00	2.0	1.23	0.03	2.33	5.46	INST.
	3F				60.00						
2	2F	KD-10	0.20-4.35	3.29	75.00	3.0	1.23	0.12	3.29	5.46	0.40
	3F				60.00						
3	2F	KD-11	0.20-4.35	0.42	75.00	1.0	0.38	-0.09	0.41	2.89	0.75
	3F				60.00						

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO REVERSAMENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

LI CARAPI 138 - PRAIA 138 CIRC. I TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 1.24+J 13.19 (PU=100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

SUBESTACAO CARAPI 138

ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ANGULO DE FALTA(GRAUS) CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)

PRIMEIRA ZONA	21.45	84.67	805.81
SEGUNDA ZONA	30.28	84.67	805.81

ALCANCES REVERSOS - CRITERIO I

LINEHA	BARRA	PRIMEIRA BARRA	ANG. DE FALTA (GRAUS)	ALJUSTE (OHMS)	CONTRIB. MIN(AMP)	SEGUNDA BARRA	ALJUSTE (OHMS)
133	153	131-RL	79.03	619.82-SIP	41.62	132	1451.12
		130-RL	81.00	39.79-SIP	353.89	201 TF	3079.39-SIP
		134-RL	85.63	11.97	119.24	144	181.05-SIP
		156-RL	83.17	49.30	108.62	175 TF	6147.83-SIP
		157-RL	84.05	52.62	107.30	136	48.45-SIP
		147-RL	82.33	470.64	38.11	200 TF	569.25-SIP
						155	141.94-SIP
						123 TF	104.71
						135	986.46
						149	2299.81
						181 TF	3994.91
						151	1032.68-SIP
						203 TF	676.95

ALCANCE PRIMARIO(OHMS) ANGULO DE FALTA(GRAUS) CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)

SUBESTACAO CARAPI 138

LT CARAPI 138 - PRAIA 138 CIRC. 1 TENSÃO = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA

IMPEDANCIA= 1.24+J 13.19 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

AJUSTES DOS RELES DE DISTANCIA DE FASE

ZONA	UNIDADE	RELE	FAIXA (OHMS)	ANGULO (GRAUS)	AJUSTES	ALCANCE SECUNDARIO (GHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0 1.23 -.15	1.45 1.43	10.07	INST.
	3F			60.00				
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	2.0 0.92 -.09	2.02 2.02	10.07	0.40
	3F			60.00				
3	2F	KD-11	0.20-4.35	75.00	1.0 0.92 0.15	0.80 0.80	1.49	0.75
	3F			60.00				

OBSERVACOES - RELE 21-3 POLARIZADO REVERSA MENTE AJUSTADO SEGUNDO CRITERIO 1

EXEMPLO 2 - CONFIGURACAO ESCALSA - 1982 ESTUDO DE PROTECAO

+-----+  
 SUBESTACAO PRAIA 138  
 +-----+  
 LT CARAPI 138 - PRAIA 138 CIRC. I TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 1.24+J 13.19 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.I.P. = 1200.0/ 1

+-----+  
 PRIMERA ZONA  
 +-----+  
 SEGUNDA ZONA  
 +-----+

ALCANCE PRIMARIO(OHMS)	21.45	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	84.67	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	.124.79
SEGUNDA ZONA	30.28	ANGULO DE FALTA(GRAUS)	84.67	CONTRIBUICAO MINIMA(AMP)	124.79

ALCANCES REVERSOS - CRITERIO I

+-----+ LINHA BARRA BARRA AJUSTE 133 153 +-----+	+-----+ PRIMEIRA BARRA AJUSTE (OHMS) 130 14.92 +-----+	+-----+ ANG. DE FALTA (GRAUS) 81.00 +-----+	+-----+ CONTRIB. MIN(AMP) 353.89 +-----+	+-----+ AJUSTE (OHMS) 144 156.37 136 23.41 200 TF 544.82 155 116.75 219 TF 67.79 +-----+	+-----+ SEGUNDA BARRA 144 156.37 136 23.41 200 TF 544.82 155 116.75 219 TF 67.79 +-----+	+-----+ CONTRIBUICAO MINIMA(AMP) 353.89 +-----+
---	---	--	---	---	---	--

+-----+  
 TERCEIRA ZONA  
 +-----+

E F E I - E X E M P L O 2 - C O N F I G U R A C A O E S C E L S A - 1992 E S T U D O D E P R O T E C A O

+-----+  
 SUBESTACAO PRAIA 138  
 +-----+  
 LT CARAPI 138 - PRAIA 138 CIRC. 1 TENSAD = 138.00 KV POTENCIA BASE = 100 MVA  
 IMPEDANCIA= 1.24+J 13.19 (PU\*100) R.T.C. = 400.0/5 A R.T.P. = 1200.0/ 1

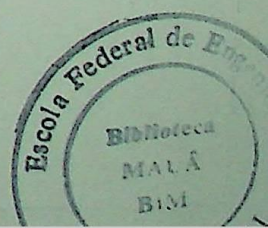
+-----+  
 A J U S T E S D O S R E L E S D E D I S T A N C I A D E F A S E  
 +-----+

ZONA	UNIDADE	RELE	Faixa (OHMS)	AJUSTES			ALCANCE SECUNDARIO (OHMS) AJUSTADO DESEJADO	CONTRIB. MIN. (AMP.)	TEMPO(S)		
				ANGULO (GRAUS)	S	T M					
1	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	1.0	1.23	-0.15	1.45	1.43	1.56	INST.
	3F			60.00							
2	2F	KD-10	0.20-4.35	75.00	2.0	0.92	-0.09	2.02	2.02	1.56	0.40
	3F			60.00							
3	2F	KD-11	0.20-4.35	75.00	1.0	0.92	-0.09	1.01	0.99	4.42	0.75
	3F			60.00							

FIM DO PROGRAMA

NUMERO DE BARRAS = 75

NUMERO DE LINHAS = 106



- 01) Curso: Teoria dos Circuitos de Corrente Alternada - 1974 - 1975
- 02) H. H. Brown, C. L. Peterson, J. H. Mansueti e G. W. Stagg - 1962  
 tal calculation of short-circuit currents by matrix method  
 Trans. AIEE, vol. 81, parte III - 1962.
- 03) Curso: Análise de Sistemas Elétricos - 1974 - 1975
- 04) Analysis of Electric Power Systems - Paul H. Anderson, Iowa  
 State University Press - 1974.

— ANEXO VI —

- 05) Teoria dos Circuitos de Corrente Alternada - 1974 - 1975
- 06) Sistema de Interligação de São Paulo e Paraná - O Projeto de  
 Integração - SEP/1974
- 07) Power Circuit Computations - Murray A. B., Coleman D.  
 e James W. L., Trans. AIEE, vol. 81, parte III, 1962.
- 08) Características Dinâmicas - Henrique Caspary - 1974
- 09) Características de Comportamento dos Sistemas de Proteção -  
 SEP - Grupo de Trabalho de Proteção - Volume II - 1974.
- 10) Using the computer to set transmission line phase constants  
 and ground fault relays - E. Hugo Saabman, R. A. Verma,  
 Wilbur H. Woodside Jr., William M. Scribner - IEEE Trans.  
 PAS-92, pp. 474 - 484 - Mar 1973.
- 11) Interactive Digitalization System of distance relay -  
 for a large scale HV power system.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01) Curso: Tópicos Avançados em Sistemas Elétricos - E - 822  
Professor Hector Araújo - EFEI - 1978.
- 02) H.E. Brown, C.E. Person, L.K. Kichmayer e G.W. Stagg - Digital calculation of three-phase short circuits by matrix methods - Trans. AIEE, vol. 79 - parte III - 1960.
- 03) Curso: Análise de Sistemas Elétricos - E- 821  
Professor Júlio Cesar Tibúrcio - EFEI - 1978.
- 04) Analysis of Faulted Power Systems - Paul M. Anderson Iowa State University Press - 1976.
- 05) Applied Protective Relaying - Westinghouse Electric Corporation - 1979.
- 06) Protective Relaying - Série PTI - EFEI - 1978.
- 07) Caderno de Informática - Série James Martin - O Dilema da Programação - SET/1981
- 08) Short Circuit Comparison Study - Shipley R.B., Coleman D. e Naron W.L., Trans. AIEE, vol. 81, parte III, 1962.
- 09) Processamento Distribuído - Henrique Costabile - Boletim Informativo SEI - NOV/DEZ/1980.
- 10) Experiência no Comportamento dos Sistemas de Proteção - GCOI - Grupo de Trabalho de Proteção - Volume II - 1978.
- 11) Using the computer to set transmission line phase distance and ground backup relays - R. Bruce Gastineau, R.H. Harris, Wilbur L. Woodside Jr., William V. Scribner - IEE - Trans., PAS-96, pp. 478 - 484 - Mar 1977.
- 12) Interactive Computation System of distance relay setting for a large scale EHV power system.  
K. Suzuki, T. Iwamoto, T. Komukai, T. Hirokawa - IEEE - Vol. PAS - 99, nº 1. pp. 165 - 173 - JAN/FEB 1980.

- 13) Protective Relays - Their Theory and Practice - A.R.Van C. Warrington - London - Chapman Hall LTD - 2nd edition.
- 14) Type KD - 10 and KD - 11 - Compensator Distance Relay Westinghouse I.L. 41 - 490A
- 15) Mho Distance Relay - Type GCY51A - Instructions GEI-98338C General Electric
- 16) Mho Distance Relay - Type CEY51A - Instructions GEK-1275F- General Electric.
- 17) Mho Distance Relay - Type CEY52A - Instructions GEK-1289C- General Electric.
- 18) Offset : Mho Distance Relay - Type CEB52A - Instructions GEK-1291D - General Electric .

