

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
Departamento de Engenharia de Sistemas

Cálculo de fluxo de carga em sistemas de transmissão com alimentadores primários de distribuição

Autor: Gabriela Helena Sergio Bauab
Orientador: Prof. Dr. Anésio dos Santos Júnior

Dissertação de mestrado apresentada
à Faculdade de Engenharia Elétrica e
de Computação da Universidade
estadual de Campinas – UNICAMP -
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Elétrica. Área de
concentração: **Energia Elétrica.**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Anésio dos Santos Júnior.....DENSIS/FEEC/Unicamp
Prof. Dr. Luiz Carlos Pereira da Silva.....DSCE/FEEC/Unicamp
Prof. Dr. Geraldo Roberto Martins da Costa.....EESC/USP

Campinas, SP
21 de Julho de 2005.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B233c Bauab, Gabriela Helena Sergio
Cálculo de fluxo de carga em sistemas de transmissão
com alimentadores primários de distribuição / Gabriela
Helena Sergio Bauab. --Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Anésio dos Santos Júnior
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de
Computação.

1. Sistemas de energia elétrica. 2. Energia elétrica
transmissão. 3. Energia elétrica – Distribuição. I. Santos
Júnior, Anésio dos. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III.
Título.

Titulo em Inglês: Transmission systems load flow with feeders of distribution.

Palavras-chave em Inglês: Electric power systems, Electric power
transmission e Electric power distribution

Área de concentração: Energia Elétrica

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora: Luiz Carlos Pereira da Silva e Geraldo Roberto Martins
da Costa

Data da defesa: 21/07//2005

Resumo

Os estudos para o planejamento da operação de sistemas elétricos em regime permanente são baseados em simulações com ferramentas de cálculo de fluxo de carga. Estas ferramentas para uso em sistemas de transmissão são diferentes das usadas em sistemas de distribuição. A dissertação propõe uma estratégia de cálculo de fluxo de carga em um sistema composto da rede de transmissão conectada com seus alimentadores de distribuição. Esta conexão elétrica é feita através de transformadores. Este método é baseado nos métodos de cálculo de fluxo de carga Newton para sistemas de transmissão e método de Goswami e Basu para sistemas de distribuição. O método consiste no ajuste dos dados de rede (inserção de ramos e barras) e de carga relativos aos sistemas (parte da carga da barra da transmissão é transferida para os nós raízes dos alimentadores). Posteriormente, são realizados testes no sistema estendido, além de testes de contingência (retirada de um ramo) e aumento de carga na transmissão e nos alimentadores de distribuição (sobrecarga).

Abstract

The analyses of planning of electric systems operation on constant regime are based on simulations with tools of load flow calculation. These methods used in transmission systems are different from those used in distribution systems. This dissertation proposes a methodology of load flow calculation in systems composed by transmission network connected with distribution feeders. The electric connections are made with transformers. This methodology is based on Newton's method of load flow calculation for transmission systems and Goswami and Basu's method for distribution systems. The tool consists of network data adjustment (inserting of branches and bars) and relative loads of both systems (part of the transmission load bar is transferred to the root bar of the feeders). Later, they are executed tests on the extend system, beyond the contingent tests (retreat of a branch) and load increase in transmission system and distribution feeders (overload).

*Aos meus pais Luiz e Amíltes e às minhas
irmãs Elisa, Leticia e Juliana.*

Agradecimentos

Ao meu professor, amigo e orientador Prof. Dr. Anésio dos Santos Júnior, pela orientação, carinho e atenção durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus pais, irmãs e avó, pelo amor, carinho, paciência e por acreditarem sempre na minha capacidade e no meu esforço, além dos apoios financeiros, médicos e outros que somente a família sabe dar.

Ao André, Josi, Aníbal e Tiago, que me ensinaram muito sobre programação em linguagem C, utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Amigos Olinto, Camila, Leonardo, Maira, Ana e Wei pelo apoio e pela paciência nos momentos de estudo, cansaço, nervosismo, além de proporcionarem aqueles momentos de descontração em bares, festas, jantares, churrascos...

À Ana Beatriz por ter cuidado de mim como comadre e como segunda mãe.

Ao CNPq que iniciou o financiamento desta pesquisa, durante os seis primeiros meses e à FAPESP pelo financiamento de todo o projeto desenvolvido.

A todos os amigos do DENSIS e da faculdade pela acolhida e momentos de conversa, cafezinho e desabafos.

Ao meu melhor amigo, companheiro, cúmplice, professor e namorado André por todos os dias que nos ajudamos, pela leitura dos capítulos da tese, pelo carinho, pelo amor e pelos cuidados quando fiquei doente e quando precisei.

Agradeço Àquele que torna possível tudo que fazemos, nos dando inspiração e força. Obrigada Deus.

Índice

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 – Método de análise de redes elétricas	5
2.1 - Introdução	5
2.2 – Análise de Sistema de Transmissão	5
2.2.1 – Cálculo do Fluxo de Potência com base no método de Newton	6
2.2.2 – Método de Newton para solução do Fluxo de Potência	9
2.3 – Análise de Sistemas de Distribuição	11
2.3.1 – Método de Baran e Wu	12
2.3.2 – Solução direta do método de Goswami e Basu	13
2.3.3 – Método de Goswami e Basu	14
2.3.3.1 – Topologia da Rede	14
2.3.3.2 – Arquivo de Dados	14
2.3.3.3 – Cálculo do Acúmulo de carga	15
2.3.3.4 – Cálculo da Tensão, Corrente e Perdas na Linha	16
2.4 – Exemplo de Simulação	18
Capítulo 3 – Análise de Redes de Transmissão com Alimentadores de Distribuição	23
3.1 - Introdução	23
3.2 – Formulação do problema	26
3.3 – Representação do sistema de transmissão com alimentadores de distribuição	26
3.4 – Obtenção da solução básica para a Distribuição	29
3.5 – Análise de contingência e de sobrecarga	32
3.6 - Conclusão	38
Capítulo 4 – Testes e resultados	39
4.1 - Introdução	39
4.2 – Circuitos testes	40
4.3 – Ajuste de potência em barras com alimentadores de distribuição	40
4.3.1 – IEEE 30 barras	40
4.3.2 – IEEE de 57 barras	45
4.3.3 – IEEE de 118 barras	52

4.4 – Teste de contingência na rede de transmissão	63
4.4.1 – Sistema IEEE 30/Estendido – 38 barras	63
4.4.2 – Sistema IEEE 57/ Estendido – 82 barra	65
4.4.3 – Sistema IEEE 118/ Estendido – 179 barras	70
4.5 – Teste de sobrecarga	72
4.5.1 – Sistema IEEE 30/ Estendido – 38 barras	72
4.5.2 – Sistema IEEE 57/ Estendido – 82 barras	76
4.5.3 – Sistema IEEE 118/ Estendido – 179 barras	82
4.6 - Conclusão	85
Capítulo 5 – Conclusão	87
Referência bibliográfica	89
Anexo I	91
Anexo II	93
Anexo III	95
Anexo IV	97
Anexo V	99
Anexo VI	103
Anexo VII	107
Anexo VIII	113
Anexo IX	125

Lista de Figuras

2.1: Esquema da rede de distribuição do método Simplified DistFlow	12
2.2: Circuito teste de 14 barras do IEEE	18
2.3: Esquemático do circuito Mariporã (CPFL)	20
2.4: Gráfico da tensão nos nós da rede Mariporã	21
3.1: Sistema de transmissão	24
3.2: Alimentador primário de distribuição conectado à transmissão	24
3.3: Sistema de T/ST e AD acoplados	25
3.4: Sistema estendido	27
3.5: Gráficos das tensões dos sistemas de distribuição	31
3.6: Representação gráfica da tensão da distribuição	34
3.7: Representação gráfica da tensão dos nós da distribuição	36
3.8: Representação gráfica da tensão dos nós da distribuição após reconfiguração de carga do alimentador da barra 15	38
4.1: Caso básico na distribuição	44
4.2: Caso básico na distribuição	51
4.3: Caso básico na distribuição	63
4.4: Caso básico na distribuição após contingência	65
4.5: Caso básico na distribuição após contingência	70
4.6: Caso básico na distribuição após contingência	72
4.7: Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 19	74
4.8: Caso básico na distribuição após injeção de potência na barra 31	76
4.9: Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 50	79
4.10: Caso básico na distribuição após aumento de carga nas barras 78 e 82	82
4.11: Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 95	83
4.12: Caso básico na distribuição após injeção de potência nas barras 158 a 163	85
Anexo I	
1: Representação do transformador tipo 1	91
2: Representação π do transformador tipo 1	91
3: Transformador tipo 2	92
4: Transformador tipo 3	92
5: Transformador tipo 4	92

Anexo VIII

1: Caso básico na distribuição após contingência	113
2: Caso básico na distribuição após contingência	114
3: Caso básico na distribuição após contingência	120
4: Caso básico na distribuição após contingência	121
5: Caso básico na distribuição após contingência	122
6: Caso básico na distribuição após contingência	123

Anexo IX

1: Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 23	126
2: Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 35	127
3: Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 75	129
4: Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 88	130

Lista de Tabela

2.1: Resultado do fluxo de carga do IEEE14	19
2.2: Resultado do fluxo de carga da distribuição	20
3.1: Resultado do fluxo de carga com barras 13 e 14 tipo PV	29
3.2: Resultado do cálculo do fluxo de carga na transmissão	31
3.3: Resultado do cálculo do fluxo de carga após contingência no ramo 7-9	32
3.4: Resultado do Fluxo de carga da distribuição após contingência	33
3.5: Resultado do cálculo do fluxo de carga do sistema estendido após sobrecarga	34
3.6: Resultado do cálculo do fluxo de carga da distribuição após contingência	35
3.7: Resultado do cálculo do fluxo de carga após aumento da carga do nó raiz	36
3.8: Resultado do fluxo de carga da distribuição após aumento da carga do da barra 15	37
4.1: Configuração básica da transmissão para a rede do IEEE de 30 barras	41
4.2: Caso Básico dos nós raízes (ajuste)	43
4.3: Configuração básica da transmissão para a rede do IEEE de 57 barras	45
4.4: Caso básico dos nós raízes (ajuste)	48
4.5: Configuração básica da transmissão para a rede do IEEE de 118 barras	52
4.6: Caso básico dos nós raízes (ajuste)	59
4.7: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 27-28	63
4.8: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 13 – 49	65
4.9: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 94 – 95	70
4.10: Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 19	73
4.11: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 31	74
4.12: Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 50	76
4.13: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga nos alimentadores 78 a 82	79
4.14: Caso básico nos nós raízes após sobrecarga na barra 95	82
4.15: Caso básico nos nós raízes após injeção de potência nas barras 158 a 163	84
Anexo VIII	
1 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 29 - 30	113
2 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 27 - 30	114
3 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 22 - 23	114

4: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 37 – 38	115
5: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 38 - 48	116
6: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 38 - 44	116
7: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 44 - 45	117
8: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 46 - 47	117
9: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 49 – 50	118
10: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 50 - 51	118
11: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 45 - 49	119
12: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 75 – 118	120
13: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 85 - 88	121
14: Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 106 - 107	122
Anexo IX	
1: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 23	125
2: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 58	126
3: Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 35	126
4: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 59	127
5: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 75	128
6: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga nas barras 133 a 138	129
7: Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 88	130
8: Caso básico dos nós raízes após aumento de carga nas barras 145 a 157	131

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Um sistema elétrico pode ser visto como três segmentos: geração, transmissão/subtransmissão e distribuição. A geração é planejada e programada levando-se em conta os recursos primários de energia. No caso brasileiro, o sistema de energia, que possui aproveitamento hidráulico abundante, exige uma malha de transmissão que envolve longas distâncias. O sistema de transmissão/subtransmissão (750kV à 69kV) é malhado e alimenta as redes de distribuição. Os alimentadores primários de distribuição (13,8kV, 11,95kV) são radiais e suprem os alimentadores secundários de distribuição (220V). Estes sistemas são, geralmente, gerenciados, estudados e tratados de forma independente. A análise em regime permanente das redes é feita com a ajuda de ferramentas de cálculo de fluxo de carga.

Os cálculos dos fluxos de potência do sistema de transmissão/subtransmissão são feitos separadamente do sistema de distribuição. O sistema de transmissão/subtransmissão é projetado para transmitir fluxos de potência em altas tensões enquanto os alimentadores primários e secundários de distribuição transmitem

fluxos de potência em médias tensões. Devido à diferença na topologia e nas características elétricas dos sistemas, os métodos para cálculo de fluxo de carga para um dos sistemas não são eficientes para o outro. Os métodos de cálculo de fluxo de carga para os sistemas de transmissão/subtransmissão mais usados são o método de Newton, métodos desacoplados e o método desacoplado rápido. Estes também são baseados no método de Newton. Já os métodos para o cálculo de fluxo de potência dos alimentadores de distribuição mais conhecidos são o método de Baran e Wu, Método de Goswami e Basu e o método direto de Goswami e Basu. Para a metodologia proposta neste trabalho foram usados o método de Newton e o método de Goswami e Basu para o sistema de transmissão/subtransmissão e distribuição, respectivamente.

Esta dissertação propõe uma metodologia para fazer o cálculo do fluxo de potência dos sistemas de transmissão levando em consideração as subestações e os alimentadores primários de distribuição acoplados a elas. Nos métodos de cálculo de fluxo de carga convencionais para o sistema de transmissão, a subestação e os alimentadores de distribuição são considerados como injeções de potência na barra da transmissão. Na abordagem proposta aqui, a subestação é considerada um transformador. Os alimentadores de distribuição são considerados nas barras de carga no sistema. Estas barras representam os nós raízes do sistema de distribuição e as respectivas injeções de potência representam as potências de todo o sistema de distribuição. Essa metodologia está baseada nos métodos convencionais de cálculo de fluxo de carga e em um ajuste dos dados de rede (inserção de ramos e barras) e de carga relativos aos dois sistemas. O algoritmo com a metodologia proposta foi desenvolvido em linguagem de programação “C” e testado com sistemas disponíveis na literatura.

Foram simulados testes no sistema de transmissão/distribuição com sistemas do IEEE para a transmissão e sistema de Mariporã (CPFL) [14] e o sistema proposto por Goswami e Basu em seu artigo [11] para sistemas de distribuição. Foram simuladas, também, mudanças no cenário de operação do sistema, como a ocorrência de contingências (retirada de ramos do sistema de transmissão), sobrecarga na transmissão ou variação de carga do sistema de distribuição (aumento da carga nos nós raízes dos alimentadores).

A dissertação está dividida em cinco capítulos e os próximos estão descritos a seguir:

- Capítulo 2: apresenta uma revisão bibliográfica dos artigos, livros e teses estudados durante o desenvolvimento da pesquisa. A revisão bibliográfica é referente aos métodos de cálculo de fluxo de carga para os sistemas de transmissão e de distribuição. Neste capítulo são apresentados, também, os métodos escolhidos para o cálculo do fluxo de carga para cada sistema, usados na metodologia proposta, assim como seus algoritmos para implementação.
- Capítulo 3: este capítulo detalha a metodologia de análise conjunta dos sistemas de transmissão e dos alimentadores de distribuição. São propostos, também, os testes de alterações no cenário de operação (contingência e sobrecarga) do sistema estendido (transmissão/distribuição) e apresenta exemplos com redes pequenas e conhecidas para explicar a metodologia desenvolvida.
- Capítulo 4: apresenta a realização dos testes do método de acoplamento e das alterações na operação dos sistemas de maiores dimensões, conhecidos e com diferentes características (sistemas do IEEE, Mariporã e o proposto no artigo de Goswami e Basu).
- Capítulo 5: apresenta a conclusão do trabalho de pesquisa, assim como a importância da utilização do método.

No final da dissertação estão listadas as referências bibliográficas estudadas e utilizadas. Na seqüência estão apresentados apêndices, com dados de sistemas e resultados de outros testes realizados durante a pesquisa.

Capítulo 2

MÉTODOS DE ANÁLISE DE REDES ELÉTRICAS

2.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados os métodos de cálculo de fluxo de potência para os sistemas de transmissão e de distribuição. Os métodos utilizados para desenvolver este trabalho e as razões para sua escolha serão apresentados de forma detalhada. Também serão apresentados resultados de alguns estudos a título de exemplo para aplicações dos métodos de cálculo do fluxo de carga.

2.2 Análise de Sistemas de Transmissão

O sistema de transmissão [16] é uma rede de linhas de operação trifásica, cujas tensões variam de 115 kV e 765 kV e capacidade entre 50 MVA e 2000 MVA. O termo rede de transmissão se deve ao fato de ter mais de um “caminho elétrico” entre

dois pontos do sistema, facilitando a reabilitação do sistema e do fluxo de operação, ou seja, quando uma linha cai, há uma rota alternativa para o fluxo de potência, evitando interrupções.

2.2.1 Cálculo do Fluxo de Potência com base no método de Newton

Serão descritos nesta subseção os métodos mais utilizados para o cálculo do fluxo de potência de sistemas de transmissão. Estes métodos são o de Newton e suas versões (métodos desacoplados).

A formulação do problema [1] baseia-se nas leis de Kirchhoff e no teorema de Tellegen que garantem a conservação da potência complexa na rede. Assim, admite-se a conservação de potências ativa e reativa nos nós da rede, como representado em (2.1):

$$\begin{aligned} P_k &= V_k \sum_{m \in K} V_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km}) \\ Q_k &= V_k \sum_{m \in K} V_m (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km}) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Em (2.1), P_k e Q_k são as potências ativa e reativa da barra k , V_k e V_m as magnitudes de tensão das barras k e m , G_{km} e B_{km} as admitância e susceptância do ramo km e θ_{km} a defasagem angular entre as barras km .

O problema consiste em encontrar as soluções para as incógnitas:

- V e θ : incógnitas ligadas ao estado da rede (variáveis de estado – magnitude e ângulo de tensão).

$$x = \begin{bmatrix} \theta_{k \in \{PQ+PV\}} \\ V_{k \in \{PQ\}} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

- P e Q : podem ser obtidas, conhecidas as variáveis de estado (potências ativa e reativa).

Portanto, se as variáveis de estado da rede forem obtidas, pode-se calcular os valores das potências ativa e reativa das barras, além de outras grandezas associadas às condições de operação da rede como fluxo de potência nos ramos.

Assim, é possível dividir o problema em dois subsistemas:

- 1- Determinar as variáveis de estado para as barras PQ (de carga) e o ângulo da tensão para as barras PV.
- 2- Determinar as potências ativa e reativa para a barra de referência e potência reativa para a barra PV.

Os métodos de solução das equações do subsistema 1 consistem na escolha inicial de valores de tensão e de sua atualização sucessiva, até que os mismatches de potência ($\Delta P_k = P_k^{esp} - P_k^{calc}$ e $\Delta Q_k = Q_k^{esp} - Q_k^{calc}$, sendo $P_k^{esp} = P_k^{gerado} - P_k^{carga}$ e $Q_k^{esp} = Q_k^{gerado} - Q_k^{carga}$ os valores das potências ativa e reativa da barra k e P_k^{calc} e Q_k^{calc} os valores das potências ativa e reativa calculadas com os valores das variáveis de estado calculados numa iteração do fluxo de carga, definida na equação (2.1)), sejam menores que uma tolerância predeterminada. Portanto, os métodos de Newton e suas variações resolvem o sistema:

$$g(x^v) = -J(x^v) \cdot \Delta x^v \quad (2.3)$$

Onde:

$$g(x^v) = \begin{bmatrix} \Delta P^v \\ \Delta Q^v \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$\Delta x^v = \begin{bmatrix} \Delta \theta^v \\ \Delta V^v \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

$$J(x^v) = \begin{bmatrix} \frac{\partial(\Delta P)}{\partial \theta} & \frac{\partial(\Delta P)}{\partial V} \\ \frac{\partial(\Delta Q)}{\partial \theta} & \frac{\partial(\Delta Q)}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Para $J(x^v)$ a matriz Jacobiana, que pode ser dividida em submatrizes:

$$J(x^v) = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Os métodos desacoplados utilizam o mesmo modelo da rede apresentado anteriormente, com simplificações da matriz Jacobiana. O processo de convergência é diferente do processo do método de Newton, porém o critério de parada é o mesmo.

O método de Newton desacoplado [3] parte das mesmas equações do método de Newton, porém a submatriz N e M são ignoradas devido à maior sensibilidade entre P e θ (H) e Q e V (L) do que entre P e V (N) e Q e θ (M), resultando:

$$\Delta P(V^v, \theta^v) = H(V^v, \theta^v) \Delta \theta^v \quad (2.8)$$

$$\Delta Q(V^v, \theta^v) = L(V^v, \theta^v) \Delta V^v \quad (2.9)$$

$$\theta^{v+1} = \theta^v + \Delta \theta^v \quad (2.10)$$

$$V^{v+1} = V^v + \Delta V^v \quad (2.11)$$

Esta formulação é chamada simultânea, pois os mismatches de potência ativa e reativa são obtidos com base nos valores de magnitude e ângulo de fase das tensões da iteração anterior.

Pode-se aplicar a solução alternada, que resulta numa melhor característica de convergência:

$$\begin{aligned} \Delta P(V^v, \theta^v) &= H(V^v, \theta^v) \Delta \theta^v \\ \theta^{v+1} &= \theta^v + \Delta \theta^v \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} \Delta Q(V^v, \theta^{v+1}) &= L(V^v, \theta^{v+1}) \Delta V^v \\ V^{v+1} &= V^v + \Delta V^v \end{aligned} \quad (2.13)$$

Neste caso, os mismatches de potência reativa são calculados utilizando valores atuais de ângulo de fase das tensões. As aproximações da matriz Jacobiana são parcialmente compensadas pela atualização das variáveis V e θ a cada meia-iteração.

No método desacoplado rápido [4], são feitas algumas considerações como θ_{km} muito pequeno ($\cos \theta_{km}$ próximo de 1), B_{km} muito maior que $G_{km} \sin \theta_{km}$, $B_{kk} V_k^2$ muito maior que Q_k (as reatâncias shunt são em geral muito maiores que as reatâncias série) e V_k aproximadamente igual a 1. Assim, são definidas duas novas matrizes B' e B'' que correspondem à:

$$\begin{aligned} B_{kk}' &= -B_{kk} & B_{kk}'' &= -B_{kk} \\ B_{km}' &= -B_{km} & B_{km}'' &= -B_{km} \\ B_{mk}' &= -B_{km} & B_{mk}'' &= -B_{km} \end{aligned} \quad (2.14)$$

As matrizes B' e B'' têm estrutura idênticas às das matrizes H e L e são numericamente simétricas. Elas dependem apenas dos parâmetros da rede e são constantes ao longo do processo iterativo.

Portanto, as equações do método desacoplado rápido ficam:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta P}{V} &= B' \Delta \theta \\ \frac{\Delta Q}{V} &= B'' \Delta V\end{aligned}\tag{ 2.15 }$$

Um melhor desempenho é observado neste método quando se desprezam as resistências dos ramos e os elementos shunt na formulação de B' . Esse método não resulta um em desacoplamento de fato, mas em uma forma de acoplamento implícito.

O método de Newton [1], é o método utilizado neste trabalho, pois este é o mais adequado no caso de se realizar uma análise de sensibilidade em torno do ponto de operação calculado facilitando possíveis alterações em variáveis de controle. Isso também facilitará a alteração do estado de operação da rede para a consideração de limites de tensão e de potência reativa no sistema.

2.2.2 Método de Newton para solução do Fluxo de Potência

O Método de Newton apresenta o mesmo modelo representado na equação (2.3) deste capítulo.

As submatrizes da matriz Jacobiana são estruturalmente simétricas e numericamente assimétricas. Elas têm mesma estrutura da matriz Y .

Com a matriz e os vetores formados (equações (2.4), (2.5) e (2.6)), é possível encontrar os valores de Δx . Daí, basta atualizar os valores de x , com $x^{v+1} = x^v + \Delta x^v$. Quando os valores de x estão próximos da solução do problema, os valores de Δx tende a 0.

Existem estimativas iniciais muito próximas da solução, fazendo com que os sistemas operem em pontos factíveis. O método é muito confiável e rápido para a maioria das aplicações e ele não é sensível à escolha da barra de referência angular.

O critério de convergência usado é:

$$\begin{aligned}
|\Delta P_k| &\leq \varepsilon_P && \text{Barras } k \text{ tipo PQ e PV} \\
|\Delta Q_k| &\leq \varepsilon_Q && \text{Barras } k \text{ tipo PQ}
\end{aligned}
\tag{2.16}$$

Onde ε é a tolerância. A tolerância define o erro máximo no cálculo do fluxo de potência dos ramos.

⇒ **Algoritmo básico para a resolução dos subsistemas 1 e 2 pelo método de Newton**

Observação: O subsistema 1 contém as potências ativas (P) e reativas (Q) das barras PQ e apenas as potências ativas (P) das barras PV para o cálculo da magnitude e do ângulo de tensão. O subsistema 2 consiste nos cálculos de P e Q para as barras de referência e Q para as barras PV.

Subsistema 1:

- (i) Inicializar o contador de iterações $v = 0$
Escolher valores iniciais para as magnitudes (barras PQ) e ângulos de fase (barras PQ e PV) das tensões nodais não fornecidas – montar vetor $x = [\theta^0 \ V^0]^T$.
- (ii) Calcular $P_k(\theta^v, V^v)$ para as barras PQ e PV.
Calcular $Q_k(\theta^v, V^v)$ para as barras PQ.
Calcular os respectivos mismatches de potência ΔP_k^v e ΔQ_k^v
- (iii) Testar a convergência: Se $\text{Max}\{|\Delta P_k^v|\}_{k=PQ, PV} \leq \varepsilon_P$ e $\text{Max}\{|\Delta Q_k^v|\}_{k=PQ, PV} \leq \varepsilon_Q$, considera-se que o processo iterativo convergiu para a solução $[\theta^0 \ V^0]^T$ – ir para o passo (vii). Caso contrário, prosseguir.
- (iv) Calcular a matriz jacobiana: $J(\theta^v, V^v) = \begin{bmatrix} H(\theta^v, V^v) & N(\theta^v, V^v) \\ M(\theta^v, V^v) & L(\theta^v, V^v) \end{bmatrix}$
- (v) Calcular as correções $\Delta\theta^v$ e ΔV^v resolvendo o sistema linear:

$$\begin{bmatrix} \Delta P(\theta^v, V^v) \\ \Delta Q(\theta^v, V^v) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H(\theta^v, V^v) & N(\theta^v, V^v) \\ M(\theta^v, V^v) & L(\theta^v, V^v) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta\theta^v \\ \Delta V^v \end{bmatrix}$$

e determinar a nova solução (θ^{v+1}, V^{v+1}) :

$$\theta^{v+1} = \theta^v + \Delta\theta^v$$

$$V^{v+1} = V^v + \Delta V^v$$

- (vi) Incrementar o contador de iterações ($v = v+1$) e voltar para o passo (ii).

Subsistema 2:

- (vii) Calcular P_k para a barra de referência e Q_k para as barras de referência e PV.
(viii) Calcular os fluxos de potências nos ramos do sistema:

$$P_{km} = (a_{km} V_k)^2 g_{km} - (a_{km} V_k) V_m [g_{km} \cos(\theta_{km} + \varphi_{km}) + b_{km} \sin(\theta_{km} + \varphi_{km})]$$

$$Q_{km} = -(a_{km} V_k)^2 (b_{km} + b_{km}^{sh}) - (a_{km} V_k) V_m [g_{km} \sin(\theta_{km} + \varphi_{km}) - b_{km} \cos(\theta_{km} + \varphi_{km})]$$

$$P_{mk} = g_{km} V_m^2 - (a_{km} V_k) V_m [g_{km} \cos(\theta_{km} + \varphi_{km}) - b_{km} \sin(\theta_{km} + \varphi_{km})]$$

$$Q_{mk} = (b_{km} + b_{km}^{sh}) V_m^2 + (a_{km} V_k) V_m [g_{km} \sin(\theta_{km} + \varphi_{km}) + b_{km} \cos(\theta_{km} + \varphi_{km})]$$

2.3 Análise de Sistemas de Distribuição

Existem, basicamente, três diferentes tipos de sistemas de distribuição: radial, malhado e em rede [17].

O sistema mais utilizado é o sistema radial de distribuição, que é caracterizado por ter somente um caminho entre cada consumidor e o alimentador de distribuição. O fluxo de potência flui da subestação para os consumidores através de um caminho simples, o qual, se houver uma interrupção, o resultado é a total perda de potência para os demais consumidores. O sistema radial é o mais utilizado na rede de distribuição por ser mais barato que as outras redes e por ser mais simples de planejar, construir e operar.

O sistema de distribuição malhado consiste numa estrutura com 2 caminhos entre a fonte de potência e os consumidores. Essa configuração é bastante usada na Europa. Este sistema é mais complexo que o sistema radial em termos de obtenção do estado da rede e da proteção do sistema. Porém, o serviço de entrega de potência não será interrompido para a maioria dos consumidores quando um segmento da rede é retirado da “rota” do fluxo de potência porque existem outros ramos interligando os sistemas. A maior desvantagem do sistema de distribuição malhado é o custo para confeccionar a rede e a capacidade dela.

A rede de distribuição é o sistema mais complicado, o menos economicamente viável e o mais raro de se encontrar. Este sistema consiste em múltiplos caminhos entre todos os pontos da rede. O fluxo de potência entre dois pontos quaisquer é geralmente dividido em diversos caminhos, e, se ocorrer uma falta, o caminho do fluxo de potência é refeito sozinho. O cálculo desse fluxo de potência para sistema em redes é igual ao cálculo do fluxo de potência em redes de transmissão, porém mais difícil de resolver porque o sistema de distribuição possui um número grande de nós.

Os métodos mais utilizados para sistemas de transmissão não funcionam bem em alimentadores de distribuição. Geralmente, estes métodos não convergem devido à diferença de configuração dos sistemas e das grandes diferenças nas características elétricas das redes. Daí a exigência de métodos alternativos.

2.3.1 Método de Baran e Wu [11]

Na publicação [11], os autores apresentam dois métodos, com o objetivo de reduzir as perdas da rede, através da reconfiguração da mesma:

- “Simplified DistFlow Method”
- “Backward and Forward Update of DistFlow”

No primeiro método há uma simplificação do conjunto das equações anteriores, para uma rede radial esquematizada abaixo:

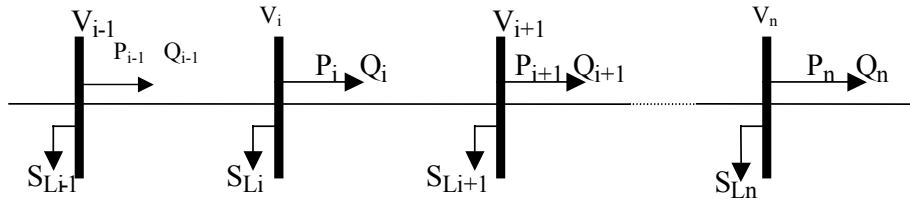


Figura 2.1: Esquema da rede de distribuição do método Simplified DistFlow

$$P_{i+1} = \sum_{k=i+2}^n P_{Lk} \quad (2.17)$$

$$Q_{i+1} = \sum_{k=i+2}^n Q_{Lk} \quad (2.18)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(r_i P_i + x_i Q_i) \quad (2.19)$$

Sendo P_{i+1} o acúmulo de potência ativa dos nós subseqüentes a i no nó $i+1$ e Q_{i+1} o acúmulo de potência reativa dos nós subseqüentes a i no nó $i+1$, r_i a resistência da linha i e x_i a reatância da linha i do sistema.

As perdas são aproximadamente:

$$LP_i = r_i (P_i^2 + Q_i^2) \quad (2.20)$$

No segundo método, o primeiro conjunto de equações é reformulado:

$$P_{i-1} = P_i + r_i \frac{((P_i + P_{Li})^2 + (Q_i + Q_{Li})^2)}{V_i^2} + P_{Li} \quad (2.21)$$

$$Q_{i-1} = Q_i + x_i \frac{((P_i + P_{Li})^2 + (Q_i + Q_{Li})^2)}{V_i^2} + Q_{Li} \quad (2.22)$$

$$V_{i-1}^2 = V_i^2 + 2(r_i (P_i + P_{Li}) + x_i (Q_i + Q_{Li})) + \frac{(r_i^2 + x_i^2)((P_i + P_{Li})^2 + (Q_i + Q_{Li})^2)}{V_i^2} \quad (2.23)$$

Esses dois conjuntos de equações permitem obter a solução do problema de fluxo de carga em sistemas de distribuição através de um processo iterativo de atualização.

2.3.2 Solução direta do método de Goswami e Basu [13]

Na referência [13], os autores resolvem o problema de fluxo de carga em sistemas de distribuição aplicando as leis de Kirchhoff em um sistema radial e assumindo a tensão na subestação como referência ($V = Z.I$):

V – vetor cujos elementos são iguais à tensão da subestação;

Z – matriz de loop de impedância;

I – vetor das correntes de carga.

O método propõe um esquema de numeração dos nós e ramos pra otimizar a fatoração da matriz triangular Z . É proposta também uma metodologia para resolver redes malhadas de distribuição, interrompendo uma malha, tornando-a radial, de modo que, de um nó originam dois nós, ambos com a mesma tensão e a mesma carga.

2.3.3 Método de Goswami e Basu [12]

Na publicação [11], para minimizar as perdas em redes radiais via reconfiguração, é proposto um algoritmo para solucionar o problema de fluxo de carga em sistemas de distribuição em tempo real. As características principais do algoritmo são:

- Flexibilidade para incorporar qualquer alteração na configuração da rede;
- Rápido para possibilitar sua aplicação em tempo real.

Este é o método empregado para o desenvolvimento de um algoritmo que resolve o problema do fluxo de potência em sistema de distribuição.

Este método é um algoritmo rápido para aplicações em tempo real, atendendo à topologia dinâmica do sistema. Essa solução rápida depende de uma representação conveniente da estrutura do arquivo de dados que representa a rede/alimentador em forma de árvore. O cálculo do fluxo de carga é direto, sendo toda a potência da rede acumulada no nó raiz da rede e, a partir desse nó, calcula-se o estado dos outros nós da rede e as perdas nas linhas do sistema.

2.3.3.1 Topologia da Rede

Assumiu-se que os nós intermediários da rede têm um ou no máximo dois ramos seguintes. O nó raiz, que é o nó conectado à rede de transmissão, terá sempre a numeração 0. Os ramos são numerados com o número do nó que este incide, ou seja, o ramo 1 é o ramo que incide no nó 1. Dessa forma, a topologia da rede é descrita com as seguintes informações: ramo, nó_anterior, ramo_seguinte_1 e ramo_seguinte_2 e o nó terminal. O nó terminal é aquele em que nenhum ramo origina.

2.3.3.2 Arquivo de Dados

O arquivo de dados é montado com base na topologia da rede, contendo os indicadores ramo, nó_anterior, ramo_seguinte_1 (Lseg1) e ramo_seguinte_2 (Lseg2).

Para o i -ésimo nó da rede, ramo(i) contém o número da linha que incide ao nó i . Lseg1(i) traz o número da primeira linha que sai do nó i e Lseg2(i) traz a segunda linha que sai do nó i e o nó_anterior(i) traz o nó anterior ao nó i .

2.3.3.3 Cálculo do Acúmulo de carga

O cálculo do acúmulo de potência ($soma_potencia(i)$) começa em um nó terminal e dirige-se para os nós anteriores. As perdas na transmissão são, inicialmente, ignoradas ($soma_potencia_perdas(i) = 0$).

As potências subseqüentes a um nó são acumuladas no nó anterior, até que toda a carga da rede esteja acumulada no nó raiz. Ou seja, todas as potências ativas e reativas do sistema serão representadas por apenas uma potência ativa e reativa no nó raiz.

O método para o acúmulo de carga é descrito a seguir:

O nó processado é o NO2.

O indicador NFLAG é usado para indicar se o nó foi ou não processado. Para todos os nós, o NFLAG será igual a zero no início do cálculo. No primeiro processamento de um nó, o NFLAG deste será setado ($NFLAG = 1$). Se durante o processamento o nó NO2 tem seu NFLAG igual a 1, significa que todos os nós à frente dele foram processados e tal procedimento prossegue aos nós anteriores até o nó raiz. Quando NFLAG vale zero, significa que o nó NO2 ainda não foi processado.

Se Lseg2 de NO2 for igual a zero, indica que não existe outro caminho para o cálculo, exceto o que está sendo processado, e o cálculo segue para o nó NO_ANTERIOR. Se Lseg2 do NO2 existir (isto é, neste nó existe uma bifurcação da rede), o cálculo do acúmulo de potência recomeça de um novo nó terminal. Quando todos os nós forem processados, o valor de todos NFLAG será 1.

⇒ **Algoritmo para cálculo do acúmulo de potência:**

- (i) Atribui os valores das potências de carga dos nós a soma de potência ($soma_potencia(i) = \text{valor da carga no nó}$).
- (ii) Inicializa a variável NO com um nó terminal.
- (iii) Inicializa NO2 com o nó anterior a NO.
- (iv) Atualiza o valor de soma de potência do NO2:

$$soma_potencia(NO2) = soma_potencia(NO2) + soma_potencia(NO)$$

- (v) Se $NFLAG(NO2) = 0$, seta $NFLAG(NO2)$, testa se $NO2$ possui uma ramificação. Se não possuir, $NO = NO2$ e retorna para o passo (iii). Se possuir ramificação, retorna para o passo (ii).

Se $NFLAG(NO2) = 1$, testa se $NO2$ é nó raiz. Se for, o acúmulo de carga está terminado. Se não for o nó raiz, $NO = NO2$ e retorna para o passo (iii).

2.3.3.4 Cálculo da Tensão, Corrente e Perdas na Linha

A tensão é calculada iterativamente em função da tensão do nó anterior, da corrente e das perdas na linha através das equações:

$$\hat{I}_i = \left(\frac{\left(\text{soma_potencia_}\hat{S}(i) + \text{soma_}\hat{S}_{\text{perdas}}(i) \right)}{\hat{V}_{i-1}} \right)^* \quad (2.24)$$

$$\Delta \hat{V}_i = Z_i \hat{I}_i \quad (2.25)$$

$$\hat{V}_i = \hat{V}_{i-1} - \Delta \hat{V}_i \quad (2.26)$$

O cálculo da tensão e a determinação das perdas ocorrem para todos os nós e linhas da rede. A equação de obtenção das perdas na linha é:

$$P_{\text{perdas}} = \text{Re}(\Delta \hat{V}_i \cdot \hat{I}_i^*) \quad (2.27)$$

Portanto, o cálculo do valor da tensão começa no nó 1. Os próximos nós a serem calculados as tensões são determinados pelo L_{seg1} . O cálculo é feito até os nós terminais. Após o término do cálculo para todos os nós, o procedimento é refeito considerando as perdas nas linhas calculadas em (2.27).

O critério de parada para este método consiste na comparação da variação da potência de perda da linha entre a iteração atual e a anterior com a tolerância estipulada. Se a variação da potência de perda for menor que a tolerância, o processo pára.

A maneira para calcular os valores da tensão, corrente e potência de perda está apresentada abaixo:

O nó 1 tem sua tensão inicializada em 1 pu. Os nós seguintes a serem processados são determinados em função de Lseg1 e Lseg2. Se ambos existem, o processo segue em direção de Lseg1 enquanto Lseg2 é colocado na lista de espera (Lwait). Quando o processo chegar a um nó terminal, a nova direção de processamento é determinada pelo Lwait. O algoritmo completo está a seguir.

⇒ **Algoritmo para cálculo da tensão nos nós, corrente e potência de perda nas linhas.**

- (i) Inicializa todas as perdas como sendo zero (soma_potencia_perdas(i) = 0).
- (ii) Inicializa a tensão do nó i com a tensão do no_anterior(i).
- (iii) Calcula a corrente através da linha i:

$$\hat{I}_i = \left(\frac{\left(\text{soma_potencia_}\hat{S}(i) + \text{soma_}\hat{S}_{\text{perdas}}(i) \right)}{\hat{V}_{i-1}} \right)^*$$

- (iv) Cálculo da variação de tensão:

$$\Delta \hat{V}_i = Z_i \hat{I}_i$$

- (v) Recalcula a corrente através da linha i porém, com $\hat{V}_i = \hat{V}_i - \Delta \hat{V}_i$
- (vi) Testa a convergência da corrente. Se $\Delta I_i < \varepsilon$, prossegue o algoritmo, senão, retorna ao passo (iv).
- (vii) Atualização da tensão:

$$\hat{V}_i^{\text{novo}} = \hat{V}_i^{\text{antigo}} - \Delta \hat{V}_i$$

- (viii) Cálculo das perdas na linha:

$$P_{\text{perdas}} = \text{Re}(\Delta \hat{V}_i \cdot \hat{I}_i^*)$$

- (ix) Se nó i não for nó terminal, o próximo nó a ser processado é o Lseg1 enquanto Lseg2 é armazenado em Lwait e retorna para o passo (ii).

Se nó i for terminal, verificar se realizou o cálculo para todos os nós. Se não, o próximo nó a ser processado é o nó guardado em Lwait e retorna

para o passo (ii). Se já foram processados todos os nós, testa a variação das perdas na linha. Se $\Delta P_{\text{perdas}} \leq \varepsilon$, o programa chegou ao fim. Senão recalcula o acúmulo de carga considerando as perdas nas linhas e reinicia o programa no passo (ii).

2.4 Exemplos de Simulação

Para exemplificar os métodos de cálculo de fluxo de carga da transmissão, ou seja, o método de Newton, é apresentado o desenvolvimento deste método para a rede do IEEE de 14 barras, como mostra a figura a 2.2:

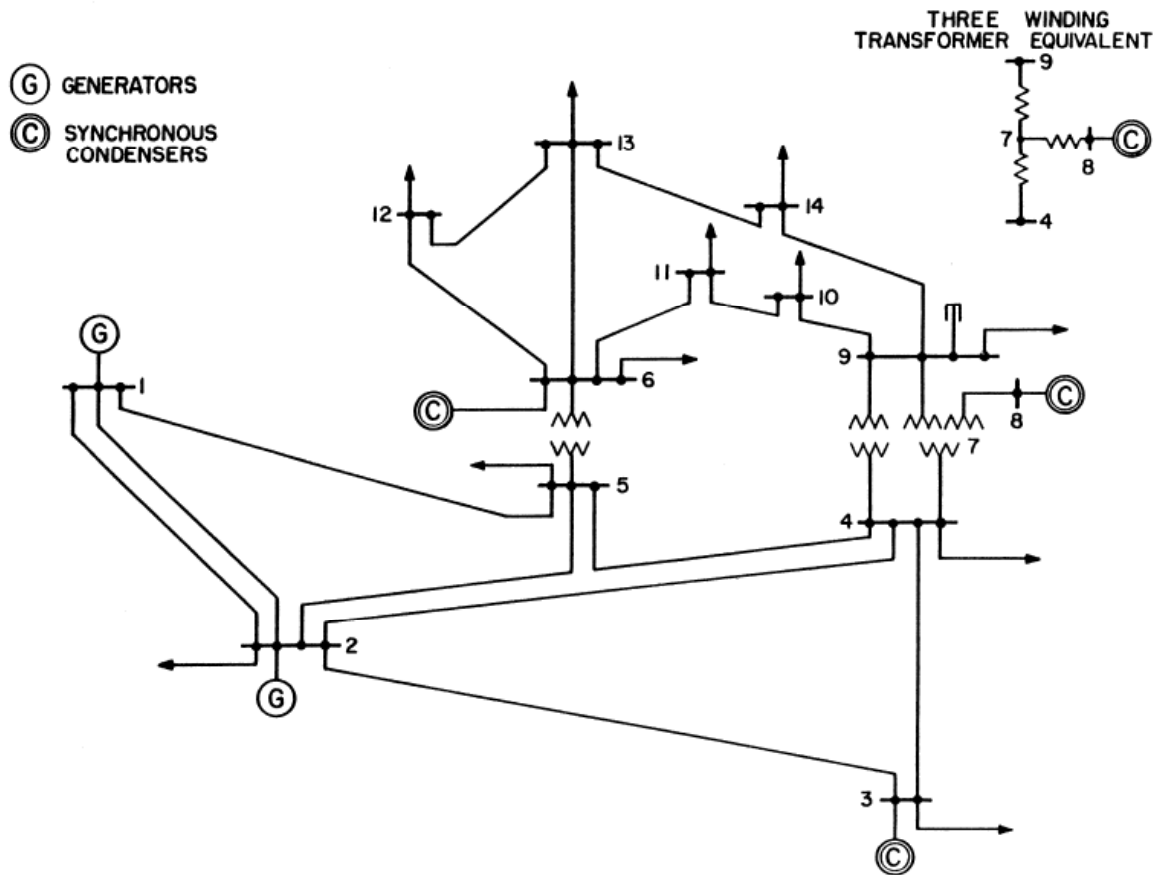


Figura 2.2 Circuito teste de 14 barras do IEEE

As barras com o símbolo G são barras geradoras (slack) e as barras com símbolo C são barras PV (compensadores síncronos). As demais barras são barras de carga (PQ).

O subsistema 1 do método de Newton consiste nas barras de carga e nas barras PV's, apenas para calcular o ângulo de fase das tensões das barras. O subsistema 2 consiste nas barras slack e nas barras PV's para calcular a potência reativa delas.

Os dados das barras e dos ramos do circuito IEEE de 14 barras estão apresentados no anexo IV.

Aplicando o algoritmo apresentado na seção 2.2.2, os resultados obtidos são apresentados na tabela 2.1. Os tipos de transformadores estão apresentados no anexo I.

Número de barras = 14 barras
Tolerância = 0,000100
Tipo de Transformador - 1
Iteração = 3

Tabela 2.1 Resultado do fluxo de carga do IEEE14

Barra	V (pu)	teta (graus)	Pcalc (MW)	Qcalc(MVAr)	barra para	fluxo (MW)	fluxo(MVAr)
1	1,0600	0,000	232,55	-15,53	2	157,03	-23,40
					5	75,52	2,14
2	1,0450	-4,987	18,30	34,22	1	-152,72	24,85
					3	73,35	1,16
					4	55,97	-1,38
					5	41,70	0,58
3	1,0100	-12,742	-94,20	8,14	2	-71,02	-0,59
					4	-23,18	5,84
4	1,0142	-10,256	-47,80	3,90	2	-54,30	-0,76
					3	23,57	-7,48
					5	-59,81	12,55
					7	26,03	-27,03
5	1,0172	-8,765	-7,60	-1,60	9	14,57	-8,42
					1	-72,75	-1,32
					2	-40,78	-5,14
					4	60,29	-11,02
6	1,0700	-14,418	-11,20	14,10	6	39,65	-43,91
					5	-39,65	53,73
					11	8,16	8,23
					12	8,03	3,09
7	1,0503	-13,252	0,00	0,00	13	18,26	9,64
					4	-26,03	30,03
					8	0,00	-23,65
8	1,0900	-13,252	0,00	1,96	9	27,22	16,26
					7	0,00	24,57
					4	-14,57	10,05
9	1,0337	-14,832	-29,50	-16,60	7	-27,22	-15,25
					10	4,50	-0,28
					14	8,74	0,72
10	1,0326	-15,041	-9,00	-5,80	9	-4,50	0,29
					11	-4,50	-6,09
11	1,0474	-14,848	-3,50	-1,80	6	-8,05	-8,00
					10	4,55	6,20
12	1,0535	-15,268	-6,10	-1,60	6	-7,95	-2,93
					13	1,85	1,33
13	1,0471	-15,308	-13,50	-5,80	6	-18,01	-9,15
					12	-1,84	-1,32
					14	6,35	4,67
14	1,0213	-16,065	-14,90	-5,00	9	-8,65	-0,53
					13	-6,25	-4,47

Para testar o fluxo de carga da rede de distribuição (método de Goswami e Basu [12]) utilizou-se a rede de 22 nós de Mariporã (CPFL) retirada da referência [15]. O esquemático do circuito está representado na figura 2.3:

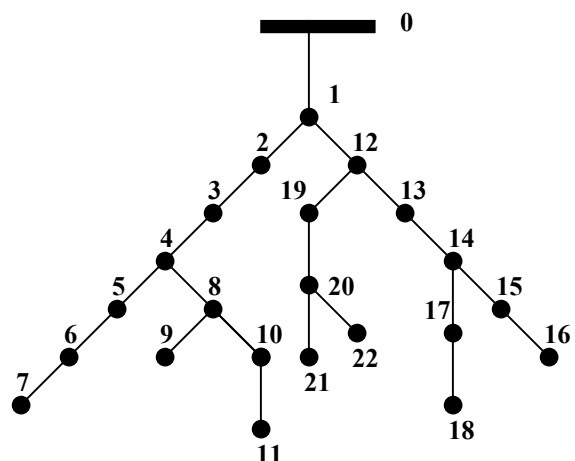


Figura 2.3 Esquemático do circuito Mariporã (CPFL)

Os dados da rede Mariporã estão representados no anexo II. O resultado do método de Goswami e Basu para esta rede vem na tabela 2.2:

Tabela 2.2 Resultado do fluxo de carga da distribuição

no	V(pu)	ramo	Pperdas (pu)	Qperdas (pu)
1	0,996630	1	0,000094	0,000120
2	0,979631	2	0,000217	0,000278
3	0,962666	3	0,000210	0,000269
4	0,957928	4	0,000057	0,000073
5	0,957482	5	0,000002	0,000002
6	0,956464	6	0,000003	0,000003
7	0,954705	7	0,000000	0,000000
8	0,956383	8	0,000004	0,000005
9	0,955925	9	0,000000	0,000000
10	0,953433	10	0,000005	0,000002
11	0,952907	11	0,000000	0,000000
12	0,990194	12	0,000050	0,000025
13	0,973204	13	0,000098	0,000049
14	0,969407	14	0,000010	0,000005
15	0,967410	15	0,000002	0,000001
16	0,965588	16	0,000000	0,000000
17	0,958262	17	0,000018	0,000006
18	0,954415	18	0,000000	0,000000
19	0,989648	19	0,000001	0,000000
20	0,983848	20	0,000008	0,000004
21	0,983199	21	0,000000	0,000000
22	0,983149	22	0,000000	0,000000

Para melhor visualizar a queda de tensão nos nós da rede de distribuição, é feito um gráfico do comportamento da tensão, tensão (pu) x nó, destes valores apresentados na tabela 2.2.

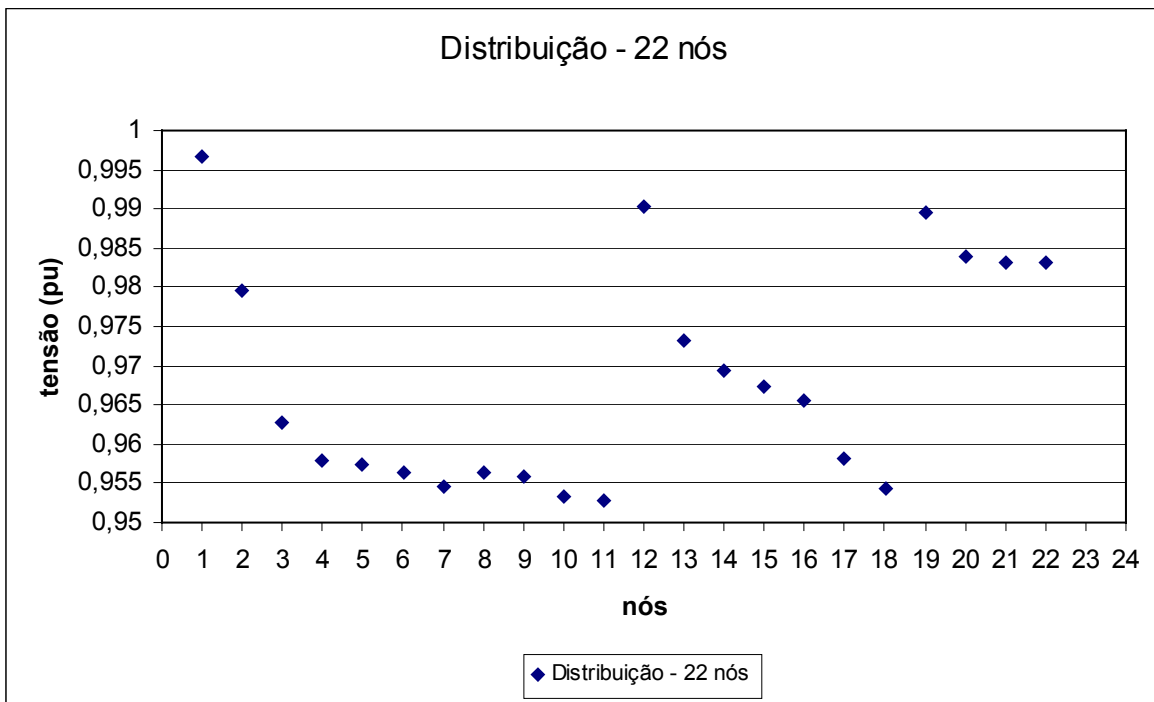


Figura 2.4 Gráfico da tensão nos nós da rede Mariporã

Estes exemplos ilustram a aplicação dos métodos escolhidos para o cálculo do fluxo de carga das redes de transmissão/subtransmissão e de distribuição.

Capítulo 3

ANÁLISE DE REDES DE TRANSMISSÃO COM ALIMENTADORES DE DISTRIBUIÇÃO

3.1 Introdução

Os métodos de cálculo de fluxo de carga para sistemas de transmissão e distribuição são bastante distintos. Os dados de carga para o cálculo do fluxo de potência nos sistemas de transmissão são considerados através de injeção de potência ativa e reativa nas barras de alta tensão. Na figura (3.1) são representadas as cargas em uma barra de transmissão.

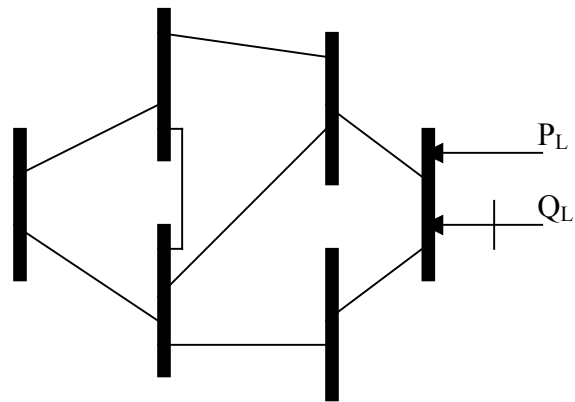


Figura 3.1 Sistema de transmissão

As parcelas da carga correspondentes aos alimentadores de distribuição conectados ao sistema de transmissão através de transformadores, são representadas como partes das injeções de potência nas barras dos sistemas de transmissão.

Por outro lado, os dados de carga para o cálculo do perfil de tensão nos alimentadores primários de distribuição são considerados através de injeções de potência ativa e reativa distribuídos nos nós dos alimentadores. Na figura (3.2) são representadas as cargas em um alimentador primário de distribuição com o nó raiz conectado ao sistema de transmissão através de um transformador.

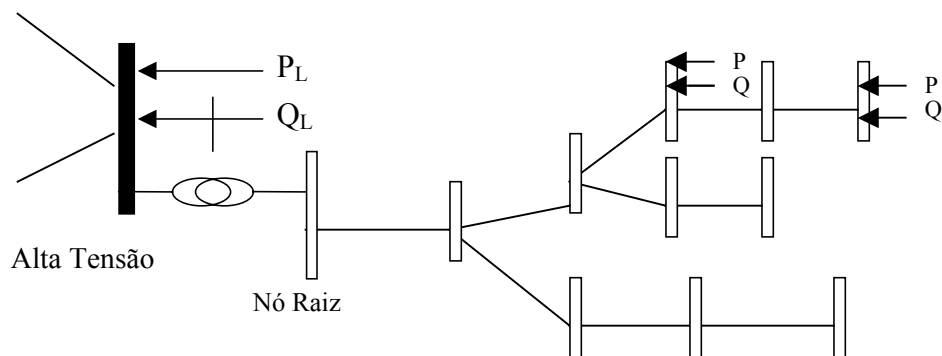


Figura 3.2 Alimentador primário de distribuição conectado à transmissão

O uso de métodos distintos para o cálculo do fluxo de carga para as redes se deve às diferenças topológicas e de parâmetros elétricos entre os dois sistemas. O método de Newton é eficiente para o sistema de transmissão. O método de Goswami e Basu é eficiente para os alimentadores de distribuição.

Neste capítulo é proposta uma maneira de realizar o cálculo de fluxo de carga do sistema elétrico, levando em consideração os alimentadores primários de distribuição acoplados à rede de transmissão, como representado na Figura (3.3).

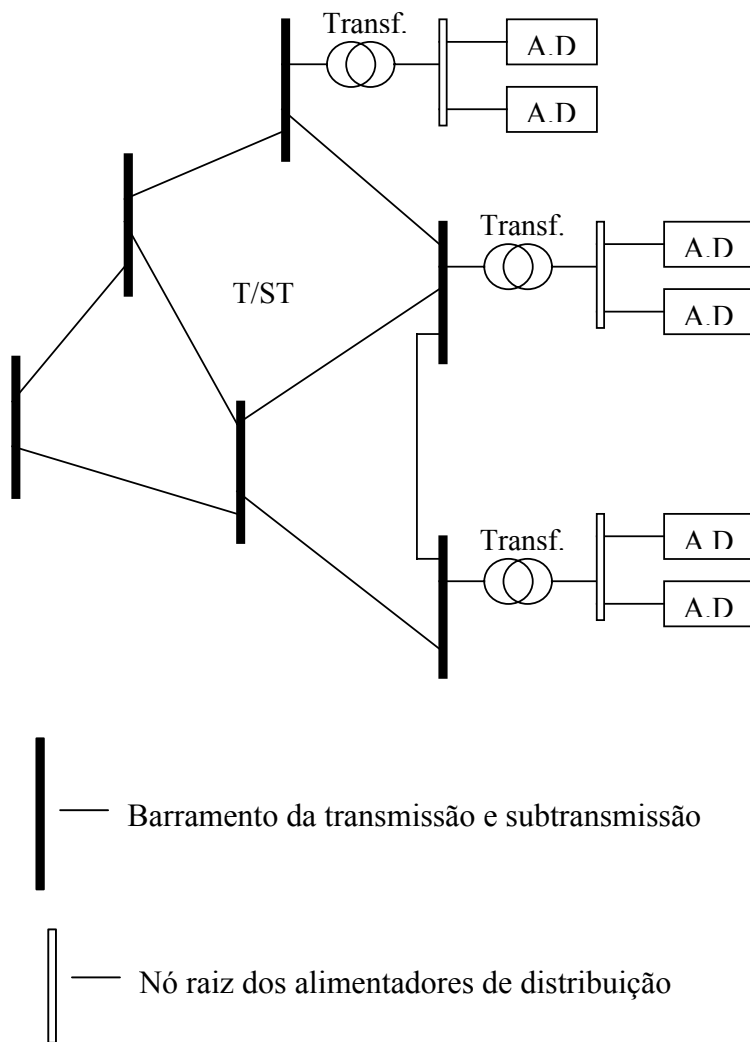


Figura 3.3 Sistema de T/ST e AD acoplados

Onde:

T/ST – sistema de transmissão e subtransmissão;

A. D. – alimentadores de distribuição;

Transf. – transformadores abaixadores.

3.2 Formulação do problema

Com os métodos apresentados no capítulo 2 calculam-se as soluções dos sistemas de T/ST e de distribuição de forma independente. As subestações de distribuição, no cálculo do fluxo de carga da transmissão, são modeladas como potências constantes que são injetadas nas barras de carga (PQ) do sistema de T/ST.

Por outro lado, os métodos de cálculo do fluxo de carga no alimentador de distribuição supõem conhecidas as tensões no nó raiz. De um modo geral, no cálculo do fluxo de carga para os alimentadores de distribuição é suposta a tensão do nó raiz igual a 1 p.u. (tensão de base é igual à tensão medida no nó raiz) e, a partir desta, as tensões dos demais nós são estimadas. A obtenção simultânea de uma solução para os sistemas de T/ST e dos alimentadores de distribuição acoplados necessita da representação dos transformadores das subestações de distribuição.

3.3 Representação do sistema de transmissão com os alimentadores de distribuição

Nesta seção, é apresentada a forma proposta para consideração dos alimentadores de distribuição junto com a representação da malha de transmissão. As parcelas das cargas das barras de alta tensão correspondentes aos alimentadores de distribuição são transferidas para o nó raiz dos mesmos. Os transformadores abaixadores das subestações de distribuição também são considerados através de ajustes de potência nas barras de alta tensão.

Transferência de carga das barras de alta tensão para os respectivos alimentadores primários

A transferência das cargas agregadas nas barras de alta tensão para os nós raízes dos alimentadores de distribuição é feita através de uma metodologia proposta neste trabalho e descrita a seguir.

Primeiramente considera-se a solução do fluxo de carga do sistema de transmissão com as cargas dos alimentadores agregadas nas injeções de potência das

barras de alta tensão como indicado na Figura (3.1). Essa solução do fluxo de carga é denominada de solução básica.

Em seguida é considerado um sistema estendido constituído pelo sistema de transmissão original mais os nós raízes dos alimentadores de distribuição, a ele conectados através dos transformadores abaixadores das subestações, como ilustra a Figura (3.3). Nesse sistema, a carga dos alimentadores são representadas como injeções de potência, P_{alim}^{esp} e Q_{alim}^{esp} , nos nós raízes e são subtraídas das injeções de potência das respectivas barras de alta tensão. Isto é observado na Figura (3.4).

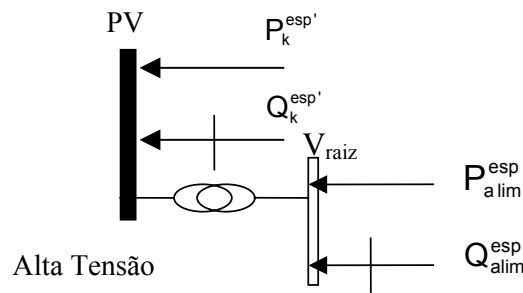


Figura 3.4 Sistema estendido

Considerando uma barra k , da transmissão, onde serão conectados alimentadores de distribuição, suas injeções de potência serão alteradas de acordo com as seguintes equações:

$$P_k^{esp'} = P_k^{esp} - P_{alim}^{esp} \quad (3.1)$$

$$Q_k^{esp'} = Q_k^{esp} - Q_{alim}^{esp} - Q_{transf} \quad (3.2)$$

Onde:

$P_k^{esp'}$ - potência ativa líquida especificada na barra de transmissão após a conexão dos alimentadores de distribuição;

$Q_k^{esp'}$ - potência reativa líquida especificada na barra de transmissão após a conexão dos alimentadores de distribuição;

Q_{transf} - potência reativa consumida pelos transformadores abaixadores entre a barra k e os alimentadores de distribuição.

O cálculo de $P_k^{esp'}$ é feito diretamente através da equação (3.1), uma vez que as perdas ativas dos transformadores são desprezadas. Entretanto, o cálculo de $Q_k^{esp'}$ depende das perdas reativas dos transformadores que por sua vez, dependem da solução do sistema. Assim, o cálculo de $Q_k^{esp'}$ é realizado através de um ajuste da injeção de potência reativa.

Ajuste das injeções de potência reativa (3.2)

Considera-se o sistema de transmissão estendido, no qual todos os nós raízes dos alimentadores de distribuição são representados e conectados através dos transformadores, com suas respectivas cargas. Neste trabalho, adotou-se a hipótese que esse sistema deve apresentar a mesma solução de fluxo de carga denominada solução básica. Ou seja, deve apresentar a mesma solução da rede sem a representação das cargas dos alimentadores de distribuição no lado de média tensão dos transformadores. Para isso é preciso calcular os valores de $Q_k^{esp'}$ que levem em conta a presença dos transformadores de conexão.

No sistema estendido, as cargas dos alimentadores de distribuição conectados às barras de carga na alta tensão são ilustradas na Figura (3.4). Para obtenção das injeções líquidas de potência reativa nas barras de transmissão com alimentadores de distribuição (3.2), executa-se o cálculo do fluxo de carga considerando essas barras como PV's, com magnitude de tensão especificadas nos valores da solução básica. A solução desse cálculo do fluxo de carga fornece no seu resultado os valores de $Q_k^{esp'}$ e as magnitudes de tensão dos nós raízes. Com isso obtém-se o conjunto dos dados do sistema estendido que apresenta a solução básica para o fluxo de carga juntamente com as tensões de todos os nós raízes dos alimentadores considerados. O perfil de tensão dos alimentadores de distribuição é então calculado a partir das magnitudes de tensão dos nós raízes através do método de Goswami e Basu [11].

3.4 Obtenção da solução básica para a Distribuição

Nesta seção, será simulado o sistema do IEEE de 14 barras, seguindo o exemplo apresentado no capítulo 2, realizando a extensão deste sistema, ou seja, considerando os alimentadores de distribuição ligados à rede de transmissão através de transformadores abaixadores.

Para isso foram escolhidas as barras 13 e 14 da transmissão para a transferência de parcelas de suas cargas para alimentadores de distribuição. Os alimentadores de distribuição escolhidos foram iguais aos de Mariporã, da CPFL, de 22 nós [14]. Este sistema de distribuição possui carga ativa igual a 3,63MW e carga reativa igual a 1,67MVar.

Seguindo o procedimento apresentado nas seções anteriores, o cálculo do fluxo de carga se inicia encontrando a solução básica do sistema. Esta solução básica é a mesma encontrada na seção 2.4 do capítulo anterior.

Considera-se o sistema estendido, sendo as barras 13 e 14 da transmissão conectadas, cada uma delas, a um alimentador de distribuição através de um transformador. O ajuste da potência ativa das barras 13 e 14 é realizado segundo a equação 3.1:

$$P'_{13} = P_{13} - P_{22} = 13,5 - 3,63 = 9,87\text{MW}$$

$$P'_{14} = P_{14} - P_{22} = 14,9 - 3,63 = 11,27\text{MW}$$

P_{22} é o valor da potência ativa de carga da rede de Mariporã, acumulada no nó raiz. Os nós raízes dos alimentadores são definidos como as barras 15 e 16 conectadas à transmissão. Os transformadores possuem reatância de 0,091pu e tap nominal.

Para encontrar o valor das potências reativas ajustadas nas barras 13 e 14 e o estado dos nós raízes 15 e 16 dos alimentadores, executa-se o cálculo do fluxo de carga considerando as barras 13 e 14 PV's. A tabela 3.1 apresenta os resultados desse cálculo:

Tabela 3.1 Resultado do fluxo de carga com barras 13 e 14 tipo PV

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	Barra para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
1	1,0600	-0,000	232,55	-15,53	2	4,987	157,03	-23,40
					5	8,765	75,52	2,14
2	1,0450	-4,987	18,30	34,22	1	-4,987	-152,72	24,85

					3	7,755	73,35	1,16
					4	5,269	55,97	-1,38
					5	3,777	41,70	0,58
3	1,0100	-12,742	-94,20	8,14	2	-7,755	-71,02	-0,59
					4	-2,486	-23,18	5,84
4	1,0142	-10,256	-47,80	3,90	2	-5,269	-54,30	-0,76
					3	2,486	23,57	-7,48
					5	-1,492	-59,81	12,55
					7	2,995	26,03	-27,03
					9	4,576	14,57	-8,41
5	1,0172	-8,765	-7,60	-1,60	1	-8,765	-72,75	-1,32
					2	-3,777	-40,78	-5,14
					4	1,492	60,29	-11,02
					6	5,653	39,65	-43,91
6	1,0700	-14,418	-11,20	14,11	5	-5,653	-39,65	53,73
					11	0,430	8,16	8,23
					12	0,851	8,03	3,09
					13	0,890	18,26	9,64
7	1,0503	-13,252	0,00	0,00	4	-2,995	-26,03	30,02
					8	0,000	0,00	-23,65
					9	1,580	27,22	16,26
8	1,0900	-13,252	0,00	1,97	7	0,000	0,00	24,54
9	1,0337	-14,832	-29,50	-16,60	4	-4,576	-14,57	10,05
					7	-1,580	-27,22	-15,26
					10	0,209	4,50	-0,28
					14	1,232	8,74	0,73
10	1,0326	-15,041	-9,00	-5,80	9	-0,209	-4,50	0,30
					11	-0,193	-4,50	-6,10
11	1,0475	-14,848	-3,50	-1,80	6	-0,430	-8,05	-8,00
					10	0,193	4,55	6,20
12	1,0535	-15,268	-6,10	-1,60	6	-0,851	-7,95	-2,93
					13	0,040	1,85	1,33
13	1,0471	-15,308	-9,87	-4,13	6	-0,890	-18,01	-9,16
					12	-0,040	-1,84	-1,32
					14	0,756	6,35	4,67

					15	0,173	3,63	1,68
14	1,0213	-16,064	-11,27	-3,32	9	-1,232	-8,65	-0,53
					13	-0,756	-6,25	-4,47
					16	0,182	3,63	1,68
15	1,0456	-15,481	-3,63	-1,67	13	-0,173	-3,63	-1,67
16	1,0198	-16,246	-3,63	-1,67	14	-0,182	-3,63	-1,67

Dos valores de tensão encontrados nas barras 15 e 16, calculam-se as quedas de tensão nos ramos do alimentador usando o método de Goswami e Basu [11]. Os resultados correspondentes à solução básica da distribuição estão apresentados na tabela 3.2 e seus gráficos esboçados na figura 3.5:

Tabela 3.2 Resultado do cálculo do fluxo de carga na transmissão

barra 15				barra 16			
nó	tensão(kV)	nó	tensão(kV)	nó	tensão(kV)	nó	tensão(kV)
15	14,42928	(raiz)	-	16	14,07324	(raiz)	-
1	14,38546	12	14,30058	1	14,02776	12	13,94069
2	14,16195	13	14,08071	2	13,79811	13	13,71125
3	13,93928	14	14,03075	3	13,56912	14	13,65993
4	13,87699	15	14,00448	4	13,50511	15	13,63295
5	13,87113	16	13,98052	5	13,49909	16	13,60833
6	13,85775	17	13,88427	6	13,48534	17	13,50939
7	13,83463	18	13,83369	7	13,46158	18	13,45741
8	13,85669	19	14,29338	8	13,48425	19	13,93331
9	13,85066	20	14,21694	9	13,47805	20	13,85487
10	13,81792	21	14,20839	10	13,44440	21	13,84610
11	13,81100	22	14,20774	11	13,43730	22	13,84543

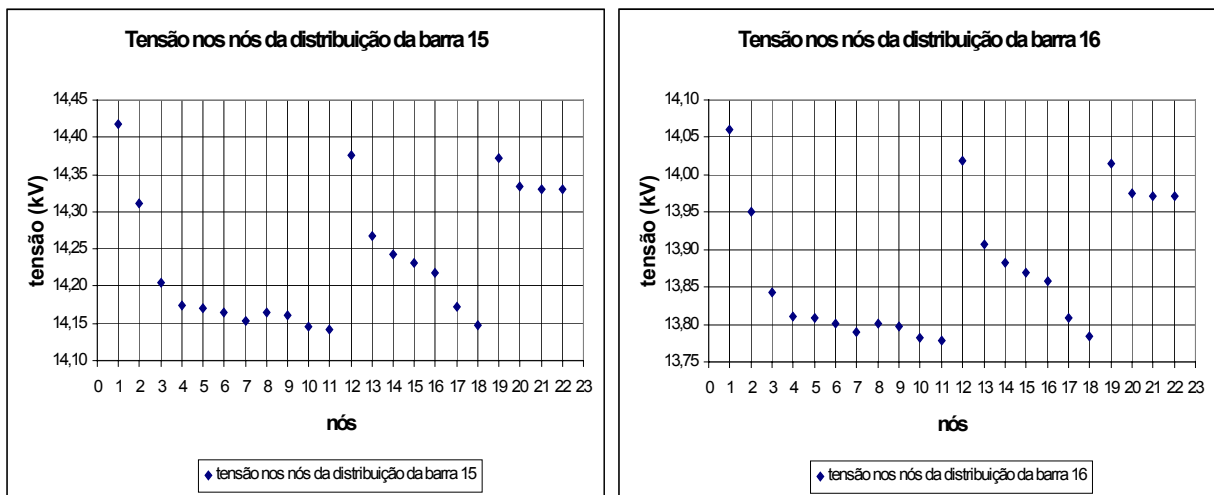


Figura 3.5 Gráficos das tensões dos sistemas de distribuição

3.5 Análise de contingência e de sobrecarga

Em torno da solução básica para o sistema elétrico expandido, transmissão/distribuição, podem ser realizados estudos para o planejamento da operação. Esses estudos de cenários alternativos podem contemplar a ocorrência de contingências ou sobrecargas no sistema de transmissão bem como a reconfiguração de cargas nos alimentadores de distribuição.

Para realizar estas simulações, após a obtenção da solução básica do fluxo de carga conjunto, as barras da transmissão nas quais são conectados os alimentadores de distribuição, voltam a ser consideradas PQ's.

A simulação de contingência, como a retirada de um ramo, é feita da maneira convencional no sistema expandido. Esse método de retirada de um ramo do sistema de transmissão consiste na soma de uma matriz de variação de admitância à matriz de admitância nodal.

Para a análise de sobrecarga, é injetada uma quantidade de potência ativa e reativa nas barras da transmissão conectadas à alimentadores de distribuição, e, posteriormente, é realizado o cálculo do fluxo de carga para analisar o estado das barras da transmissão e dos alimentadores de distribuição. O mesmo é feito para a variação de carga nos alimentadores de distribuição.

Exemplo de simulação de alterações no sistema

A seguir são apresentados, os resultados dos testes realizados para o sistema estendido do IEEE de 14 barras.

Para o teste de retirada do ramo 7-9 (teste de contingência), onde o ramo retirado se encontra na vizinhança da barra 14, os resultados do cálculo do fluxo de carga estão mostrados na tabela 3.3. Na tabela 3.4 apresenta-se o resultado do cálculo do fluxo de carga para as redes de distribuição .

Tabela 3.3 Resultado do cálculo do fluxo de carga após contingência no ramo 7-9

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
1	1,0600	-0,000	233,38	-14,64	2	4,975	156,65	-23,32
					5	8,903	76,73	2,95
2	1,0450	-4,975	18,30	35,35	1	-4,975	-152,37	24,70

					3	7,681	72,68	1,22
					4	5,116	54,53	-0,87
					5	3,929	43,46	1,28
3	1,0100	-12,656	-94,20	8,36	2	-7,681	-70,39	-0,83
					4	-2,564	-23,81	6,31
4	1,0139	-10,091	-47,80	3,90	2	-5,116	-52,94	-1,52
					3	2,564	24,22	-7,88
					5	-1,188	-46,85	12,08
					7	-0,000	-0,00	-35,10
					9	8,595	26,07	1,07
5	1,0153	-8,903	-7,60	-1,60	1	-8,903	-73,87	-1,72
					2	-3,929	-42,46	-5,57
					4	1,188	47,15	-11,12
					6	7,651	53,49	-42,89
6	1,0700	-16,554	-11,20	27,55	5	-7,651	-53,49	56,12
					11	1,097	17,63	14,77
					12	0,998	9,46	3,76
					13	1,115	23,29	13,13
7	1,0656	-10,091	0,00	0,00	4	0,000	0,00	37,72
					8	0,000	0,00	-14,73
8	1,0900	-10,091	0,00	-7,50	7	0,000	0,00	15,07
9	0,9875	-18,686	-29,49	-16,60	4	-8,595	-26,07	2,85
					10	-0,114	-4,41	-5,60
					14	0,621	2,69	-2,63
10	0,9937	-18,572	-9,00	-5,80	9	0,114	4,43	5,65
					11	-0,921	-13,43	-11,45
11	1,0271	-17,651	-3,50	-1,80	6	-1,097	-17,19	-13,85
					10	0,921	13,69	12,05
12	1,0503	-17,553	-6,10	-1,60	6	-0,998	-9,35	-3,53
					13	0,117	3,25	1,93
13	1,0398	-17,670	-9,87	-4,12	6	-1,115	-22,88	-12,32
					12	-0,117	-3,22	-1,90
					14	1,637	12,60	8,42
					15	0,175	3,63	1,67
14	0,9913	-19,307	-11,27	-3,32	9	-0,621	-2,67	2,67
					13	-1,637	-12,23	-7,68
					16	0,193	3,63	1,67
15	1,0383	-17,845	-3,63	-1,67	13	-0,175	-3,63	-1,67
16	0,9898	-19,500	-3,63	-1,67	14	-0,193	-3,63	-1,67

Tabela 3.4 Resultado do Fluxo de carga da distribuição após contingência

barra 15				barra 16			
Nó	tensão(kV)	Nó	tensão(kV)	Nó	tensão(kV)	Nó	tensão(kV)
15	14,33958	(raiz)	-	16	13,67028	(raiz)	-
1	14,249152	12	14,076723	1	13,575218	12	13,394006
2	13,779783	13	13,60741	2	13,078558	13	12,896652
3	13,302195	14	13,503601	3	12,570173	14	12,787027
4	13,17087	15	13,4489	4	12,429637	15	12,729232
5	13,158524	16	13,398988	5	12,416553	16	12,676499
6	13,13027	17	13,195474	6	12,384193	17	12,46076
7	13,081476	18	13,089055	7	12,334879	18	12,348067
8	13,128003	19	14,062094	8	12,384193	19	13,378629
9	13,115277	20	13,905794	9	12,370703	20	13,214153
10	13,045881	21	13,888324	10	12,297073	21	13,195769
11	13,031235	22	13,88698	11	12,281535	22	13,194355

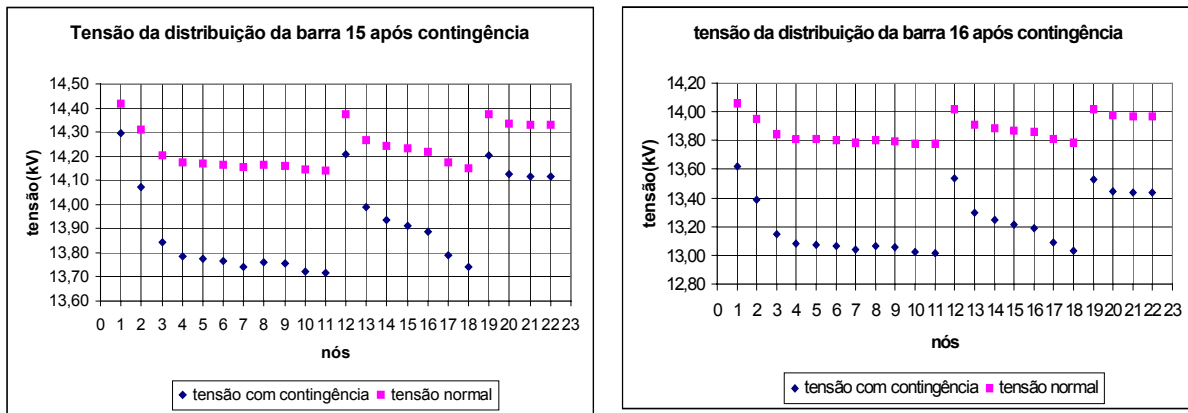


Figura 3.6 Representação gráfica da tensão da distribuição

Fazendo, agora, o teste de sobrecarga, injetando na barra 13 uma potência de 3,63MW e 1,67MVar, obtem-se os resultados apresentados na tabela 3.5. A seguir, na tabela 3.6, são apresentadas as tensões nos nós da distribuição e sua representação gráfica é apresentada na figura 3.7:

Tabela 3.5 Resultado do cálculo do fluxo de carga do sistema estendido após sobrecarga

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVar)	Barra para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVar)
1	1,0600	-0,000	236,65	-15,95	2	5,074	159,64	-24,01
					5	8,943	77,00	2,33
2	1,0450	-5,074	18,30	35,47	1	-5,074	-155,19	25,91
					3	7,810	73,85	1,11
					4	5,362	56,95	-1,28
					5	3,869	42,70	0,71
3	1,0100	-12,884	-94,20	8,45	2	-7,810	-71,49	-0,41
					4	-2,448	-22,71	5,98
4	1,0137	-10,436	-47,80	3,90	2	-5,362	-55,22	-0,68
					3	2,448	23,09	-7,64
					5	-1,493	-59,73	12,76
					7	3,091	26,84	-27,09
					9	4,722	15,02	-8,42
5	1,0166	-8,943	-7,60	-1,60	1	-8,943	-74,12	-1,05
					2	-3,869	-41,73	-5,13
					4	1,493	60,22	-11,23
					6	5,954	41,73	-43,90
6	1,0700	-14,897	-11,20	16,66	5	-5,954	-41,73	54,20
					11	0,366	7,66	8,50
					12	0,918	8,66	3,37
					13	0,994	20,51	11,10
7	1,0500	-13,528	0,00	0,00	4	-3,091	-26,84	30,19
					8	0,000	0,00	-23,82
					9	1,630	28,06	16,24
8	1,0900	-13,528	0,00	2,15	7	0,000	0,00	24,73
9	1,0334	-15,158	-29,50	-16,60	4	-4,722	-15,02	10,13
					7	-1,630	-28,06	-15,19

					10	0,236	5,00	-0,55
					14	1,348	9,57	0,84
10	1,0324	-15,394	-9,00	-5,80	9	-0,236	-4,99	0,57
					11	-0,131	-4,01	-6,37
11	1,0474	-15,263	-3,50	-1,80	6	-0,366	-7,55	-8,28
					10	0,131	4,05	6,48
12	1,0521	-15,815	-6,10	-1,60	6	-0,918	-8,57	-3,17
					13	0,077	2,47	1,57
13	1,0440	-15,891	-13,50	-5,80	6	-0,994	-20,20	-10,48
					12	-0,077	-2,45	-1,56
					14	0,615	5,52	4,56
					15	0,174	3,63	1,67
14	1,0198	-16,506	-11,27	-3,32	9	-1,348	-9,46	-0,61
					13	-0,615	-5,44	-4,40
					16	0,182	3,63	1,67
15	1,0425	-16,065	-3,63	-1,67	13	-0,174	-3,63	-1,67
16	1,0183	-16,688	-3,63	-1,67	14	-0,182	-3,63	-1,67

Tabela 3.6 Resultado do cálculo do fluxo de carga da distribuição após contingência

barra 15				barra 16			
Nó	Tensão (kV)	Nó	Tensão (kV)	Nó	Tensão (kV)	Nó	Tensão (kV)
15	14,39616	(raiz)	-	16	14,0622	(raiz)	-
1	14,35206	12	14,266985	1	14,016832	12	13,929698
2	14,127994	13	14,046576	2	13,786994	13	13,700056
3	13,904752	14	13,996496	3	13,557799	14	13,6487
4	13,842305	15	13,970165	4	13,493737	15	13,621695
5	13,836434	16	13,94614	5	13,487715	16	13,597056
6	13,823016	17	13,849648	6	13,473949	17	13,498028
7	13,799839	18	13,79895	7	13,450172	18	13,446009
8	13,821951	19	14,259772	8	13,472856	19	13,922309
9	13,815907	20	14,183143	9	13,466655	20	13,843802
10	13,783083	21	14,174579	10	13,432975	21	13,835028
11	13,776152	22	14,17392	11	13,425864	22	13,834353

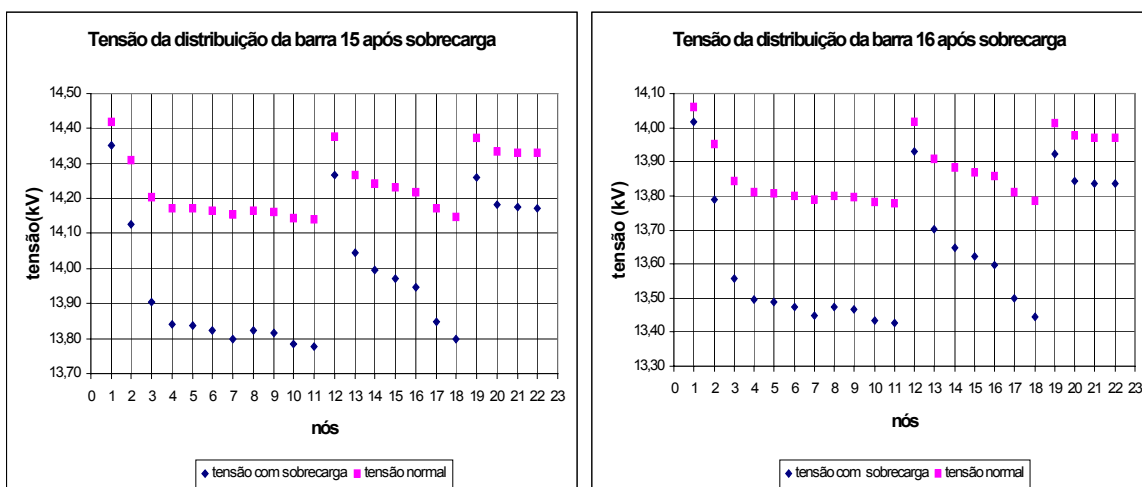


Figura 3.7 Representação gráfica da tensão dos nós da distribuição

Ao simular o aumento da carga dos alimentadores, injeta-se uma potência equivalente a uma rede de distribuição de Mariporã (3,63MW e 1,67MVar) no alimentador 15, obtem-se os resultados representados na tabela 3.7. A tabela 3.8 apresenta as tensões nos nós da rede de distribuição e a figura 3.8 mostra a representação gráfica destas tensões em função dos nós:

Tabela 3.7 Resultado do cálculo do fluxo de carga após aumento da carga do nó raiz

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVar)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVar)
1	1,0600	-0,000	236,65	-15,95	2	5,074	159,64	-24,01
					5	8,943	77,01	2,33
2	1,0450	-5,074	18,30	35,47	1	-5,074	-155,19	25,91
					3	7,810	73,85	1,11
					4	5,362	56,95	-1,28
					5	3,869	42,70	0,71
3	1,0100	-12,884	-94,20	8,45	2	-7,810	-71,49	-0,41
					4	-2,448	-22,71	5,98
4	1,0137	-10,436	-47,80	3,90	2	-5,362	-55,22	-0,68
					3	2,448	23,09	-7,64
					5	-1,493	-59,73	12,76
					7	3,091	26,84	-27,09
					9	4,722	15,02	-8,42
5	1,0166	-8,943	-7,60	-1,60	1	-8,943	-74,12	-1,05
					2	-3,869	-41,73	-5,13
					4	1,493	60,22	-11,23
					6	5,954	41,73	-43,90
6	1,0700	-14,897	-11,20	16,68	5	-5,954	-41,73	54,20
					11	0,366	7,66	8,50
					12	0,917	8,67	3,37
					13	0,994	20,51	11,12
7	1,0500	-13,527	0,00	0,00	4	-3,091	-26,84	30,19
					8	0,000	0,00	-23,82

					9	1,630	28,06	16,25
8	1,0900	-13,527	0,00	2,15	7	0,000	0,00	24,73
9	1,0334	-15,158	-29,50	-16,60	4	-4,722	-15,02	10,13
					7	-1,630	-28,06	-15,20
					10	0,236	5,00	-0,55
					14	1,348	9,57	0,84
10	1,0324	-15,394	-9,00	-5,80	9	-0,236	-4,99	0,57
					11	-0,131	-4,01	-6,37
11	1,0474	-15,263	-3,50	-1,80	6	-0,366	-7,55	-8,28
					10	0,131	4,05	6,48
12	1,0521	-15,815	-6,10	-1,60	6	-0,917	-8,57	-3,18
					13	0,076	2,47	1,58
13	1,0439	-15,891	-9,87	-4,13	6	-0,994	-20,20	-10,50
					12	-0,076	-2,46	-1,56
					14	0,615	5,52	4,56
					15	0,348	7,26	3,39
14	1,0198	-16,506	-11,27	-3,32	9	-1,348	-9,46	-0,61
					13	-0,615	-5,44	-4,40
					16	0,182	3,63	1,67
15	1,0410	-16,239	-7,26	-3,33	13	-0,348	-7,26	-3,33
16	1,0183	-16,688	-3,63	-1,67	14	-0,182	-3,63	-1,97

Tabela 3.8 Resultado do fluxo de carga da distribuição após aumento da carga do da barra 15

barra 15				barra 16			
Nó	tensão(kV)	Nó	tensão(kV)	Nó	tensão(kV)	Nó	tensão(kV)
15	14,37543	(raiz)	-	16	14,0622	(raiz)	-
1	14,331467	12	14,246269	1	14,016675	12	13,929541
2	14,107055	13	14,02553	2	13,786835	13	13,699896
3	13,883457	14	13,975374	3	13,557637	14	13,648539
4	13,820913	15	13,949002	4	13,493575	15	13,621534
5	13,815034	16	13,924942	5	13,487553	16	13,596895
6	13,801594	17	13,828299	6	13,473786	17	13,497866
7	13,778382	18	13,777522	7	13,450009	18	13,445847
8	13,800528	19	14,239045	8	13,472693	19	13,922152
9	13,794475	20	14,162303	9	13,466493	20	13,843644
10	13,7616	21	14,153727	10	13,432812	21	13,83487
11	13,754658	22	14,153067	11	13,4257	22	13,834195

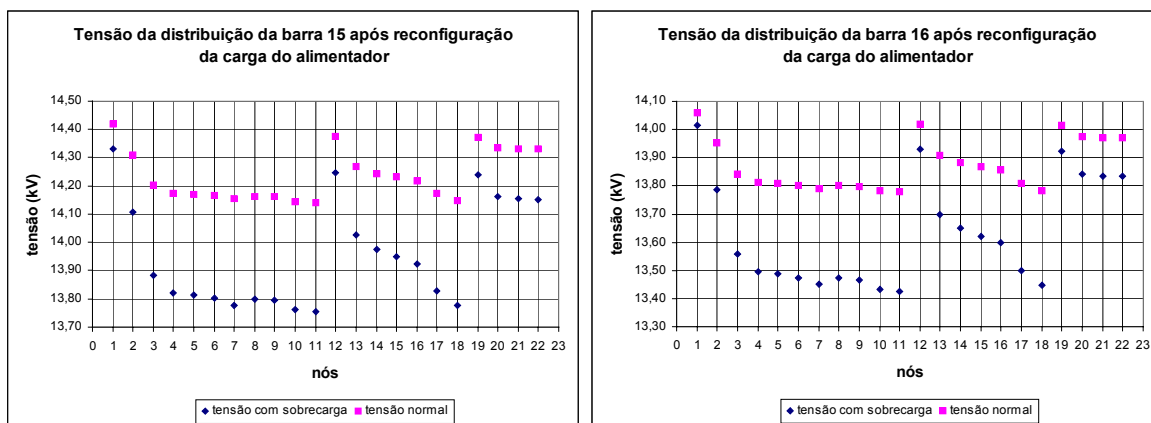


Figura 3.8 Representação gráfica da tensão nos nós da distribuição após reconfiguração de carga do alimentador da barra 15

3.6 Conclusão

Neste capítulo é apresentado um procedimento de cálculo de fluxo de carga que torna possível a solução conjunta do sistema de transmissão e do sistema primário de distribuição. Como exemplo, foram apresentados resultados de simulações com sistemas testes. No próximo capítulo serão apresentados resultados de testes com outros sistemas de transmissão.

Capítulo 4

Testes e Resultados

4.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentados resultados de testes que consideram o cálculo do fluxo de carga para redes de transmissão acopladas com alimentadores de distribuição. A técnica de ajuste para o acoplamento transmissão/distribuição é aplicada para um ponto de operação referência (solução básica). Em torno desse ponto são realizadas simulações de contingências na rede de transmissão e de aumento de carga tanto na transmissão quanto no alimentador de distribuição.

Os testes realizados, cujos resultados são apresentados neste capítulo, são os seguintes:

- Testes para ajuste das potências nas barras de carga onde se consideram a representação dos alimentadores de distribuição (obtenção da solução básica na distribuição) (4.3);

- Simulações de contingências na rede de transmissão e verificação do impacto no perfil de tensão nos alimentadores de distribuição (4.4);
- Simulações de aumento de carga em barras da transmissão através de variação nas injeções de potência e da introdução de novos alimentadores de distribuição (4.5).

4.2 Circuitos testes

Para a rede de transmissão, os circuitos utilizados para testes foram os do IEEE de 30, 57 e 118 barras. Estas redes foram escolhidas porque, além de apresentarem características diferentes como ramos com transformadores, ramos em paralelo, shunts de barra, os resultados do fluxo de carga são conhecidos. Assim, podem ser adotados como referência para simulações de alterações nos sistemas de transmissão/distribuição acoplados. Os esquemáticos dos circuitos, assim como seus dados de barras e de ramos estão apresentados no anexo V para a rede de 30 barras, no anexo VI para a rede de 57 barras e no anexo VII para a rede de 118 barras.

Os circuitos dos alimentadores de distribuição utilizados para os testes são o de Mariporã (22 nós) [15], apresentado no capítulo 2 e o circuito de 37 nós apresentado no artigo de Goswami e Basu [12]. A rede de 22 nós possui potência acumulada de 3,63MW e 1,67MVAR e a rede de 37 nós possui potência acumulada de 3,72MW e 2,30MVAR. O esquemático da rede de 22 nós está apresentado no capítulo 2 e os dados dos ramos e nós da rede estão no anexo II. Os dados da rede de 37 nós, assim como o seu esquemático, estão apresentados no anexo III.

4.3 Ajuste de potência em barras com alimentadores de distribuição

4.3.1. IEEE 30 barras

No teste com a rede de 30 barras (transmissão), primeiro realiza-se o cálculo de fluxo de carga para a configuração básica da transmissão, cujos resultados são apresentados na tabela 4.1:

Tabela 4.1 Configuração básica da transmissão para a rede do IEEE de 30 barras

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
1	1,0600	-0,000	260,89	-18,44	2	5,343	173,01	-24,01
					3	7,570	87,88	0,31
2	1,0430	-5,343	18,30	31,74	1	-5,343	-167,84	27,82
					4	3,985	43,57	-0,36
					5	8,792	82,16	-0,50
					6	5,784	60,41	-4,39
3	1,0238	-7,570	-2,40	-1,20	1	-7,570	-84,76	2,22
					4	1,758	82,36	-6,00
4	1,0156	-9,328	-7,60	-1,60	2	-3,985	-42,57	-4,39
					3	-1,758	-81,51	6,72
					6	1,799	72,89	-19,39
					12	5,518	37,86	-41,93
5	1,0100	-14,135	-94,20	15,40	2	-8,792	-79,22	4,03
					7	-1,248	-14,98	8,21
6	1,0151	-11,127	0,00	0,00	2	-5,784	-58,46	2,39
					4	-1,799	-72,23	19,80
					7	1,760	38,31	-1,48
					8	0,664	29,44	3,06
					9	3,006	27,36	-47,16
					10	4,561	14,92	-13,04
7	1,0052	-12,887	-22,80	-10,90	28	0,601	18,46	0,44
					5	1,248	15,13	-11,97
8	1,0100	-11,791	-30,00	-6,56	6	-1,760	-37,93	-0,82
					6	-0,664	-29,34	-4,55
9	1,0930	-14,133	0,00	0,00	28	-0,064	-0,66	-4,66
					6	-3,006	-27,36	53,43
					11	0,000	0,00	5,80
10	1,0606	-15,688	-5,80	-2,00	10	1,555	28,60	32,57
					6	-4,561	-14,92	15,29
					9	-1,555	-28,60	-30,84
					20	0,810	9,27	3,96
					17	0,139	5,54	6,06
					21	0,429	16,07	10,66
11	1,0820	-14,133	0,00	-5,74	22	0,415	7,81	5,02
					9	0,000	0,00	-5,74
12	1,0649	-14,846	-11,20	-7,50	4	-5,518	-37,86	51,05
					13	0,000	0,00	-4,66
					14	0,914	7,61	1,29
					15	1,104	17,74	2,38
13	1,0710	-14,846	0,00	4,69	16	0,630	7,03	1,71
14	1,0531	-15,760	-6,20	-1,60	12	0,000	0,00	4,69
					12	-0,914	-7,55	-1,16
15	1,0511	-15,950	-8,20	-2,50	15	0,190	1,35	-0,44
					12	-1,104	-17,56	-2,02
					14	-0,190	-1,34	0,45
					18	0,584	5,77	1,34
16	1,0555	-15,476	-3,50	-1,80	23	0,635	4,93	-2,27
					12	-0,630	-6,99	-1,61
17	1,0541	-15,827	-9,00	-5,80	17	0,351	3,49	-0,19
					16	-0,351	-3,48	0,21
18	1,0425	-16,534	-3,20	-0,90	10	-0,139	-5,52	-6,01
					15	-0,584	-5,73	-1,27

					19	0,160	2,53	0,37
19	1,0405	-16,694	-9,50	-3,40	18	-0,160	-2,53	-0,36
					20	-0,195	-6,97	-3,04
20	1,0448	-16,498	-2,20	-0,70	19	0,195	6,99	3,07
					10	-0,810	-9,19	-3,77
21	1,0479	-16,117	-17,50	-11,20	10	-0,429	-15,96	-10,42
					22	-0,014	-1,54	-0,78
22	1,0482	-16,103	-0,00	0,00	10	-0,415	-7,75	-4,91
					21	0,014	1,54	0,79
					24	0,337	6,21	4,12
23	1,0508	-16,585	-3,20	-1,60	15	-0,635	-4,91	2,32
					24	-0,145	1,71	5,57
24	1,0344	-16,440	-8,70	-6,70	22	-0,337	-6,15	-4,03
					23	0,145	-1,67	-5,49
					25	-0,444	-0,88	2,82
25	1,0270	-15,996	0,00	0,00	24	0,444	0,90	-2,80
					26	0,412	3,54	2,37
					27	-0,527	-4,44	0,43
26	1,0095	-16,407	-3,50	-2,30	25	-0,412	-3,50	-2,30
27	1,0309	-15,469	0,00	-0,00	25	0,527	4,46	-0,39
					28	-3,741	-16,62	14,16
					29	1,211	6,19	1,67
					30	2,080	7,09	1,66
28	1,0110	-11,728	0,00	0,00	27	3,741	16,62	-12,38
					8	0,064	0,66	-4,08
					6	-0,601	-18,40	-2,91
29	1,0113	-16,680	-2,40	-0,90	27	-1,211	-6,10	-1,50
					30	0,869	3,70	0,60
30	0,9999	-17,549	-10,60	-1,90	27	-2,080	-6,93	-1,36
					29	-0,869	-3,67	-0,54

Observando os resultados, foram escolhidas as barras com valores significativos de carga e com baixos valores de magnitude de tensão. Assim, foram escolhidas as barras 19, 21, 24 e 30 para acoplar os alimentadores de distribuição.

Foram utilizados transformadores abaixadores de 132kV/32kV de 20MVA de potência, com tap nominal e reatância igual a 0,091p.u.. No cálculo do fluxo de carga, o modelo adotado para os transformadores, tanto da rede de transmissão quanto os de acoplamento com os alimentadores, foi o tipo 1 (anexo I).

Nas barras 19, 21, 24 e 30 acoplou-se os seguintes alimentadores de distribuição:

- Barra 19: 1 alimentador de 22 nós e 1 alimentador de 37 nós;
- Barra 21: 2 alimentadores de 22 nós;
- Barra 24: 2 alimentadores de 37 nós;
- Barra 30: 1 alimentador de 22 nós e 1 alimentador de 37 nós.

Atualizam-se as potências ativas das barras da transmissão, segundo a equação 3.1, e os tipos das barras de PQ's são mudadas para PV's. Realiza-se o cálculo do fluxo de carga com estas modificações e encontram-se os valores de tensão dos nós raízes dos alimentadores e as potências reativas ajustadas das barras com as conexões. Estes resultados estão na tabela 4.2, onde apenas as barras com variáveis modificadas são apresentadas:

Tabela 4.2 Caso Básico dos nós raízes (ajuste)

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
19	1,0405	-16,694	-2,15	0,59	18	-0,160	-2,53	-0,36
					20	-0,195	-6,97	-3,04
					31	0,175	3,63	1,68
					32	0,179	3,72	2,32
21	1,0479	-16,117	-10,24	-7,82	10	-0,429	-15,96	-10,40
					22	-0,014	-1,54	-0,78
					33	0,173	3,63	1,68
					34	0,173	3,63	1,68
24	1,0344	-16,440	-1,27	-2,07	22	-0,336	-6,15	-4,04
					23	0,145	-1,67	-5,49
					25	-0,444	-0,88	2,82
					35	0,181	3,72	2,32
					36	0,181	3,72	2,32
30	0,9999	-17,549	-3,25	2,10	27	-2,081	-6,93	-1,36
					29	-0,869	-3,67	-0,54
					37	0,194	3,71	2,32
					38	0,190	3,63	1,68
31	1,0390	-16,869	-3,63	-1,67	19	-0,175	-3,63	-1,67
32	1,0385	-16,873	-3,72	-2,30	19	-0,179	-3,72	-2,30
33	1,0464	-16,290	-3,63	-1,67	21	-0,173	-3,63	-1,67
34	1,0464	-16,290	-3,63	-1,67	21	-0,173	-3,63	-1,67
35	1,0324	-16,621	-3,72	-2,30	24	-0,181	-3,72	-2,30
36	1,0324	-16,621	-3,72	-2,30	24	-0,181	-3,72	-2,30
37	0,9978	-17,743	-3,71	-2,30	30	-0,194	-3,71	-2,30
38	0,9984	-17,739	-3,63	-1,67	30	-0,190	-3,63	-1,67

A partir destes dados, calcula-se as tensões nos nós dos alimentadores da distribuição aplicando o método de Goswami e Basu [12]. Os resultados são apresentados na figura 4.1:

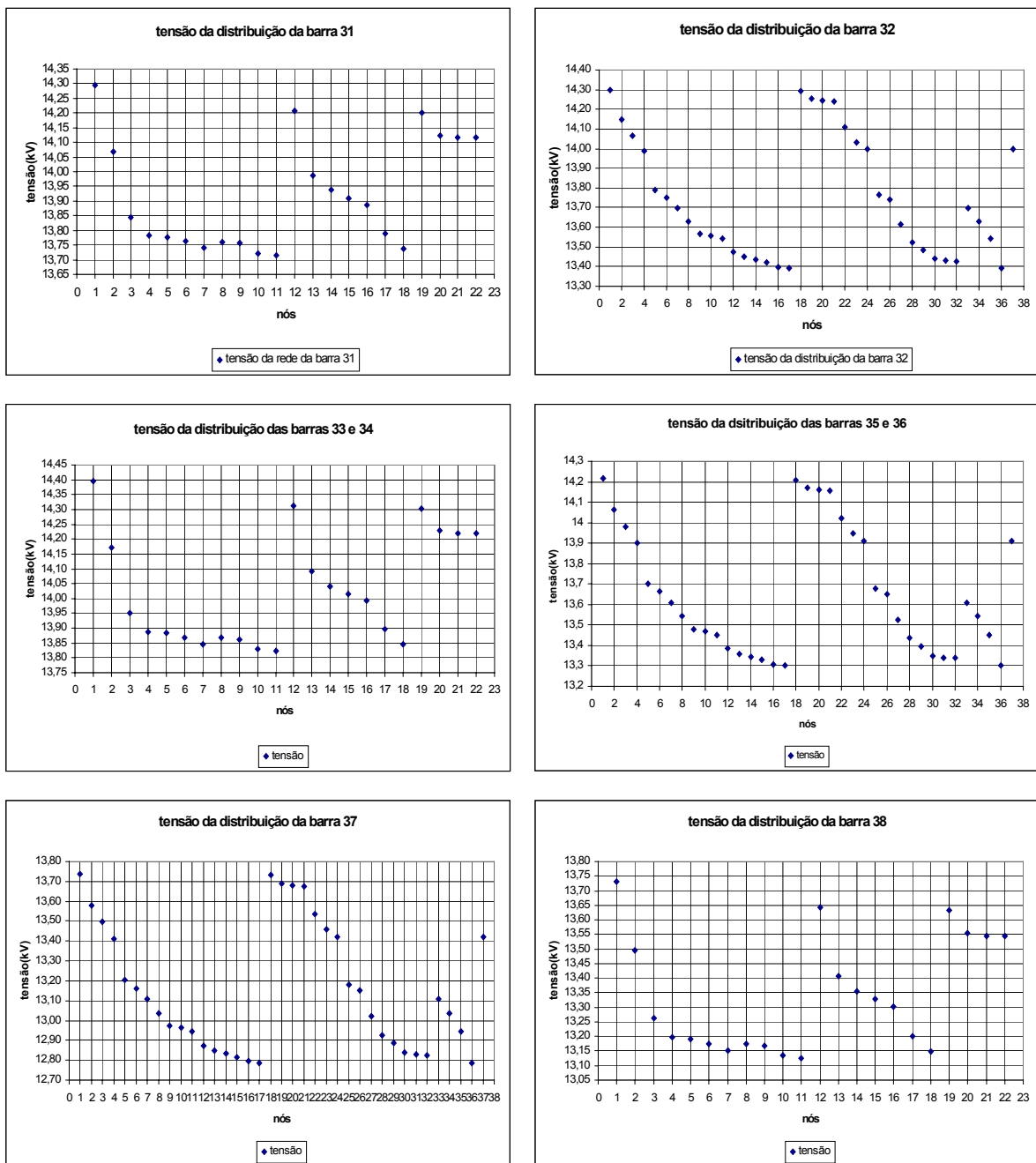


Figura 4.1 Caso básico na distribuição

4.3.2. IEEE de 57 barras

Da mesma forma que no item 4.3.1, calcula-se o fluxo de carga da configuração básica da transmissão. Neste teste, o modelo adotado para os transformadores foi do tipo 4 (anexo I). Os resultados são apresentados na tabela 4.3:

Tabela 4.3 Configuração básica da transmissão para a rede do IEEE de 57 barras

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
1	1,0400	-0,000	425,60	98,69	2	1,200	102,83	67,82
					15	7,205	149,30	28,87
					16	8,856	79,22	-3,82
					17	5,546	94,25	-11,00
2	1,0100	-1,200	-3,00	-88,71	1	-1,200	-101,50	-90,46
					3	4,839	98,50	-9,00
3	0,9850	-6,039	-1,00	-13,59	2	-4,839	-95,67	0,80
					4	1,341	61,78	-3,01
					15	1,165	32,88	-19,84
4	0,9780	-7,380	-0,00	0,00	3	-1,341	-61,34	-2,87
					5	1,301	14,17	-7,20
					6	1,471	15,03	-8,81
					18	4,827	17,26	8,37
5	0,9756	-8,681	-13,00	-4,00	4	-1,301	-14,03	2,58
					6	0,170	1,03	-8,40
6	0,9800	-8,851	-75,00	2,17	4	-1,471	-14,92	2,54
					7	-0,979	-16,33	-3,52
					8	-4,222	-42,74	-8,76
					5	-0,170	-1,01	6,06
7	0,9844	-7,872	-0,00	0,00	6	0,979	16,39	-1,52
					8	-3,243	-80,65	-12,41
					29	2,480	60,09	10,90
8	1,0050	-4,629	300,00	39,75	6	4,222	43,39	2,82
					9	5,016	175,01	17,38
					7	3,243	81,60	13,43
9	0,9800	-9,645	-121,00	-28,84	8	-5,016	-171,96	-12,60
					10	1,890	17,85	-9,02
					11	0,606	13,28	2,46
					12	0,822	2,19	-19,49
					13	0,204	1,26	-6,87
10	0,9820	-11,535	-5,00	-2,00	55	1,185	14,47	4,61
					9	-1,890	-17,72	1,15
					12	-1,068	-19,39	-24,43
11	0,9726	-10,252	-0,00	0,00	51	1,376	27,77	15,20
					9	-0,606	-13,23	-6,44
					13	-0,403	-12,69	-13,23
					41	5,235	9,94	6,70
12	1,0150	-10,467	-67,00	90,84	43	1,415	13,78	9,55
					9	-0,822	-2,08	4,58
					10	1,068	19,63	18,97
					13	-0,618	-1,83	48,39
					16	-1,611	-33,37	7,70
13	0,9842	-9,849	-18,00	-2,30	17	-4,921	-49,34	-1,14
					9	-0,204	-1,26	-0,95
					14	-0,505	-13,97	17,27
					15	-2,644	-47,85	9,86
					11	0,403	12,76	9,86

					12	0,618	2,35	-58,78
					49	3,472	24,01	10,40
14	0,9780	-9,344	-10,50	-5,30	13	0,505	14,04	-19,15
					15	-2,139	-64,59	2,78
					46	1,776	32,44	7,97
15	0,9876	-7,205	-22,00	-5,00	13	2,644	48,53	-12,15
					1	-7,205	-145,37	-29,13
					3	-1,165	-32,67	9,96
					14	2,139	65,34	-3,25
					45	2,636	38,46	18,46
16	1,0134	-8,856	-43,00	-3,00	1	-8,856	-76,59	4,27
					12	1,611	33,59	-11,18
17	1,0315	-5,546	-42,00	-8,00	1	-5,546	-92,28	13,80
					12	4,921	50,28	-4,57
18	0,9221	-12,207	-27,20	-9,80	4	-4,827	-17,26	-6,64
					19	1,968	4,94	1,23
19	0,8888	-14,174	-3,30	-0,60	18	-1,968	-4,80	-1,02
					20	0,387	1,50	0,42
20	0,8820	-14,562	-2,30	-1,00	19	-0,387	-1,49	-0,41
					21	-0,501	-0,88	-0,64
21	0,8511	-14,061	0,00	0,00	20	0,501	0,88	0,65
					22	-0,040	-0,81	-0,60
22	0,8526	-14,020	-0,00	0,00	21	0,040	0,81	0,60
					23	0,132	8,73	-3,51
					38	-0,266	-9,55	2,91
23	0,8522	-14,153	-6,30	-2,10	22	-0,132	-8,72	3,53
					24	1,170	2,42	-5,93
24	0,8636	-15,323	-0,00	0,00	23	-1,170	-2,34	4,82
					25	7,092	6,88	5,36
					26	-0,425	-12,72	1,67
25	0,7934	-22,415	-6,30	-3,20	24	-7,092	-6,88	-4,11
					30	0,812	7,74	5,18
26	0,8999	-14,898	-0,00	-0,00	24	0,425	12,72	-1,58
					27	-2,227	-11,70	1,45
27	0,9180	-12,671	-9,30	-0,50	26	2,227	11,98	-1,01
					28	-1,381	-21,28	0,51
28	0,9320	-11,290	-4,60	-2,30	27	1,381	21,61	-0,00
					29	-0,938	-26,21	-2,30
29	0,9454	-10,352	-17,00	-2,60	28	0,938	26,55	2,77
					7	-2,480	-60,09	-8,23
					52	2,257	20,71	3,43
30	0,7671	-23,227	-3,60	-1,80	25	-0,812	-7,55	-4,91
					31	0,973	3,95	3,11
31	0,7303	-24,200	-5,80	-2,90	30	-0,973	-3,81	-2,89
					32	-1,574	-1,98	-0,01
32	0,7444	-22,626	-1,60	-0,80	31	1,574	2,02	0,06
					33	0,065	3,81	1,91
					34	-6,628	-7,06	-2,63
33	0,7415	-22,691	-3,80	-1,90	32	-0,065	-3,80	-1,90
34	0,8034	-15,998	-0,00	0,00	32	6,628	7,06	3,61
					35	-0,341	-7,43	-3,90
35	0,8118	-15,657	-6,00	-3,00	34	0,341	7,49	3,57
					36	-0,377	-13,49	-6,73
36	0,8234	-15,280	-0,00	0,00	35	0,377	13,64	6,70
					37	-0,352	-15,67	-5,27

					40	0,118	2,04	-1,48
37	0,8313	-14,928	-0,00	0,00	36	0,352	15,79	5,42
					38	-1,173	-18,53	-6,54
					39	0,065	2,74	1,06
					37	1,173	18,89	6,82
38	0,8537	-13,755	-14,00	-7,00	22	0,266	9,57	-2,87
					44	-0,990	-28,25	-12,82
					49	-0,435	-3,56	-0,85
					48	-0,463	-10,66	2,46
39	0,8300	-14,993	-0,00	-0,00	37	-0,065	-2,74	-1,05
					57	3,146	2,63	1,01
40	0,8235	-15,398	0,00	-0,00	36	-0,118	-2,03	1,49
					56	2,000	1,87	-1,37
41	0,8785	-15,487	-6,30	-3,00	11	-5,235	-9,94	-5,46
					42	1,572	9,96	7,33
					43	-3,820	-13,02	-7,65
					56	1,911	7,65	3,31
42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
					56	0,339	2,45	2,23
43	0,9164	-11,667	-2,00	-1,00	41	3,820	13,02	8,87
					11	-1,415	-13,78	-9,05
44	0,8721	-12,765	-12,00	-1,80	38	0,990	28,63	13,29
					45	-2,924	-40,63	-15,32
45	0,9238	-9,841	-0,00	0,00	15	-2,636	-38,46	-16,33
					44	2,924	42,17	17,74
46	0,8740	-11,120	-0,00	0,00	14	-1,776	-32,44	-6,91
					47	1,931	40,05	8,41
47	0,8572	-13,052	-29,70	-11,60	46	-1,931	-39,55	-7,39
					48	0,241	9,85	-4,32
48	0,8563	-13,292	-0,00	0,00	47	-0,241	-9,82	4,36
					49	0,028	-0,89	-2,16
					38	0,463	10,71	-2,38
49	0,8599	-13,320	-18,00	-8,50	48	-0,028	0,89	1,46
					50	0,739	7,51	0,20
					13	-3,472	-24,01	-8,72
					38	0,435	3,58	0,44
50	0,8526	-14,059	-21,00	-10,50	49	-0,739	-7,45	-0,10
					51	-1,148	-13,55	-10,40
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	50	1,148	14,11	11,29
					10	-1,376	-27,77	-14,34
52	0,9077	-12,608	-4,90	-2,20	29	-2,257	-20,00	-2,51
					53	0,480	15,10	10,69
53	0,8834	-13,088	-20,00	-10,00	52	-0,480	-14,79	-10,28
					54	-0,916	-5,21	0,28
54	0,8939	-12,172	-4,10	-1,40	53	0,916	5,28	-0,20
					55	-1,342	-9,38	-1,20
55	0,9154	-10,830	-6,80	-3,40	54	1,342	9,57	1,45
					9	-1,185	-14,47	-4,29
56	0,8101	-17,398	-7,60	-2,20	40	-2,000	-1,87	1,47
					41	-1,911	-7,15	-2,81
					42	-0,339	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,146	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,11

Foi aplicado o mesmo critério da subseção 4.3.1 para a escolha das barras que são conectadas aos alimentadores. As escolhidas foram 23, 35, 38, 44, 47, 49 e 50. Nestas barras são acoplados os alimentadores segundo a relação abaixo:

- Barra 23: 1 alimentador de 37 nós
- Barra 35: 1 alimentador de 22 nós
- Barra 38: 2 alimentadores de 22 nós e 1 alimentador de 37 nós
- Barra 44: 2 alimentadores de 37 nós e 1 alimentador de 22 nós
- Barra 47: 4 alimentadores de 22 nós e 4 alimentadores de 37 nós
- Barra 49: 2 alimentadores de 22 nós e 2 alimentadores de 37 nós
- Barra 50: 4 alimentadores de 22 nós e 1 alimentador de 37 nós

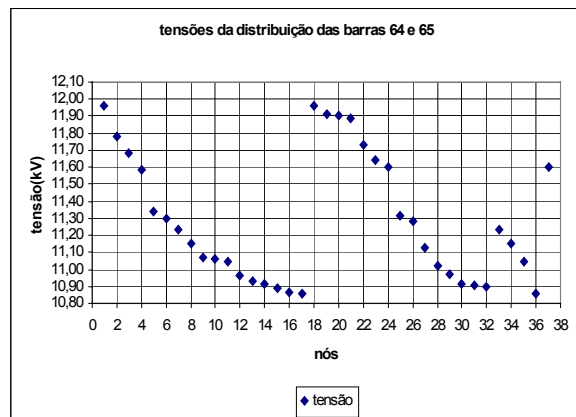
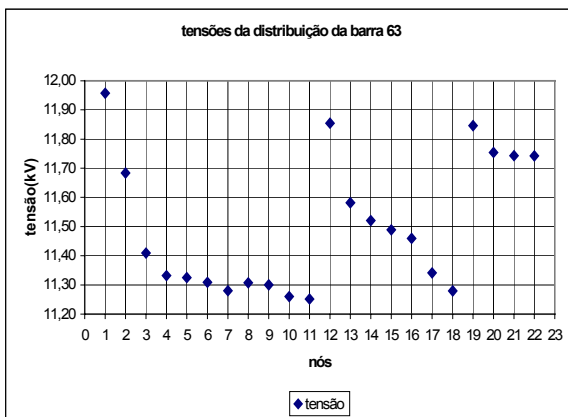
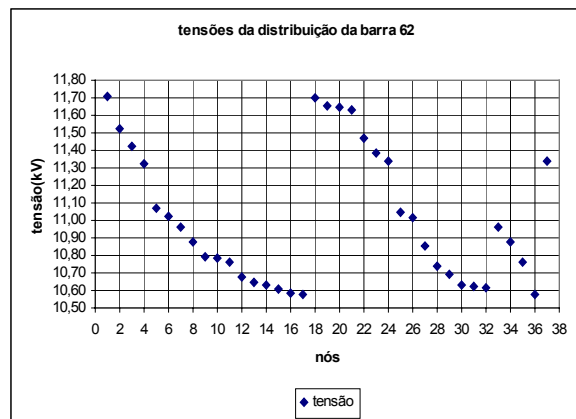
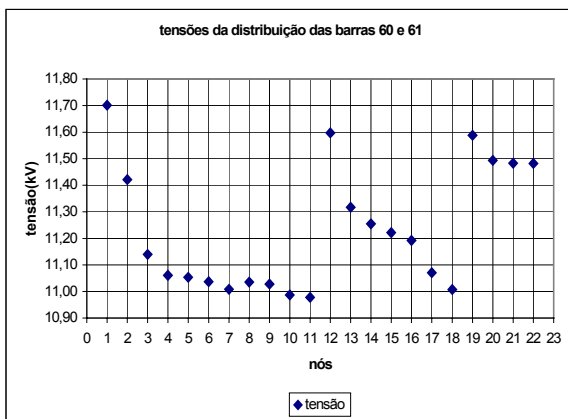
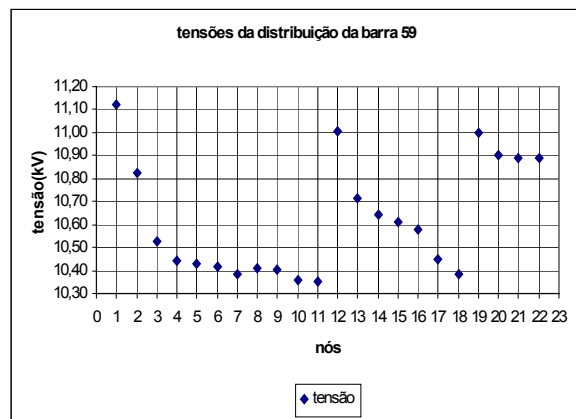
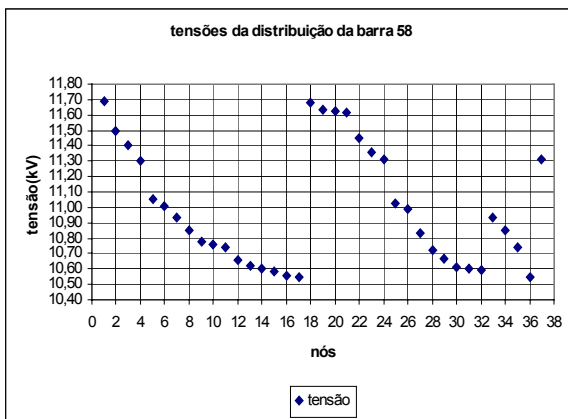
Portanto, serão acopladas, no total, 25 barras e 25 ramos no circuito, e este passará a ter 82 barras e 105 ramos. Atualizam-se os valores das potências ativas das barras e modificam-se seus tipos de PQ's para PV's e calcula-se o fluxo de carga. Os resultados estão na tabela 4.4, onde são apresentadas apenas as barras modificadas e as novas barras:

Tabela 4.4 Caso básico dos nós raízes (ajuste)

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
23	0,8522	-14,153	-2,58	0,31	22	-0,133	-8,72	3,60
					24	1,170	2,42	-5,92
					58	0,267	3,71	2,32
35	0,8118	-15,656	-2,37	-1,31	34	0,340	7,49	3,57
					36	-0,377	-13,49	-6,73
					59	0,288	3,63	1,69
38	0,8537	-13,753	-3,02	-1,52	37	1,173	18,90	6,82
					22	0,267	9,57	-2,94
					44	-0,989	-28,25	-12,85
					49	-0,432	-3,56	-0,88
					48	-0,461	-10,66	2,39
					60	0,260	3,63	1,69
					61	0,260	3,63	1,69
					62	0,267	3,71	2,32
44	0,8721	-12,764	-0,94	4,56	38	0,989	28,63	13,33
					45	-2,923	-40,63	-15,32
					63	0,249	3,63	1,69
					64	0,255	3,71	2,32
					65	0,255	3,71	2,32
47	0,8572	-13,052	-0,32	4,51	46	-1,932	-39,55	-7,38
					48	0,240	9,85	-4,28
					66	0,258	3,63	1,69
					67	0,258	3,63	1,69
					68	0,258	3,63	1,69

					69	0,258	3,63	1,69
					70	0,264	3,71	2,32
					71	0,264	3,71	2,32
					72	0,264	3,71	2,32
					73	0,264	3,71	2,32
49	0,8599	-13,322	-3,31	-0,34	48	-0,029	0,90	1,48
					50	0,736	7,51	0,25
					13	-3,472	-24,02	-8,70
					38	0,432	3,58	0,48
					74	0,256	3,63	1,69
					75	0,256	3,63	1,69
					76	0,263	3,71	2,32
					77	0,263	3,71	2,32
50	0,8526	-14,057	-2,76	-1,49	49	-0,736	-7,45	-0,15
					51	-1,146	-13,55	-10,41
					78	0,261	3,63	1,69
					79	0,261	3,63	1,69
					80	0,261	3,63	1,69
					81	0,261	3,63	1,69
					82	0,267	3,71	2,32
58	0,8497	-14,420	-3,71	-2,30	23	-0,267	-3,71	-2,30
59	0,8099	-15,944	-3,63	-1,67	35	-0,288	-3,63	-1,67
60	0,8519	-14,014	-3,63	-1,67	38	-0,260	-3,63	-1,67
61	0,8519	-14,014	-3,63	-1,67	38	-0,260	-3,63	-1,67
62	0,8512	-14,020	-3,71	-2,30	38	-0,267	-3,71	-2,30
63	0,8703	-13,014	-3,63	-1,67	44	-0,249	-3,63	-1,67
64	0,8697	-13,020	-3,71	-2,30	44	-0,255	-3,71	-2,30
65	0,8697	-13,020	-3,71	-2,30	44	-0,255	-3,71	-2,30
66	0,8554	-13,310	-3,63	-1,67	47	-0,258	-3,63	-1,67
67	0,8554	-13,310	-3,63	-1,67	47	-0,258	-3,63	-1,67
68	0,8554	-13,310	-3,63	-1,67	47	-0,258	-3,63	-1,67
69	0,8554	-13,310	-3,63	-1,67	47	-0,258	-3,63	-1,67
70	0,8547	-13,317	-3,71	-2,30	47	-0,264	-3,71	-2,30
71	0,8547	-13,317	-3,71	-2,30	47	-0,264	-3,71	-2,30
72	0,8547	-13,317	-3,71	-2,30	47	-0,264	-3,71	-2,30
73	0,8547	-13,317	-3,71	-2,30	47	-0,264	-3,71	-2,30
74	0,8581	-13,578	-3,63	-1,67	49	-0,256	-3,63	-1,67
75	0,8581	-13,578	-3,63	-1,67	49	-0,256	-3,63	-1,67
76	0,8575	-13,584	-3,71	-2,30	49	-0,263	-3,71	-2,30
77	0,8575	-13,584	-3,71	-2,30	49	-0,263	-3,71	-2,30
78	0,8508	-14,318	-3,63	-1,67	50	-0,261	-3,63	-1,67
79	0,8508	-14,318	-3,63	-1,67	50	-0,261	-3,63	-1,67
80	0,8508	-14,318	-3,63	-1,67	50	-0,261	-3,63	-1,67
81	0,8508	-14,318	-3,63	-1,67	50	-0,261	-3,63	-1,67
82	0,8501	-14,324	-3,71	-2,30	50	-0,267	-3,71	-2,30

A partir das tensões dos alimentadores, calculam-se as tensões dos nós da distribuição usando o método de Goswami e Basu, cujos resultados estão apresentados na figura 4.2, através dos gráficos de tensão x nó da rede.



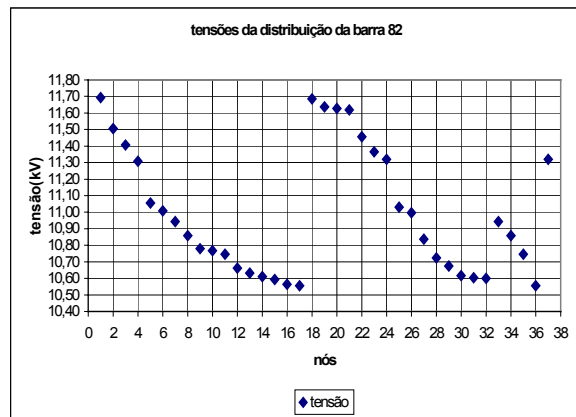
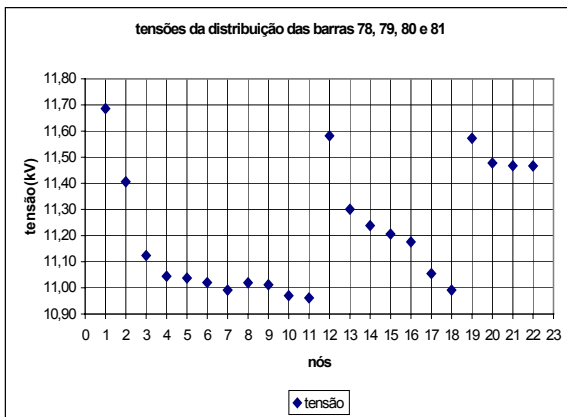
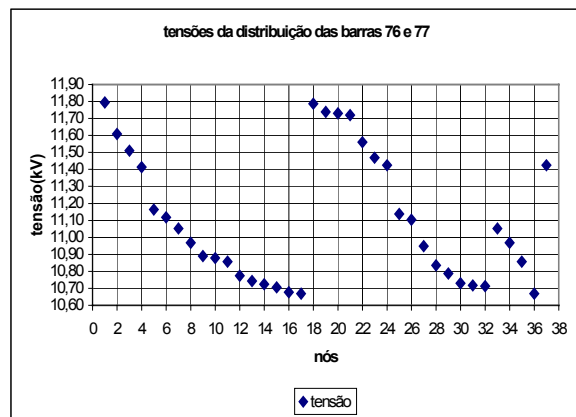
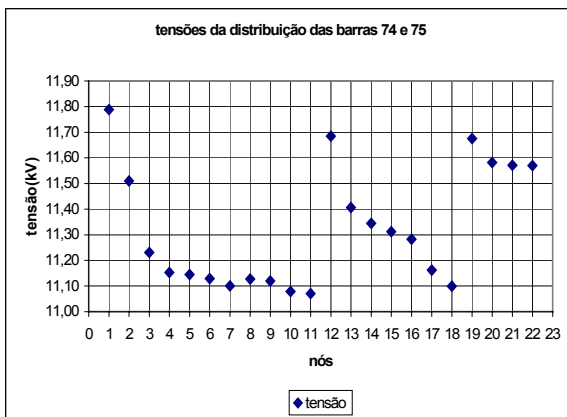
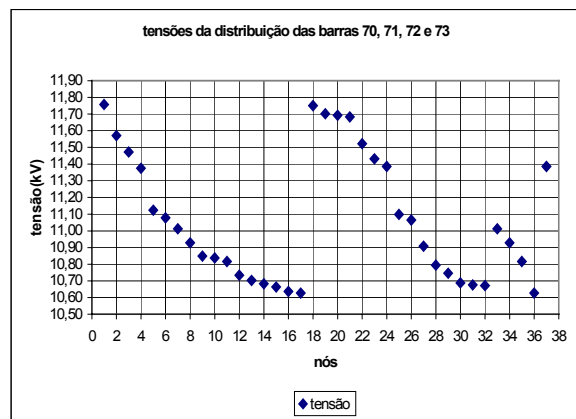
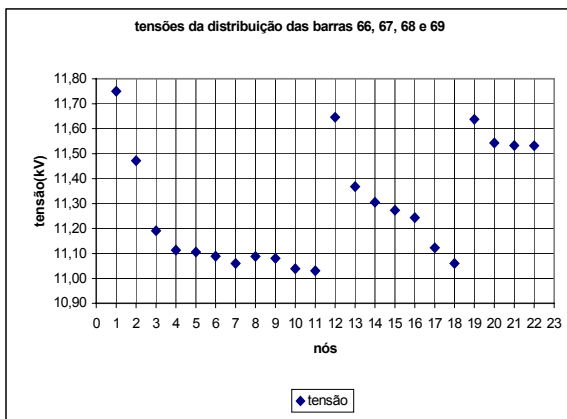


Figura 4.2 Caso básico na distribuição

4.3.3. IEEE de 118 barras

Primeiro calcula-se o fluxo de carga da configuração básica da transmissão de 118 barras. Neste circuito, o modelo dos transformadores é do tipo 1 (anexo I). Os resultados são apresentados na tabela 4.5:

Tabela 4.5 Configuração básica da transmissão para a rede do IEEE de 118 barras

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
1	0,9550	-18,964	-51,00	-31,21	2	-0,538	-12,33	-14,21
					3	-0,875	-38,67	-18,65
2	0,9714	-18,426	-20,00	-9,00	1	0,538	12,42	9,82
					12	-0,975	-32,42	-20,76
3	0,9682	-18,089	-39,00	-10,00	1	0,875	38,93	17,49
					5	-4,136	-68,17	-17,21
					12	-0,638	-9,76	-14,02
4	0,9980	-14,371	-39,00	27,03	5	-0,418	-103,11	-52,05
					11	2,569	64,11	-1,57
5	1,0040	-13,953	0,00	0,00	4	0,418	103,35	52,70
					3	4,136	69,42	17,28
					6	2,696	88,46	7,12
					8	-5,014	-328,59	30,24
					11	2,987	77,44	4,46
6	0,9900	-16,649	-52,00	-9,79	5	-2,696	-87,53	-5,72
					7	0,444	35,53	-5,04
7	0,9893	-17,093	-19,00	-2,00	6	-0,444	-35,47	4,23
					12	0,358	16,47	-6,93
8	1,0150	-8,939	-28,00	54,26	9	-7,254	-440,64	-149,59
					5	5,014	328,59	-1,40
					30	2,003	73,97	0,54
9	1,0429	-1,684	0,00	0,00	8	7,254	445,25	-38,77
					10	-7,581	-445,25	-91,32
10	1,0500	5,897	450,00	-51,04	9	7,581	450,00	-118,85
11	0,9854	-16,940	-70,00	-23,00	4	-2,569	-63,25	0,98
					5	-2,987	-76,23	-3,82
					12	0,511	34,37	-33,60
					13	1,375	35,11	10,60
12	0,9900	-17,451	38,00	79,12	11	-0,511	-34,23	33,09
					2	0,975	32,70	18,66
					3	0,638	9,87	6,58
					7	-0,358	-16,44	5,32
					14	0,718	18,34	1,73
					16	0,307	7,61	3,18
					117	1,541	20,15	3,44
13	0,9686	-18,315	-34,00	-16,00	11	-1,375	-34,80	-13,14
					15	0,155	0,80	-6,68
14	0,9836	-18,170	-14,00	-1,00	12	-0,718	-18,26	-5,01
					15	0,300	4,26	0,71
15	0,9700	-18,470	-90,00	-41,59	13	-0,155	-0,79	-5,09
					14	-0,300	-4,23	-10,19
					17	-2,506	-103,43	-26,80
					19	0,176	11,48	12,80
					33	0,940	6,98	-21,69
16	0,9839	-17,758	-25,00	-10,00	12	-0,307	-7,59	-7,27

					17	-1,795	-17,41	-6,02
17	0,9952	-15,963	-11,00	-3,00	15	2,506	105,00	23,43
					16	1,795	17,55	-2,54
					18	2,208	80,13	24,41
					30	-5,022	-212,51	134,38
					31	0,995	14,81	9,62
					113	0,001	2,09	5,94
18	0,9730	-18,171	-60,00	-7,80	17	-2,208	-79,25	-23,31
					19	0,475	19,25	14,35
19	0,9630	-18,646	-45,00	-35,17	18	-0,475	-19,18	-16,17
					20	-0,873	-10,57	3,91
					15	-0,176	-11,44	-14,55
					34	-0,214	-3,81	-13,66
20	0,9578	-17,773	-18,00	-3,00	19	0,873	10,61	-9,21
					21	-1,583	-28,61	3,85
21	0,9584	-16,190	-14,00	-8,00	20	1,583	28,78	-7,03
					22	-2,549	-42,78	-3,09
22	0,9696	-13,641	-10,00	-5,00	21	2,549	43,20	0,45
					23	-4,911	-53,20	-8,51
23	0,9997	-8,730	-7,00	-3,00	22	4,911	54,24	5,50
					24	0,135	8,42	8,41
					25	-6,934	-162,62	-30,16
					32	6,190	92,96	-1,44
24	0,9920	-8,865	-13,00	-15,40	23	-0,135	-8,38	-18,16
					70	-1,488	-6,15	-7,99
					72	0,013	1,53	0,89
25	1,0500	-1,796	220,00	49,71	23	6,934	166,82	33,53
					26	-1,780	-83,17	209,09
					27	12,567	143,43	20,33
26	1,0150	-0,016	314,00	9,46	25	1,780	83,17	-191,55
					30	10,925	223,75	-58,90
27	0,9680	-14,362	-71,00	-10,98	25	-12,567	-137,04	-23,55
					28	1,723	32,83	-1,60
					32	0,558	12,47	-0,40
					115	0,893	20,74	3,47
28	0,9616	-16,085	-17,00	-7,00	27	-1,723	-32,61	-1,44
					29	0,991	15,61	-7,66
29	0,9632	-17,076	-24,00	-4,00	28	-0,991	-15,54	3,53
					31	-0,117	-8,46	-9,02
30	0,9859	-10,941	0,00	0,00	17	5,022	212,51	-109,61
					8	-2,003	-73,62	-99,38
					26	-10,925	-219,78	-80,11
					38	1,943	62,80	-4,30
31	0,9670	-16,959	-36,00	4,51	17	-0,995	-14,62	-16,66
					29	0,117	8,47	7,52
					32	-2,038	-29,86	10,23
32	0,9640	-14,920	-59,00	-35,35	23	-6,190	-90,19	-11,10
					31	2,038	30,19	-13,80
					27	-0,558	-12,43	-3,07
					113	1,044	4,07	-19,74
33	0,9914	-19,410	-23,00	-9,00	114	0,328	9,36	1,68
					15	-0,940	-6,82	16,07
34	0,9860	-18,432	-59,00	-66,37	37	-1,400	-16,18	-0,92
					19	0,214	3,87	1,86
					36	0,423	30,57	11,68
					37	-0,422	-94,38	-65,26
					43	0,479	0,94	-20,53

35	0,9811	-18,866	-33,00	-9,00	36	-0,011	0,53	10,48
					37	-0,856	-33,53	-20,24
36	0,9800	-18,854	-31,00	24,96	35	0,011	-0,53	-10,98
					34	-0,423	-30,47	-12,48
37	0,9946	-18,010	0,00	0,00	35	0,856	33,70	18,43
					33	1,400	16,30	-5,91
					34	0,422	94,73	64,60
					38	-5,125	-213,41	258,45
					39	3,340	55,10	3,94
					40	4,401	44,29	-3,52
38	0,9634	-12,885	-0,00	0,00	37	5,125	213,41	-215,86
					30	-1,943	-62,55	-72,94
					65	-10,616	-181,57	-104,34
39	0,9714	-21,350	-27,00	-11,00	37	-3,340	-54,11	-5,86
					40	1,061	27,11	-7,15
40	0,9700	-22,410	-66,00	0,77	37	-4,401	-43,11	-1,25
					39	-1,061	-26,96	4,71
					41	0,451	15,67	0,55
					42	-1,130	-11,61	-8,71
41	0,9668	-22,862	-37,00	-10,00	40	-0,451	-15,64	-2,71
					42	-1,581	-21,36	-9,47
42	0,9850	-21,280	-96,00	17,94	40	1,130	11,70	0,11
					41	1,581	21,58	3,63
					49	-12,321	-64,64	0,97
43	1,0136	-18,911	-18,00	-7,00	44	-2,402	-17,17	-4,29
					34	-0,479	-0,83	12,55
44	1,0201	-16,510	-16,00	-8,00	43	2,402	17,35	-7,55
					45	-1,897	-33,35	16,04
45	1,0118	-14,613	-53,00	-22,00	44	1,897	33,66	-19,41
					46	-3,201	-36,83	13,70
					49	-5,654	-49,83	9,30
46	1,0050	-11,412	-9,00	-33,72	45	3,201	37,47	-18,26
					47	-1,947	-31,69	-16,20
					48	-1,565	-14,78	-4,92
47	1,0340	-9,465	-34,00	0,00	46	1,947	32,14	11,10
					49	-0,505	-9,50	16,17
					69	-9,465	-56,64	14,50
48	1,0145	-9,847	-20,00	-11,00	46	1,565	14,91	-4,30
					49	-0,888	-34,91	-9,78
49	1,0250	-8,959	117,00	56,72	47	0,505	9,57	-19,33
					42	12,321	67,78	-4,15
					42	12,321	67,78	-4,15
					45	5,654	51,62	-13,65
					48	0,888	35,13	7,79
					50	2,039	53,67	12,44
					51	4,659	66,64	18,64
					54	5,676	37,76	7,36
					54	5,676	37,76	7,36
					66	-6,533	-132,15	3,00
50	1,0011	-10,999	-17,00	-4,00	69	-8,959	-46,45	6,25
					49	-2,039	-52,89	-14,08
					57	2,535	35,89	7,47
51	0,9669	-13,618	-17,00	-8,00	49	-4,659	-64,36	-19,00
					52	0,954	28,56	5,59
					58	0,772	18,80	2,32

52	0,9568	-14,572	-18,00	-5,00	51	-0,954	-28,38	-7,63
					53	0,975	10,38	0,14
53	0,9460	-15,547	-23,00	-11,00	52	-0,975	-10,32	-7,26
					54	-0,912	-12,68	-6,94
54	0,9550	-14,635	-65,00	-28,10	53	0,912	12,73	1,58
					49	-5,676	-36,39	-17,11
					55	0,290	7,08	0,53
					56	0,103	18,54	4,01
					59	-4,098	-30,37	-10,24
55	0,9520	-14,925	-63,00	-17,34	54	-0,290	-7,07	-4,16
					56	-0,187	-21,43	-5,99
					59	-4,388	-34,50	-10,82
56	0,9540	-14,739	-84,00	-20,29	54	-0,103	-18,53	-5,30
					55	0,187	21,46	5,39
					57	-1,205	-23,00	-10,20
					58	-0,348	-6,68	-4,79
					59	-4,202	-29,30	-6,35
57	0,9706	-13,533	-12,00	-3,00	56	1,205	23,22	6,35
					50	-2,535	-35,22	-12,05
58	0,9590	-14,390	-12,00	-3,00	56	0,348	6,69	0,42
					51	-0,772	-18,69	-5,35
59	0,9850	-10,537	-122,00	-36,17	54	4,098	30,89	1,36
					56	4,202	30,06	-1,47
					55	4,388	35,14	3,14
					60	-3,781	-43,31	1,75
					61	-4,672	-51,71	3,15
					63	-3,378	-139,84	144,50
60	0,9932	-6,756	-78,00	-3,00	59	3,781	43,93	-6,26
					61	-0,891	-112,06	7,80
					62	-0,275	-9,88	-7,84
61	0,9950	-5,865	160,00	-40,39	59	4,672	52,63	-6,55
					60	0,891	112,39	-8,95
					62	0,616	25,48	-14,34
					64	-0,471	-29,60	96,71
62	0,9980	-6,481	-77,00	-12,74	60	0,275	9,89	5,01
					61	-0,616	-25,41	12,71
					66	-4,055	-37,17	-20,14
					67	-1,415	-24,31	-15,96
63	0,9687	-7,159	0,00	0,00	59	3,378	139,84	-128,41
					64	-1,766	-151,74	-77,62
64	0,9837	-5,393	-0,00	0,00	63	1,766	152,22	42,05
					61	0,471	29,60	-93,94
					65	-3,125	-182,73	-84,88
65	1,0050	-2,269	391,00	75,05	38	10,616	184,77	-63,31
					64	3,125	183,72	20,87
					66	0,158	7,34	-280,18
					68	0,124	14,12	-59,00
66	1,0500	-2,426	353,00	-19,95	49	6,533	135,14	6,96
					62	4,055	37,94	11,49
					65	-0,158	-7,34	313,09
					67	2,640	53,17	17,79
67	1,0197	-5,066	-28,00	-7,00	62	1,415	24,51	10,53
					66	-2,640	-52,51	-20,54
68	1,0039	-2,393	0,00	0,00	65	-0,124	-14,11	-69,71
					69	-2,393	-109,62	-242,06
					81	-0,526	-44,61	-68,95
					116	0,431	184,12	-57,50

69	1,0350	-0,000	514,20	-90,72	47	9,465	59,56	-20,08
					49	8,959	48,68	-16,48
					68	2,393	109,62	271,71
					70	7,377	108,31	9,55
					75	7,069	110,00	13,85
					77	3,253	62,27	1,21
70	0,9840	-7,377	-66,00	-10,36	69	-7,377	-104,88	-19,91
					24	1,488	6,15	-11,74
					71	0,410	16,59	-12,79
					74	0,952	16,24	11,25
					75	-0,309	-0,09	8,18
71	0,9868	-7,787	0,00	0,00	70	-0,410	-16,55	11,24
					72	1,091	10,54	-3,09
					73	0,211	6,01	-11,31
72	0,9800	-8,878	-12,00	-11,13	24	-0,013	-1,51	-10,31
					71	-1,091	-10,49	-5,30
73	0,9910	-7,998	-6,00	-2,13	71	-0,211	-6,00	9,07
74	0,9580	-8,330	-68,00	-21,61	70	-0,952	-16,04	-16,96
					75	-1,261	-51,96	-6,68
75	0,9673	-7,069	-47,00	-11,00	70	0,309	0,15	-14,84
					69	-7,069	-105,14	-24,11
					74	1,261	52,32	5,97
					77	-3,816	-34,57	-11,90
					118	0,989	40,24	23,02
76	0,9430	-8,202	-68,00	-30,73	77	-4,949	-61,12	-22,69
					118	-0,144	-6,88	-10,29
77	1,0060	-3,253	-61,00	-39,77	76	4,949	63,18	22,54
					69	-3,253	-61,10	-19,03
					75	3,816	35,38	4,86
					78	0,351	45,35	-16,46
					80	-2,235	-44,29	-21,72
					82	-0,498	-3,08	11,96
78	1,0062	-3,603	-71,00	-26,00	77	-0,351	-45,26	14,18
					79	-0,355	-25,74	-0,65
79	1,0076	-3,248	-39,00	-32,00	78	0,355	25,78	-0,50
					80	-2,231	-64,78	-32,78
80	1,0400	-1,018	347,00	64,48	77	2,235	44,97	19,38
					79	2,231	65,57	32,42
					81	0,849	39,04	289,51
					96	1,453	18,93	17,86
					97	1,077	26,39	23,84
					98	1,550	28,84	6,79
					99	1,911	19,46	5,24
81	1,0022	-1,867	0,00	0,00	68	0,526	44,65	-93,22
					80	-0,849	-39,04	-260,32
82	0,9898	-2,755	-54,00	-27,00	77	0,498	3,20	-27,89
					83	-1,240	-47,02	30,38
					96	-0,283	-10,18	-8,63
83	0,9827	-1,515	-20,00	-10,00	82	1,240	47,41	-36,50
					84	-2,512	-24,80	12,60
					85	-4,054	-42,60	9,14
84	0,9792	0,997	-11,00	-7,00	83	2,512	25,35	-16,41
					85	-1,542	-36,35	7,58
85	0,9850	2,539	-24,00	-18,73	83	4,054	43,48	-12,86
					84	1,542	36,79	-9,03

					86	1,369	17,17	-8,69
					88	-3,129	-50,30	6,23
					89	-7,183	-71,14	-1,63
86	0,9867	1,170	-21,00	-10,00	85	-1,369	-17,05	3,75
					87	-0,259	-3,95	-17,26
87	1,0150	1,429	4,00	11,02	86	0,259	4,00	8,73
88	0,9875	5,668	-48,00	-10,00	85	3,129	50,84	-8,86
					89	-4,054	-98,84	-3,43
89	1,0050	9,722	607,00	-13,66	85	7,183	72,39	1,36
					88	4,054	100,23	6,73
					90	6,403	110,72	-10,78
					92	5,894	63,61	-9,03
90	0,9850	3,319	-163,00	17,30	89	-6,403	-107,83	1,89
					91	-0,021	1,25	3,43
91	0,9800	3,339	-10,00	-15,40	90	0,021	-1,24	-7,54
					92	-0,489	-8,76	-10,46
92	0,9930	3,828	-65,00	-9,74	89	-5,894	-62,03	7,14
					91	0,489	8,81	4,27
					93	3,006	57,75	-11,66
					94	5,157	52,29	-16,14
					100	5,760	31,45	-17,91
					102	1,500	44,62	-8,16
93	0,9875	0,822	-12,00	-7,00	92	-3,006	-56,86	10,33
					94	2,151	44,86	-19,31
94	0,9910	-1,329	-30,00	-16,00	92	-5,157	-50,89	12,77
					93	-2,151	-44,33	17,37
					95	0,973	41,00	8,64
					96	1,142	19,94	-10,76
					100	0,603	4,27	-51,57
95	0,9814	-2,302	-42,00	-31,00	94	-0,973	-40,76	-10,01
					96	0,169	-1,24	-22,23
96	0,9932	-2,471	-38,00	-15,00	80	-1,453	-18,64	-26,56
					82	0,283	10,20	-2,01
					94	-1,142	-19,81	6,65
					95	-0,169	1,32	19,61
					97	-0,376	-11,07	-20,85
97	1,0117	-2,095	-15,00	-9,00	80	-1,077	-26,15	-27,97
					96	0,376	11,15	16,45
98	1,0235	-2,568	-34,00	-8,00	80	-1,550	-28,64	-11,95
					100	-0,636	-5,36	-0,04
99	1,0100	-2,929	-42,00	-17,54	80	-1,911	-19,25	-15,75
					100	-0,997	-22,75	-5,67
100	1,0170	-1,932	215,00	87,85	92	-5,760	-30,68	11,86
					94	-0,603	-3,89	40,63
					98	0,636	5,38	-9,78
					99	0,997	22,85	1,66
					101	-1,568	-16,74	20,12
					103	3,595	120,96	-7,60
					104	6,330	56,34	7,83
					106	7,779	60,78	3,52
101	0,9928	-0,363	-22,00	-15,00	100	1,568	16,96	-25,73
					102	-2,692	-38,96	7,66
102	0,9916	2,329	-5,00	-3,00	92	-1,500	-44,37	6,43
					101	2,692	39,37	-11,60
103	1,0010	-5,527	17,00	25,66	100	-3,595	-118,70	4,11
					104	2,735	32,27	6,08
					105	3,840	42,90	5,30

					110	6,336	60,52	1,08
104	0,9710	-8,262	-38,00	-73,58	100	-6,330	-54,88	-11,91
					103	-2,735	-31,74	-12,19
					105	1,105	48,62	2,16
					103	-3,840	-41,87	-10,06
105	0,9650	-9,367	-31,00	-36,16	104	-1,105	-48,37	-3,06
					106	0,344	8,61	-7,73
					107	3,039	26,58	-4,53
					108	1,277	24,05	-16,87
					100	-7,779	-58,56	-7,33
106	0,9674	-9,711	-43,00	-16,00	105	-0,344	-8,60	5,12
					107	2,695	24,16	-2,72
					105	-3,039	-26,18	-2,75
107	0,9520	-12,407	-50,00	-3,30	106	-2,695	-23,82	-4,83
					105	-1,277	-23,82	14,03
108	0,9698	-10,645	-2,00	-1,00	109	0,481	21,82	-16,25
					108	-0,481	-21,74	15,04
109	0,9721	-11,126	-8,00	-3,00	110	0,737	13,74	-8,02
					103	-6,336	-59,08	-3,38
					109	-0,737	-13,68	4,38
110	0,9730	-11,863	-39,00	-25,52	111	-1,645	-35,70	0,01
					112	3,099	69,46	-33,55
					110	1,645	36,00	-2,80
					110	-3,099	-68,00	25,56
111	0,9800	-10,218	36,00	-1,84	17	-0,001	-2,09	-7,44
					32	-1,044	-3,91	10,34
112	0,9750	-14,962	-68,00	28,51	32	-0,328	-9,34	-4,63
					115	0,007	1,34	0,76
113	0,9930	-15,964	-6,00	5,83	27	-0,893	-20,66	-6,77
					114	-0,007	-1,34	-1,26
114	0,9607	-15,248	-8,00	-3,00	68	-0,431	-184,00	25,84
115	0,9605	-15,255	-22,00	-7,00	12	-1,541	-20,00	-9,70
116	1,0050	-2,824	-184,00	34,12	75	-0,989	-39,90	-24,09
117	0,9738	-18,992	-20,00	-8,00	76	0,144	6,90	7,94
118	0,9494	-8,058	-33,00	-15,00				

Para este teste, as barras escolhidas para o acoplamento dos alimentadores de distribuição e os respectivos alimentadores são:

- Barra 45: 7 alimentadores de 22 nós e 7 alimentadores de 37 nós
- Barra 75: 6 alimentadores de 22 nós e 6 alimentadores de 37 nós
- Barra 88: 6 alimentadores de 22 nós e 7 alimentadores de 37 nós
- Barra 95: 6 alimentadores de 22 nós e 5 alimentadores de 37 nós
- Barra 106: 6 alimentadores de 22 nós e 5 alimentadores de 37 nós

Faz-se as mudanças nas potências ativas e dos tipos das barras, e executa-se o fluxo de carga para encontrar o caso básico dos nós raízes. Os resultados estão na tabela 4.6:

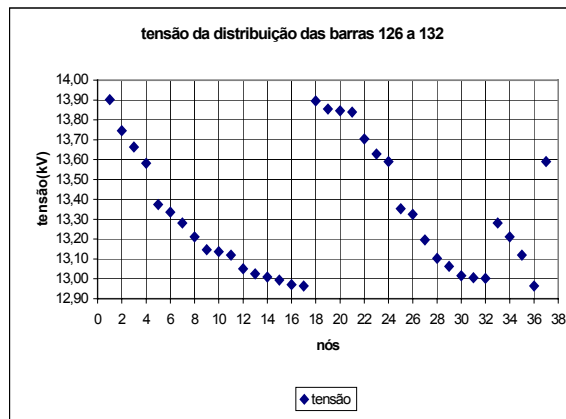
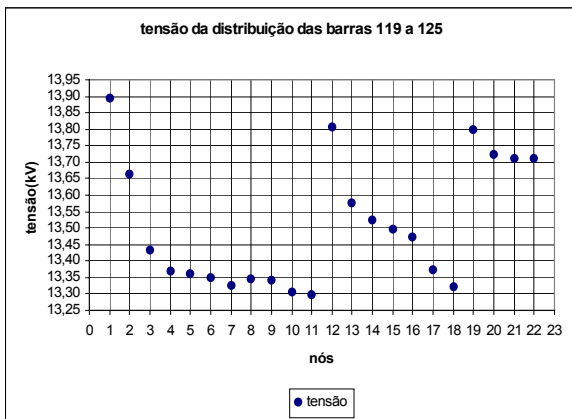
Tabela 4.6 Caso básico dos nós raízes (ajuste)

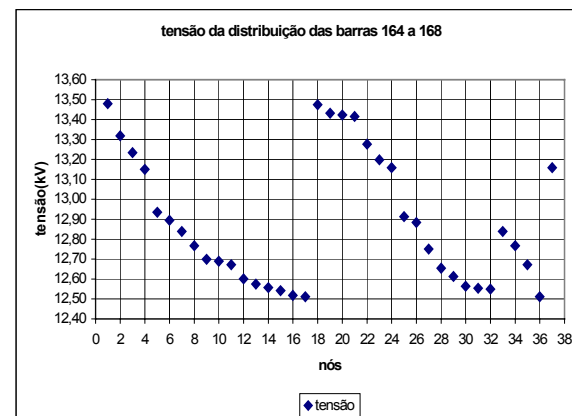
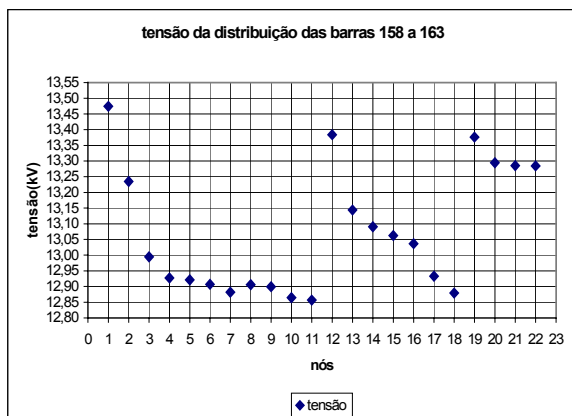
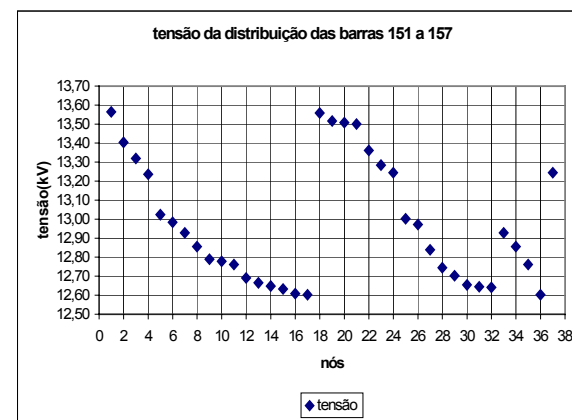
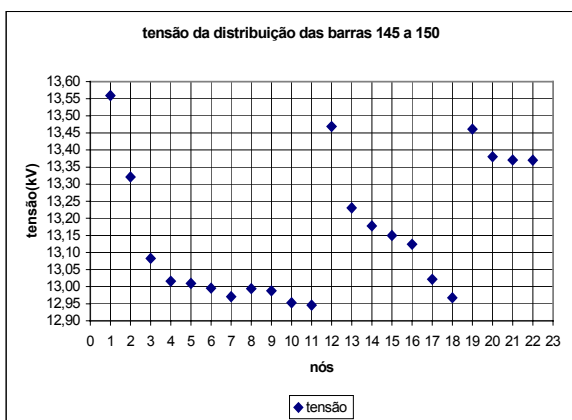
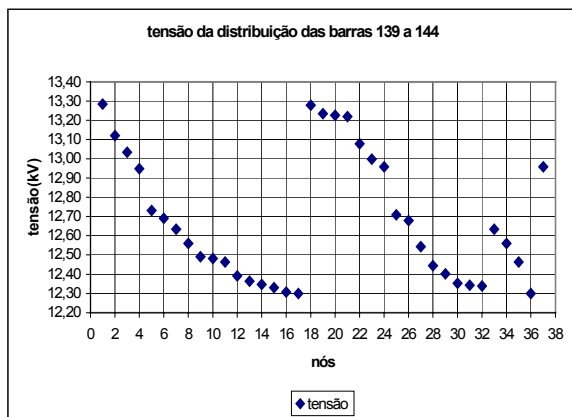
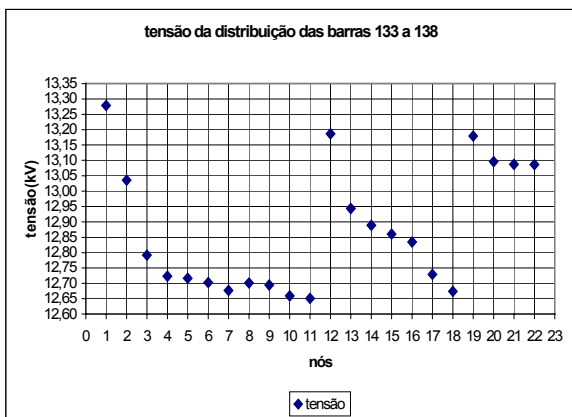
Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
45	1,0118	-14,613	-1,59	-137,31	44	1,897	33,66	-19,40
					46	-3,201	-36,83	13,71
					49	-5,654	-49,83	9,31
					119	0,185	3,63	1,68
					120	0,185	3,63	1,68
					121	0,185	3,63	1,68
					122	0,185	3,63	1,68
					123	0,185	3,63	1,68
					124	0,185	3,63	1,68
					125	0,185	3,63	1,68
					126	0,190	3,72	2,32
					127	0,190	3,72	2,32
					128	0,190	3,72	2,32
					129	0,190	3,72	2,32
					130	0,190	3,72	2,32
75	0,9673	-7,068	-2,93	12,84	131	0,190	3,72	2,32
					132	0,190	3,72	2,32
					70	0,309	0,15	-14,86
					69	-7,068	-105,14	-24,14
					74	1,261	52,32	5,89
					77	-3,815	-34,57	-11,91
					118	0,989	40,24	22,99
					133	0,203	3,63	1,68
					134	0,203	3,63	1,68
					135	0,203	3,63	1,68
					136	0,203	3,63	1,68
					137	0,203	3,63	1,68
					138	0,203	3,63	1,68
					139	0,207	3,71	2,32
					140	0,207	3,71	2,32
88	0,9875	5,667	-0,21	16,41	141	0,207	3,71	2,32
					142	0,207	3,71	2,32
					143	0,207	3,71	2,32
					144	0,207	3,71	2,32
					85	3,128	50,84	-8,82
					89	-4,054	-98,84	-3,37
					145	0,194	3,63	1,68
					146	0,194	3,63	1,68
					147	0,194	3,63	1,68
					148	0,194	3,63	1,68
					149	0,194	3,63	1,68
					150	0,194	3,63	1,68
					151	0,199	3,71	2,32
					152	0,199	3,71	2,32
					153	0,199	3,71	2,32
95	0,9814	-2,302	-5,27	-11,04	154	0,199	3,71	2,32
					155	0,199	3,71	2,32
					156	0,199	3,71	2,32
					157	0,199	3,71	2,32
					94	-0,972	-40,76	-10,03
					96	0,170	-1,24	-22,25
					158	0,197	3,63	1,68
					159	0,197	3,63	1,68
					160	0,197	3,63	1,68

					161	0,197	3,63	1,68
					162	0,197	3,63	1,68
					163	0,197	3,63	1,68
					164	0,202	3,71	2,32
					165	0,202	3,71	2,32
					166	0,202	3,71	2,32
					167	0,202	3,71	2,32
					168	0,202	3,71	2,32
					100	-7,780	-58,56	-7,33
					105	-0,344	-8,60	5,13
					107	2,695	24,16	-2,72
					169	0,203	3,63	1,68
					170	0,203	3,63	1,68
					171	0,203	3,63	1,68
					172	0,203	3,63	1,68
					173	0,203	3,63	1,68
					174	0,203	3,63	1,68
					175	0,207	3,71	2,32
					176	0,207	3,71	2,32
					177	0,207	3,71	2,32
					178	0,207	3,71	2,32
					179	0,207	3,71	2,32
106	0,9674	-9,711	-2,65	-56,06				
119	1,0103	-14,798	-3,63	-1,67	45	-0,185	-3,63	-1,67
120	1,0103	-14,798	-3,63	-1,67	45	-0,185	-3,63	-1,67
121	1,0103	-14,798	-3,63	-1,67	45	-0,185	-3,63	-1,67
122	1,0103	-14,798	-3,63	-1,67	45	-0,185	-3,63	-1,67
123	1,0103	-14,798	-3,63	-1,67	45	-0,185	-3,63	-1,67
124	1,0103	-14,798	-3,63	-1,67	45	-0,185	-3,63	-1,67
125	1,0103	-14,798	-3,63	-1,67	45	-0,185	-3,63	-1,67
126	1,0097	-14,803	-3,72	-2,30	45	-0,190	-3,72	-2,30
127	1,0097	-14,803	-3,72	-2,30	45	-0,190	-3,72	-2,30
128	1,0097	-14,803	-3,72	-2,30	45	-0,190	-3,72	-2,30
129	1,0097	-14,803	-3,72	-2,30	45	-0,190	-3,72	-2,30
130	1,0097	-14,803	-3,72	-2,30	45	-0,190	-3,72	-2,30
131	1,0097	-14,803	-3,72	-2,30	45	-0,190	-3,72	-2,30
132	1,0097	-14,803	-3,72	-2,30	45	-0,190	-3,72	-2,30
133	0,9657	-7,271	-3,63	-1,67	75	-0,203	-3,63	-1,67
134	0,9657	-7,271	-3,63	-1,67	75	-0,203	-3,63	-1,67
135	0,9657	-7,271	-3,63	-1,67	75	-0,203	-3,63	-1,67
136	0,9657	-7,271	-3,63	-1,67	75	-0,203	-3,63	-1,67
137	0,9657	-7,271	-3,63	-1,67	75	-0,203	-3,63	-1,67
138	0,9657	-7,271	-3,63	-1,67	75	-0,203	-3,63	-1,67
139	0,9651	-7,276	-3,71	-2,30	75	-0,207	-3,71	-2,30
140	0,9651	-7,276	-3,71	-2,30	75	-0,207	-3,71	-2,30
141	0,9651	-7,276	-3,71	-2,30	75	-0,207	-3,71	-2,30
142	0,9651	-7,276	-3,71	-2,30	75	-0,207	-3,71	-2,30
143	0,9651	-7,276	-3,71	-2,30	75	-0,207	-3,71	-2,30
144	0,9651	-7,276	-3,71	-2,30	75	-0,207	-3,71	-2,30
145	0,9860	5,473	-3,63	-1,67	88	-0,194	-3,63	-1,67
146	0,9860	5,473	-3,63	-1,67	88	-0,194	-3,63	-1,67
147	0,9860	5,473	-3,63	-1,67	88	-0,194	-3,63	-1,67
148	0,9860	5,473	-3,63	-1,67	88	-0,194	-3,63	-1,67
149	0,9860	5,473	-3,63	-1,67	88	-0,194	-3,63	-1,67
150	0,9860	5,473	-3,63	-1,67	88	-0,194	-3,63	-1,67
151	0,9854	5,468	-3,71	-2,30	88	-0,199	-3,71	-2,30

152	0,9854	5,468	-3,71	-2,30	88	-0,199	-3,71	-2,30
153	0,9854	5,468	-3,71	-2,30	88	-0,199	-3,71	-2,30
154	0,9854	5,468	-3,71	-2,30	88	-0,199	-3,71	-2,30
155	0,9854	5,468	-3,71	-2,30	88	-0,199	-3,71	-2,30
156	0,9854	5,468	-3,71	-2,30	88	-0,199	-3,71	-2,30
157	0,9854	5,468	-3,71	-2,30	88	-0,199	-3,71	-2,30
158	0,9798	-2,498	-3,63	-1,67	95	-0,197	-3,63	-1,67
159	0,9798	-2,498	-3,63	-1,67	95	-0,197	-3,63	-1,67
160	0,9798	-2,498	-3,63	-1,67	95	-0,197	-3,63	-1,67
161	0,9798	-2,498	-3,63	-1,67	95	-0,197	-3,63	-1,67
162	0,9798	-2,498	-3,63	-1,67	95	-0,197	-3,63	-1,67
163	0,9798	-2,498	-3,63	-1,67	95	-0,197	-3,63	-1,67
164	0,9793	-2,503	-3,71	-2,30	95	-0,202	-3,71	-2,30
165	0,9793	-2,503	-3,71	-2,30	95	-0,202	-3,71	-2,30
166	0,9793	-2,503	-3,71	-2,30	95	-0,202	-3,71	-2,30
167	0,9793	-2,503	-3,71	-2,30	95	-0,202	-3,71	-2,30
168	0,9793	-2,503	-3,71	-2,30	95	-0,202	-3,71	-2,30
169	0,9658	-9,914	-3,63	-1,67	106	-0,203	-3,63	-1,67
170	0,9658	-9,914	-3,63	-1,67	106	-0,203	-3,63	-1,67
171	0,9658	-9,914	-3,63	-1,67	106	-0,203	-3,63	-1,67
172	0,9658	-9,914	-3,63	-1,67	106	-0,203	-3,63	-1,67
173	0,9658	-9,914	-3,63	-1,67	106	-0,203	-3,63	-1,67
174	0,9658	-9,914	-3,63	-1,67	106	-0,203	-3,63	-1,67
175	0,9652	-9,919	-3,71	-2,30	106	-0,207	-3,71	-2,30
176	0,9652	-9,919	-3,71	-2,30	106	-0,207	-3,71	-2,30
177	0,9652	-9,919	-3,71	-2,30	106	-0,207	-3,71	-2,30
178	0,9652	-9,919	-3,71	-2,30	106	-0,207	-3,71	-2,30
179	0,9652	-9,919	-3,71	-2,30	106	-0,207	-3,71	-2,30

Os resultados dos fluxos de carga para os alimentadores de distribuição, baseado nas tensões dos nós raízes, estão apresentados na figura 4.3:





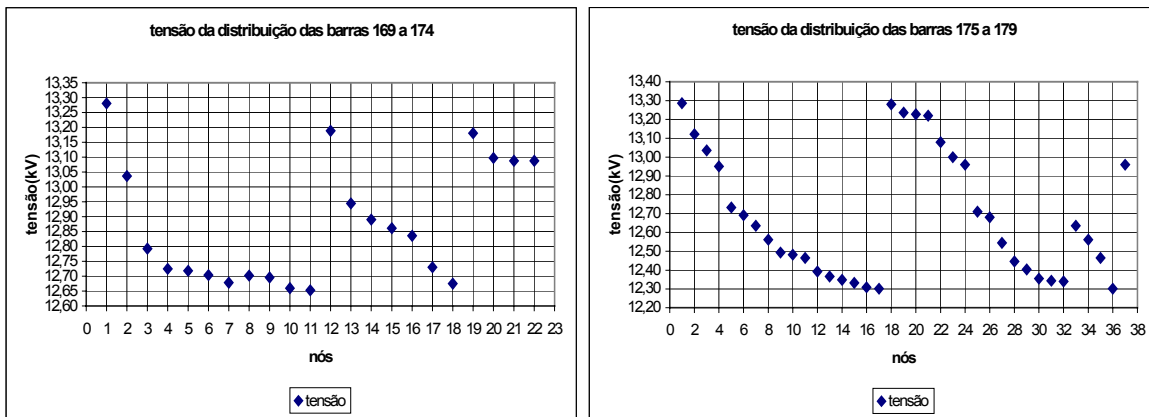


Figura 4.3 Caso básico na distribuição

4.4 Teste de contingência na rede de transmissão

Uma das análises de cenários alternativos no sistema expandido é a retirada de um ramo e a obtenção da correspondente solução (contingência) em torno da solução básica. Através deste teste, é feita uma verificação dos estados do sistema transmissão/distribuição e dos efeitos da contingência no perfil de tensão dos alimentadores de distribuição.

4.4.1. Sistema IEEE 30/Estendido - 38 barras

Neste sistema são simuladas três retiradas de ramos, de forma independente, ou seja, é retirado um ramo por vez. Os ramos que sofreram contingência são 27 – 30, 29 – 30 e 27 – 28. Esta seção apresenta apenas os resultados correspondentes à retirada do ramo 27 – 28, que possui um transformador e cujas variações são grandes tanto na transmissão quanto na distribuição. Os resultados dos testes para as outras contingências estão apresentados no anexo VIII. A simulação da contingência no sistema estendido segue o procedimento apresentado na seção 3.5.

O resultado do cálculo do fluxo de carga após a retirada do ramo 27 – 28 está apresentado na tabela 4.7. São mostradas apenas as barras que sofreram as maiores mudanças e as barras dos alimentadores:

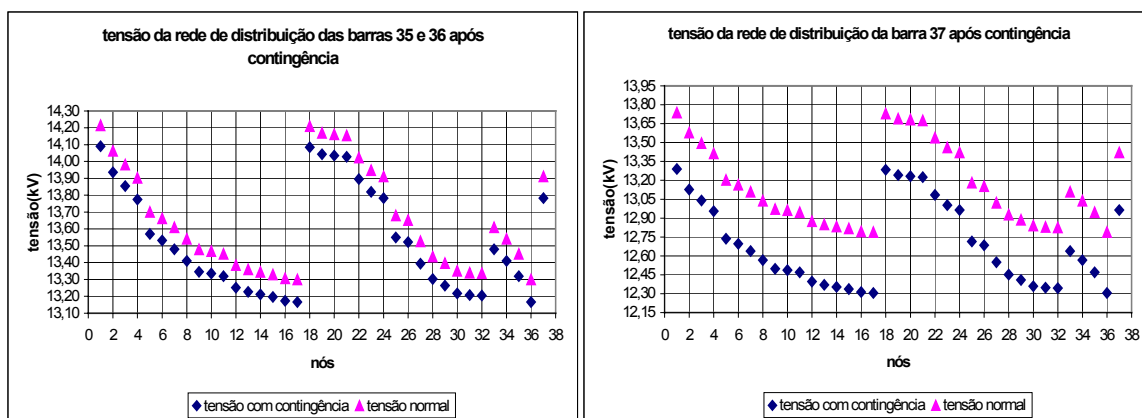
Tabela 4.7 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 27-28

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
23	1,0458	-18,419	-3,20	-1,60	15	-1,283	-10,45	3,45
					24	0,739	7,25	4,36
24	1,0254	-19,158	-4,99	-4,40	22	-1,570	-17,15	-1,12

					23	-0,739	-7,17	-4,18
					25	3,014	15,61	-1,41
					35	0,092	1,86	1,15
					36	0,092	1,86	1,15
25	1,0027	-22,171	-0,00	0,00	24	-3,014	-15,17	2,18
					26	0,432	3,55	2,37
					27	1,671	11,63	-4,55
26	0,9847	-22,604	-3,50	-2,30	25	-0,432	-3,50	-2,30
					25	-1,671	-11,46	4,87
27	0,9999	-23,842	0,00	0,00	29	1,289	6,20	1,68
					30	2,216	7,10	1,68
28	1,0101	-11,239	-0,00	0,00	8	0,463	3,76	-5,49
					6	-0,139	-5,60	-6,45
29	0,9795	-25,132	-2,40	-0,90	27	-1,289	-6,11	-1,51
					30	0,927	3,71	0,61
30	0,9678	-26,059	-6,93	0,09	27	-2,216	-6,93	-1,36
					29	-0,927	-3,67	-0,54
					37	0,104	1,86	1,15
					38	0,101	1,81	0,84
35	1,0244	-19,250	-1,86	-1,15	24	-0,092	-1,86	-1,15
36	1,0244	-19,250	-1,86	-1,15	24	-0,092	-1,86	-1,15
37	0,9667	-26,162	-1,86	-1,15	30	-0,104	-1,86	-1,15
38	0,9670	-26,160	-1,81	-0,83	30	-0,101	-1,81	-0,83

As tensões das barras não apresentadas sofreram mudanças pequenas, na ordem de 0,002pu.

Devido à pequena variação nas tensões nas demais barras, os resultados do fluxo de carga dos alimentadores 35 a 37 estão apresentados na figura 4.4. Esses gráficos mostram as tensões do caso básico da distribuição e as tensões após a contingência:



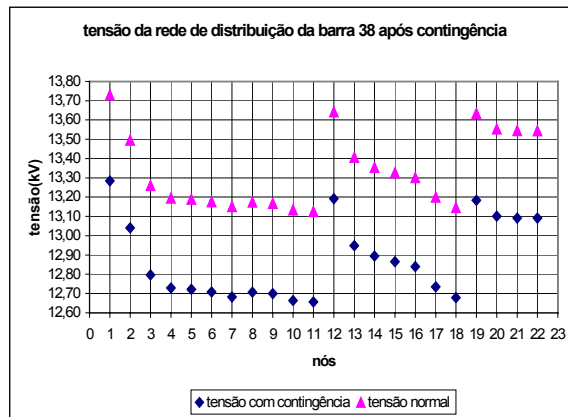


Figura 4.4 Caso básico na distribuição após contingência

As tensões nos alimentadores 31, 32, 33 e 34 quase não sofreram com a retirada do ramo 27 – 28, pois estes estão ligados às barras 19 e 21, localizadas longe das barras 27 e 28. Já os alimentadores 35, 36, 37 e 38 sofreram grande queda de tensão, pois estes estão ligados às barras 24 e 30, que dependem do fluxo de potência no ramo 27 – 28.

4.4.2. Sistema IEEE 57/ Estendido - 82 barras

Neste sistema são simulados 10 retiradas de ramos, sendo estes ramos próximos às barras com acoplamento. Os ramos retirados, um por vez, são: 13 – 49, 50 – 51, 49 – 50, 46 – 47, 44 – 45, 38 – 44, 38 – 48, 37 – 38, 35 – 36 e 22 – 23.

Nesta seção é apresentado a simulação da retirada do ramo 13 – 49, que é um ramo que possui transformador. Os outros testes são mostrados no anexo VIII.

Baseado na seção 3.5, o resultado do cálculo do fluxo de carga do caso básico dos nós raízes é mostrado na tabela 4.8, sendo os resultados com mudanças mais significativas apresentados:

Tabela 4.8 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 13 - 49

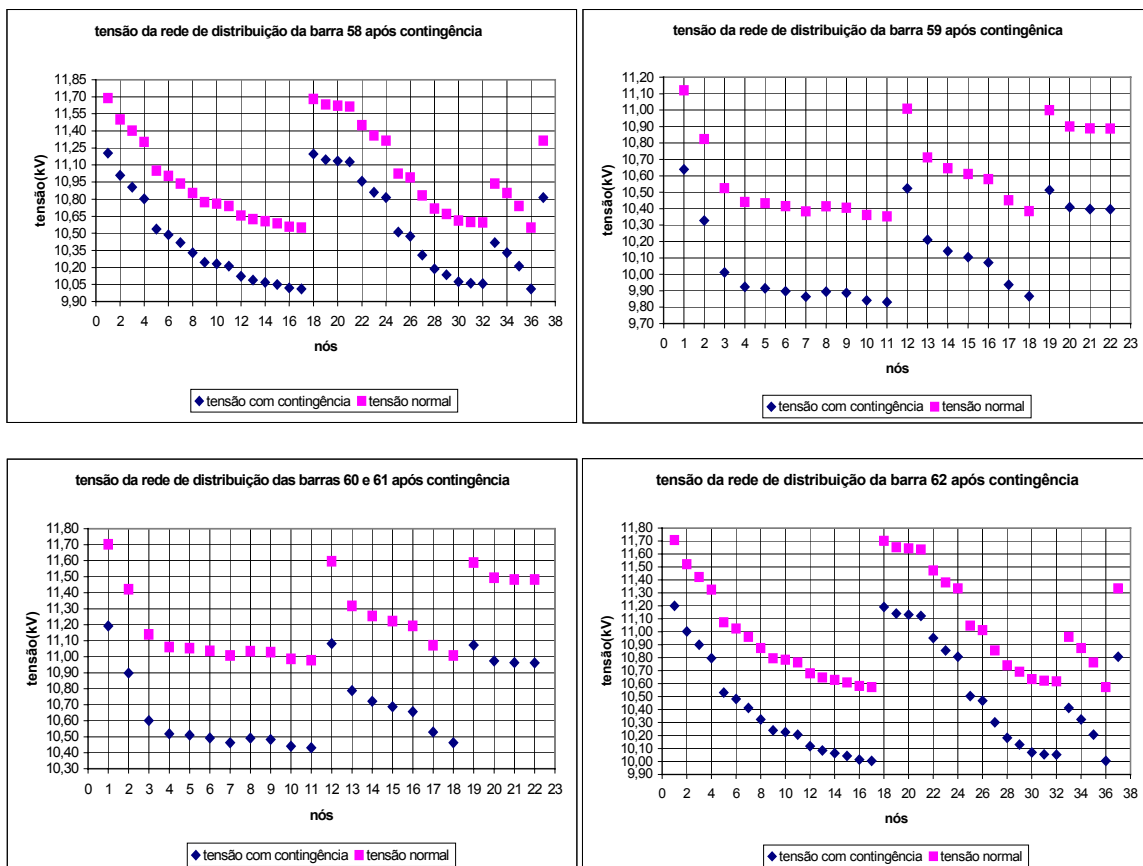
Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
10	0,9725	-11,825	-5,00	-2,00	9	-2,054	-20,24	-3,68
					12	-1,312	-23,90	-30,39
					51	1,725	33,85	24,60
19	0,8722	-14,525	-3,30	-0,60	18	-2,028	-5,54	-2,09
					20	0,424	2,24	1,49
20	0,8576	-14,949	-2,30	-1,00	19	-0,424	-2,22	-1,44
					21	-0,056	-0,09	0,48
21	0,8180	-14,893	0,00	0,00	20	0,056	0,09	-0,48

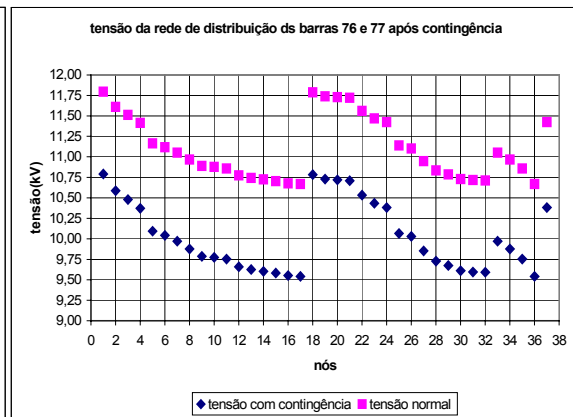
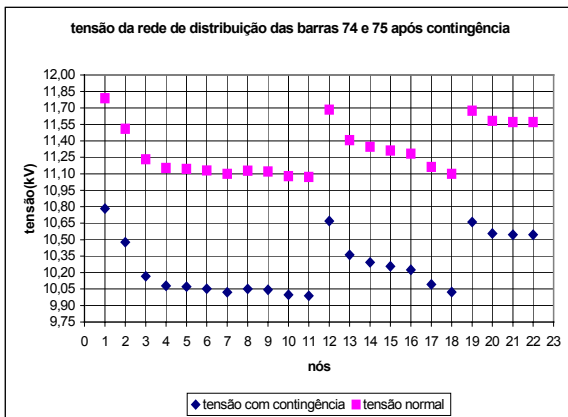
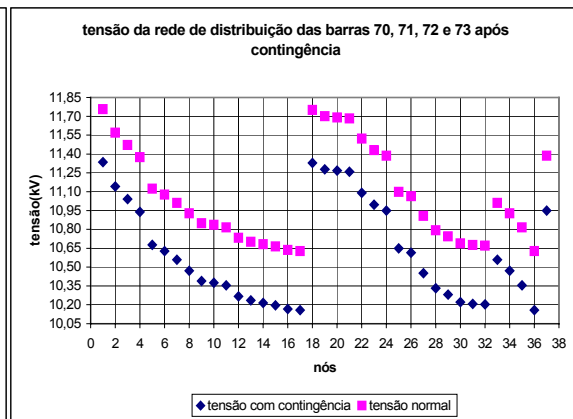
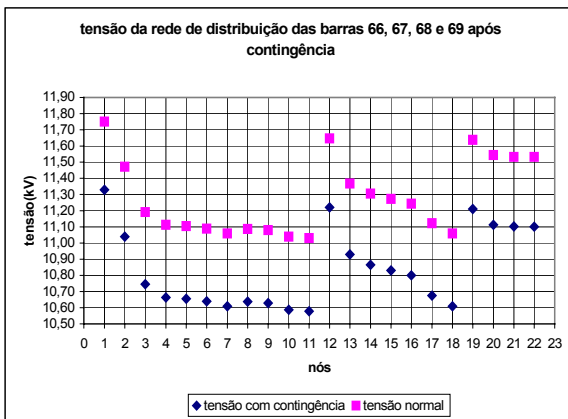
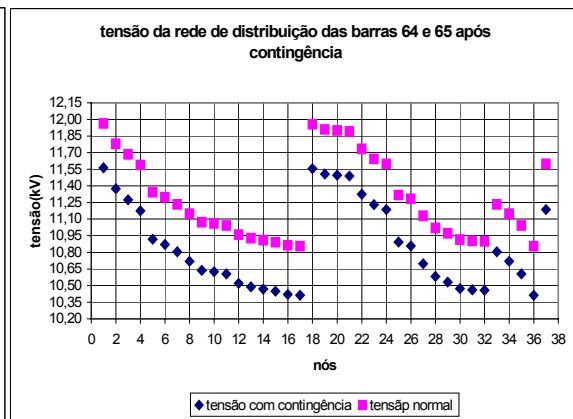
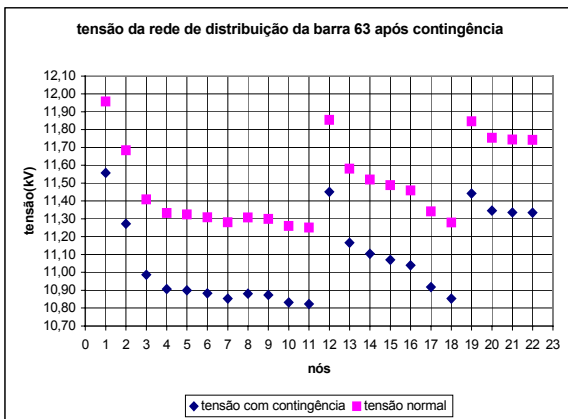
					22	-0,036	-0,08	0,44
22	0,8175	-14,857	0,00	-0,00	21	0,036	0,08	-0,44
					23	0,129	6,71	-4,88
					38	-0,260	-6,79	5,33
					22	-0,129	-6,70	4,90
23	0,8176	-14,986	-4,44	-0,86	24	1,007	0,40	-7,20
					58	0,145	1,86	1,16
					23	-1,007	-0,29	6,21
24	0,8377	-15,992	-0,00	0,00	25	7,719	6,98	5,56
					25	7,719	6,98	5,56
					26	-0,538	-15,18	-1,41
					24	-7,719	-6,98	-4,16
25	0,7629	-23,712	-6,30	-3,20	24	-7,719	-6,98	-4,16
					30	0,909	7,94	5,30
					24	0,538	15,18	1,55
26	0,8745	-15,454	-0,00	0,00	27	-2,394	-13,95	-1,43
					26	2,394	14,38	2,08
27	0,9057	-13,060	-9,30	-0,50	28	-1,436	-23,68	-2,58
					27	1,436	24,11	3,24
28	0,9249	-11,624	-4,60	-2,30	29	-0,956	-28,71	-5,54
					28	0,956	29,12	6,13
					7	-2,577	-62,08	-11,27
29	0,9415	-10,667	-17,00	-2,60	52	2,227	20,27	3,33
					25	-0,909	-7,73	-4,98
					31	1,139	4,13	3,18
30	0,7350	-24,620	-3,60	-1,80	30	-1,139	-3,97	-2,93
					32	-1,628	-1,83	0,03
31	0,6953	-25,760	-5,80	-2,90	31	1,628	1,87	0,02
					33	0,071	3,81	1,91
					34	-7,138	-6,92	-2,60
32	0,7086	-24,132	-1,60	-0,80	32	-0,071	-3,80	-1,90
					32	7,138	6,92	3,64
					35	-0,359	-7,28	-3,92
33	0,7055	-24,203	-3,80	-1,90	34	0,359	7,34	3,63
					36	-0,401	-13,34	-6,77
					59	0,157	1,81	0,84
34	0,7686	-16,994	-0,00	-0,00	35	0,401	13,50	6,78
					37	-0,381	-14,90	-4,39
					40	0,127	1,40	-2,44
35	0,7773	-16,635	-4,18	-2,16	36	0,381	15,01	4,53
					38	-1,256	-17,21	-4,87
					39	0,069	2,19	0,28
36	0,7894	-16,234	0,00	-0,00	37	1,256	17,53	5,11
					22	0,260	6,81	-5,29
					44	-1,115	-32,89	-20,31
37	0,7969	-15,853	0,00	0,00	49	-0,455	4,16	10,65
					48	-0,461	-9,62	2,39
					60	0,142	1,81	0,84
					61	0,142	1,81	0,84
					62	0,145	1,86	1,16
38	0,8171	-14,597	-8,51	-4,38	37	-0,069	-2,19	-0,27
					57	2,696	2,10	0,26
					36	-0,127	-1,40	2,45
39	0,7961	-15,922	0,00	-0,00	56	1,462	1,28	-2,24
					38	1,115	33,53	21,34
40	0,7903	-16,361	0,00	-0,00				
44	0,8434	-13,483	-6,47	1,38				

					45	-3,142	-45,53	-23,33
					63	0,133	1,81	0,84
					64	0,136	1,86	1,16
					65	0,136	1,86	1,16
45	0,9124	-10,341	-0,00	0,00	15	-3,030	-43,61	-25,01
					44	3,142	47,82	27,26
46	0,8603	-11,708	-0,00	0,00	14	-2,242	-40,24	-21,10
					47	2,237	49,68	25,93
					46	-2,237	-48,70	-23,49
					48	0,192	19,00	11,84
					66	0,139	1,81	0,84
					67	0,139	1,81	0,84
					68	0,139	1,81	0,84
					69	0,139	1,81	0,84
					70	0,142	1,86	1,16
					71	0,142	1,86	1,16
					72	0,142	1,86	1,16
					73	0,142	1,86	1,16
48	0,8194	-14,137	-0,00	0,00	47	-0,192	-18,87	-11,67
					49	0,006	9,20	13,83
					38	0,461	9,67	-2,32
					48	-0,006	-8,85	-13,90
					50	0,773	1,55	-8,13
					38	0,455	-3,93	-10,68
					74	0,153	1,81	0,84
					75	0,153	1,81	0,84
					76	0,156	1,86	1,16
					77	0,156	1,86	1,16
					49	-0,773	-1,46	8,27
					51	-1,366	-19,54	-18,84
					78	0,148	1,81	0,84
					79	0,148	1,81	0,84
					80	0,148	1,81	0,84
					81	0,148	1,81	0,84
					82	0,152	1,86	1,16
50	0,7995	-14,915	-11,88	-6,06	50	1,366	21,14	21,38
					10	-1,725	-33,85	-23,07
51	0,8855	-13,549	-18,00	-5,30	23	-0,145	-1,86	-1,15
58	0,8163	-15,131	-1,86	-1,15	35	-0,157	-1,81	-0,83
59	0,7764	-16,792	-1,81	-0,83	38	-0,142	-1,81	-0,83
60	0,8162	-14,739	-1,81	-0,83	38	-0,142	-1,81	-0,83
61	0,8162	-14,739	-1,81	-0,83	38	-0,142	-1,81	-0,83
62	0,8159	-14,743	-1,86	-1,15	38	-0,145	-1,86	-1,15
63	0,8425	-13,616	-1,81	-0,83	44	-0,133	-1,81	-0,83
64	0,8421	-13,619	-1,86	-1,15	44	-0,136	-1,86	-1,15
65	0,8421	-13,619	-1,86	-1,15	44	-0,136	-1,86	-1,15
66	0,8260	-14,083	-1,81	-0,83	47	-0,139	-1,81	-0,83
67	0,8260	-14,083	-1,81	-0,83	47	-0,139	-1,81	-0,83
68	0,8260	-14,083	-1,81	-0,83	47	-0,139	-1,81	-0,83
69	0,8260	-14,083	-1,81	-0,83	47	-0,139	-1,81	-0,83
70	0,8257	-14,086	-1,86	-1,15	47	-0,142	-1,86	-1,15
71	0,8257	-14,086	-1,86	-1,15	47	-0,142	-1,86	-1,15
72	0,8257	-14,086	-1,86	-1,15	47	-0,142	-1,86	-1,15
73	0,8257	-14,086	-1,86	-1,15	47	-0,142	-1,86	-1,15
74	0,7868	-14,295	-1,81	-0,83	49	-0,153	-1,81	-0,83
75	0,7868	-14,295	-1,81	-0,83	49	-0,153	-1,81	-0,83
76	0,7865	-14,299	-1,86	-1,15	49	-0,156	-1,86	-1,15
77	0,7865	-14,299	-1,86	-1,15	49	-0,156	-1,86	-1,15

78	0,7986	-15,063	-1,81	-0,83	50	-0,148	-1,81	-0,83
79	0,7986	-15,063	-1,81	-0,83	50	-0,148	-1,81	-0,83
80	0,7986	-15,063	-1,81	-0,83	50	-0,148	-1,81	-0,83
81	0,7986	-15,063	-1,81	-0,83	50	-0,148	-1,81	-0,83
82	0,7982	-15,067	-1,86	-1,15	50	-0,152	-1,86	-1,15

As tensões nos alimentadores de distribuição após a contingência estão apresentados na figura 4.5. Estes resultados apresentam as tensões nos nós após a contingência e o caso básico da distribuição:





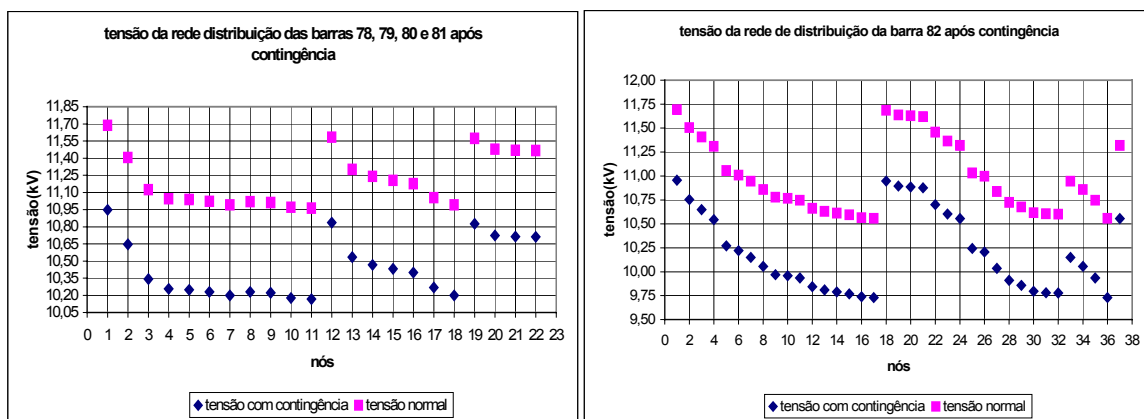


Figura 4.5 Caso básico na distribuição após contingência

4.4.3. Sistema IEEE 118/ Estendido - 179 barras

Como nos testes anteriores, esta seção apresenta o teste para a retirada do ramo 94 - 95. Fez-se o teste com a retirada dos ramos 45 – 49, 75 – 118, 85 – 88 e 106 – 107, cujos resultados estão apresentados no anexo VIII.

Os resultados mais significativos de mudanças nas tensões das barras deste sistema, após o cálculo do fluxo de carga com a retirada do ramo 94 – 95, são apresentados na tabela 4.9.

Tabela 4.9 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 94 - 95

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
30	0,9859	-10,945	0,00	0,00	17	5,022	212,52	-109,61
					8	-2,003	-73,62	-99,38
					26	-10,925	-219,77	-80,11
					38	1,943	62,79	-4,30
43	1,0136	-18,914	-18,00	-7,00	44	-2,402	-17,18	-4,29
					34	-0,479	-0,82	12,55
44	1,0201	-16,512	-16,00	-8,00	43	2,402	17,35	-7,54
					45	-1,897	-33,35	16,04
47	1,0340	-9,466	-34,00	0,00	46	1,947	32,14	11,10
					49	-0,505	-9,49	16,17
					69	-9,466	-56,65	14,51
82	0,9864	-2,858	-54,00	-27,00	77	0,427	0,70	-30,78
					83	-1,364	-52,49	30,06
					96	-0,066	-2,20	-5,56
83	0,9801	-1,494	-20,00	-10,00	82	1,364	52,94	-35,93
					84	-2,703	-27,12	12,58
					85	-4,334	-45,82	8,62
84	0,9782	1,209	-11,00	-7,00	83	2,703	27,75	-16,20
					85	-1,631	-38,75	7,38

93	0,9895	1,678	-12,00	-7,00	92	-2,879	-54,00	11,70
					94	2,035	42,00	-20,68
94	0,9946	-0,356	-30,00	-16,00	92	-4,914	-48,08	13,94
					93	-2,035	-41,51	18,58
					96	2,435	46,57	-6,89
					100	0,853	13,02	-48,14
95	0,9623	-3,870	-21,82	-20,25	96	-1,078	-42,00	-31,21
					158	0,102	1,81	0,84
					159	0,102	1,81	0,84
					160	0,102	1,81	0,84
					161	0,102	1,81	0,84
					162	0,102	1,81	0,84
					163	0,102	1,81	0,84
					164	0,105	1,86	1,15
					165	0,105	1,86	1,15
					166	0,105	1,86	1,15
					167	0,105	1,86	1,15
					168	0,105	1,86	1,15
96	0,9870	-2,792	-38,00	-15,00	80	-1,769	-22,13	-28,98
					82	0,066	2,20	-5,03
					94	-2,435	-45,98	4,30
					95	1,078	42,49	29,98
					97	-0,534	-14,58	-23,32
97	1,0084	-2,258	-15,00	-9,00	80	-1,235	-29,70	-30,65
					96	0,534	14,70	19,14
98	1,0235	-2,303	-34,00	-8,00	80	-1,280	-24,23	-13,01
					100	-1,094	-9,77	1,02
158	0,9616	-3,972	-1,81	-0,83	95	-0,102	-1,81	-0,83
159	0,9616	-3,972	-1,81	-0,83	95	-0,102	-1,81	-0,83
160	0,9616	-3,972	-1,81	-0,83	95	-0,102	-1,81	-0,83
161	0,9616	-3,972	-1,81	-0,83	95	-0,102	-1,81	-0,83
162	0,9616	-3,972	-1,81	-0,83	95	-0,102	-1,81	-0,83
163	0,9616	-3,972	-1,81	-0,83	95	-0,102	-1,81	-0,83
164	0,9613	-3,975	-1,86	-1,15	95	-0,105	-1,86	-1,15
165	0,9613	-3,975	-1,86	-1,15	95	-0,105	-1,86	-1,15
166	0,9613	-3,975	-1,86	-1,15	95	-0,105	-1,86	-1,15
167	0,9613	-3,975	-1,86	-1,15	95	-0,105	-1,86	-1,15
168	0,9613	-3,975	-1,86	-1,15	95	-0,105	-1,86	-1,15

Os resultados do cálculo do fluxo de carga dos alimentadores de distribuição com mudanças mais significativas estão representados nos gráficos da figura 4.6:

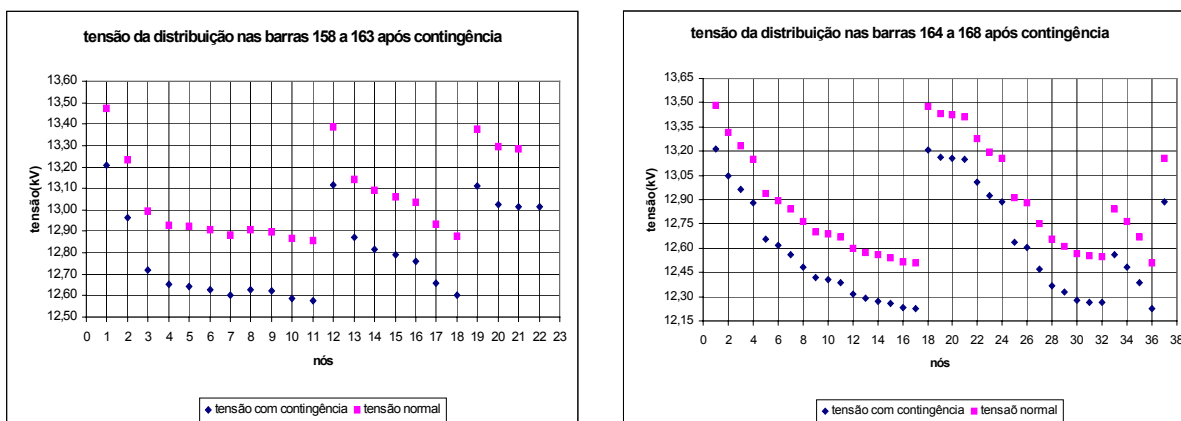


Figura 4.6 Caso básico na distribuição após contingência

4.5 Teste de sobrecarga

Outros dois cenários de alteração do sistema elétrico estudados aqui são a sobrecarga nas barras da transmissão ou um aumento na carga dos alimentadores conectados à transmissão. Nesta seção, são apresentados resultados de aumento de carga na transmissão através de uma injeção de potência equivalente a algum ou vários alimentadores conectados a este sistema. Em seguida, são apresentados os resultados para a injeção de potência nas barras que representam os nós raízes. Neste caso, a injeção de potência consiste em dobrar a carga de alguns alimentadores.

4.5.1. Sistema IEEE 30/ Estendido 38 barras

Para este sistema, o aumento de carga é simulado na barra 19. Nesta barra, estão acoplados um alimentador de 22 nós (barra 31) e um de 37 nós (barra 32). A injeção de potência é equivalente a uma rede de 22 nós (3,63MW e 1,68MVar). No aumento de carga nos alimentadores, a injeção de potência na barra 31 equivale a dobrar sua carga .

Seguindo os procedimentos apresentados na seção 3.5, calcula-se o fluxo de carga para o sistema, injetando carga na barra 19. O resultado está na tabela 4.10 (representação das mudanças na tensão mais significativas):

Tabela 4.10 Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 19

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
9	1,0902	-14,795	0,00	0,00	6	-3,277	-29,71	52,51
					11	0,000	0,00	4,27
					10	1,701	31,06	34,56
10	1,0558	-16,496	-5,80	-2,00	6	-4,979	-16,19	14,62
					9	-1,701	-31,06	-32,56
					20	1,181	13,69	6,62
					17	0,133	5,23	5,71
					21	0,426	15,89	10,66
					22	0,409	7,69	5,03
12	1,0621	-15,607	-11,20	-7,50	4	-5,936	-40,55	50,64
					13	0,000	0,00	-6,77
					14	0,982	8,23	1,60
					15	1,205	19,91	3,95
					16	0,648	7,34	2,07
14	1,0488	-16,589	-6,20	-1,60	12	-0,982	-8,15	-1,44
					15	0,223	1,95	-0,16
15	1,0451	-16,812	-8,20	-2,50	12	-1,205	-19,67	-3,48
					14	-0,223	-1,95	0,17
					18	0,857	8,91	3,14
					23	0,600	4,50	-2,33
16	1,0517	-16,255	-3,50	-1,80	12	-0,648	-7,29	-1,96
					17	0,374	3,79	0,16
17	1,0496	-16,629	-9,00	-5,80	16	-0,374	-3,79	-0,14
					10	-0,133	-5,21	-5,66
18	1,0295	-17,669	-3,20	-0,90	15	-0,857	-8,82	-2,96
					19	0,323	5,62	2,06
19	1,0234	-17,993	-9,51	-3,41	18	-0,323	-5,60	-2,02
					20	-0,316	-11,25	-5,39
					31	0,181	3,63	1,68
					32	0,185	3,72	2,32
20	1,0307	-17,677	-2,20	-0,70	19	0,316	11,30	5,49
					10	-1,181	-13,50	-6,19
21	1,0430	-16,922	-10,24	-7,82	10	-0,426	-15,78	-10,42
					22	-0,017	-1,72	-0,76
					33	0,174	3,63	1,68
					34	0,174	3,63	1,68
22	1,0433	-16,906	-0,00	0,00	10	-0,409	-7,64	-4,92
					21	0,017	1,72	0,76
					24	0,310	5,91	4,15
23	1,0453	-17,412	-3,20	-1,60	15	-0,600	-4,48	2,38
					24	-0,196	1,28	5,41
24	1,0297	-17,215	-1,27	-2,07	22	-0,310	-5,86	-4,07
					23	0,196	-1,24	-5,34
					25	-0,563	-1,60	2,70
					35	0,183	3,72	2,32
					36	0,183	3,72	2,32
31	1,0219	-18,174	-3,63	-1,67	19	-0,181	-3,63	-1,67
32	1,0213	-18,178	-3,72	-2,30	19	-0,185	-3,72	-2,30
33	1,0415	-17,097	-3,63	-1,67	21	-0,174	-3,63	-1,67
34	1,0415	-17,097	-3,63	-1,67	21	-0,174	-3,63	-1,67
35	1,0277	-17,398	-3,72	-2,30	24	-0,183	-3,72	-2,30
36	1,0277	-17,398	-3,72	-2,30	24	-0,183	-3,72	-2,30

Os resultados com maiores mudanças do fluxo de carga nos alimentadores estão apresentados na figura 4.7, juntamente com a tensão do caso básico na distribuição:

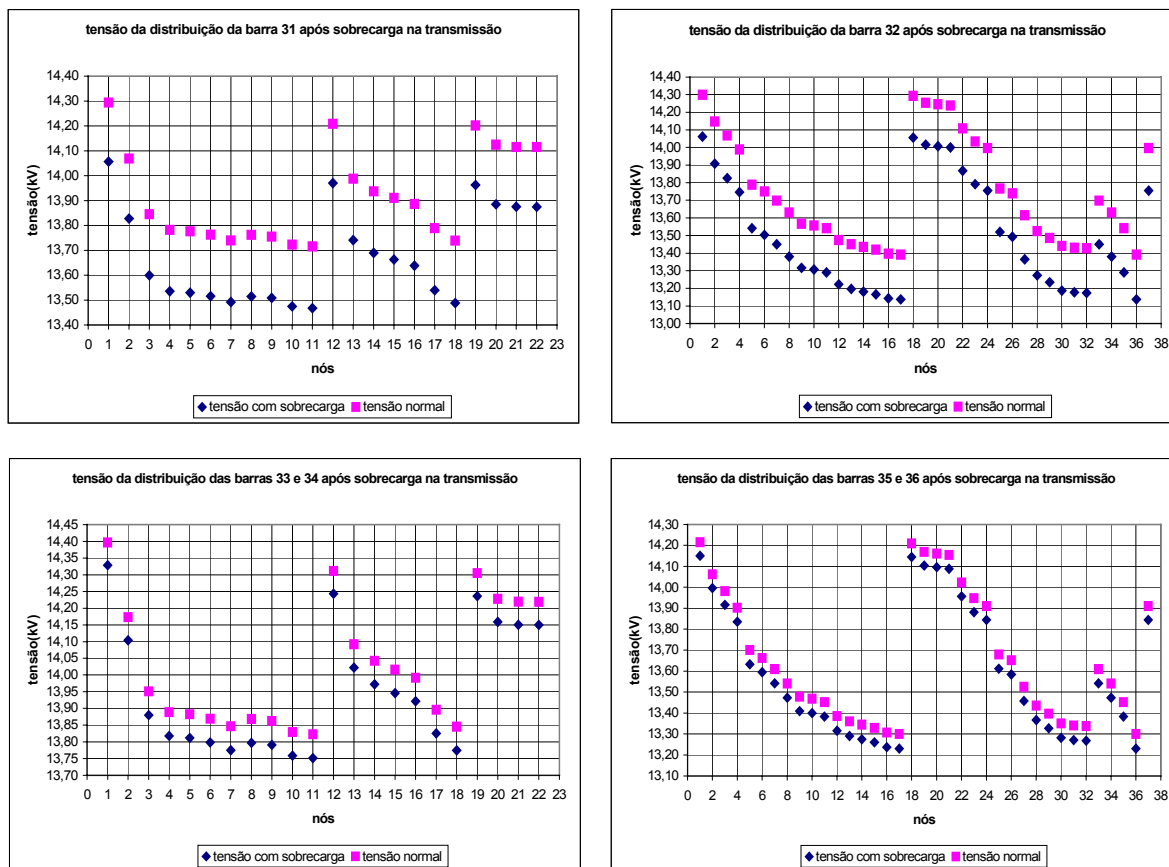


Figura 4.7 Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 19

Dobram-se as potências da barra 31 e obtém-se os resultados do fluxo de carga da tabela 4.11:

Tabela 4.11 Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 31

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
9	1,0901	-14,794	0,00	0,00	6	-3,277	-29,71	52,50
					11	0,000	0,00	4,25
					10	1,701	31,06	34,59
10	1,0557	-16,496	-5,80	-2,00	6	-4,978	-16,19	14,61
					9	-1,701	-31,06	-32,59
					20	1,178	13,69	6,67
					17	0,133	5,23	5,70
					21	0,426	15,89	10,66
12	1,0620	-15,607	-11,20	-7,50	22	0,409	7,69	5,03
					4	-5,936	-40,55	50,62
					13	0,000	0,00	-6,80

					14	0,982	8,23	1,60
					15	1,204	19,91	3,98
					16	0,648	7,34	2,07
14	1,0488	-16,589	-6,20	-1,60	12	-0,982	-8,16	-1,44
					15	0,222	1,96	-0,16
15	1,0450	-16,811	-8,20	-2,50	12	-1,204	-19,67	-3,50
					14	-0,222	-1,95	0,16
					18	0,855	8,91	3,18
					23	0,600	4,50	-2,34
16	1,0517	-16,255	-3,50	-1,80	12	-0,648	-7,29	-1,97
					17	0,374	3,79	0,17
17	1,0495	-16,629	-9,00	-5,80	16	-0,374	-3,79	-0,15
					10	-0,133	-5,21	-5,65
18	1,0293	-17,667	-3,20	-0,90	15	-0,855	-8,82	-3,00
					19	0,322	5,62	2,10
19	1,0232	-17,989	-2,16	0,59	18	-0,322	-5,60	-2,05
					20	-0,315	-11,24	-5,44
					31	0,549	10,98	5,77
					32	0,185	3,72	2,32
20	1,0306	-17,674	-2,20	-0,70	19	0,315	11,30	5,54
					10	-1,178	-13,50	-6,24
21	1,0429	-16,922	-10,24	-7,82	10	-0,426	-15,77	-10,42
					22	-0,017	-1,73	-0,76
					33	0,174	3,63	1,68
					34	0,174	3,63	1,68
22	1,0433	-16,905	-0,00	0,00	10	-0,409	-7,63	-4,92
					21	0,017	1,73	0,76
					24	0,310	5,91	4,15
23	1,0452	-17,411	-3,20	-1,60	15	-0,600	-4,48	2,38
					24	-0,196	1,28	5,41
24	1,0297	-17,215	-1,27	-2,07	22	-0,310	-5,85	-4,06
					23	0,196	-1,24	-5,33
					25	-0,563	-1,60	2,70
					35	0,183	3,72	2,32
					36	0,183	3,72	2,32
31	1,0181	-18,538	-10,98	-5,63	19	-0,549	-10,98	-5,63
32	1,0211	-18,174	-3,72	-2,30	19	-0,185	-3,72	-2,30
33	1,0414	-17,096	-3,63	-1,67	21	-0,174	-3,63	-1,67
34	1,0414	-17,096	-3,63	-1,67	21	-0,174	-3,63	-1,67
35	1,0276	-17,398	-3,72	-2,30	24	-0,183	-3,72	-2,30
36	1,0276	-17,398	-3,72	-2,30	24	-0,183	-3,72	-2,30

Os resultados das duas tabelas possuem valores muito próximos. Apenas a tensão da barra 31 que modifica mais seu valor, pois no segundo caso, o aumento de carga foi diretamente nesta barra, provocando uma queda de tensão maior. A representação gráfica do caso básico na distribuição após este aumento de carga é apresentada na figura 4.8:

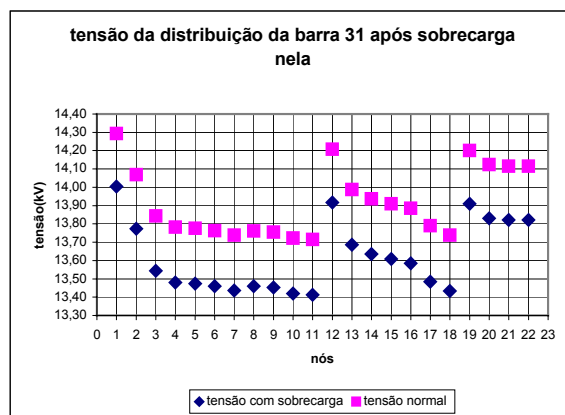


Figura 4.8 Caso básico na distribuição após injeção de potência na barra 31

4.5.2. Sistema IEEE 57/ Estendido 82 barras

Para este sistema, a sobrecarga na transmissão é simulada nas barras: 23, 35 e 50. A injeção de potência nas barras é equivalente à potência de todos os alimentadores conectados a ela. O mesmo foi feito nos alimentadores conectados a uma determinada barra, onde a injeção de potência é equivalente a dobrar a carga do alimentador.

Nesta seção, são apresentados os resultados para o aumento de carga da barra 50 e nos alimentadores 78 a 82. Os testes das demais barras estão no anexo IX.

É injetado na barra 50 uma potência de 18,24MW e 8,98MVar. Os resultados para o fluxo de carga calculado após esta injeção de potência está na tabela 4.11 (apenas os resultados com mudanças mais significativas):

Tabela 4.12 Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 50

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVar)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVar)
10	0,9767	-12,476	-5,00	-2,00	9	-2,114	-20,38	-1,24
					12	-1,389	-24,33	-27,19
					51	1,727	34,34	19,69
19	0,8855	-14,800	-3,30	-0,60	18	-2,097	-5,12	-1,13
					20	0,472	1,82	0,53
20	0,8771	-15,272	-2,30	-1,00	19	-0,472	-1,81	-0,51
					21	-0,307	-0,53	-0,53
21	0,8455	-14,965	0,00	0,00	20	0,307	0,53	0,54
					22	-0,017	-0,49	-0,49
22	0,8466	-14,948	-0,00	0,00	21	0,017	0,49	0,49
					23	0,128	8,16	-3,70
					38	-0,253	-8,65	3,20

23	0,8463	-15,076	-2,58	0,31	22	-0,128	-8,14	3,71
					24	1,082	1,84	-6,03
					58	0,271	3,71	2,32
24	0,8593	-16,158	-0,01	0,00	23	-1,082	-1,77	4,92
					25	7,202	6,90	5,39
					26	-0,453	-13,41	1,29
25	0,7883	-23,360	-6,30	-3,19	24	-7,202	-6,90	-4,11
					30	0,832	7,79	5,20
26	0,8956	-15,705	-0,00	-0,00	24	0,453	13,41	-1,18
					27	-2,313	-12,33	1,09
27	0,9159	-13,393	-9,30	-0,50	26	2,313	12,64	-0,60
					28	-1,411	-21,94	0,10
30	0,7617	-24,192	-3,60	-1,80	25	-0,832	-7,60	-4,92
					31	1,010	4,00	3,12
31	0,7243	-25,202	-5,79	-2,90	30	-1,010	-3,86	-2,90
					32	-1,566	-1,94	-0,00
32	0,7382	-23,636	-1,60	-0,80	31	1,566	1,97	0,06
					33	0,066	3,81	1,91
					34	-6,692	-7,02	-2,63
33	0,7352	-23,702	-3,80	-1,90	32	-0,066	-3,80	-1,90
34	0,7974	-16,944	-0,01	0,00	32	6,692	7,02	3,61
					35	-0,342	-7,39	-3,90
35	0,8058	-16,602	-2,37	-1,31	34	0,342	7,44	3,57
					36	-0,380	-13,44	-6,73
					59	0,292	3,63	1,69
36	0,8174	-16,222	-0,00	0,00	35	0,380	13,59	6,70
					37	-0,354	-15,48	-5,18
					40	0,116	1,89	-1,57
37	0,8253	-15,868	-0,00	0,00	36	0,354	15,60	5,33
					38	-1,173	-18,22	-6,38
					39	0,064	2,62	0,98
38	0,8474	-14,695	-3,03	-1,52	37	1,173	18,58	6,65
					22	0,253	8,67	-3,17
					44	-1,102	-30,52	-13,02
					49	-0,090	-0,67	-0,26
					48	-0,443	-10,06	2,32
					60	0,264	3,63	1,69
					61	0,264	3,63	1,69
39	0,8240	-15,932	-0,00	-0,00	62	0,270	3,71	2,32
					37	-0,064	-2,62	-0,98
					57	3,052	2,52	0,94
40	0,8176	-16,338	0,00	-0,00	36	-0,116	-1,89	1,58
					56	1,880	1,73	-1,45
44	0,8669	-13,593	-0,94	4,56	38	1,102	30,96	13,62
					45	-3,145	-42,96	-15,62
					63	0,252	3,63	1,69
					64	0,258	3,71	2,32
					65	0,258	3,71	2,32
46	0,8703	-11,865	-0,00	0,00	14	-1,934	-35,08	-7,94
					47	2,100	43,30	9,68
47	0,8517	-13,965	-0,32	4,51	46	-2,100	-42,70	-8,38
					48	0,287	13,01	-3,27
					66	0,261	3,63	1,69
					67	0,261	3,63	1,69
					68	0,261	3,63	1,69
					69	0,261	3,63	1,69
					70	0,268	3,71	2,32

					71	0,268	3,71	2,32
					72	0,268	3,71	2,32
					73	0,268	3,71	2,32
48	0,8499	-14,252	-0,00	0,00	47	-0,287	-12,96	3,33
					49	0,353	2,86	-1,25
					38	0,443	10,10	-2,25
49	0,8484	-14,605	-3,31	-0,34	48	-0,353	-2,85	0,57
					50	1,607	19,25	6,38
					13	-4,127	-28,09	-12,35
					38	0,090	0,67	-0,17
					74	0,263	3,63	1,69
					75	0,263	3,63	1,69
					76	0,270	3,71	2,32
					77	0,270	3,71	2,32
50	0,8210	-16,211	-21,01	-10,48	49	-1,607	-18,79	-5,65
					51	-2,009	-20,45	-13,91
					78	0,281	3,63	1,69
					79	0,281	3,63	1,69
					80	0,281	3,63	1,69
					81	0,281	3,63	1,69
					82	0,288	3,71	2,33
51	0,8933	-14,202	-18,00	-5,30	50	2,009	21,71	15,91
					10	-1,727	-34,34	-18,34
56	0,8058	-18,217	-7,60	-2,20	40	-1,880	-1,73	1,55
					41	-1,964	-7,30	-2,87
					42	-0,362	-2,54	-2,26
					57	0,767	4,13	1,25
60	0,8456	-14,959	-3,63	-1,67	38	-0,264	-3,63	-1,67
61	0,8456	-14,959	-3,63	-1,67	38	-0,264	-3,63	-1,67
74	0,8466	-14,868	-3,63	-1,67	49	-0,263	-3,63	-1,67
75	0,8466	-14,868	-3,63	-1,67	49	-0,263	-3,63	-1,67
76	0,8460	-14,875	-3,71	-2,30	49	-0,270	-3,71	-2,30
77	0,8460	-14,875	-3,71	-2,30	49	-0,270	-3,71	-2,30
78	0,8191	-16,493	-3,63	-1,67	50	-0,281	-3,63	-1,67
79	0,8191	-16,493	-3,63	-1,67	50	-0,281	-3,63	-1,67
80	0,8191	-16,493	-3,63	-1,67	50	-0,281	-3,63	-1,67
81	0,8191	-16,493	-3,63	-1,67	50	-0,281	-3,63	-1,67
82	0,8184	-16,500	-3,71	-2,30	50	-0,288	-3,71	-2,30

A figura 4.9 apresenta os resultados do cálculo do fluxo de carga dos alimentadores de distribuição que sofreram maiores mudanças no perfil de tensão:

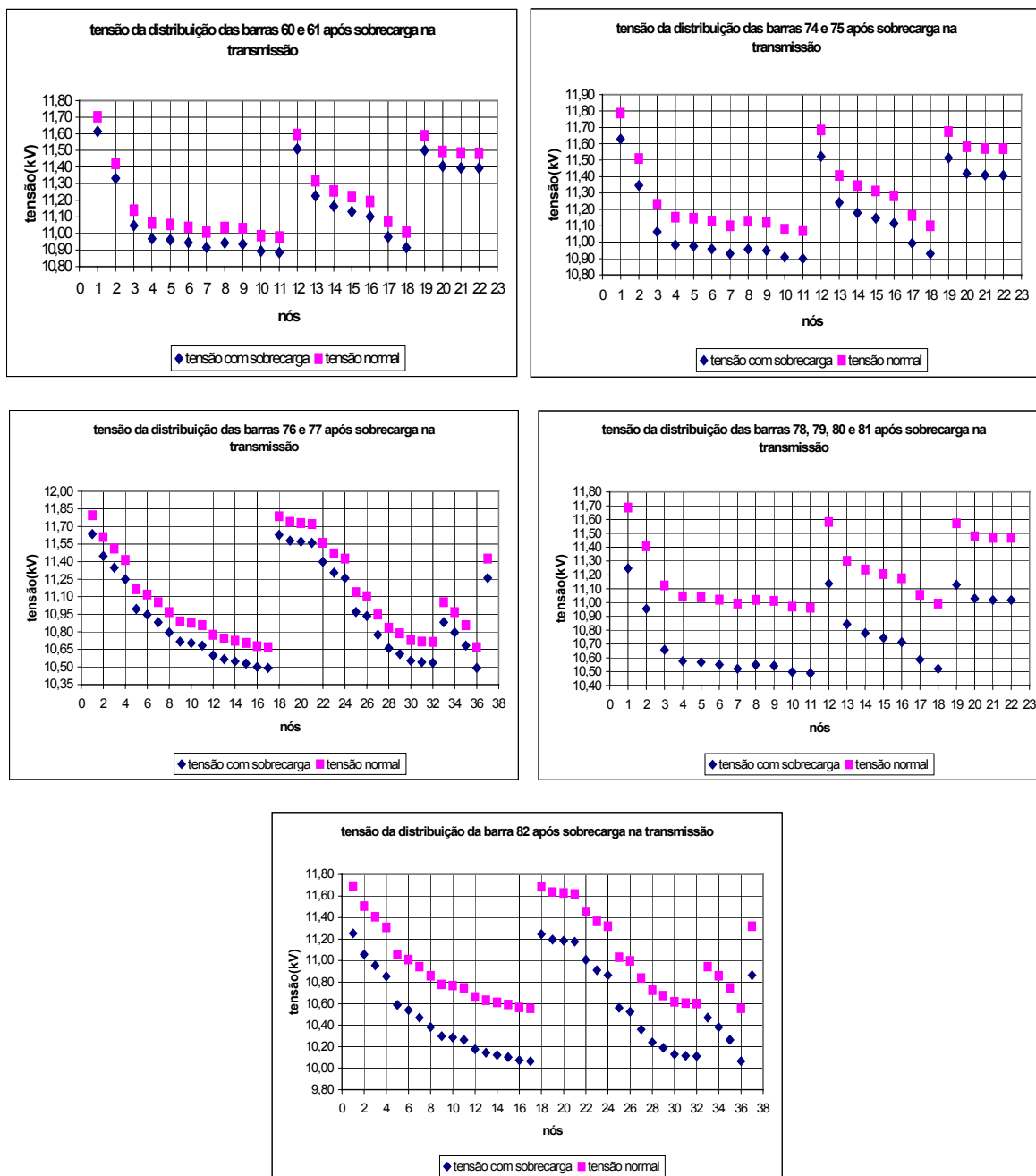


Figura 4.9 Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 50

Dobra-se a carga dos alimentadores conectados à barra 50 e calcula-se o fluxo de carga. O resultado está na tabela 4.13:

Tabela 4.13 Caso básico dos nós raízes após aumento de carga nos alimentadores 78 a 82.

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
10	0,9766	-12,475	-5,00	-2,00	9	-2,113	-20,38	-1,31
					12	-1,388	-24,33	-27,27

					51	1,727	34,34	19,82
19	0,8855	-14,801	-3,30	-0,60	18	-2,096	-5,12	-1,14
					20	0,472	1,82	0,54
20	0,8770	-15,272	-2,30	-1,00	19	-0,472	-1,81	-0,52
					21	-0,306	-0,53	-0,52
21	0,8454	-14,966	0,00	0,00	20	0,306	0,53	0,53
					22	-0,017	-0,49	-0,49
22	0,8465	-14,949	-0,00	0,00	21	0,017	0,49	0,49
					23	0,128	8,15	-3,70
					38	-0,253	-8,64	3,21
23	0,8462	-15,077	-2,58	0,31	22	-0,128	-8,14	3,72
					24	1,082	1,84	-6,04
					58	0,271	3,71	2,32
24	0,8592	-16,159	-0,01	0,00	23	-1,082	-1,76	4,93
					25	7,204	6,90	5,39
					26	-0,453	-13,41	1,28
25	0,7881	-23,364	-6,30	-3,19	24	-7,204	-6,90	-4,12
					30	0,832	7,79	5,20
26	0,8955	-15,706	-0,00	-0,00	24	0,453	13,41	-1,17
					27	-2,313	-12,33	1,07
27	0,9159	-13,393	-9,30	-0,50	26	2,313	12,65	-0,59
					28	-1,411	-21,95	0,09
30	0,7615	-24,195	-3,60	-1,80	25	-0,832	-7,60	-4,92
					31	1,010	4,00	3,12
31	0,7242	-25,206	-5,79	-2,90	30	-1,010	-3,86	-2,90
					32	-1,566	-1,94	-0,00
32	0,7381	-23,640	-1,60	-0,80	31	1,566	1,97	0,06
					33	0,066	3,81	1,91
					34	-6,694	-7,02	-2,63
33	0,7351	-23,706	-3,80	-1,90	32	-0,066	-3,80	-1,90
34	0,7972	-16,946	-0,01	0,00	32	6,694	7,02	3,61
					35	-0,343	-7,39	-3,90
35	0,8057	-16,603	-2,37	-1,31	34	0,343	7,44	3,57
					36	-0,380	-13,44	-6,73
					59	0,292	3,63	1,69
36	0,8173	-16,223	-0,00	0,00	35	0,380	13,59	6,70
					37	-0,354	-15,48	-5,18
					40	0,116	1,89	-1,57
37	0,8251	-15,869	-0,00	0,00	36	0,354	15,60	5,33
					38	-1,174	-18,22	-6,38
					39	0,064	2,62	0,98
38	0,8473	-14,696	-3,03	-1,52	37	1,174	18,57	6,65
					22	0,253	8,66	-3,18
					44	-1,102	-30,53	-13,05
					49	-0,092	-0,65	-0,21
					48	-0,443	-10,05	2,33
					60	0,264	3,63	1,69
					61	0,264	3,63	1,69
39	0,8239	-15,933	-0,00	-0,00	62	0,271	3,71	2,32
					37	-0,064	-2,62	-0,98
					57	3,052	2,52	0,94
40	0,8175	-16,339	0,00	-0,00	36	-0,116	-1,89	1,58
					56	1,879	1,73	-1,45
44	0,8668	-13,593	-0,94	4,56	38	1,102	30,97	13,65
					45	-3,144	-42,97	-15,65

					63	0,252	3,63	1,69
					64	0,259	3,71	2,32
					65	0,259	3,71	2,32
46	0,8703	-11,865	-0,00	0,00	14	-1,935	-35,09	-7,98
					47	2,100	43,32	9,73
					46	-2,100	-42,72	-8,43
					48	0,287	13,02	-3,22
					66	0,262	3,63	1,69
					67	0,262	3,63	1,69
					68	0,262	3,63	1,69
47	0,8516	-13,966	-0,32	4,51	69	0,262	3,63	1,69
					70	0,268	3,71	2,32
					71	0,268	3,71	2,32
					72	0,268	3,71	2,32
					73	0,268	3,71	2,32
48	0,8497	-14,252	-0,00	0,00	47	-0,287	-12,97	3,28
					49	0,351	2,87	-1,20
					38	0,443	10,10	-2,26
					48	-0,351	-2,86	0,52
					50	1,595	19,25	6,58
					13	-4,126	-28,07	-12,44
49	0,8482	-14,603	-3,31	-0,34	38	0,092	0,65	-0,22
					74	0,264	3,63	1,69
					75	0,264	3,63	1,69
					76	0,270	3,71	2,32
					77	0,270	3,71	2,32
					49	-1,595	-18,79	-5,85
					51	-1,996	-20,44	-14,04
					78	0,565	7,26	3,42
50	0,8204	-16,198	-2,77	-1,50	79	0,565	7,26	3,42
					80	0,565	7,26	3,42
					81	0,565	7,26	3,42
					82	0,579	7,43	4,70
51	0,8931	-14,203	-18,00	-5,30	50	1,996	21,71	16,05
					10	-1,727	-34,34	-18,46
					40	-1,879	-1,73	1,55
56	0,8057	-18,218	-7,60	-2,20	41	-1,964	-7,30	-2,87
					42	-0,362	-2,54	-2,27
					57	0,767	4,13	1,25
60	0,8455	-14,960	-3,63	-1,67	38	-0,264	-3,63	-1,67
61	0,8455	-14,960	-3,63	-1,67	38	-0,264	-3,63	-1,67
74	0,8464	-14,867	-3,63	-1,67	49	-0,264	-3,63	-1,67
75	0,8464	-14,867	-3,63	-1,67	49	-0,264	-3,63	-1,67
76	0,8457	-14,873	-3,71	-2,30	49	-0,270	-3,71	-2,30
77	0,8457	-14,873	-3,71	-2,30	49	-0,270	-3,71	-2,30
78	0,8166	-16,763	-7,26	-3,33	50	-0,565	-7,26	-3,33
79	0,8166	-16,763	-7,26	-3,33	50	-0,565	-7,26	-3,33
80	0,8166	-16,763	-7,26	-3,33	50	-0,565	-7,26	-3,33
81	0,8166	-16,763	-7,26	-3,33	50	-0,565	-7,26	-3,33
82	0,8152	-16,778	-7,43	-4,60	50	-0,579	-7,43	-4,60

Como no sistema de 38 barras, os resultados dos dois testes são muito próximos. As tensões que realmente diferem são as dos alimentadores ligados à barra 50. Os resultados dos fluxos de carga para estes alimentadores estão apresentados na figura 4.10, juntamente com os valores do caso básico na distribuição:

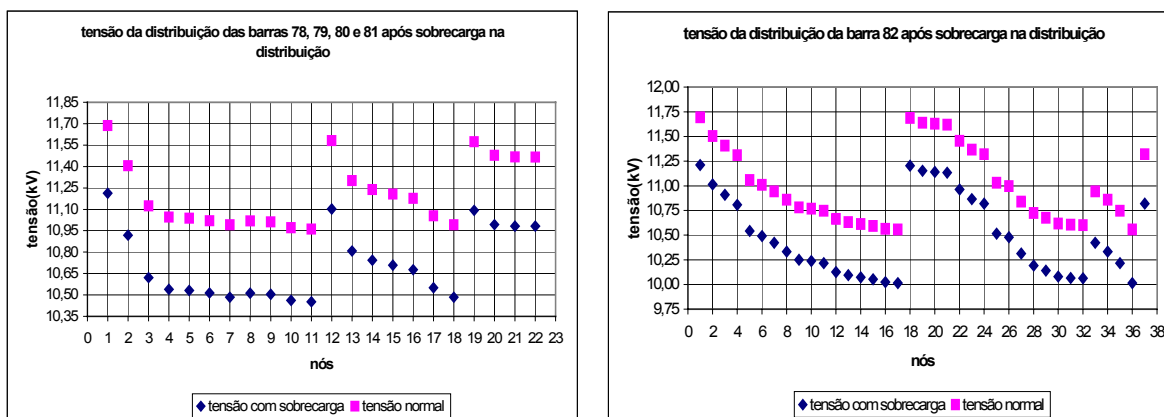


Figura 4.10 Caso básico na distribuição após aumento de carga nas barras 78 a 82

4.5.3. Sistema IEEE 118/ Estendido 179 barras

Neste sistema, o aumento de carga é igual a potência de todos alimentadores de 22 nós ligados à barra testada. As barras escolhidas para os testes são 75, 88 e 95. A potência de injeção nessas barras é igual a 21,78MW e 10,02MVar (6 alimentadores de 22 nós). Para o teste nos alimentadores, dobram-se todas as potências dos alimentadores de 22 nós ligados a uma barra da transmissão. O teste apresentado nesta seção é na barra 95. Os demais testes estão apresentados no anexo IX.

O resultado do cálculo do fluxo de carga para a sobrecarga na barra 95 está mostrado na tabela 4.14:

Tabela 4.14 Caso básico nos nós raízes após sobrecarga na barra 95

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVar)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVar)
82	0,9881	-3,562	-54,00	-27,00	77	0,145	-3,84	-27,40
					83	-1,202	-45,70	28,36
					96	-0,121	-4,46	-7,16
83	0,9816	-2,360	-20,00	-10,00	82	1,202	46,06	-34,55
					84	-2,446	-24,32	11,74
					85	-3,954	-41,74	8,06
84	0,9788	0,086	-11,00	-7,00	83	2,446	24,84	-15,61
					85	-1,508	-35,84	6,79
93	0,9856	-0,259	-12,00	-7,00	92	-3,036	-57,90	8,52
					94	2,184	45,90	-17,49
94	0,9876	-2,443	-30,00	-16,00	92	-5,220	-51,91	11,02
					93	-2,184	-45,36	15,61
					95	1,183	50,81	15,53
					96	0,998	17,21	-9,94
					100	0,481	-0,76	-55,71
95	0,9737	-3,626	-23,42	-19,38	94	-1,183	-50,42	-16,39

					96	-0,185	-13,36	-25,90
					158	0,200	3,63	1,68
					159	0,200	3,63	1,68
					160	0,200	3,63	1,68
					161	0,200	3,63	1,68
					162	0,200	3,63	1,68
					163	0,200	3,63	1,68
					164	0,205	3,71	2,32
					165	0,205	3,71	2,32
					166	0,205	3,71	2,32
					167	0,205	3,71	2,32
					168	0,205	3,71	2,32
96	0,9898	-3,441	-38,00	-15,00	80	-1,906	-23,21	-27,29
					82	0,121	4,47	-3,46
					94	-0,998	-17,12	5,76
					95	0,185	13,50	23,51
					97	-0,602	-15,64	-21,63
97	1,0098	-2,839	-15,00	-9,00	80	-1,304	-30,75	-28,90
					96	0,602	15,75	17,38
158	0,9721	-3,826	-3,63	-1,67	95	-0,200	-3,63	-1,67
159	0,9721	-3,826	-3,63	-1,67	95	-0,200	-3,63	-1,67
160	0,9721	-3,826	-3,63	-1,67	95	-0,200	-3,63	-1,67
161	0,9721	-3,826	-3,63	-1,67	95	-0,200	-3,63	-1,67
162	0,9721	-3,826	-3,63	-1,67	95	-0,200	-3,63	-1,67
163	0,9721	-3,826	-3,63	-1,67	95	-0,200	-3,63	-1,67
164	0,9715	-3,831	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
165	0,9715	-3,831	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
166	0,9715	-3,831	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
167	0,9715	-3,831	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
168	0,9715	-3,831	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30

Os resultados do fluxo de carga dos alimentadores que sofreram variações significativas na tensão estão apresentados na figura 4.11:

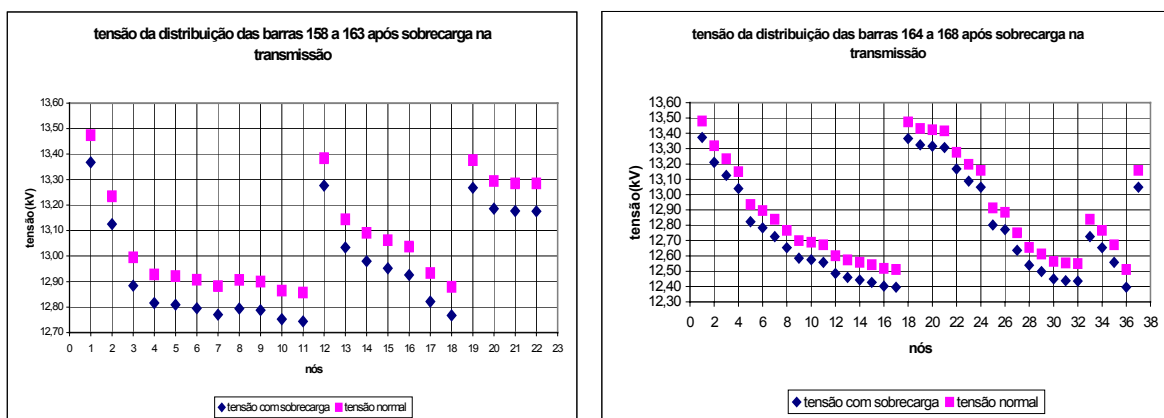


Figura 4.11 Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 95

Dobram-se as potências das barras 158, 159, 160, 161, 162 e 163, ou seja, os alimentadores de 22 nós ligados à barra 95. Os resultados obtidos do cálculo do fluxo de carga para este teste estão na tabela 4.15:

Tabela 4.15 Caso básico nos nós raízes após injeção de potência nas barras 158 a 163

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
82	0,9880	-3,562	-54,00	-27,00	77	0,145	-3,84	-27,43
					83	-1,202	-45,70	28,33
					96	-0,121	-4,46	-7,11
83	0,9816	-2,360	-20,00	-10,00	82	1,202	46,06	-34,53
					84	-2,446	-24,33	11,73
					85	-3,954	-41,74	8,04
84	0,9788	0,086	-11,00	-7,00	83	2,446	24,84	-15,60
					85	-1,508	-35,84	6,78
92	0,9930	2,777	-65,00	-5,36	89	-5,923	-62,33	7,24
					91	0,475	8,64	4,32
					93	3,036	58,81	-9,72
					94	5,219	53,35	-14,22
					100	5,701	31,10	-17,87
93	0,9856	-0,259	-12,00	-7,00	102	1,488	44,28	-8,13
					92	-3,036	-57,89	8,48
					94	2,183	45,89	-17,45
94	0,9875	-2,442	-30,00	-16,00	92	-5,219	-51,91	10,99
					93	-2,183	-45,35	15,57
					95	1,182	50,81	15,68
					96	0,998	17,21	-9,94
					100	0,482	-0,76	-55,80
95	0,9736	-3,624	-1,65	-9,36	94	-1,182	-50,42	-16,54
					96	-0,184	-13,36	-26,01
					158	0,401	7,26	3,40
					159	0,401	7,26	3,40
					160	0,401	7,26	3,40
					161	0,401	7,26	3,40
					162	0,401	7,26	3,40
					163	0,401	7,26	3,40
					164	0,205	3,71	2,32
					165	0,205	3,71	2,32
					166	0,205	3,71	2,32
					167	0,205	3,71	2,32
96	0,9897	-3,440	-38,00	-15,00	168	0,205	3,71	2,32
					80	-1,906	-23,21	-27,32
					82	0,121	4,46	-3,52
					94	-0,998	-17,12	5,76
					95	0,184	13,50	23,62
97	1,0098	-2,838	-15,00	-9,00	97	-0,602	-15,64	-21,65
					80	-1,304	-30,75	-28,93
158	0,9704	-4,025	-7,26	-3,33	96	0,602	15,75	17,41
159	0,9704	-4,025	-7,26	-3,33	95	-0,401	-7,26	-3,33
160	0,9704	-4,025	-7,26	-3,33	95	-0,401	-7,26	-3,33
161	0,9704	-4,025	-7,26	-3,33	95	-0,401	-7,26	-3,33
162	0,9704	-4,025	-7,26	-3,33	95	-0,401	-7,26	-3,33
163	0,9704	-4,025	-7,26	-3,33	95	-0,401	-7,26	-3,33
164	0,9714	-3,829	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
165	0,9714	-3,829	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
166	0,9714	-3,829	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
167	0,9714	-3,829	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30

168	0,9714	-3,829	-3,71	-2,30	95	-0,205	-3,71	-2,30
-----	--------	--------	-------	-------	----	--------	-------	-------

A diferença nos resultados entre os dois testes de sobrecarga é muito pequena. A maior diferença aparece nos alimentadores que receberam a injeção de potência e naqueles ligados à barra 95. Os resultados do fluxo de carga nesses alimentadores são apresentados na figura 4.12:

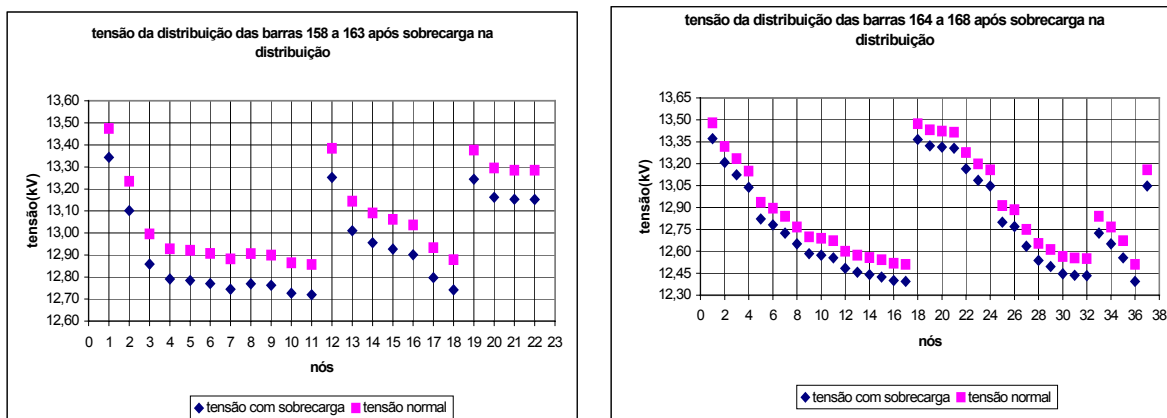


Figura 4.12 Caso básico na distribuição após injeção de potência nas barras 158 a 163

4.6 Conclusão

Este capítulo apresentou os resultados dos testes realizados com os sistemas transmissão/distribuição acoplados. Primeiro foi apresentado o teste do procedimento de conexão, mostrando as três redes de transmissão testadas com os alimentadores de distribuição. Em seguida, é realizado o teste de alteração da rede (contingência e aumento de carga em uma das redes transmissão/distribuição) para verificar o comportamento do sistema estendido. Assim, constatou-se, quando ocorre uma alteração em uma das redes, como todo o sistema sofre variações no seu estado de operação. Este tipo de estudo pode contribuir para um planejamento da operação com maior visibilidade dos aspectos de segurança envolvidos.

Capítulo 5

Conclusão

Nesta dissertação propomos uma maneira conjunta de encontrar o estado das barras da rede de transmissão e dos nós dos alimentadores primários de distribuição.

Esse procedimento de análise baseou-se nos métodos de cálculo de fluxo de carga convencionais: o método de Newton para as redes de transmissão e o método de Goswami e Basu para as redes de distribuição. Esses métodos são utilizados em todo o processo proposto para o cálculo de fluxo de carga. Portanto, a proposta principal do trabalho é a forma de utilização dos métodos para o cálculo da solução do fluxo de carga.

Primeiramente é realizado um cálculo do fluxo de carga da rede de transmissão para encontrar os valores de tensão das barras onde serão acoplados os alimentadores. Esses alimentadores são, em uma primeira etapa, representados por um ramo que contém um transformador e uma barra correspondente ao nó raiz no qual é acumulada a respectiva carga do alimentador.

Posteriormente é feito um ajuste nas potências das barras da transmissão que vão receber os alimentadores executando um cálculo de fluxo de carga. Por fim, é feito o

cálculo do fluxo de potência para a rede aumentada, encontrando os estados das barras da rede de transmissão e dos nós raiz dos alimentadores. A partir desta fase, é possível encontrar os estados dos nós dos alimentadores de distribuição.

Esse método permite encontrar, de forma mais precisa, os estados das barras da transmissão e dos nós de distribuição, respectivamente. Isso porque o sistema estendido leva em consideração os sistemas de transmissão, distribuição e a subestação.

Esta possibilidade de análise conjunta permite estudar os efeitos de eventos em uma das redes, ou em ambas. Este tipo de análise é realizada em testes de contingências na rede de transmissão, nos quais foram simuladas a queda de um ramo da rede. O efeito da contingência é visto na transmissão com a redistribuição dos fluxos de potência para suprir a ausência do ramo retirado e nos alimentadores de distribuição. Na maioria dos casos, houve uma queda nas tensões dos nós dos alimentadores de distribuição.

Outro evento analisado é o aumento de carga na transmissão e na distribuição. Ambos mostram modificações nos estados das barras de transmissão e dos nós dos alimentadores acoplados. Os eventos são simulados separadamente em cada subsistema (transmissão e distribuição) e eles modificam o estado de todo o sistema.

Portanto, a importância da análise conjunta dos sistemas de transmissão e distribuição para encontrar o estados das barras (transmissão) e nós (alimentadores) e o fluxo de potência nos ramos é mostrada e comprovada pelos testes. O uso de uma ferramenta deste tipo pode tornar os estudos das redes e o trabalho de planejamento da operação das empresas ligadas à transmissão e distribuição de energia elétrica mais preciso e mais eficiente.

Com o procedimento proposto neste trabalho é possível realizar estudos do sistema elétrico como um todo. Maneiras de compensar os efeitos de contingências e sobrecargas podem ser simuladas e estudos de viabilidade econômica para fazer estas compensações podem ser realizadas. Esses estudos podem definir se os investimentos devem ser realizados na rede de transmissão, nas subestações ou nos alimentadores de distribuição. Outro estudo que pode ser feito baseado nesta metodologia é o suprimento de reativos no sistema, principalmente nos subsistemas.

Referências Bibliográficas

- [1] W. F. Tinney, C. E. Hart, "Power Flow Solution by Newton's Method" IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-86, pp. 1449-1456, November, 1967.
- [2] W. F. Tinney, J. W. Walker, "Direct Solution of Sparse Network Equations by Optimally Ordered Triangular Factorization", IEEE Proceedings of the IEEE, Vol. 55, pp. 1801-1809, November, 1967.
- [3] Stott, B., "Decoupled Newton load flow", IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, vol PAS-91, pp. 1955-1959, Sept./Oct., 1972.
- [4] Stott, B., Alsac, O. "Fast Decoupled Load Flow" IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-93, pp. 859-869, May/June, 1974.
- [5] Stott, B. "Review of Load-Flow Calculation Methods" IEEE Proceedings of the IEEE, Vol. 62, No. 7, pp. 916-929, July, 1974.
- [6] Monticelli, A, "Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica" São Paulo: Edgard Blucher, 1983.
- [7] Saraiva, A. "Papel dos Controles Secundários numa Análise de Estabilidade de Tensão em Regime Permanente", Dissertação de mestrado, Unicamp, outubro, 2002.
- [8] Monticelli, A., Garcia, A., "Introdução a sistemas de energia elétrica", Campinas, SP, editora da Unicamp, 1999
- [9] Stevenson, W. D., "Elementos de Análise de sistemas de potência", São Paulo, SP, editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- [10] Baran, M. E., Wu, F. F. "Optimal Sizing of Capacitors Placed on a Radial Distribution System" IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.4, No. 1, pp. 735-743, January, 1989.
- [11] Baran, M. E., Wu, F. F. "Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing" IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.4, No. 2, pp. 1401-1407, April, 1989.

- [12] Goswami, S. K., Basu, S. K. "A New Algorithm for the Reconfiguration of Distribution Feeders for Loss Minimizations" IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.7, No. 3, pp.1484-1491, July, 1992.
- [13] Goswami, S. K., Basu, S. K. "Direct Solution of Distribution Systems" IEE Proceedings-C, Vol 138, No. 1, pp. 78-88, January, 1991.
- [14] IEEE Distribution Planning Working Group Report "Radial Distribution Test Feeders", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.6, No. 3, pp. 975-985, August, 1991.
- [15] Pereira, M. A. "Fluxo de Potência em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica", Tese de mestrado defendida na Unicamp em setembro de 1993.
- [16] Baran, M. E., Staton, E. A. "Distribution Transformer Models for Branch Current Based Feeder Analysis" IEEE Transaction on Power Systems, Vol.12, No. 2, pp. 698-703, May, 1997.
- [17] Willis, H. Lee, "Power Distribution Planning Reference Book", Marcel Dekker, Inc, Nova Yorque, 1997.
- [18] Gonen, T., "Electric power distribution system engineering", Sacramento, CA, Mc Graw-Hill Book Company, 1986.
- [19] Kopp, J., "C Programming", <http://cplus.about.com/>.
- [20] Holmes, S., "C programming" <http://www.strath.ac.uk/IT/Docs/Ccourse/>.
- [21] Power Systems Test Case Archive, <http://www.ee.washington.edu/research/pstca/>.
- [22] Schidt, H., "C completo e total", 3ª edição revista e atualizada, ed Pearson Makron Books, 1997.
- [23] Castro, C. A., <http://www.dsee.fee.unicamp.br/~ccastro/>.

Anexo I

Transformadores [5] [7]

A representação geral de transformadores (em fase e defasadores) consiste basicamente em uma admitância série y_{km} e um autotransformador ideal com relação de transformação $a:1$. Para transformador em fase, a é um número real. Para o defasador, a é um número complexo.

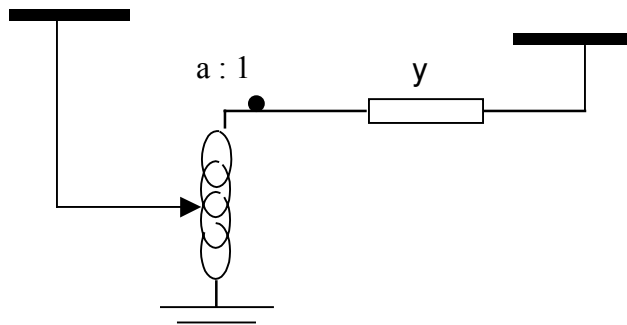


Figura 1 Representação do transformador tipo 1

O transformador pode ser representado por um circuito equivalente do tipo π , conforme figura 2:

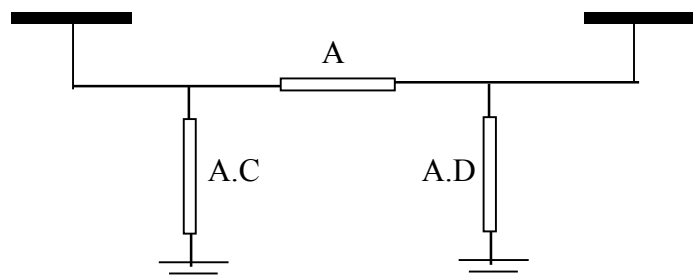


Figura 2 Representação π do transformador tipo 1

A determinação da admitância A, B, C e D do circuito equivalente é feita através das equações:

$$A = \frac{y_{km}}{a} \quad (1)$$

$$B = y_{km} * a \quad (2)$$

$$C = \left(\frac{1}{a} - 1 \right) \quad (3)$$

$$D=(a-1)$$

(4)

As figuras anteriores representam um tipo de transformador (tipo 1). Existem mais 3 tipos de transformadores representados abaixo. Eles se diferem pela relação de espiras e/ou pelo lado em que a tensão primária está representada.

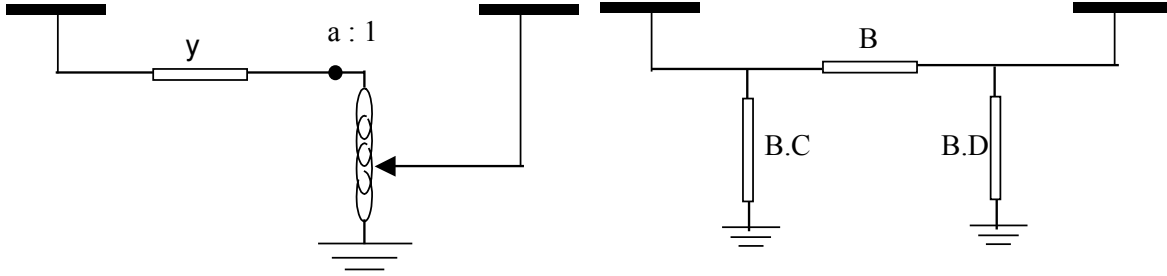


Figura 3 Transformador tipo 2

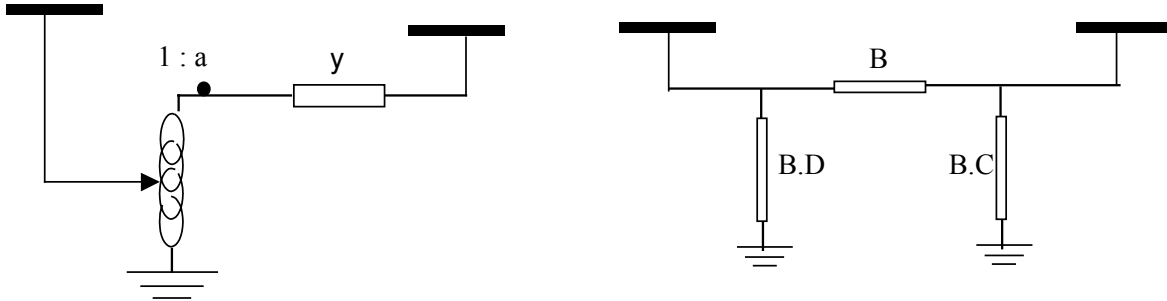


Figura 4 Transformador tipo 3

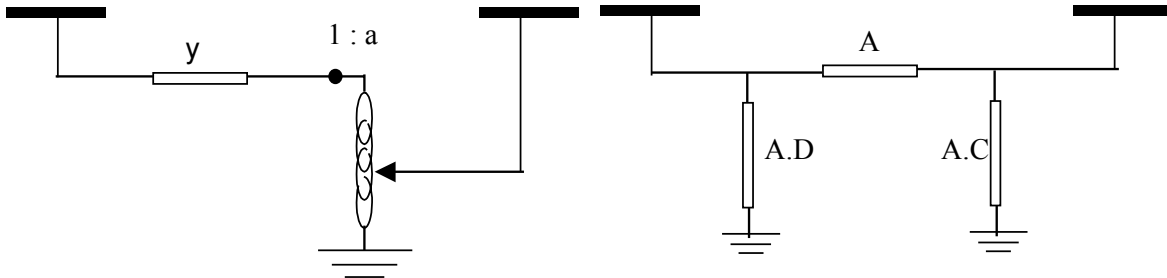


Figura 5 Transformador tipo 4

Os fluxos P_{km} e Q_{km} são obtidos identificando-se as partes real e imaginária, respectivamente, da equação complexa $S_{km}^* = V_{km}^* I_{km}$:

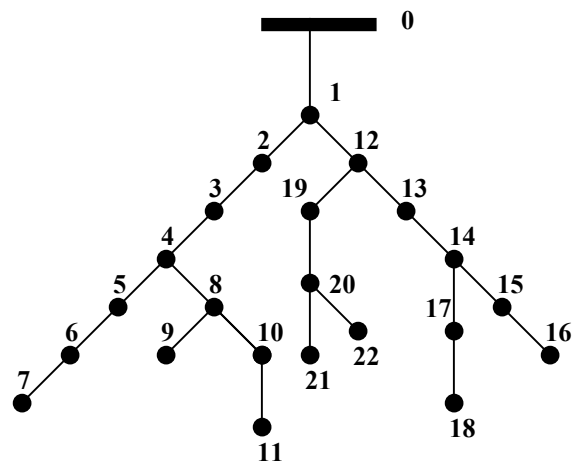
$$\begin{aligned} P_{km} &= (V_k a_{km})^2 g_{km} - (V_k a_{km}) V_m g_{km} \cos \theta_{km} - (V_k a_{km}) V_m b_{km} \sin \theta_{km} \\ Q_{km} &= -(V_k a_{km})^2 b_{km} - (V_k a_{km}) V_m g_{km} \sin \theta_{km} + (V_k a_{km}) V_m b_{km} \cos \theta_{km} \end{aligned} \quad (5)$$

Anexo II

Rede de Distribuição Mariporã (CPFL) - Dados das barras e dos ramos

S/E_Teste	22 nós				
no_inicial	no_final	R(ohm)	jX(ohm)	P(kW)	Q(kVAr)
0	1	0,11037	0,14151	1229,0	505,0
1	2	1,17728	1,50944	80,0	39,0
2	3	1,21407	1,55661	36,0	17,0
3	4	0,35318	0,45283	671,0	325,0
4	5	0,11124	0,10178	176,0	85,0
5	6	0,38934	0,35623	64,0	31,0
6	7	0,83430	0,76335	266,0	129,0
4	8	0,52242	0,66981	72,0	35,0
8	9	0,47827	0,61321	108,0	52,0
8	10	2,83581	1,41453	124,0	60,0
10	11	2,73078	1,36214	28,0	14,0
1	12	1,26036	0,62868	52,0	25,0
12	13	4,51629	2,25277	308,0	149,0
13	14	2,31066	1,15258	16,0	8,0
14	15	3,36096	1,67648	32,0	16,0
15	16	4,83138	2,40994	56,0	27,0
14	17	12,49760	4,17925	68,0	33,0
17	18	8,38880	2,80525	72,0	35,0
12	19	0,48314	0,24099	28,0	13,0
19	20	6,09174	3,03862	72,0	35,0
20	21	2,73078	1,36214	36,0	17,0
20	22	2,94084	1,46692	36,0	17,0

Esquemático da rede

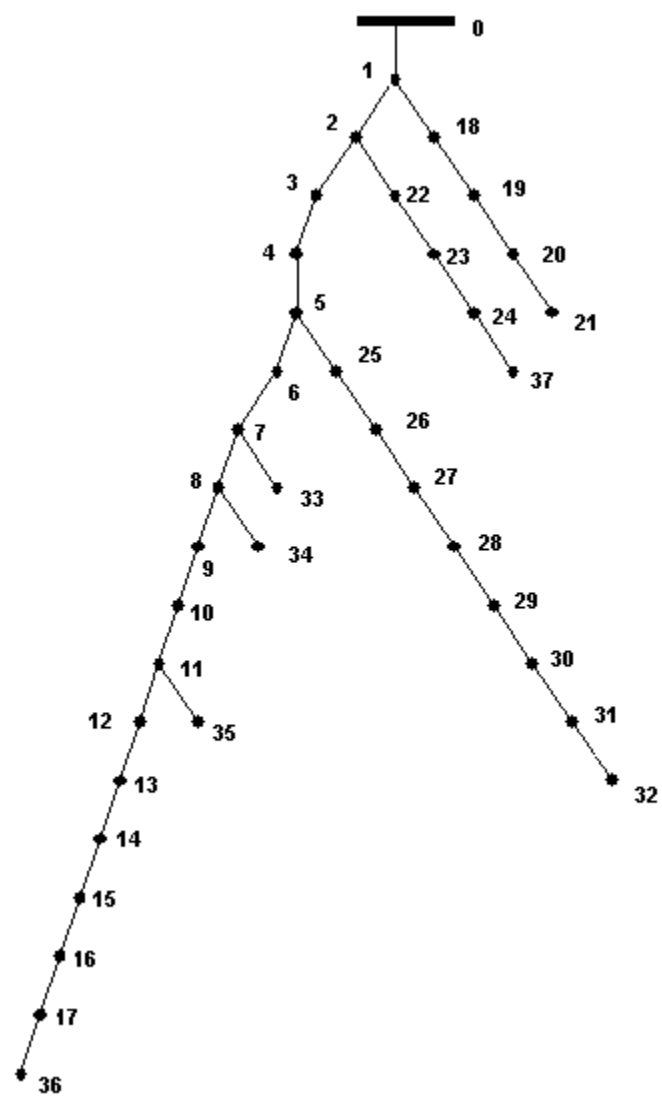


Anexo III

Rede de Distribuição de 37 nós - Dados das barras e dos ramos

S/E_Testes		37 nós			
no_inicial	no_final	R(ohm)	jX(ohm)	P(kW)	Q(kVAr)
0	1	0,0922	0,0470	100,0	60,0
1	2	0,4930	0,2511	90,0	40,0
2	3	0,3660	0,1864	120,0	80,0
3	4	0,3811	0,1941	60,0	30,0
4	5	0,8190	0,7070	60,0	20,0
5	6	0,1872	0,6188	200,0	100,0
6	7	0,7114	0,2351	200,0	100,0
7	8	1,0300	0,7400	60,0	20,0
8	9	1,0440	0,7400	60,0	20,0
9	10	0,1966	0,0650	45,0	30,0
10	11	0,3744	0,1238	60,0	35,0
11	12	1,4680	1,1550	60,0	35,0
12	13	0,5416	0,7129	120,0	80,0
13	14	0,5910	0,5260	60,0	10,0
14	15	0,7463	0,5450	60,0	20,0
15	16	1,2890	1,7210	60,0	20,0
16	17	0,7320	0,5740	90,0	40,0
1	18	0,1640	0,1565	90,0	40,0
18	19	1,5042	1,3554	90,0	40,0
19	20	0,4095	0,4784	90,0	40,0
20	21	0,7089	0,9373	90,0	40,0
2	22	0,4512	0,3083	90,0	50,0
22	23	0,8980	0,7091	420,0	200,0
23	24	0,8960	0,7011	420,0	200,0
5	25	0,2030	0,1034	60,0	25,0
25	26	0,2842	0,1447	60,0	25,0
26	27	1,0590	0,9337	60,0	20,0
27	28	0,8042	0,7006	120,0	70,0
28	29	0,5075	0,2585	200,0	600,0
29	30	0,9744	0,9630	150,0	70,0
30	31	0,3105	0,3619	210,0	100,0
31	32	0,3410	0,5302	60,0	40,0
7	33	2,0000	2,0000	0,0	0,0
8	34	2,0000	2,0000	0,0	0,0
11	35	2,0000	2,0000	0,0	0,0
17	36	0,5000	0,5000	0,0	0,0
24	37	0,5000	0,5000	0,0	0,0

Esquemático da rede



Anexo IV

Dados do circuito IEEE 14 barras

08/19/93 UW ARCHIVE 100.0 1962 W IEEE 14 Bus Test Case																
BUS DATA FOLLOWS 14 ITEMS																
1	Bus_1	HV	1	1	3	1,060	0,0	0,0	0,0	232,4	-16,9	0,0	1,060	0,0	0,0	0,0
2	Bus_2	HV	1	1	2	1,045	-4,98	21,7	12,7	40,0	42,4	0,0	1,045	50,0	-40,0	0,0
3	Bus_3	HV	1	1	2	1,010	-12,72	94,2	19,0	0,0	23,4	0,0	1,010	40,0	0,0	0,0
4	Bus_4	HV	1	1	0	1,019	-10,33	47,8	-3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Bus_5	HV	1	1	0	1,020	-8,78	7,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	Bus_6	LV	1	1	2	1,070	-14,22	11,2	7,5	0,0	12,2	0,0	1,070	24,0	-6,0	0,0
7	Bus_7	ZV	1	1	0	1,062	-13,37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Bus_8	TV	1	1	2	1,090	-13,36	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	1,090	24,0	-6,0	0,0
9	Bus_9	LV	1	1	0	1,056	-14,94	29,5	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,19	0,0
10	Bus_10	LV	1	1	0	1,051	-15,10	9,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	Bus_11	LV	1	1	0	1,057	-14,79	3,5	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Bus_12	LV	1	1	0	1,055	-15,07	6,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	Bus_13	LV	1	1	0	1,050	-15,16	13,5	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	Bus_14	LV	1	1	0	1,036	-16,04	14,9	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BRANCH DATA FOLLOWS 20 ITEMS																
1	2	1	1	1	0	0,01938	0,05917	0,0528	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
1	5	1	1	1	0	0,05403	0,22304	0,0492	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
2	3	1	1	1	0	0,04699	0,19797	0,0438	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
2	4	1	1	1	0	0,05811	0,17632	0,0340	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
2	5	1	1	1	0	0,05695	0,17388	0,0346	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
3	4	1	1	1	0	0,06701	0,17103	0,0128	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
4	5	1	1	1	0	0,01335	0,04211	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
4	7	1	1	1	0	0,0	0,20912	0,0	0	0	0	0	0	0,978	0,0	0,0
4	9	1	1	1	0	0,0	0,55618	0,0	0	0	0	0	0	0,969	0,0	0,0
5	6	1	1	1	0	0,0	0,25202	0,0	0	0	0	0	0	0,932	0,0	0,0
6	11	1	1	1	0	0,09498	0,19890	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
6	12	1	1	1	0	0,12291	0,25581	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
6	13	1	1	1	0	0,06615	0,13027	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
7	8	1	1	1	0	0,0	0,17615	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
7	9	1	1	1	0	0,0	0,11001	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
9	10	1	1	1	0	0,03181	0,08450	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
9	14	1	1	1	0	0,12711	0,27038	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
10	11	1	1	1	0	0,08205	0,19207	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
12	13	1	1	1	0	0,22092	0,19988	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
13	14	1	1	1	0	0,17093	0,34802	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0

Anexo V

Rede de Transmissão IEEE de 30 barras - Dados das barras e dos ramos

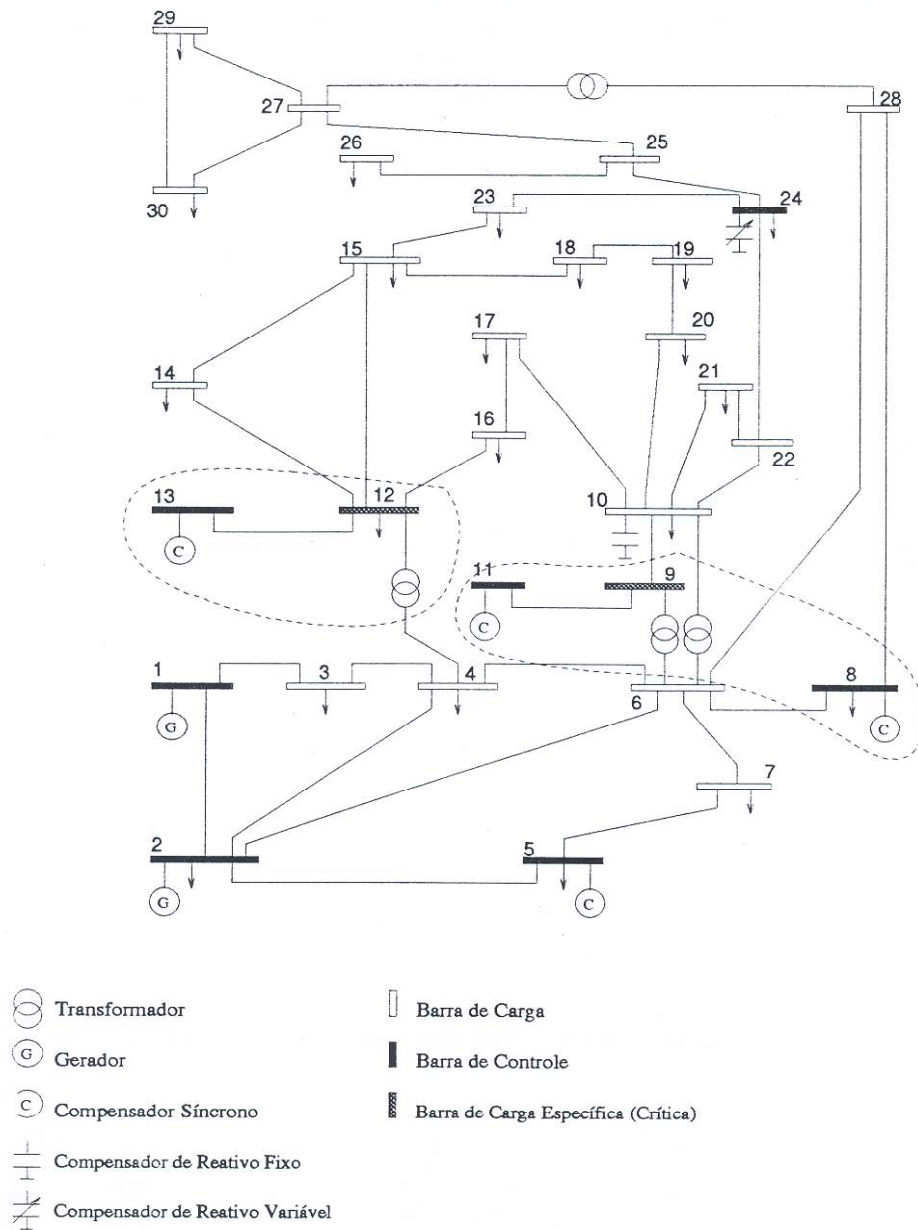
08/20/93 UW ARCHIVE				100.0 1961 W IEEE 30 Bus Test Case												
BUS DATA FOLLOWS				30 ITEMS												
1	Glen_Lyn	132	1 1 3	1,060	0,0	0,0	0,0	260,2	-16,1	132,0	1,060	0,0	0,0	0,0	0,0	0
2	Claytor	132	1 1 2	1,043	-5,48	21,7	12,7	40,0	50,0	132,0	1,045	50,0	-40,0	0,0	0,0	0
3	Kumis	132	1 1 0	1,021	-7,96	2,4	1,2	0,0	0,0	132,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
4	Hancock	132	1 1 0	1,012	-9,62	7,6	1,6	0,0	0,0	132,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
5	Fieldale	132	1 1 2	1,010	-14,37	94,2	19,0	0,0	37,0	132,0	1,010	40,0	-40,0	0,0	0,0	0
6	Roanoke	132	1 1 0	1,010	-11,34	0,0	0,0	0,0	0,0	132,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
7	Blaine	132	1 1 0	1,002	-13,12	22,8	10,9	0,0	0,0	132,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
8	Reusens	132	1 1 2	1,010	-12,10	30,0	30,0	0,0	37,3	132,0	1,010	40,0	-10,0	0,0	0,0	0
9	Roanoke	1,0	1 1 0	1,051	-14,38	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
10	Roanoke	33	1 1 0	1,045	-15,97	5,8	2,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,19	0
11	Roanoke	11	1 1 2	1,082	-14,39	0,0	0,0	0,0	16,2	11,0	1,082	24,0	-6,0	0,0	0,0	0
12	Hancock	33	1 1 0	1,057	-15,24	11,2	7,5	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
13	Hancock	11	1 1 2	1,071	-15,24	0,0	0,0	0,0	10,6	11,0	1,071	24,0	-6,0	0,0	0,0	0
14	Bus_14	33	1 1 0	1,042	-16,13	6,2	1,6	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
15	Bus_15	33	1 1 0	1,038	-16,22	8,2	2,5	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
16	Bus_16	33	1 1 0	1,045	-15,83	3,5	1,8	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
17	Bus_17	33	1 1 0	1,040	-16,14	9,0	5,8	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
18	Bus_18	33	1 1 0	1,028	-16,82	3,2	0,9	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
19	Bus_19	33	1 1 0	1,026	-17,00	9,5	3,4	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
20	Bus_20	33	1 1 0	1,030	-16,80	2,2	0,7	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
21	Bus_21	33	1 1 0	1,033	-16,42	17,5	11,2	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
22	Bus_22	33	1 1 0	1,033	-16,41	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
23	Bus_23	33	1 1 0	1,027	-16,61	3,2	1,6	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
24	Bus_24	33	1 1 0	1,021	-16,78	8,7	6,7	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0
25	Bus_25	33	1 1 0	1,017	-16,35	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	16,35	0,0	0,0	0
26	Bus_26	33	1 1 0	1,000	-16,77	3,5	2,3	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	16,77	0,0	0,0	0
27	Cloverdle	33	1 1 0	1,023	-15,82	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	15,82	0,0	0,0	0
28	Cloverdle	132	1 1 0	1,007	-11,97	0,0	0,0	0,0	0,0	132,0	0,0	0,0	11,97	0,0	0,0	0
29	Bus_29	33	1 1 0	1,003	-17,06	2,4	0,9	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
30	Bus_30	33	1 1 0	0,992	-17,94	10,6	1,9	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

BRANCH DATA FOLLOWS

41 ITEMS

1	2	1	1	1	0	0.0192	0.0575	0.0528	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3	1	1	1	0	0.0452	0.1652	0.0408	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4	1	1	1	0	0.0570	0.1737	0.0368	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	4	1	1	1	0	0.0132	0.0379	0.0084	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5	1	1	1	0	0.0472	0.1983	0.0418	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	6	1	1	1	0	0.0581	0.1763	0.0374	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	6	1	1	1	0	0.0119	0.0414	0.0090	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	7	1	1	1	0	0.0460	0.1160	0.0204	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	7	1	1	1	0	0.0267	0.0820	0.0170	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	8	1	1	1	0	0.0120	0.0420	0.0090	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	9	1	1	1	0	0.0	0.2080	0.0	0	0	0	0	0	0.978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	10	1	1	1	0	0.0	0.5560	0.0	0	0	0	0	0	0.969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	11	1	1	1	0	0.0	0.2080	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	10	1	1	1	0	0.0	0.1100	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	12	1	1	1	0	0.0	0.2560	0.0	0	0	0	0	0	0.932	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	13	1	1	1	0	0.0	0.1400	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	14	1	1	1	0	0.1231	0.2559	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	15	1	1	1	0	0.0662	0.1304	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	16	1	1	1	0	0.0945	0.1987	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	15	1	1	1	0	0.2210	0.1997	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	17	1	1	1	0	0.0524	0.1923	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	18	1	1	1	0	0.1073	0.2185	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	19	1	1	1	0	0.0639	0.1292	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	20	1	1	1	0	0.0340	0.0680	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1	1	1	0	0.0936	0.2090	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	17	1	1	1	0	0.0324	0.0845	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	21	1	1	1	0	0.0348	0.0749	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	22	1	1	1	0	0.0727	0.1499	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	22	1	1	1	0	0.0116	0.0236	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	23	1	1	1	0	0.1000	0.2020	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	24	1	1	1	0	0.1150	0.1790	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	24	1	1	1	0	0.1320	0.2700	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	25	1	1	1	0	0.1885	0.3292	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	26	1	1	1	0	0.2544	0.3800	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	27	1	1	1	0	0.1093	0.2087	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	27	1	1	1	0	0.0	0.3960	0.0	0	0	0	0	0	0.968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	29	1	1	1	0	0.2198	0.4153	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	30	1	1	1	0	0.3202	0.6027	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	30	1	1	1	0	0.2399	0.4533	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	28	1	1	1	0	0.0636	0.2000	0.0428	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	28	1	1	1	0	0.0169	0.0599	0.0130	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esquemático da rede IEEE 30 barras



Anexo VI

Rede de Transmissão IEEE de 57 barras - Dados das barras e dos ramos

08/25/93 UW ARCHIVE					100.0 1961 W IEEE 57 Bus Test Case														
BUS DATA FOLLOWS					57 ITEMS														
1	Kanawha	V1	1	1	3	1,040	0,0	55,0	17,0	128,9	-16,1	0,0	1,040	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
2	Turner	V1	1	1	2	1,010	-1,18	3,0	88,0	0,0	-0,8	0,0	1,010	50,0	-17,0	0,0	0,0	0	
3	Logan	V1	1	1	2	0,985	-5,97	41,0	21,0	40,0	-1,0	0,0	0,985	60,0	-10,0	0,0	0,0	0	
4	Sprigg	V1	1	1	0	0,981	-7,32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
5	Bus_5	V1	1	1	0	0,976	-8,52	13,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
6	Beaver_Ck	V1	1	1	2	0,980	-8,65	75,0	2,0	0,0	0,8	0,0	0,980	25,0	-8,0	0,0	0,0	0	
7	Bus_7	V1	1	1	0	0,984	-7,58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
8	Clinch_Rv	V1	1	1	2	1,005	-4,45	150,0	22,0	450,0	62,1	0,0	1,005	200,0	-140,0	0,0	0,0	0	
9	Saltville	V1	1	1	2	0,980	-9,56	121,0	26,0	0,0	2,2	0,0	0,980	9,0	-3,0	0,0	0,0	0	
10	Bus_10	V1	1	1	0	0,986	-11,43	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
11	Tazewell	V1	1	1	0	0,974	-10,17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
12	Glen_Lyn	V1	1	1	2	1,015	-10,46	377,0	24,0	310,0	128,5	0,0	1,015	155,0	-150,0	0,0	0,0	0	
13	Bus_13	V1	1	1	0	0,979	-9,79	18,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
14	Bus_14	V1	1	1	0	0,970	-9,33	10,5	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
15	Bus_15	V1	1	1	0	0,988	-7,18	22,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
16	Bus_16	V1	1	1	0	1,013	-8,85	43,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
17	Bus_17	V1	1	1	0	1,017	-5,39	42,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
18	Sprigg	V2	1	1	0	1,001	-11,71	27,2	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
19	Bus_19	V2	1	1	0	0,970	-13,20	3,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
20	Bus_20	V2	1	1	0	0,964	-13,41	2,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
21	Bus_21	V3	1	1	0	1,008	-12,89	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
22	Bus_22	V3	1	1	0	1,010	-12,84	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
23	Bus_23	V3	1	1	0	1,008	-12,91	6,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
24	Bus_24	V3	1	1	0	0,999	-13,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
25	Bus_25	V4	1	1	0	0,982	-18,13	6,3	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,059	0
26	Bus_26	V5	1	1	0	0,959	-12,95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
27	Bus_27	V5	1	1	0	0,982	-11,48	9,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
28	Bus_28	V5	1	1	0	0,997	-10,45	4,6	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
29	Bus_29	V5	1	1	0	1,010	-9,75	17,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
30	Bus_30	V4	1	1	0	0,962	-18,68	3,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
31	Bus_31	V4	1	1	0	0,936	-19,34	5,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
32	Bus_32	V4	1	1	0	0,949	-18,46	1,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
33	Bus_33	V4	1	1	0	0,947	-18,50	3,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
34	Bus_34	V3	1	1	0	0,959	-14,10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
35	Bus_35	V3	1	1	0	0,966	-13,86	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	

36	Bus_36	V3	1	1	0	0,976	-13,59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
37	Bus_37	V3	1	1	0	0,985	-13,41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
38	Bus_38	V3	1	1	0	1,013	-12,71	14,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
39	Bus_39	V3	1	1	0	0,983	-13,46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
40	Bus_40	V3	1	1	0	0,973	-13,62	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
41	Tazewell	V6	1	1	0	0,996	-14,05	6,3	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
42	Bus_42	V6	1	1	0	0,966	-15,50	7,1	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
43	Tazewell	V7	1	1	0	1,010	-11,33	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
44	Bus_44	V3	1	1	0	1,017	-11,86	12,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
45	Bus_45	V3	1	1	0	1,036	-9,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
46	Bus_46	V3	1	1	0	1,050	-11,89	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
47	Bus_47	V3	1	1	0	1,033	-12,49	29,7	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
48	Bus_48	V3	1	1	0	1,027	-12,59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
49	Bus_49	V3	1	1	0	1,036	-12,92	18,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
50	Bus_50	V3	1	1	0	1,023	-13,39	21,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
51	Bus_51	V3	1	1	0	1,052	-12,52	18,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
52	Bus_52	V5	1	1	0	0,980	-11,47	4,9	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
53	Bus_53	V5	1	1	0	0,971	-12,23	20,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
54	Bus_54	V5	1	1	0	0,996	-11,69	4,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
55	Saltville	V5	1	1	0	1,031	-10,78	6,8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
56	Bus_56	V6	1	1	0	0,968	-16,04	7,6	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
57	Bus_57	V6	1	1	0	0,965	-16,56	6,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

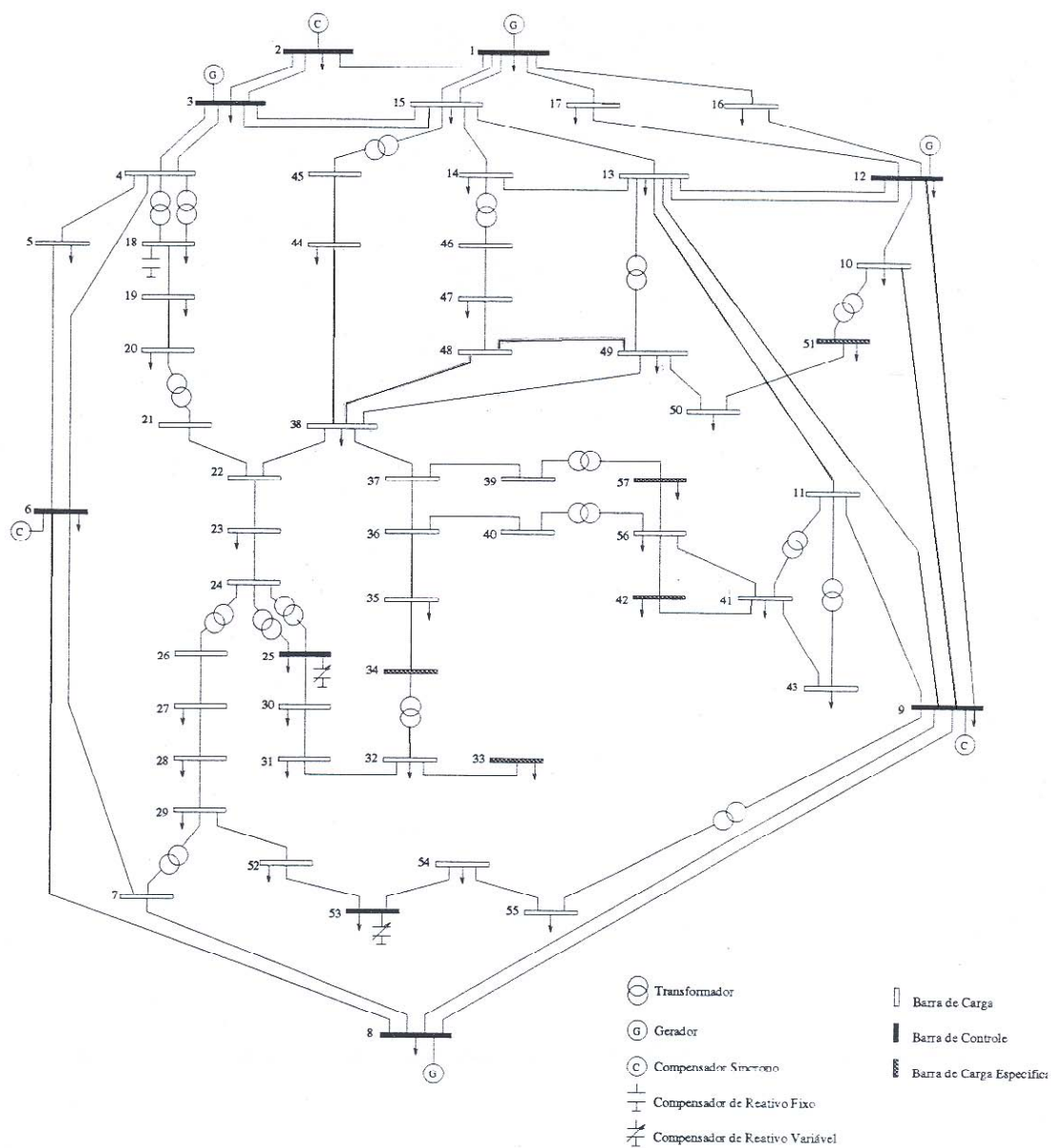
BRANCH DATA FOLLOWS

80 ITEMS

1	2	1	1	1	0	0,0083	0,0280	0,1290	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	3	1	1	1	0	0,0298	0,0850	0,0818	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	4	1	1	1	0	0,0112	0,0366	0,0380	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	5	1	1	1	0	0,0625	0,1320	0,0258	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	6	1	1	1	0	0,0430	0,1480	0,0348	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	7	1	1	1	0	0,0200	0,1020	0,0276	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	8	1	1	1	0	0,0339	0,1730	0,0470	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	9	1	1	1	0	0,0099	0,0505	0,0548	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	10	1	1	1	0	0,0369	0,1679	0,0440	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	11	1	1	1	0	0,0258	0,0848	0,0218	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	12	1	1	1	0	0,0648	0,2950	0,0772	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	13	1	1	1	0	0,0481	0,1580	0,0406	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	14	1	1	1	0	0,0132	0,0434	0,0110	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	15	1	1	1	0	0,0269	0,0869	0,0230	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	15	1	1	1	0	0,0178	0,0910	0,0988	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	16	1	1	1	0	0,0454	0,2060	0,0546	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	17	1	1	1	0	0,0238	0,1080	0,0286	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	15	1	1	1	0	0,0162	0,0530	0,0544	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	18	1	1	1	0	0,0	0,5550	0,0	0	0	0	0	0	0,970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	18	1	1	1	0	0,0	0,4300	0,0	0	0	0	0	0	0,978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	6	1	1	1	0	0,0302	0,0641	0,0124	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	8	1	1	1	0	0,0139	0,0712	0,0194	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	12	1	1	1	0	0,0277	0,1262	0,0328	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	13	1	1	1	0	0,0223	0,0732	0,0188	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	13	1	1	1	0	0,0178	0,0580	0,0604	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	16	1	1	1	0	0,0180	0,0813	0,0216	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	17	1	1	1	0	0,0397	0,1790	0,0476	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	15	1	1	1	0	0,0171	0,0547	0,0148	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	19	1	1	1	0	0,4610	0,6850	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

19	20	1	1	1	0	0,2830	0,4340	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	20	1	1	1	0	0,0	0,7767	0,0	0	0	0	0	0	1,043	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	22	1	1	1	0	0,0736	0,1170	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	23	1	1	1	0	0,0099	0,0152	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	24	1	1	1	0	0,1660	0,2560	0,0084	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	25	1	1	1	0	0,0	1,1820	0,0	0	0	0	0	0	1,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	25	1	1	1	0	0,0	1,2300	0,0	0	0	0	0	0	1,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	26	1	1	1	0	0,0	0,0473	0,0	0	0	0	0	0	1,043	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	27	1	1	1	0	0,1650	0,2540	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	28	1	1	1	0	0,0618	0,0954	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	29	1	1	1	0	0,0418	0,0587	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	29	1	1	1	0	0,0	0,0648	0,0	0	0	0	0	0	0,967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	30	1	1	1	0	0,1350	0,2020	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	31	1	1	1	0	0,3260	0,4970	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	32	1	1	1	0	0,5070	0,7550	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	33	1	1	1	0	0,0392	0,0360	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	32	1	1	1	0	0,0	0,9530	0,0	0	0	0	0	0	0,975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	35	1	1	1	0	0,0520	0,0780	0,0032	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	36	1	1	1	0	0,0430	0,0537	0,0016	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36	37	1	1	1	0	0,0290	0,0366	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	38	1	1	1	0	0,0651	0,1009	0,0020	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	39	1	1	1	0	0,0239	0,0379	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36	40	1	1	1	0	0,0300	0,0466	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	38	1	1	1	0	0,0192	0,0295	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	41	1	1	1	0	0,0	0,7490	0,0	0	0	0	0	0	0,955	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	42	1	1	1	0	0,2070	0,3520	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	43	1	1	1	0	0,0	0,4120	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	44	1	1	1	0	0,0289	0,0585	0,0020	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	45	1	1	1	0	0,0	0,1042	0,0	0	0	0	0	0	0,955	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	46	1	1	1	0	0,0	0,0735	0,0	0	0	0	0	0	0,900	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	47	1	1	1	0	0,0230	0,0680	0,0032	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	48	1	1	1	0	0,0182	0,0233	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	49	1	1	1	0	0,0834	0,1290	0,0048	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	50	1	1	1	0	0,0801	0,1280	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	51	1	1	1	0	0,1386	0,2200	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	51	1	1	1	0	0,0	0,0712	0,0	0	0	0	0	0	0,930	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	49	1	1	1	0	0,0	0,1910	0,0	0	0	0	0	0	0,895	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	52	1	1	1	0	0,1442	0,1870	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
52	53	1	1	1	0	0,0762	0,0984	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
53	54	1	1	1	0	0,1878	0,2320	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	55	1	1	1	0	0,1732	0,2265	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	43	1	1	1	0	0,0	0,1530	0,0	0	0	0	0	0	0,958	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	45	1	1	1	0	0,0624	0,1242	0,0040	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	56	1	1	1	0	0,0	1,1950	0,0	0	0	0	0	0	0,958	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	41	1	1	1	0	0,5530	0,5490	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	42	1	1	1	0	0,2125	0,3540	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	57	1	1	1	0	0,0	1,3550	0,0	0	0	0	0	0	0,980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	56	1	1	1	0	0,1740	0,2600	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	49	1	1	1	0	0,1150	0,1770	0,0030	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	48	1	1	1	0	0,0312	0,0482	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	55	1	1	1	0	0,0	0,1205	0,0	0	0	0	0	0	0,940	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Esquemático da rede IEEE 57 barras



Anexo VII

Rede de Transmissão IEEE de 118 barras - Dados das barras e dos ramos

08/25/93 UW ARCHIVE			100.0 1961 W IEEE 118Bus Test Case														
BUS DATA FOLLOWS			118 ITEMS														
1	Riversde	V2 1 1 2	0,955	10,67	51,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,955	15,0	-5,0	0,0	0,0	0		
2	Pokagon	V2 1 1 0	0,971	11,22	20,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
3	HickryCk	V2 1 1 0	0,968	11,56	39,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
4	NwCarlsI	V2 1 1 2	0,998	15,28	30,0	12,0	-9,0	0,0	0,0	0,998	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		
5	Olive	V2 1 1 0	1,002	15,73	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,40	0		
6	Kankakee	V2 1 1 2	0,990	13,00	52,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,990	50,0	-13,0	0,0	0,0	0		
7	JacksnRd	V2 1 1 0	0,989	12,56	19,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
8	Olive	V1 1 1 2	1,015	20,77	0,0	0,0	-28,0	0,0	0,0	1,015	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		
9	Bequine	V1 1 1 0	1,043	28,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
10	Breed	V1 1 1 2	1,050	35,61	0,0	0,0	450,0	0,0	0,0	1,050	200,0	-147,0	0,0	0,0	0		
11	SouthBnd	V2 1 1 0	0,985	12,72	70,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
12	TwinBrch	V2 1 1 2	0,990	12,20	47,0	10,0	85,0	0,0	0,0	0,990	120,0	-35,0	0,0	0,0	0		
13	Concord	V2 1 1 0	0,968	11,35	34,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
14	GoshenJt	V2 1 1 0	0,984	11,50	14,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
15	FtWayne	V2 1 1 2	0,970	11,23	90,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,970	30,0	-10,0	0,0	0,0	0		
16	N,_E,	V2 1 1 0	0,984	11,91	25,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
17	Sorenson	V2 1 1 0	0,995	13,74	11,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
18	McKinley	V2 1 1 2	0,973	11,53	60,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,973	50,0	-16,0	0,0	0,0	0		
19	Lincoln	V2 1 1 2	0,963	11,05	45,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,962	24,0	-8,0	0,0	0,0	0		
20	Adams	V2 1 1 0	0,958	11,93	18,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
21	Jay	V2 1 1 0	0,959	13,52	14,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
22	Randolph	V2 1 1 0	0,970	16,08	10,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
23	CollCrnr	V2 1 1 0	1,000	21,00	7,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
24	Trenton	V2 1 1 2	0,992	20,89	0,0	0,0	-13,0	0,0	0,0	0,992	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		
25	TannrsCk	V2 1 1 2	1,050	27,93	0,0	0,0	220,0	0,0	0,0	1,050	140,0	-47,0	0,0	0,0	0		
26	TannrsCk	V1 1 1 2	1,015	29,71	0,0	0,0	314,0	0,0	0,0	1,015	1000,0	-1000,0	0,0	0,0	0		
27	Madison	V2 1 1 2	0,968	15,35	62,0	13,0	-9,0	0,0	0,0	0,968	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		
28	Mullin	V2 1 1 0	0,962	13,62	17,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
29	Grant	V2 1 1 0	0,963	12,63	24,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
30	Sorenson	V1 1 1 0	0,968	18,79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
31	DeerCrk	V2 1 1 2	0,967	12,75	43,0	27,0	7,0	0,0	0,0	0,967	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		
32	Delaware	V2 1 1 2	0,964	14,80	59,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,963	42,0	-14,0	0,0	0,0	0		
33	Haviland	V2 1 1 0	0,972	10,63	23,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
34	Rockhill	V2 1 1 2	0,986	11,30	59,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,984	24,0	-8,0	0,0	0,14	0		
35	WestLima	V2 1 1 0	0,981	10,87	33,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
36	Sterling	V2 1 1 2	0,980	10,87	31,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,980	24,0	-8,0	0,0	0,0	0		
37	EastLima	V2 1 1 0	0,992	11,77	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,25	0		
38	EastLima	V1 1 1 0	0,962	16,91	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
39	NwLibrty	V2 1 1 0	0,970	8,41	27,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
40	West_End	V2 1 1 2	0,970	7,35	20,0	23,0	-46,0	0,0	0,0	0,970	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		
41	S,Tiffin	V2 1 1 0	0,967	6,92	37,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
42	Howard	V2 1 1 2	0,985	8,53	37,0	23,0	-59,0	0,0	0,0	0,985	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		
43	S,Kenton	V2 1 1 0	0,978	11,28	18,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
44	WMVernon	V2 1 1 0	0,985	13,82	16,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10	0		
45	N,Newark	V2 1 1 0	0,987	15,67	53,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10	0		
46	W,Lancst	V2 1 1 2	1,005	18,49	28,0	10,0	19,0	0,0	0,0	1,005	100,0	-100,0	0,0	0,10	0		
47	Crooksvl	V2 1 1 0	1,017	20,73	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
48	Zanesvll	V2 1 1 0	1,021	19,93	20,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,15	0		
49	Philo	V2 1 1 2	1,025	20,94	87,0	30,0	204,0	0,0	0,0	1,025	210,0	-85,0	0,0	0,0	0		
50	WCambrdg	V2 1 1 0	1,001	18,90	17,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
51	Newcmrst	V2 1 1 0	0,967	16,28	17,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
52	SCoshoct	V2 1 1 0	0,957	15,32	18,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
53	Wooster	V2 1 1 0	0,946	14,35	23,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
54	Torrey	V2 1 1 2	0,955	15,26	113,0	32,0	48,0	0,0	0,0	0,955	300,0	-300,0	0,0	0,0	0		

55	Wagenhls	V2	1	1	2	0,952	14,97	63,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,952	23,0	-8,0	0,0	0,0	0
56	Sunnysde	V2	1	1	2	0,954	15,16	84,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,954	15,0	-8,0	0,0	0,0	0
57	WNwPhil1	V2	1	1	0	0,971	16,36	12,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
58	WNwPhil2	V2	1	1	0	0,959	15,51	12,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
59	Tidd	V2	1	1	2	0,985	19,37	277,0	113,0	155,0	0,0	0,0	0,985	180,0	-60,0	0,0	0,0	0
60	SWKammer	V2	1	1	0	0,993	23,15	78,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
61	W,Kammer	V2	1	1	2	0,995	24,04	0,0	0,0	160,0	0,0	0,0	0,995	300,0	-100,0	0,0	0,0	0
62	Natrium	V2	1	1	2	0,998	23,43	77,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,998	20,0	-20,0	0,0	0,0	0
63	Tidd	V1	1	1	0	0,969	22,75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
64	Kammer	V1	1	1	0	0,984	24,52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
65	Muskngum	V1	1	1	2	1,005	27,65	0,0	0,0	391,0	0,0	0,0	1,005	200,0	-67,0	0,0	0,0	0
66	Muskngum	V2	1	1	2	1,050	27,48	39,0	18,0	392,0	0,0	0,0	1,050	200,0	-67,0	0,0	0,0	0
67	Summerfl	V2	1	1	0	1,020	24,84	28,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
68	Sporn	V1	1	1	0	1,003	27,55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
69	Sporn	V2	1	1	3	1,035	30,00	0,0	0,0	516,4	0,0	0,0	1,035	300,0	-300,0	0,0	0,0	0
70	Portsmth	V2	1	1	2	0,984	22,58	66,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,984	32,0	-10,0	0,0	0,0	0
71	NPortsmt	V2	1	1	0	0,987	22,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
72	Hillsbro	V2	1	1	2	0,980	20,98	0,0	0,0	-12,0	0,0	0,0	0,980	100,0	-100,0	0,0	0,0	0
73	Sargents	V2	1	1	2	0,991	21,94	0,0	0,0	-6,0	0,0	0,0	0,991	100,0	-100,0	0,0	0,0	0
74	Beliefnt	V2	1	1	2	0,958	21,64	68,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,958	9,0	-6,0	0,0	0,12	0
75	SthPoint	V2	1	1	0	0,967	22,91	47,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
76	Darrah	V2	1	1	2	0,943	21,77	68,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,943	23,0	-8,0	0,0	0,0	0
77	Turner	V2	1	1	2	1,006	26,72	61,0	28,0	0,0	0,0	0,0	1,006	70,0	-20,0	0,0	0,0	0
78	Chemical	V2	1	1	0	1,003	26,42	71,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
79	CapitlHI	V2	1	1	0	1,009	26,72	39,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,20	0
80	CabinCrk	V2	1	1	2	1,040	28,96	130,0	26,0	477,0	0,0	0,0	1,040	280,0	-165,0	0,0	0,0	0
81	Kanawha	V1	1	1	0	0,997	28,10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
82	Logan	V2	1	1	0	0,989	27,24	54,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,20	0
83	Sprigg	V2	1	1	0	0,985	28,42	20,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10	0
84	BetsylNe	V2	1	1	0	0,980	30,95	11,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
85	BeaverCk	V2	1	1	2	0,985	32,51	24,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,985	23,0	-8,0	0,0	0,0	0
86	Hazard	V2	1	1	0	0,987	31,14	21,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
87	Pinevle	V3	1	1	2	1,015	31,40	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,015	1000,0	-100,0	0,0	0,0	0
88	Fremont	V2	1	1	0	0,987	35,64	48,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
89	ClinchRv	V2	1	1	2	1,005	39,69	0,0	0,0	607,0	0,0	0,0	1,005	300,0	-210,0	0,0	0,0	0
90	Holston	V2	1	1	2	0,985	33,29	78,0	42,0	-85,0	0,0	0,0	0,985	300,0	-300,0	0,0	0,0	0
91	HolstonT	V2	1	1	2	0,980	33,31	0,0	0,0	-10,0	0,0	0,0	0,980	100,0	-100,0	0,0	0,0	0
92	Saltvle	V2	1	1	2	0,993	33,80	65,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,990	9,0	-3,0	0,0	0,0	0
93	Tazewell	V2	1	1	0	0,987	30,79	12,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
94	Switchbk	V2	1	1	0	0,991	28,64	30,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
95	Caldwell	V2	1	1	0	0,981	27,67	42,0	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
96	Baileysv	V2	1	1	0	0,993	27,51	38,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
97	Sundial	V2	1	1	0	1,011	27,88	15,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
98	Bradley	V2	1	1	0	1,024	27,40	34,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
99	Hinton	V2	1	1	2	1,010	27,04	0,0	0,0	-42,0	0,0	0,0	1,010	100,0	-100,0	0,0	0,0	0
100	Glen_Lyn	V2	1	1	2	1,017	28,03	37,0	18,0	252,0	0,0	0,0	1,017	155,0	-50,0	0,0	0,0	0
101	Wythe	V2	1	1	0	0,993	29,61	22,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
102	Smythe	V2	1	1	0	0,991	32,30	5,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
103	Claytor	V2	1	1	2	1,001	24,44	23,0	16,0	40,0	0,0	0,0	1,01	40,0	-15,0	0,0	0,0	0
104	Hancock	V2	1	1	2	0,971	21,69	38,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,971	23,0	-8,0	0,0	0,0	0
105	Roanoke	V2	1	1	2	0,965	20,57	31,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,965	23,0	-8,0	0,0	0,20	0
106	Cloverdl	V2	1	1	0	0,962	20,32	43,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
107	Reusens	V2	1	1	2	0,952	17,53	28,0	12,0	-22,0	0,0	0,0	0,952	200,0	-200,0	0,0	0,06	0
108	Blaine	V2	1	1	0	0,967	19,38	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
109	Franklin	V2	1	1	0	0,967	18,93	8,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
110	Fieldale	V2	1	1	2	0,973	18,09	39,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,973	23,0	-8,0	0,0	0,06	0
111	DanRiver	V2	1	1	2	0,980	19,74	0,0	0,0	36,0	0,0	0,0	0,980	1000,0	-100,0	0,0	0,0	0
112	Danville	V2	1	1	2	0,975	14,99	25,0	13,0	-43,0	0,0	0,0	0,975	1000,0	-100,0	0,0	0,0	0
113	Deer_Crk	V2	1	1	2	0,993	13,74	0,0	0,0	-6,0	0,0	0,0	0,993	200,0	-100,0	0,0	0,0	0
114	WMedford	V2	1	1	0	0,960	14,46	8,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
115	Medford	V2	1	1	0	0,960	14,46	22,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
116	KygerCrk	V2	1	1	2	1,005	27,12	0,0	0,0	-184,0	0,0	0,0	1,005	1000,0	-1000,0	0,0	0,0	0
117	Corey	V2	1	1	0	0,974	10,67	20,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
118	WHuntngd	V2	1	1	0	0,949	21,92	33,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

BRANCH DATA FOLLOWS

186 ITEMS

1	2	1	1	1	0	0,03030	0,09990	0,02540	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	3	1	1	1	0	0,01290	0,04240	0,01082	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	5	1	1	1	0	0,00176	0,00798	0,00210	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	5	1	1	1	0	0,02410	0,10800	0,02840	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	6	1	1	1	0	0,01190	0,05400	0,01426	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	7	1	1	1	0	0,00459	0,02080	0,00550	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	9	1	1	1	0	0,00244	0,03050	1,16200	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	5	1	1	1	1	0,00000	0,02670	0,0	0	0	0	0	0	0,985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	10	1	1	1	0	0,00258	0,03220	1,23000	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	11	1	1	1	0	0,02090	0,06880	0,01748	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	11	1	1	1	0	0,02030	0,06820	0,01738	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	12	1	1	1	0	0,00595	0,01960	0,00502	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	12	1	1	1	0	0,01870	0,06160	0,01572	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	12	1	1	1	0	0,04840	0,16000	0,04060	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	12	1	1	1	0	0,00862	0,03400	0,00874	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	13	1	1	1	0	0,02225	0,07310	0,01876	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	14	1	1	1	0	0,02150	0,07070	0,01816	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	15	1	1	1	0	0,07440	0,24440	0,06268	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	15	1	1	1	0	0,05950	0,19500	0,05020	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	16	1	1	1	0	0,02120	0,08340	0,02140	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	17	1	1	1	0	0,01320	0,04370	0,04440	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	17	1	1	1	0	0,04540	0,18010	0,04660	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	18	1	1	1	0	0,01230	0,05050	0,01298	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	19	1	1	1	0	0,01119	0,04930	0,01142	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	20	1	1	1	0	0,02520	0,11700	0,02980	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	19	1	1	1	0	0,01200	0,03940	0,01010	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	21	1	1	1	0	0,01830	0,08490	0,02160	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	22	1	1	1	0	0,02090	0,09700	0,02460	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	23	1	1	1	0	0,03420	0,15900	0,04040	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	24	1	1	1	0	0,01350	0,04920	0,04980	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	25	1	1	1	0	0,01560	0,08000	0,08640	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	25	1	1	1	1	0,00000	0,03820	0,0	0	0	0	0	0	0,960	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	27	1	1	1	0	0,03180	0,16300	0,17640	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	28	1	1	1	0	0,01913	0,08550	0,02160	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	29	1	1	1	0	0,02370	0,09430	0,02380	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	17	1	1	1	1	0,00000	0,03880	0,0	0	0	0	0	0	0,960	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	30	1	1	1	0	0,00431	0,05040	0,51400	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	30	1	1	1	0	0,00799	0,08600	0,90800	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	31	1	1	1	0	0,04740	0,15630	0,03990	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	31	1	1	1	0	0,01080	0,03310	0,00830	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	32	1	1	1	0	0,03170	0,11530	0,11730	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	32	1	1	1	0	0,02980	0,09850	0,02510	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	32	1	1	1	0	0,02290	0,07550	0,01926	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	33	1	1	1	0	0,03800	0,12440	0,03194	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	34	1	1	1	0	0,07520	0,24700	0,06320	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	36	1	1	1	0	0,00224	0,01020	0,00268	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	37	1	1	1	0	0,01100	0,04970	0,01318	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
33	37	1	1	1	0	0,04150	0,14200	0,03660	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	36	1	1	1	0	0,00871	0,02680	0,00568	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	37	1	1	1	0	0,00256	0,00940	0,00984	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	37	1	1	1	1	0,00000	0,03750	0,0	0	0	0	0	0	0,935	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	39	1	1	1	0	0,03210	0,10600	0,02700	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	40	1	1	1	0	0,05930	0,16800	0,04200	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	38	1	1	1	0	0,00464	0,05400	0,42200	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	40	1	1	1	0	0,01840	0,06050	0,01552	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	41	1	1	1	0	0,01450	0,04870	0,01222	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	42	1	1	1	0	0,05550	0,18300	0,04660	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	42	1	1	1	0	0,04100	0,13500	0,03440	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	44	1	1	1	0	0,06080	0,24540	0,06068	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	43	1	1	1	0	0,04130	0,16810	0,04226	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	45	1	1	1	0	0,02240	0,09010	0,02240	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	46	1	1	1	0	0,04000	0,13560	0,03320	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	47	1	1	1	0	0,03800	0,12700	0,03160	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

46	48	1	1	1	0	0,06010	0,18900	0,04720	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	49	1	1	1	0	0,01910	0,06250	0,01604	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	49	1	1	1	0	0,07150	0,32300	0,08600	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	49	1	1	1	0	0,07150	0,32300	0,08600	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	49	1	1	1	0	0,06840	0,18600	0,04440	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	49	1	1	1	0	0,01790	0,05050	0,01258	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	50	1	1	1	0	0,02670	0,07520	0,01874	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	51	1	1	1	0	0,04860	0,13700	0,03420	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	52	1	1	1	0	0,02030	0,05880	0,01396	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
52	53	1	1	1	0	0,04050	0,16350	0,04058	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
53	54	1	1	1	0	0,02630	0,12200	0,03100	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	54	1	1	1	0	0,07300	0,28900	0,07380	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	54	1	1	1	0	0,08690	0,29100	0,07300	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	55	1	1	1	0	0,01690	0,07070	0,02020	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	56	1	1	1	0	0,00275	0,00955	0,00732	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	56	1	1	1	0	0,00488	0,01510	0,00374	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	57	1	1	1	0	0,03430	0,09660	0,02420	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	57	1	1	1	0	0,04740	0,13400	0,03320	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	58	1	1	1	0	0,03430	0,09660	0,02420	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	58	1	1	1	0	0,02550	0,07190	0,01788	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	59	1	1	1	0	0,05030	0,22930	0,05980	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	59	1	1	1	0	0,08250	0,25100	0,05690	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	59	1	1	1	0	0,08030	0,23900	0,05360	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	59	1	1	1	0	0,04739	0,21580	0,05646	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59	60	1	1	1	0	0,03170	0,14500	0,03760	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59	61	1	1	1	0	0,03280	0,15000	0,03880	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	61	1	1	1	0	0,00264	0,01350	0,01456	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	62	1	1	1	0	0,01230	0,05610	0,01468	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
61	62	1	1	1	0	0,00824	0,03760	0,00980	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
63	59	1	1	1	1	0,00000	0,03860	0,0	0	0	0	0	0	0,960	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
63	64	1	1	1	0	0,00172	0,02000	0,21600	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
64	61	1	1	1	1	0,00000	0,02680	0,0	0	0	0	0	0	0,985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	65	1	1	1	0	0,00901	0,09860	1,04600	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
64	65	1	1	1	0	0,00269	0,03020	0,38000	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	66	1	1	1	0	0,01800	0,09190	0,02480	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	66	1	1	1	0	0,01800	0,09190	0,02480	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
62	66	1	1	1	0	0,04820	0,21800	0,05780	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
62	67	1	1	1	0	0,02580	0,11700	0,03100	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
65	66	1	1	1	1	0,00000	0,03700	0,0	0	0	0	0	0	0,935	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
66	67	1	1	1	0	0,02240	0,10150	0,02682	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
65	68	1	1	1	0	0,00138	0,01600	0,63800	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	69	1	1	1	0	0,08440	0,27780	0,07092	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	69	1	1	1	0	0,09850	0,32400	0,08280	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
68	69	1	1	1	1	0,00000	0,03700	0,0	0	0	0	0	0	0,935	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
69	70	1	1	1	0	0,03000	0,12700	0,12200	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	70	1	1	1	0	0,00221	0,41150	0,10198	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
70	71	1	1	1	0	0,00882	0,03550	0,00878	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	72	1	1	1	0	0,04880	0,19600	0,04880	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
71	72	1	1	1	0	0,04460	0,18000	0,04444	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
71	73	1	1	1	0	0,00866	0,04540	0,01178	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
70	74	1	1	1	0	0,04010	0,13230	0,03368	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
70	75	1	1	1	0	0,04280	0,14100	0,03600	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
69	75	1	1	1	0	0,04050	0,12200	0,12400	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
74	75	1	1	1	0	0,01230	0,04060	0,01034	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
76	77	1	1	1	0	0,04440	0,14800	0,03680	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
69	77	1	1	1	0	0,03090	0,10100	0,10380	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	77	1	1	1	0	0,06010	0,19990	0,04978	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
77	78	1	1	1	0	0,00376	0,01240	0,01264	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
78	79	1	1	1	0	0,00546	0,02440	0,00648	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
77	80	1	1	1	0	0,01700	0,04850	0,04720	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
77	80	1	1	1	0	0,02940	0,10500	0,02280	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
79	80	1	1	1	0	0,01560	0,07040	0,01870	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
68	81	1	1	1	0	0,00175	0,02020	0,80800	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
81	80	1	1	1	1	0,00000	0,03700	0,0	0	0	0	0	0	0,935	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
77	82	1	1	1	0	0,02980	0,08530	0,08174	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

82	83	1	1	1	0	0,01120	0,03665	0,03796	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
83	84	1	1	1	0	0,06250	0,13200	0,02580	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
83	85	1	1	1	0	0,04300	0,14800	0,03480	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
84	85	1	1	1	0	0,03020	0,06410	0,01234	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	86	1	1	1	0	0,03500	0,12300	0,02760	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
86	87	1	1	1	0	0,02828	0,20740	0,04450	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	88	1	1	1	0	0,02000	0,10200	0,02760	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	89	1	1	1	0	0,02390	0,17300	0,04700	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	89	1	1	1	0	0,01390	0,07120	0,01934	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
89	90	1	1	1	0	0,05180	0,18800	0,05280	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
89	90	1	1	1	0	0,02380	0,09970	0,10600	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	91	1	1	1	0	0,02540	0,08360	0,02140	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
89	92	1	1	1	0	0,00990	0,05050	0,05480	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
89	92	1	1	1	0	0,03930	0,15810	0,04140	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
91	92	1	1	1	0	0,03870	0,12720	0,03268	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
92	93	1	1	1	0	0,02580	0,08480	0,02180	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
92	94	1	1	1	0	0,04810	0,15800	0,04060	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
93	94	1	1	1	0	0,02230	0,07320	0,01876	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
94	95	1	1	1	0	0,01320	0,04340	0,01110	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	96	1	1	1	0	0,03560	0,18200	0,04940	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	96	1	1	1	0	0,01620	0,05300	0,05440	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
94	96	1	1	1	0	0,02690	0,08690	0,02300	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	97	1	1	1	0	0,01830	0,09340	0,02540	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	98	1	1	1	0	0,02380	0,10800	0,02860	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	99	1	1	1	0	0,04540	0,20600	0,05460	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
92	100	1	1	1	0	0,06480	0,29500	0,04720	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
94	100	1	1	1	0	0,01780	0,05800	0,06040	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	96	1	1	1	0	0,01710	0,05470	0,01474	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
96	97	1	1	1	0	0,01730	0,08850	0,02400	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
98	100	1	1	1	0	0,03970	0,17900	0,04760	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
99	100	1	1	1	0	0,01800	0,08130	0,02160	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	101	1	1	1	0	0,02770	0,12620	0,03280	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
92	102	1	1	1	0	0,01230	0,05590	0,01464	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
101	102	1	1	1	0	0,02460	0,11200	0,02940	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	103	1	1	1	0	0,01600	0,05250	0,05360	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	104	1	1	1	0	0,04510	0,20400	0,05410	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
103	104	1	1	1	0	0,04660	0,15840	0,04070	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
103	105	1	1	1	0	0,05350	0,16250	0,04080	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	106	1	1	1	0	0,06050	0,22900	0,06200	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
104	105	1	1	1	0	0,00994	0,03780	0,00986	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	106	1	1	1	0	0,01400	0,05470	0,01434	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	107	1	1	1	0	0,05300	0,18300	0,04720	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	108	1	1	1	0	0,02610	0,07030	0,01844	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
106	107	1	1	1	0	0,05300	0,18300	0,04720	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
108	109	1	1	1	0	0,01050	0,02880	0,00760	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
103	110	1	1	1	0	0,03906	0,18130	0,04610	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
109	110	1	1	1	0	0,02780	0,07620	0,02020	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	111	1	1	1	0	0,02200	0,07550	0,02000	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	112	1	1	1	0	0,02470	0,06400	0,06200	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	113	1	1	1	0	0,00913	0,03010	0,00768	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	113	1	1	1	0	0,06150	0,20300	0,05180	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	114	1	1	1	0	0,01350	0,06120	0,01628	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	115	1	1	1	0	0,01640	0,07410	0,01972	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
114	115	1	1	1	0	0,00230	0,01040	0,00276	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
68	116	1	1	1	0	0,00034	0,00405	0,16400	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	117	1	1	1	0	0,03290	0,14000	0,03580	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	118	1	1	1	0	0,01450	0,04810	0,01198	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
76	118	1	1	1	0	0,01640	0,05440	0,01356	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Anexo VIII

Teste de contingência

VIII.1 Introdução

Seguindo a seção 3.5, são apresentados os resultados mais significativos da contingência nos sistemas de transmissão/distribuição. Os resultados do fluxo de carga nos alimentadores de distribuição são apresentados em forma de gráficos.

VIII.1.1. Rede de 30 barras

- **Ramo 29 – 30:**

Tabela 1 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 29 - 30

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
25	1,0265	-16,014	-0,00	0,00	24	0,439	0,83	-2,86
					26	0,412	3,54	2,37
					27	-0,524	-4,38	0,49
26	1,0090	-16,426	-3,50	-2,30	25	-0,412	-3,50	-2,30
					25	0,524	4,40	-0,46
					28	-3,756	-16,67	13,98
27	1,0302	-15,490	-0,00	0,00	29	0,435	2,41	0,93
					30	3,275	10,98	2,62
					27	-0,435	-2,40	-0,90
29	1,0213	-15,925	-2,40	-0,90	27	-3,275	-10,60	-1,90
					37	0,100	1,86	1,15
					38	0,098	1,81	0,84
30	0,9823	-18,765	-6,93	0,09	30	-0,100	-1,86	-1,15
					30	-0,098	-1,81	-0,83
					30	-0,098	-1,81	-0,83
37	0,9812	-18,865	-1,86	-1,15				
38	0,9815	-18,863	-1,81	-0,83				

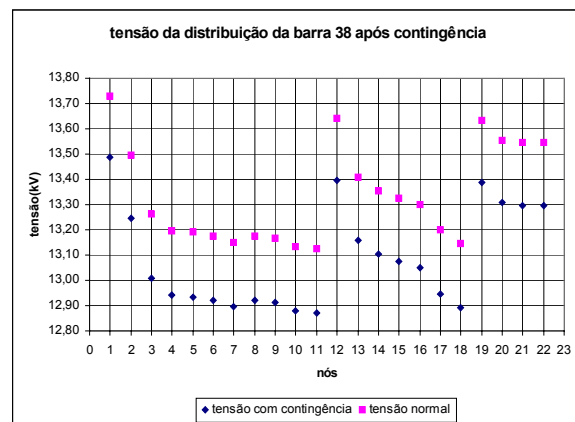
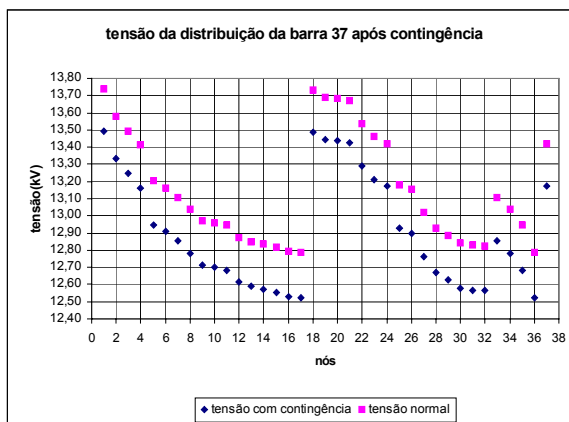


Figura 1 Caso básico na distribuição após contingência

- **Ramo 27 – 30:**

Tabela 2 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 27 - 30

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
25	1,0248	-16,066	-0,00	0,00	24	0,425	0,64	-3,04
					26	0,413	3,54	2,37
					27	-0,516	-4,19	0,67
26	1,0073	-16,479	-3,50	-2,30	25	-0,413	-3,50	-2,30
27	1,0280	-15,550	-0,00	0,00	25	0,516	4,21	-0,64
					28	-3,797	-16,82	13,47
					29	2,714	13,74	4,19
29	0,9827	-18,264	-2,40	-0,90	27	-2,714	-13,31	-3,38
					30	2,681	10,90	2,49
30	0,9457	-20,945	-6,92	0,09	29	-2,681	-10,59	-1,90
					37	0,108	1,86	1,15
					38	0,106	1,81	0,84
37	0,9446	-21,053	-1,86	-1,15	30	-0,108	-1,86	-1,15
38	0,9449	-21,051	-1,81	-0,83	30	-0,106	-1,81	-0,83

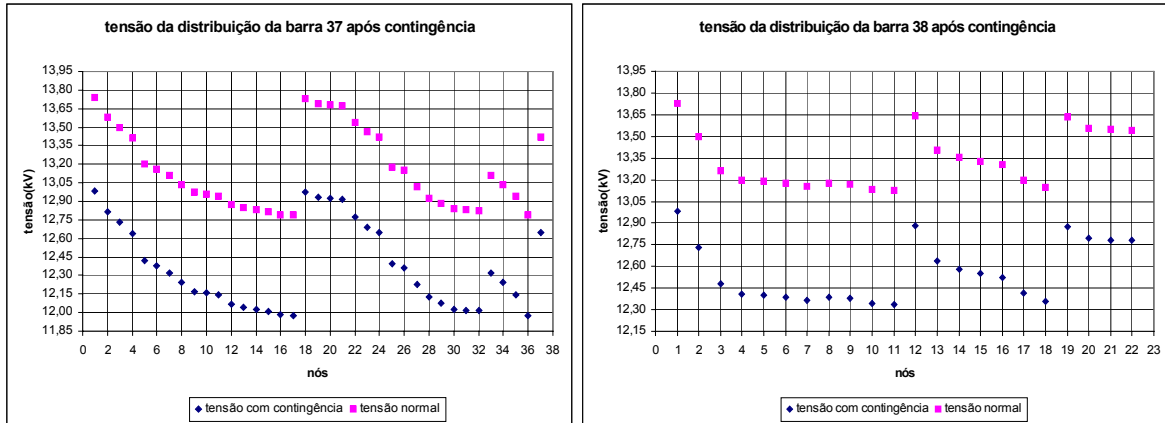


Figura 2 Caso básico na distribuição após contingência

VIII.1.2. Rede de 57 barras

- **Ramo 22 – 23:**

Tabela 3 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 22 - 23

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
19	0,8888	-14,174	-3,30	-0,60	18	-1,968	-4,80	-1,02
					20	0,387	1,50	0,42
20	0,8820	-14,562	-2,30	-1,00	19	-0,387	-1,49	-0,41
					21	-0,501	-0,88	-0,64
32	0,7444	-22,625	-1,60	-0,80	31	1,575	2,02	0,06
					33	0,065	3,81	1,91
					34	-6,628	-7,06	-2,63
33	0,7414	-22,690	-3,80	-1,90	32	-0,065	-3,80	-1,90

42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
					56	0,338	2,45	2,23
45	0,9238	-9,841	-0,00	0,00	15	-2,636	-38,46	-16,33
					44	2,923	42,16	17,74
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	50	1,146	14,11	11,30
					10	-1,376	-27,77	-14,35
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	40	-2,001	-1,87	1,47
					41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,12

Para esta contingência, a rede de distribuição quase não sofreu mudanças. Daí a não representação gráfica do fluxo de carga da distribuição para esta contingência.

• **Ramo 37 – 38:**

Tabela 4 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 37 - 38

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
19	0,8888	-14,174	-3,30	-0,60	18	-1,968	-4,80	-1,02
					20	0,387	1,50	0,42
20	0,8820	-14,562	-2,30	-1,00	19	-0,387	-1,49	-0,41
					21	-0,501	-0,88	-0,64
24	0,8637	-15,323	-0,00	0,00	23	-1,170	-2,34	4,81
					25	7,092	6,88	5,36
					26	-0,425	-12,72	1,68
25	0,7934	-22,415	-6,30	-3,20	24	-7,092	-6,88	-4,11
					30	0,812	7,74	5,19
26	0,8999	-14,898	-0,00	-0,00	24	0,425	12,72	-1,58
					27	-2,227	-11,70	1,45
27	0,9180	-12,671	-9,30	-0,50	26	2,227	11,98	-1,02
					28	-1,381	-21,28	0,52
28	0,9320	-11,290	-4,60	-2,30	27	1,381	21,61	-0,00
					29	-0,938	-26,21	-2,30
30	0,7671	-23,227	-3,60	-1,80	25	-0,812	-7,55	-4,91
					31	0,973	3,95	3,11
31	0,7303	-24,200	-5,80	-2,90	30	-0,973	-3,81	-2,89
					32	-1,575	-1,98	-0,01
32	0,7444	-22,625	-1,60	-0,80	31	1,575	2,02	0,06
					33	0,065	3,81	1,91
					34	-6,628	-7,06	-2,63
33	0,7414	-22,690	-3,80	-1,90	32	-0,065	-3,80	-1,90
					35	0,377	13,64	6,70
					37	-0,352	-15,67	-5,27
36	0,8234	-15,279	-0,00	0,00	40	0,118	2,04	-1,48
					36	0,352	15,79	5,41
37	0,8313	-14,926	-0,00	0,00	39	0,065	2,74	1,06
					37	-0,065	-2,74	-1,05
39	0,8300	-14,992	-0,00	-0,00	57	3,147	2,63	1,01
					36	-0,118	-2,03	1,49
41	0,8235	-15,397	0,00	-0,00	56	2,001	1,87	-1,37
					11	-5,235	-9,94	-5,46
					42	1,572	9,96	7,33
					43	-3,820	-13,02	-7,65
40	0,8235	-15,397	0,00	-0,00	56	1,910	7,65	3,31

42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
					56	0,338	2,45	2,23
45	0,9238	-9,841	-0,00	0,00	15	-2,636	-38,46	-16,33
					44	2,923	42,16	17,74
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	40	-2,001	-1,87	1,47
					41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,12

Neste caso, os alimentadores de distribuição não sofreram grandes alterações, daí a não representação dos gráficos para esta contingência.

• **Ramo 38 – 48:**

Tabela 5 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 38 - 48

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
14	0,9780	-9,344	-10,50	-5,30	13	0,505	14,04	-19,15
					15	-2,139	-64,60	2,79
					46	1,776	32,45	7,95
19	0,8888	-14,174	-3,30	-0,60	18	-1,968	-4,80	-1,02
					20	0,387	1,50	0,42
20	0,8820	-14,562	-2,30	-1,00	19	-0,387	-1,49	-0,41
					21	-0,501	-0,88	-0,64
42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
					56	0,338	2,45	2,23
46	0,8740	-11,121	-0,00	0,00	14	-1,776	-32,45	-6,89
					47	1,932	40,06	8,39
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	50	1,146	14,11	11,30
					10	-1,376	-27,77	-14,35
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	40	-2,001	-1,87	1,47
					41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,12

• **Ramo 38 – 44:**

Tabela 6 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 38 - 44

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
14	0,9780	-9,344	-10,50	-5,30	13	0,505	14,04	-19,15
					15	-2,139	-64,60	2,79
					46	1,776	32,45	7,95
45	0,9238	-9,841	-0,00	0,00	15	-2,636	-38,46	-16,33
					44	2,923	42,16	17,74
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	50	1,146	14,11	11,30
					10	-1,376	-27,77	-14,35
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	40	-2,001	-1,87	1,47
					41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85

					56	-0,741	-3,96	-1,12
--	--	--	--	--	----	--------	-------	-------

• **Ramo 44 – 45:**

Tabela 7 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 44 - 45

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
13	0,9842	-9,849	-18,00	-2,30	9	-0,204	-1,26	-0,94
					14	-0,505	-13,97	17,27
					15	-2,644	-47,86	9,86
					11	0,403	12,75	9,87
					12	0,618	2,34	-58,77
					49	3,472	24,02	10,38
14	0,9780	-9,344	-10,50	-5,30	13	0,505	14,04	-19,15
					15	-2,139	-64,60	2,79
					46	1,776	32,45	7,95
15	0,9876	-7,205	-22,00	-5,00	13	2,644	48,53	-12,15
					1	-7,205	-145,37	-29,12
					3	-1,166	-32,67	9,97
					14	2,139	65,35	-3,26
					45	2,636	38,46	18,46
42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
45	0,9238	-9,841	-0,00	0,00	56	0,338	2,45	2,23
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	15	-2,636	-38,46	-16,33
					50	1,146	14,11	11,30
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	10	-1,376	-27,77	-14,35
					40	-2,001	-1,87	1,47
					41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,12

• **Ramo 46 – 47:**

Tabela 8 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 46 - 47

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
13	0,9842	-9,849	-18,00	-2,30	9	-0,204	-1,26	-0,94
					14	-0,505	-13,97	17,27
					15	-2,644	-47,86	9,86
					11	0,403	12,75	9,87
					12	0,618	2,34	-58,77
					49	3,472	24,02	10,38
14	0,9780	-9,344	-10,50	-5,30	13	0,505	14,04	-19,15
					15	-2,139	-64,60	2,79
					46	1,776	32,45	7,95
15	0,9876	-7,205	-22,00	-5,00	13	2,644	48,53	-12,15
					1	-7,205	-145,37	-29,12
					3	-1,166	-32,67	9,97
					14	2,139	65,35	-3,26
					45	2,636	38,46	18,46
20	0,8820	-14,562	-2,30	-1,00	19	-0,387	-1,49	-0,41
27	0,9180	-12,671	-9,30	-0,50	21	-0,501	-0,88	-0,64
					26	2,227	11,98	-1,02

					28	-1,381	-21,28	0,52
42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
					56	0,338	2,45	2,23
43	0,9164	-11,667	-2,00	-1,00	41	3,820	13,02	8,87
					11	-1,415	-13,78	-9,06
46	0,8740	-11,121	-0,00	0,00	14	-1,776	-32,45	-6,89
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	50	1,146	14,11	11,30
					10	-1,376	-27,77	-14,35
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	40	-2,001	-1,87	1,47
					41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,12

• **Ramo 49 – 50:**

Tabela 9 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 49 - 50

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
14	0,9780	-9,344	-10,50	-5,30	13	0,505	14,04	-19,15
					15	-2,139	-64,60	2,79
					46	1,776	32,45	7,95
19	0,8888	-14,174	-3,30	-0,60	18	-1,968	-4,80	-1,02
					20	0,387	1,50	0,42
20	0,8820	-14,562	-2,30	-1,00	19	-0,387	-1,49	-0,41
					21	-0,501	-0,88	-0,64
42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
					56	0,338	2,45	2,23
45	0,9238	-9,841	-0,00	0,00	15	-2,636	-38,46	-16,33
					44	2,923	42,16	17,74
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	50	1,146	14,11	11,30
					10	-1,376	-27,77	-14,35
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	40	-2,001	-1,87	1,47
					41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,12

• **Ramo 50 – 51:**

Tabela 10 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 50 - 51

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
10	0,9820	-11,535	-5,00	-2,00	9	-1,890	-17,72	1,14
					12	-1,068	-19,39	-24,43
					51	1,376	27,77	15,21
14	0,9780	-9,344	-10,50	-5,30	13	0,505	14,04	-19,15
					15	-2,139	-64,60	2,79
					46	1,776	32,45	7,95
19	0,8888	-14,174	-3,30	-0,60	18	-1,968	-4,80	-1,02
					20	0,387	1,50	0,42

20	0,8820	-14,562	-2,30	-1,00	19	-0,387	-1,49	-0,41
					21	-0,501	-0,88	-0,64
42	0,8259	-17,059	-7,10	-4,40	41	-1,572	-9,55	-6,63
					56	0,338	2,45	2,23
45	0,9238	-9,841	-0,00	0,00	15	-2,636	-38,46	-16,33
					44	2,923	42,16	17,74
51	0,9017	-12,911	-18,00	-5,30	10	-1,376	-27,77	-14,35
					40	-2,001	-1,87	1,47
56	0,8101	-17,397	-7,60	-2,20	41	-1,910	-7,15	-2,81
					42	-0,338	-2,42	-2,17
					57	0,741	4,01	1,18
57	0,7977	-18,139	-6,70	-2,00	39	-3,147	-2,63	-0,85
					56	-0,741	-3,96	-1,12

VIII.1.3. Rede de 118 barras

- **Ramo 45 – 49:**

Tabela 11 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 45 - 49

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAR)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAR)
44	1,0174	-20,756	-16,00	-8,00	43	0,339	2,81	-4,97
					45	-1,144	-18,81	13,37
					44	1,144	18,94	-17,45
					46	-6,155	-71,94	24,25
					119	0,093	1,81	0,84
					120	0,093	1,81	0,84
					121	0,093	1,81	0,84
					122	0,093	1,81	0,84
					123	0,093	1,81	0,84
					124	0,093	1,81	0,84
					125	0,093	1,81	0,84
					126	0,095	1,86	1,15
					127	0,095	1,86	1,15
					128	0,095	1,86	1,15
					129	0,095	1,86	1,15
					130	0,095	1,86	1,15
					131	0,095	1,86	1,15
					132	0,095	1,86	1,15
82	0,9898	-2,757	-54,00	-27,00	77	0,501	3,25	-27,91
					83	-1,240	-47,03	30,38
					96	-0,285	-10,22	-8,61
83	0,9827	-1,517	-20,00	-10,00	82	1,240	47,42	-36,50
					84	-2,512	-24,81	12,60
					85	-4,054	-42,61	9,14
84	0,9792	0,995	-11,00	-7,00	83	2,512	25,35	-16,41
					85	-1,542	-36,35	7,58
96	0,9932	-2,472	-38,00	-15,00	80	-1,455	-18,65	-26,56
					82	0,285	10,24	-2,03
					94	-1,142	-19,82	6,65
					95	-0,170	1,31	19,63
					97	-0,377	-11,08	-20,85
119	1,0071	-19,705	-1,81	-0,83	45	-0,093	-1,81	-0,83
120	1,0071	-19,705	-1,81	-0,83	45	-0,093	-1,81	-0,83
121	1,0071	-19,705	-1,81	-0,83	45	-0,093	-1,81	-0,83

122	1,0071	-19,705	-1,81	-0,83	45	-0,093	-1,81	-0,83
123	1,0071	-19,705	-1,81	-0,83	45	-0,093	-1,81	-0,83
124	1,0071	-19,705	-1,81	-0,83	45	-0,093	-1,81	-0,83
125	1,0071	-19,705	-1,81	-0,83	45	-0,093	-1,81	-0,83
126	1,0068	-19,707	-1,86	-1,15	45	-0,095	-1,86	-1,15
127	1,0068	-19,707	-1,86	-1,15	45	-0,095	-1,86	-1,15
128	1,0068	-19,707	-1,86	-1,15	45	-0,095	-1,86	-1,15
129	1,0068	-19,707	-1,86	-1,15	45	-0,095	-1,86	-1,15
130	1,0068	-19,707	-1,86	-1,15	45	-0,095	-1,86	-1,15
131	1,0068	-19,707	-1,86	-1,15	45	-0,095	-1,86	-1,15
132	1,0068	-19,707	-1,86	-1,15	45	-0,095	-1,86	-1,15

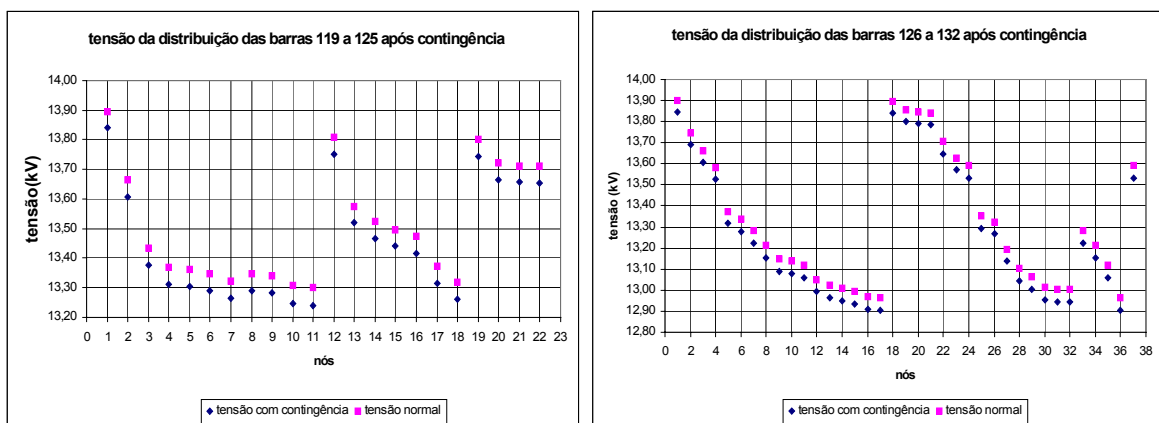


Figura 3 Caso básico na distribuição após contingência

- **Ramo 75 – 118:**

Tabela 12 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 75 – 118

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
75	0,9764	-6,044	-24,96	0,78	70	0,700	6,17	-10,52
					69	-6,044	-91,21	-23,84
					74	1,221	57,37	26,38
					77	-1,961	-19,33	-13,11
					133	0,099	1,81	0,84
					134	0,099	1,81	0,84
					135	0,099	1,81	0,84
					136	0,099	1,81	0,84
					137	0,099	1,81	0,84
					138	0,099	1,81	0,84
					139	0,102	1,86	1,15
					140	0,102	1,86	1,15
					141	0,102	1,86	1,15
					142	0,102	1,86	1,15
					143	0,102	1,86	1,15
					144	0,102	1,86	1,15
82	0,9898	-3,497	-54,00	-27,00	77	0,586	4,81	-28,42
					83	-1,247	-47,30	30,51
					96	-0,328	-11,51	-8,23

83	0,9827	-2,250	-20,00	-10,00	82	1,247	47,69	-36,62
					84	-2,523	-24,92	12,66
					85	-4,070	-42,77	9,20
84	0,9792	0,273	-11,00	-7,00	83	2,523	25,47	-16,46
					85	-1,547	-36,47	7,63
96	0,9933	-3,169	-38,00	-15,00	80	-1,513	-19,20	-26,43
					82	0,328	11,53	-2,39
					94	-1,149	-19,93	6,71
					95	-0,173	1,22	19,67
					97	-0,406	-11,63	-20,72
118	0,9289	-14,147	-33,00	-15,00	76	-1,025	-33,00	-15,07
133	0,9756	-6,143	-1,81	-0,83	75	-0,099	-1,81	-0,83
134	0,9756	-6,143	-1,81	-0,83	75	-0,099	-1,81	-0,83
135	0,9756	-6,143	-1,81	-0,83	75	-0,099	-1,81	-0,83
136	0,9756	-6,143	-1,81	-0,83	75	-0,099	-1,81	-0,83
137	0,9756	-6,143	-1,81	-0,83	75	-0,099	-1,81	-0,83
138	0,9756	-6,143	-1,81	-0,83	75	-0,099	-1,81	-0,83
139	0,9753	-6,146	-1,86	-1,15	75	-0,102	-1,86	-1,15
140	0,9753	-6,146	-1,86	-1,15	75	-0,102	-1,86	-1,15
141	0,9753	-6,146	-1,86	-1,15	75	-0,102	-1,86	-1,15
142	0,9753	-6,146	-1,86	-1,15	75	-0,102	-1,86	-1,15
143	0,9753	-6,146	-1,86	-1,15	75	-0,102	-1,86	-1,15
144	0,9753	-6,146	-1,86	-1,15	75	-0,102	-1,86	-1,15

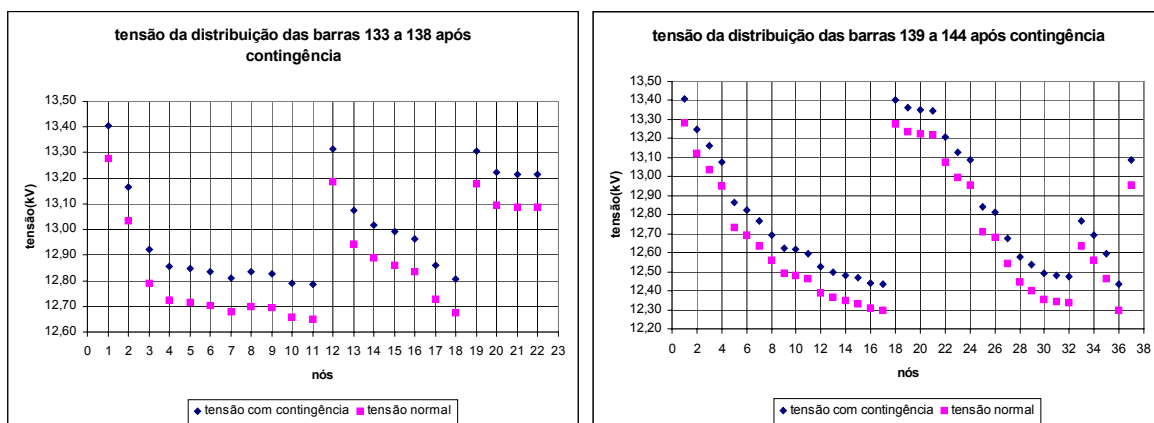


Figura 4 Caso básico na distribuição após contingência

- **Ramo 85 – 88:**

Tabela 13 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 85 – 88

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
88	0,9923	9,202	-24,11	3,20	89	-1,903	-48,00	-9,50
					145	0,096	1,81	0,84
					146	0,096	1,81	0,84
					147	0,096	1,81	0,84
					148	0,096	1,81	0,84
					149	0,096	1,81	0,84
					150	0,096	1,81	0,84
					151	0,098	1,86	1,15
					152	0,098	1,86	1,15

					153	0,098	1,86	1,15
					154	0,098	1,86	1,15
					155	0,098	1,86	1,15
					156	0,098	1,86	1,15
					157	0,098	1,86	1,15
94	0,9907	-0,927	-30,00	-16,00	92	-5,751	-56,63	14,93
					93	-2,427	-50,06	19,50
					95	1,138	46,88	6,77
					96	1,516	26,64	-12,98
					100	0,568	3,16	-51,78
96	0,9932	-2,443	-38,00	-15,00	80	-1,445	-18,56	-26,61
					82	0,705	22,45	-6,64
					94	-1,516	-26,41	9,18
					95	-0,378	-4,48	21,80
					97	-0,372	-10,99	-20,89
145	0,9915	9,106	-1,81	-0,83	88	-0,096	-1,81	-0,83
146	0,9915	9,106	-1,81	-0,83	88	-0,096	-1,81	-0,83
147	0,9915	9,106	-1,81	-0,83	88	-0,096	-1,81	-0,83
148	0,9915	9,106	-1,81	-0,83	88	-0,096	-1,81	-0,83
149	0,9915	9,106	-1,81	-0,83	88	-0,096	-1,81	-0,83
150	0,9915	9,106	-1,81	-0,83	88	-0,096	-1,81	-0,83
151	0,9912	9,103	-1,86	-1,15	88	-0,098	-1,86	-1,15
152	0,9912	9,103	-1,86	-1,15	88	-0,098	-1,86	-1,15
153	0,9912	9,103	-1,86	-1,15	88	-0,098	-1,86	-1,15
154	0,9912	9,103	-1,86	-1,15	88	-0,098	-1,86	-1,15
155	0,9912	9,103	-1,86	-1,15	88	-0,098	-1,86	-1,15
156	0,9912	9,103	-1,86	-1,15	88	-0,098	-1,86	-1,15
157	0,9912	9,103	-1,86	-1,15	88	-0,098	-1,86	-1,15

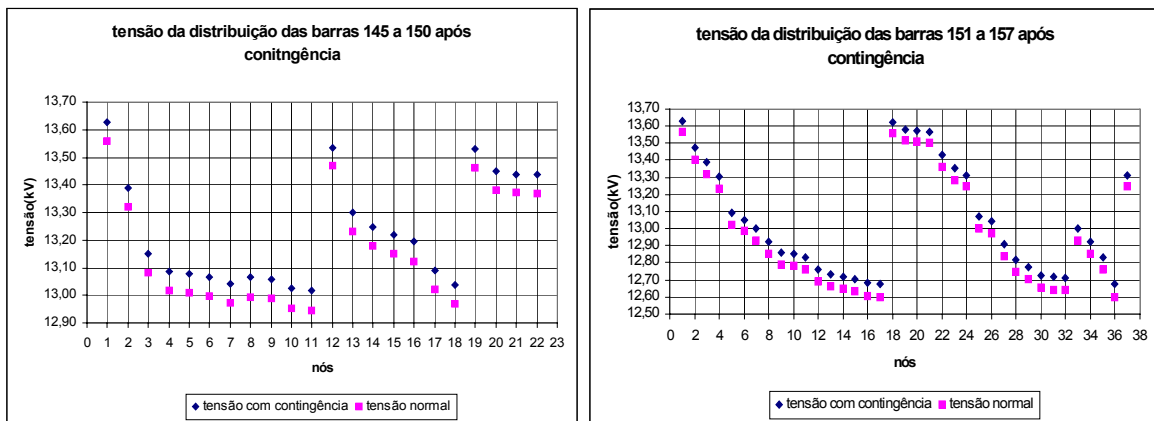


Figura 5 Caso básico na distribuição após contingência

• Ramo106 – 107:

Tabela 14 Caso básico dos nós raízes após contingência no ramo 106-107

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
82	0,9898	-2,783	-54,00	-27,00	77	0,487	3,00	-27,81
					83	-1,238	-46,93	30,34

					96	-0,280	-10,07	-8,66
83	0,9827	-1,545	-20,00	-10,00	82	1,238	47,31	-36,46
					84	-2,508	-24,77	12,58
					85	-4,048	-42,55	9,12
					83	2,508	25,31	-16,40
84	0,9792	0,963	-11,00	-7,00	85	-1,540	-36,31	7,57
					80	-1,465	-18,75	-26,54
					82	0,280	10,09	-1,98
					94	-1,132	-19,63	6,60
96	0,9932	-2,503	-38,00	-15,00	95	-0,164	1,48	19,58
					97	-0,382	-11,18	-20,83
					100	-7,327	-55,33	-6,99
					105	0,339	12,33	7,16
106	0,9716	-9,312	-22,82	-66,95	169	0,100	1,81	0,84
					170	0,100	1,81	0,84
					171	0,100	1,81	0,84
					172	0,100	1,81	0,84
					173	0,100	1,81	0,84
					174	0,100	1,81	0,84
					175	0,103	1,86	1,15
					176	0,103	1,86	1,15
					177	0,103	1,86	1,15
					178	0,103	1,86	1,15
					179	0,103	1,86	1,15
					106	-0,100	-1,81	-0,83
169	0,9708	-9,413	-1,81	-0,83	106	-0,100	-1,81	-0,83
170	0,9708	-9,413	-1,81	-0,83	106	-0,100	-1,81	-0,83
171	0,9708	-9,413	-1,81	-0,83	106	-0,100	-1,81	-0,83
172	0,9708	-9,413	-1,81	-0,83	106	-0,100	-1,81	-0,83
173	0,9708	-9,413	-1,81	-0,83	106	-0,100	-1,81	-0,83
174	0,9708	-9,413	-1,81	-0,83	106	-0,100	-1,81	-0,83
175	0,9705	-9,415	-1,86	-1,15	106	-0,103	-1,86	-1,15
176	0,9705	-9,415	-1,86	-1,15	106	-0,103	-1,86	-1,15
177	0,9705	-9,415	-1,86	-1,15	106	-0,103	-1,86	-1,15
178	0,9705	-9,415	-1,86	-1,15	106	-0,103	-1,86	-1,15
179	0,9705	-9,415	-1,86	-1,15	106	-0,103	-1,86	-1,15

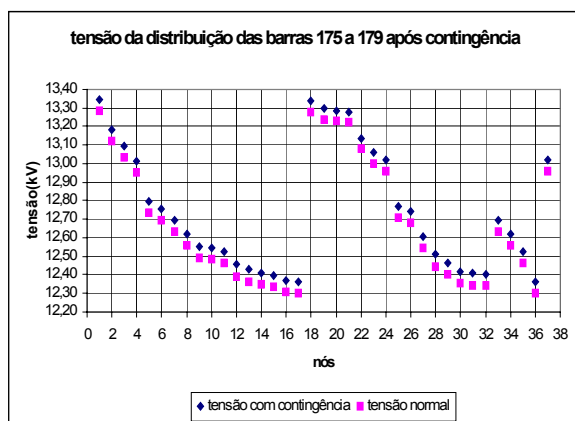
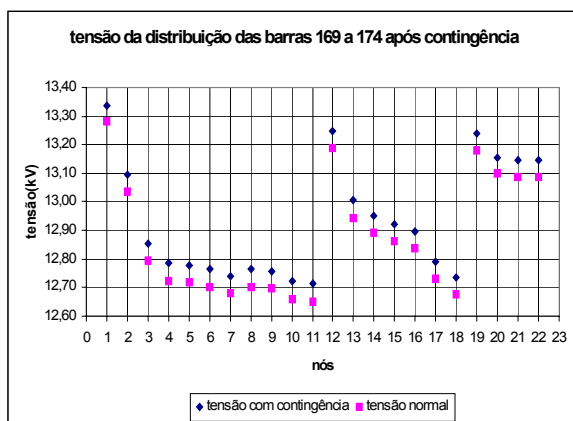


Figura 6 Caso básico na distribuição após contingência

Anexo IX

Teste de sobrecarga

IX.1 Introdução

Segundo a seção 3.5, são apresentados os resultados mais significativos do teste de aumento de carga nas barras do sistema de transmissão/distribuição.

IX.1.1. Rede de 57 barras

Para estes casos, o aumento da carga foi igual ao valor da potência aparente das redes de distribuição acopladas à barra testada:

- **Barra 23:**

Tabela 1 Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 23

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
20	0,8782	-14,765	-2,30	-1,00	19	-0,416	-1,66	-0,54
					21	-0,402	-0,70	-0,50
21	0,8462	-14,363	0,00	0,00	20	0,402	0,70	0,51
					22	-0,033	-0,64	-0,46
22	0,8474	-14,330	-0,00	0,00	21	0,033	0,64	0,47
					23	0,157	11,95	-1,48
					38	-0,311	-12,60	1,02
23	0,8463	-14,487	-6,30	-1,99	22	-0,157	-11,93	1,51
					24	1,109	1,91	-6,13
					58	0,271	3,71	2,32
24	0,8594	-15,597	-0,01	0,00	23	-1,109	-1,84	5,03
					25	7,163	6,87	5,36
					26	-0,448	-13,27	1,25
25	0,7888	-22,760	-6,30	-3,20	24	-7,163	-6,87	-4,10
					30	0,823	7,73	5,17
26	0,8958	-15,149	-0,00	-0,00	24	0,448	13,27	-1,14
					27	-2,285	-12,20	1,05
30	0,7625	-23,583	-3,60	-1,80	25	-0,823	-7,54	-4,89
					31	0,987	3,94	3,09
31	0,7256	-24,570	-5,79	-2,90	30	-0,987	-3,80	-2,87
					32	-1,590	-1,99	-0,03
32	0,7401	-22,980	-1,60	-0,80	31	1,590	2,03	0,09
					33	0,065	3,81	1,91
					34	-6,708	-7,07	-2,66
33	0,7371	-23,045	-3,80	-1,90	32	-0,065	-3,80	-1,90
34	0,7996	-16,272	-0,01	0,00	32	6,708	7,07	3,65
					35	-0,343	-7,44	-3,94
36	0,8197	-15,550	-0,00	0,00	35	0,379	13,65	6,74
					37	-0,354	-15,60	-5,24
					40	0,117	1,95	-1,56
37	0,8276	-15,196	-0,00	0,00	36	0,354	15,72	5,38

					38	-1,177	-18,39	-6,45
					39	0,065	2,67	1,00
39	0,8264	-15,261	-0,00	-0,00	37	-0,065	-2,67	-0,99
					57	3,091	2,56	0,95
40	0,8199	-15,667	0,00	-0,00	36	-0,117	-1,95	1,56
					56	1,931	1,79	-1,43
51	0,9013	-13,059	-18,00	-5,30	50	1,189	14,47	11,48
					10	-1,392	-28,08	-14,51
59	0,8062	-16,220	-3,63	-1,67	35	-0,290	-3,63	-1,67
60	0,8482	-14,282	-3,63	-1,67	38	-0,263	-3,63	-1,67
61	0,8482	-14,282	-3,63	-1,67	38	-0,263	-3,63	-1,67
62	0,8475	-14,288	-3,71	-2,30	38	-0,269	-3,71	-2,30

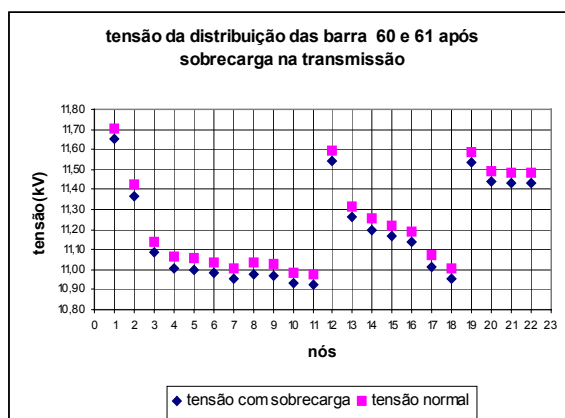
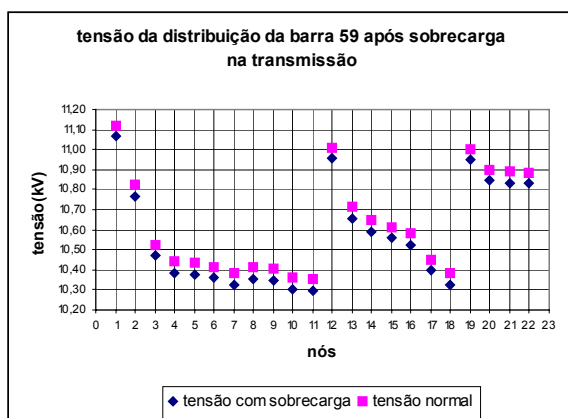


Figura 1 Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 23
Injeta-se potência nos alimentadores ligados á barra 23 e obtem-se:

Tabela 2 Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 58

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
23	0,8462	-14,484	-2,59	0,31	22	-0,156	-11,93	1,45
					24	1,111	1,91	-6,14
					58	0,544	7,43	4,70
58	0,8412	-15,029	-7,43	-4,60	23	-0,544	-7,43	-4,60

A tensão da barra 58 é muito parecida com o resultado anterior. Daí a não representação gráfica do caso básico na distribuição.

- Barra 35:**

Tabela 3 Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 35

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
21	0,8478	-14,332	0,00	0,00	20	0,423	0,74	0,56
					22	-0,033	-0,68	-0,52
23	0,8488	-14,431	-2,58	0,31	22	-0,131	-8,58	3,51
					24	1,138	2,28	-5,83
					58	0,270	3,71	2,32
25	0,7879	-22,869	-6,30	-3,19	24	-7,301	-7,00	-4,19
					30	0,854	7,99	5,35

31	0,7216	-24,794	-5,79	-2,90	30	-1,071	-4,03	-3,00
					32	-1,496	-1,76	0,10
32	0,7331	-23,297	-1,60	-0,80	31	1,496	1,79	-0,06
					33	0,067	3,81	1,91
					34	-6,625	-6,84	-2,52
33	0,7301	-23,364	-3,80	-1,90	32	-0,067	-3,80	-1,90
34	0,7908	-16,672	-0,01	0,00	32	6,625	6,84	3,46
					35	-0,343	-7,20	-3,74
35	0,7990	-16,329	-6,00	-2,98	34	0,343	7,26	3,42
					36	-0,491	-16,89	-8,24
					59	0,297	3,63	1,69
36	0,8136	-15,839	-0,00	0,00	35	0,491	17,12	8,33
					37	-0,426	-18,89	-6,65
					40	0,116	1,77	-1,73
37	0,8233	-15,412	-0,00	0,00	36	0,426	19,07	6,87
					38	-1,375	-21,66	-7,90
					39	0,064	2,59	0,96
39	0,8222	-15,476	-0,00	-0,00	37	-0,064	-2,59	-0,95
					57	3,024	2,48	0,91
40	0,8139	-15,955	0,00	-0,00	36	-0,116	-1,77	1,73
					56	1,771	1,62	-1,59
56	0,8045	-17,726	-7,60	-2,20	40	-1,771	-1,62	1,69
					41	-1,969	-7,39	-2,96
					42	-0,364	-2,61	-2,37
					57	0,774	4,16	1,28
57	0,7915	-18,500	-6,70	-2,00	39	-3,024	-2,48	-0,77
					56	-0,774	-4,11	-1,20
62	0,8477	-14,306	-3,71	-2,30	38	-0,269	-3,71	-2,30

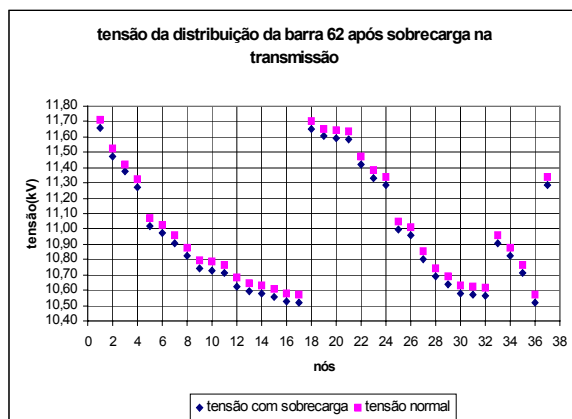


Figura 2 Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 35
Sobrecarregando a distribuição, obtem-se o resultado:

Tabela 4 Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 59

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
35	0,7988	-16,323	-2,37	-1,31	34	0,343	7,26	3,41
					36	-0,489	-16,89	-8,30
					59	0,596	7,26	3,43
59	0,7949	-16,919	-7,26	-3,33	35	-0,596	-7,26	-3,33

IX.1.2. Rede de 118 barras

Para estes casos, o aumento da carga foi igual ao valor da potência aparente das redes de distribuição de 22 nós acopladas à barra testada:

- **Barra 75:**

Tabela 5 Caso básico dos nós raízes após aumento de carga na barra 75

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
75	0,9638	-7,739	-24,71	2,82	70	0,046	-3,34	-16,14
					69	-7,739	-113,77	-22,55
					74	1,250	49,42	-1,63
					77	-4,259	-38,28	-12,12
					118	0,926	37,19	20,47
					133	0,204	3,63	1,68
					134	0,204	3,63	1,68
					135	0,204	3,63	1,68
					136	0,204	3,63	1,68
					137	0,204	3,63	1,68
					138	0,204	3,63	1,68
					139	0,209	3,71	2,32
					140	0,209	3,71	2,32
					141	0,209	3,71	2,32
					142	0,209	3,71	2,32
					143	0,209	3,71	2,32
					144	0,209	3,71	2,32
118	0,9476	-8,665	-33,00	-15,00	75	-0,926	-36,90	-21,70
					76	0,065	3,90	5,55
133	0,9622	-7,943	-3,63	-1,67	75	-0,204	-3,63	-1,67
134	0,9622	-7,943	-3,63	-1,67	75	-0,204	-3,63	-1,67
135	0,9622	-7,943	-3,63	-1,67	75	-0,204	-3,63	-1,67
136	0,9622	-7,943	-3,63	-1,67	75	-0,204	-3,63	-1,67
137	0,9622	-7,943	-3,63	-1,67	75	-0,204	-3,63	-1,67
138	0,9622	-7,943	-3,63	-1,67	75	-0,204	-3,63	-1,67
139	0,9616	-7,948	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
140	0,9616	-7,948	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
141	0,9616	-7,948	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
142	0,9616	-7,948	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
143	0,9616	-7,948	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
144	0,9616	-7,948	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30

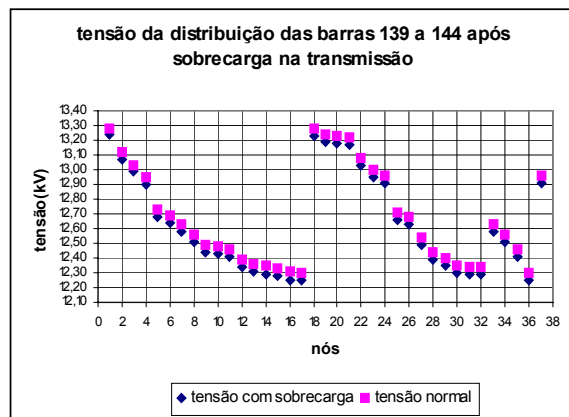
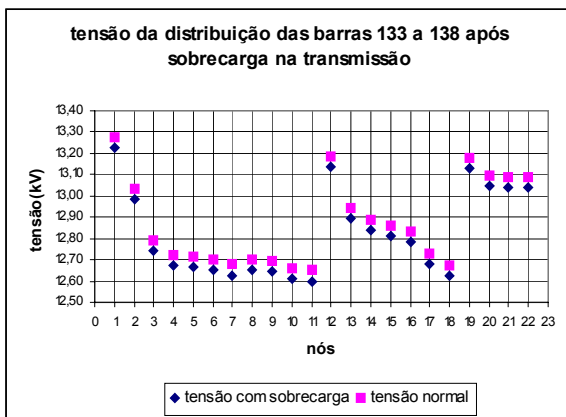


Figura 3 Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 75
Sobrecarregando a distribuição, obtem-se:

Tabela 6 Caso básico do nós raízes após aumento de carga nas barras 133 a 138

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
75	0,9637	-7,738	-2,93	12,84	70	0,047	-3,34	-16,17
					69	-7,738	-113,77	-22,59
					74	1,251	49,42	-1,75
					77	-4,258	-38,28	-12,15
					118	0,926	37,18	20,42
					133	0,409	7,26	3,40
					134	0,409	7,26	3,40
					135	0,409	7,26	3,40
					136	0,409	7,26	3,40
					137	0,409	7,26	3,40
					138	0,409	7,26	3,40
					139	0,209	3,71	2,32
					140	0,209	3,71	2,32
					141	0,209	3,71	2,32
					142	0,209	3,71	2,32
					143	0,209	3,71	2,32
					144	0,209	3,71	2,32
133	0,9606	-8,147	-7,26	-3,33	75	-0,409	-7,26	-3,33
134	0,9606	-8,147	-7,26	-3,33	75	-0,409	-7,26	-3,33
135	0,9606	-8,147	-7,26	-3,33	75	-0,409	-7,26	-3,33
136	0,9606	-8,147	-7,26	-3,33	75	-0,409	-7,26	-3,33
137	0,9606	-8,147	-7,26	-3,33	75	-0,409	-7,26	-3,33
138	0,9606	-8,147	-7,26	-3,33	75	-0,409	-7,26	-3,33
139	0,9616	-7,947	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
140	0,9616	-7,947	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
141	0,9616	-7,947	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
142	0,9616	-7,947	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
143	0,9616	-7,947	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30
144	0,9616	-7,947	-3,71	-2,30	75	-0,209	-3,71	-2,30

• Barra 88:

Tabela 7 Caso básico dos nós raízes após sobrecarga na barra 88

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
88	0,9811	3,575	-22,00	6,39	85	2,629	41,33	-13,48
					89	-4,546	-111,11	-8,70
					145	0,197	3,63	1,68
					146	0,197	3,63	1,68
					147	0,197	3,63	1,68
					148	0,197	3,63	1,68
					149	0,197	3,63	1,68
					150	0,197	3,63	1,68
					151	0,202	3,71	2,32
					152	0,202	3,71	2,32
					153	0,202	3,71	2,32
					154	0,202	3,71	2,32
					155	0,202	3,71	2,32
					156	0,202	3,71	2,32
					157	0,202	3,71	2,32
145	0,9796	3,378	-3,63	-1,67	88	-0,197	-3,63	-1,67
146	0,9796	3,378	-3,63	-1,67	88	-0,197	-3,63	-1,67
147	0,9796	3,378	-3,63	-1,67	88	-0,197	-3,63	-1,67
148	0,9796	3,378	-3,63	-1,67	88	-0,197	-3,63	-1,67
149	0,9796	3,378	-3,63	-1,67	88	-0,197	-3,63	-1,67
150	0,9796	3,378	-3,63	-1,67	88	-0,197	-3,63	-1,67
151	0,9790	3,373	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
152	0,9790	3,373	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
153	0,9790	3,373	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
154	0,9790	3,373	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
155	0,9790	3,373	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
156	0,9790	3,373	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
157	0,9790	3,373	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30

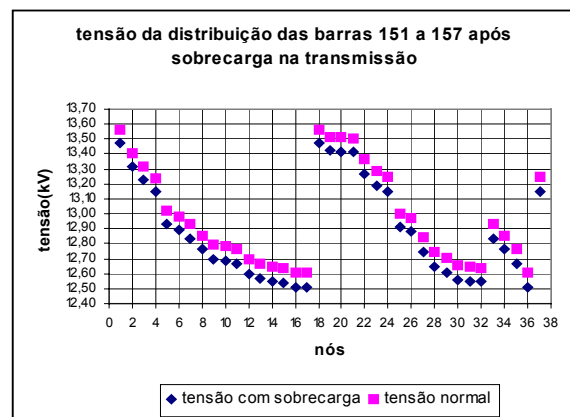
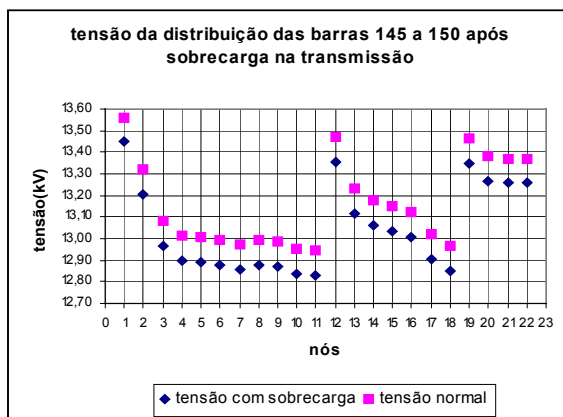


Figura 4 Caso básico na distribuição após sobrecarga na barra 88

Sobrecarregando a distribuição tem-se:

Tabela 8 Caso básico dos nós raízes após aumento de carga nas barras 145 a 157

Barra	V(pu)	teta(°)	Pcalc(MW)	Qcalc(MVAr)	barra_para	tetakm(°)	Pkm(MW)	Qkm(MVAr)
88	0,9810	3,576	-0,22	16,41	85	2,630	41,33	-13,59
					89	-4,545	-111,11	-8,85
					145	0,395	7,26	3,39
					146	0,395	7,26	3,39
					147	0,395	7,26	3,39
					148	0,395	7,26	3,39
					149	0,395	7,26	3,39
					150	0,395	7,26	3,39
					151	0,202	3,71	2,32
					152	0,202	3,71	2,32
					153	0,202	3,71	2,32
					154	0,202	3,71	2,32
					155	0,202	3,71	2,32
					156	0,202	3,71	2,32
					157	0,202	3,71	2,32
145	0,9779	3,182	-7,26	-3,33	88	-0,395	-7,26	-3,33
146	0,9779	3,182	-7,26	-3,33	88	-0,395	-7,26	-3,33
147	0,9779	3,182	-7,26	-3,33	88	-0,395	-7,26	-3,33
148	0,9779	3,182	-7,26	-3,33	88	-0,395	-7,26	-3,33
149	0,9779	3,182	-7,26	-3,33	88	-0,395	-7,26	-3,33
150	0,9779	3,182	-7,26	-3,33	88	-0,395	-7,26	-3,33
151	0,9789	3,374	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
152	0,9789	3,374	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
153	0,9789	3,374	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
154	0,9789	3,374	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
155	0,9789	3,374	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
156	0,9789	3,374	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30
157	0,9789	3,374	-3,71	-2,30	88	-0,202	-3,71	-2,30