

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RAFAEL DA COSTA BONOTTO

RAPHAEL HENRIQUE SOARES MACHADO

**ATIVIDADE PRÁTICA SUPERVISIONADA 02 - FLUXO
DE POTÊNCIA - RELATÓRIO**

PATO BRANCO

2016

SUMÁRIO

1 Fluxo de potência ótimo linearizado	2
1.1 Contextualização da atividade	2
1.2 Resolução do problema proposto	3
1.2.1 Equacionamento e definição de métodos	3
1.2.2 Cálculo dos parâmetros	4
2 Fluxo de potência linearizado: Condição normal e de emergência	8
2.1 Contextualização da atividade	8
2.2 Resolução do problema proposto	9
2.2.1 Equacionamento e definição de métodos	9
2.2.2 Cálculo dos parâmetros	9
2.2.2.1 Valores das tensões e fluxos de potência obtidos no MATLAB®	10

1 FLUXO DE POTÊNCIA ÓTIMO LINEARIZADO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ATIVIDADE

A primeira parte da atividade exige que sejam determinados, utilizando o fluxo ótimo de potência linearizado, os seguintes valores de variáveis:

$$\left[P_{G1} \ P_{G2} \ P_{G3} \ \theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3 \ \lambda_1 \ \lambda_2 \ \lambda_3 \ \lambda_4 \right]$$

Estes valores são referentes ao sistema representado na Figura 1.

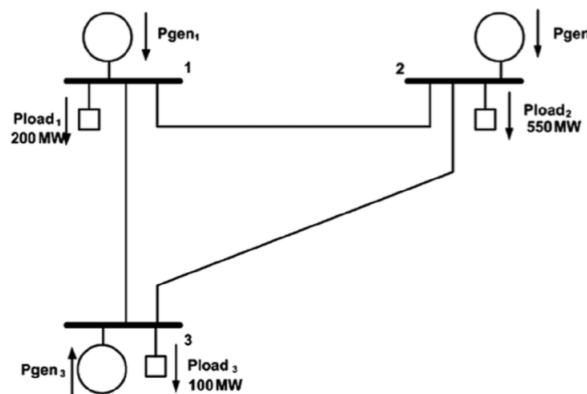


Figura 1: Sistema de três barras

Para esta análise, será considerado que:

- O limite máximo para o fluxo de potência ativa na linha 1-2 seja de 150 MW;
- As funções custo para cada gerador são fornecidas pelas Equações 1, 2 e 3.

$$C_1(P_1) = 561 + 7,92 * P_1 + 0,001562 * P_1^2 \quad (1)$$

$$C_2(P_2) = 310 + 7,85 * P_2 + 0,00194 * P_2^2 \quad (2)$$

$$C_3(P_3) = 78 + 7,97 * P_3 + 0,00482 * P_3^2 \quad (3)$$

Como informações adicionais, observa-se que a **barra 1** é adotada como a

barra de referência e considera-se uma base de potência de 100 MVA. As reatâncias das linhas estão dispostas conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Reatância das linhas (por unidade)

Linha	Reatância da linha (p.u.)
1-2	$x_{12} = 0,1$
1-3	$x_{13} = 0,125$
2-3	$x_{23} = 0,2$

1.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO

Todos os cálculos referentes a esta solução foram efetuados no *software* MATLAB®

1.2.1 Equacionamento e definição de métodos

A partir do método de determinação do fluxo de potência linearizado, é possível determinar a função restrição a ser utilizada na etapa de otimização.

Dispensando uma explanação extensa, a formulação matricial do estudo de fluxo de potência pelo método linearizado é representado pela expressão:

$$P = B' * \theta \quad (4)$$

Em que:

- P = Potência ativa líquida injetada nos nós das barras.
- θ = Ângulos de fases das tensões nas barras.
- B' = Matriz admitância nodal.

Com relação a Equação 4, entende-se que:

$$B' * \theta - P = 0 \quad (5)$$

Sendo assim, a Equação 5 é a função restrição do sistema a ser otimizado para uma determinada operação, uma vez que o atendimento de todas as cargas deve ser conservado, configurando em uma restrição de igualdade.

Portanto, para cada barra, há uma função restrição $h(P_{Gk}, \theta_{k1}, \dots, \theta_{kn})$ que obedece a seguinte relação:

$$h(P_{Gk}, \theta_{k1}, \dots, \theta_{kn}) = \left(\sum_{n=1}^{n=a} B'_{kn} * \theta_n \right) - P_k \quad (6)$$

Em que, na Equação 6, a refere-se ao número de barras do sistema. Neste caso, o número de barras do sistema proposto é **três**.

Em otimização, o método dos multiplicadores de Lagrange será implementado nesta etapa, uma vez que as funções restrição são bem definidas, conforme apresentado anteriormente pela Equação 6.

A formulação genérica de Lagrange é dada pela expressão abaixo:

$$L(x_1, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_n) = (\text{Funções-objetivo}) + \lambda * (\text{Funções-restrição}) \quad (7)$$

As funções-objetivo na Equação 7 são as funções custo apresentadas anteriormente pelas Equações 1, 2 e 3. As funções-restrição são as funções resultantes da relação representada na Equação 6 com relação a restrição de igualdade imposta pela análise do fluxo de potência.

1.2.2 Cálculo dos parâmetros

Para a definição da função-restrição do sistema representado pela Figura 1, utiliza-se novamente a Equação 6.

Determina-se a matriz B' com relação a Tabela 1, representada de acordo com a matriz na Expressão 8.

$$B' = \begin{bmatrix} \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,125} & -\frac{1}{0,1} & -\frac{1}{0,2} \\ -\frac{1}{0,1} & \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,2} & -\frac{1}{0,2} \\ -\frac{1}{0,2} & -\frac{1}{0,2} & \frac{1}{0,125} + \frac{1}{0,2} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Desta forma, a matriz B' é representada abaixo na Expressão 9.

$$B' = \begin{bmatrix} 18 & -10 & -8 \\ -10 & 15 & -5 \\ -8 & -5 & 13 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Com isso, utilizando-se da Equação 4, a função-restrição é representada conforme a Equação.

$$\begin{bmatrix} 18 & -10 & -8 \\ -10 & 15 & -5 \\ -8 & -5 & 13 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{G1} - P_{C1} \\ P_{G2} - P_{C2} \\ P_{G3} - P_{C3} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Ao multiplicar a grandeza por unidade pelo seu valor de base, com a finalidade de se obter os valores de Potência líquida ($P_{G1} - P_{C1}$) em sua unidade real (MW), e representar a Equação 10 de acordo com a Equação 7, obtêm-se a seguinte relação:

$$100 * \begin{bmatrix} 18 & -10 & -8 \\ -10 & 15 & -5 \\ -8 & -5 & 13 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} P_{G1} - P_{C1} \\ P_{G2} - P_{C2} \\ P_{G3} - P_{C3} \end{bmatrix} = 0 \quad (11)$$

Com a função restrição geral proposta, é possível determinar a função de lagrange separadamente, a partir da Equação 7:

$$L = 5,61 + 7,92 * P_1 + 0,001562 * P_1^2 \quad (12)$$

$$+ 310 + 7,85 * P_2 + 0,00194 * P_2^2 \quad (13)$$

$$+ 78 + 7,97 * P_3 + 0,00482 * P_3^2 \quad (14)$$

$$+ \lambda_1(100 * 18 * \theta_1 + 100 * -10 * \theta_2 + 100 * -8 * \theta_3 - P_{G1} + P_{C1}) \quad (15)$$

$$+ \lambda_2(100 * -10 * \theta_1 + 100 * 15 * \theta_2 + 100 * -5 * \theta_3 - P_{G2} + P_{C2}) \quad (16)$$

$$+ \lambda_3(100 * -8 * \theta_1 + 100 * -5 * \theta_2 + 100 * 13 * \theta_3 - P_{G3} + P_{C3}) \quad (17)$$

$$+ \lambda_4(\theta_1 - 0) \quad (18)$$

$$+ \lambda_5(-150 + \frac{100 * (\theta_1 - \theta_2)}{X_{12}}) \quad (19)$$

Derivando a Função de Lagrange, representada pelas Equações 12 a 19, com relação as variáveis do problema, tem-se que:

$$\frac{dL}{dP_{G1}} = 7,92 + 2 * 0,001562 * P_{G1} - \lambda_1 = 0 \quad (20)$$

$$\frac{dL}{dP_{G2}} = 7,85 + 2 * 0,000194 * P_{G2} - \lambda_2 = 0 \quad (21)$$

$$\frac{dL}{dP_{G3}} = 7,97 + 2 * 0,00482 * P_{G3} - \lambda_3 = 0 \quad (22)$$

$$\frac{dL}{d\theta_1} = 100 * 18 * \lambda_1 + 100 * -10 * \lambda_2 + 100 * -8 * \lambda_3 + \lambda_4 + \frac{100}{X_{12}} * \lambda_5 = 0 \quad (23)$$

$$\frac{dL}{d\theta_2} = 100 * -10 * \lambda_1 + 100 * 15 * \lambda_2 + 100 * -5 * \lambda_3 - \frac{100}{X_{12}} * \lambda_5 = 0 \quad (24)$$

$$\frac{dL}{d\theta_3} = 100 * -8 * \lambda_1 + 100 * -5 * \lambda_2 + 100 * 13 * \lambda_3 = 0 \quad (25)$$

$$\frac{dL}{d\lambda_1} = 100 * 18 * \theta_1 + 100 * -10 * \theta_2 + 100 * -8 * \theta_3 - P_{G1} + P_{C1} = 0 \quad (26)$$

$$\frac{dL}{d\lambda_2} = 100 * -10 * \theta_1 + 100 * 15 * \theta_2 + 100 * -5 * \theta_3 - P_{G2} + P_{C2} = 0 \quad (27)$$

$$\frac{dL}{d\lambda_3} = 100 * -8 * \theta_1 + 100 * -5 * \theta_2 + 100 * 13 * \theta_3 - P_{G3} + P_{C3} = 0 \quad (28)$$

$$\frac{dL}{d\lambda_4} = \theta_1 = 0 \quad (29)$$

$$\frac{dL}{d\lambda_5} = -150 + \frac{100 * (\theta_1 - \theta_2)}{X_{12}} = 0 \quad (30)$$

Portanto, a matriz que apresenta as variáveis a serem obtidas é apresentada da seguinte forma, conforme apresentado na Matriz 31:

$$\begin{bmatrix} 0,003124 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,00388 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,00964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1800 & -1000 & -800 & 1 & 1000 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1000 & 1500 & -500 & 0 & -1000 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -800 & -500 & 1300 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1800 & -1000 & -800 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1000 & 1500 & -500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -800 & -500 & 1300 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1000 & -1000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} P_{G1} \\ P_{G2} \\ P_{G3} \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -7,92 \\ -7,85 \\ -7,97 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -200 \\ -550 \\ -100 \\ 0 \\ 150 \end{bmatrix} \quad (31)$$

Sendo assim, os seguintes valores de cada grandeza analisada estão representados na Equação 32.

$$\begin{bmatrix} P_{G1} \\ P_{G2} \\ P_{G3} \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 382,72 \\ 345,45 \\ 121,82 \\ 0 \\ -0,15 \\ -0,04 \\ 9,11 \\ 9,19 \\ 9,14 \\ 0 \\ 0,09 \end{bmatrix} \quad (32)$$

2 FLUXO DE POTÊNCIA LINEARIZADO: CONDIÇÃO NORMAL E DE EMERGÊNCIA

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ATIVIDADE

Considerando o sistema de 5 barras da Figura 2, implementou-se um programa computacional para calcular os fluxos de potência entre as linhas do sistema. Utilizou-se o fluxo de potência linearizado. Para cada cenário, determinou-se os fluxos de potência (em p.u.) entre as linhas e apresentou-se na forma de tabela destacando os casos em que houveram violações nas restrições (fluxos superiores a 1,0 p.u.). Nos casos em que houver acréscimo de carga, considerou-se que o acréscimo da geração deverá ser realizado pelo gerador conectado a **barra 1**.

A Tabela 2 refere-se aos dados do sistema proposto que será analisado neste problema.

Tabela 2: Dados do sistema proposto

Linha	Barra		R (p.u.)	X (p.u.)
	De	Para		
1	1	2	0,10	0,40
2	1	4	0,15	0,60
3	1	5	0,05	0,20
4	2	3	0,05	0,20
5	2	4	0,10	0,40
6	3	5	0,05	0,20

A Tabela 3 refere-se aos dados de carga e geração do mesmo sistema.

Tabela 3: Dados de geração e carga do sistema

Barra	Carga (p.u.)	Geração (p.u.)
1	0,240	1,130
2	0,720	0,500
3	0,120	0,650
4	0,480	-
5	0,720	-

A representação unifilar do sistema proposto para este problema está representada na Figura 2.

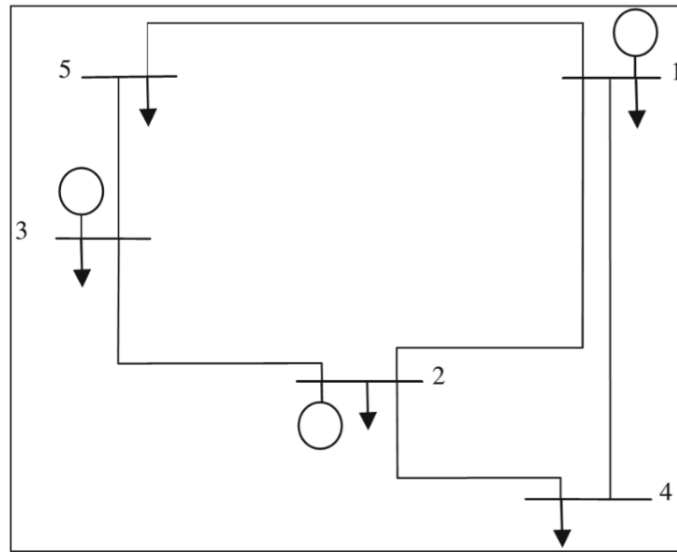


Figura 2: Sistema proposto de cinco barras

2.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO

Todos os cálculos referentes a esta solução foram efetuados no *software* MATLAB®

2.2.1 Equacionamento e definição de métodos

O procedimento a ser definido para o cálculo do fluxo de potência em cada linha do sistema é o mesmo utilizado na primeira parte da atividade prática supervisionada, conforme a Sessão 1.1 apresenta. Ou seja, será utilizado o método linearizado para o cálculo do fluxo de potência.

2.2.2 Cálculo dos parâmetros

Implementado o algoritmo que faz o estudo de fluxo linearizado do sistema apresentado na Figura 2, obteve-se as seguintes respostas para cada cenário apresentado, conforme solicitado no roteiro da atividade prática supervisionada: Caso sem contingência, contingência em cada linha ($n - 1$) e contingência em cada linha com carga extra ($n - 1$).

O código efetuado em MATLAB® encontra-se anexo a este documento.

2.2.2.1 Valores das tensões e fluxos de potência obtidos no MATLAB®

Código implementado em MATLAB por Rafael Bonotto e Raphael Machado.

Planejamento de Sistemas Energéticos - APS 02 - Parte 2

[1] - Considere o caso base (sem contingência)

[2] - Contingência em cada linha (N - 1)

[3] - Contingência em cada linha (N { 1) com carga extra (%)

=====

Cenário: 1

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-0.1528
3.0000	-0.0565
4.0000	-0.3221
5.0000	-0.1723

Fluxo de Potência na Linha 1-2(sem contingência): 0.1910

Fluxo de Potência na Linha 1-4(sem contingência): 0.2684

Fluxo de Potência na Linha 1-5(sem contingência): 0.4306

Fluxo de Potência na Linha 2-3(sem contingência): -0.2406

Fluxo de Potência na Linha 2-4(sem contingência): 0.2116

Fluxo de Potência na Linha 3-5(sem contingência): 0.2894

=====

Cenário: 2

Linha 1 - 2 em Falta

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-0.5920
3.0000	-0.3040

4.0000	-0.8160
5.0000	-0.4400

Fluxo da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-2:	0
Fluxo da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-2:	0.3400
Fluxo da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-2:	0.5500
Fluxo da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-2:	-0.3600
Fluxo da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-2:	0.1400
Fluxo da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-2:	0.1700

Linha 1 - 4 em Falta

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-0.5632
3.0000	-0.2848
4.0000	-1.3312
5.0000	-0.4304

Fluxo da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-4:	0.3520
Fluxo da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-4:	0
Fluxo da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-4:	0.5380
Fluxo da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-4:	-0.3480
Fluxo da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-4:	0.4800
Fluxo da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-4:	0.1820

Linha 1 - 5 em Falta

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-0.7977
3.0000	-0.9497
4.0000	-0.9394
5.0000	-1.5257

Fluxo da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-5:	0.4986
Fluxo da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-5:	0.3914

Fluxo da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-5:	0
Fluxo da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-5:	0.1900
Fluxo da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-5:	0.0886
Fluxo da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-5:	0.7200

Linha 2 - 3 em Falta

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-0.5806
3.0000	0.2720
4.0000	-0.8091
5.0000	-0.1520

Fluxo da Linha 1-2 com contingência da Linha 2-3:	0.3629
Fluxo da Linha 1-4 com contingência da Linha 2-3:	0.3371
Fluxo da Linha 1-5 com contingência da Linha 2-3:	0.1900
Fluxo da Linha 2-3 com contingência da Linha 2-3:	0
Fluxo da Linha 2-4 com contingência da Linha 2-3:	0.1429
Fluxo da Linha 3-5 com contingência da Linha 2-3:	0.5300

Linha 2 - 4 em Falta

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-0.1024
3.0000	0.0224
4.0000	-1.1520
5.0000	-0.2768

Fluxo da Linha 1-2 com contingência da Linha 2-4:	0.0640
Fluxo da Linha 1-4 com contingência da Linha 2-4:	0.4800
Fluxo da Linha 1-5 com contingência da Linha 2-4:	0.3460
Fluxo da Linha 2-3 com contingência da Linha 2-4:	-0.1560
Fluxo da Linha 2-4 com contingência da Linha 2-4:	0
Fluxo da Linha 3-5 com contingência da Linha 2-4:	0.3740

Linha 3 - 5 em Falta

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	0.0251
3.0000	0.4491
4.0000	-0.4457
5.0000	-0.5760

Fluxo da Linha 1-2 com contingência da Linha 3-5:	-0.0157
Fluxo da Linha 1-4 com contingência da Linha 3-5:	0.1857
Fluxo da Linha 1-5 com contingência da Linha 3-5:	0.7200
Fluxo da Linha 2-3 com contingência da Linha 3-5:	-0.5300
Fluxo da Linha 2-4 com contingência da Linha 3-5:	0.2943
Fluxo da Linha 3-5 com contingência da Linha 3-5:	0

=====

Escolha o cenário: 3

Escolha o valor de carga extra (em porcentagem): 50

Linha de Falta 1 - 2

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-1.5880
3.0000	-1.0960
4.0000	-1.6440
5.0000	-0.9800

Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-2:	0
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-2:	0.6850
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-2:	1.2250
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-2:	-0.6150
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-2:	0.0350
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-2:	-0.1450

Linha de Falta 1 - 4

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
--------	---

2.0000	-2.5856	
3.0000	-1.7984	
4.0000	-4.8896	
5.0000	-1.7632	
Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-4:		0.8080
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-4:		0
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-4:		1.1020
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-4:		-0.4920
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-4:		0.7200
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-4:		-0.0220

Linha de Falta 1 - 5

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0	
2.0000	-3.7074	
3.0000	-4.6834	
4.0000	-3.6069	
5.0000	-6.4114	
Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-5:		1.1586
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-5:		0.7514
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-5:		0
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-5:		0.6100
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-5:		-0.0314
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-5:		1.0800

Linha de Falta 2 - 3

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0	
2.0000	-2.3131	
3.0000	-0.2240	
4.0000	-2.7703	
5.0000	-0.9760	
Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 2-3:		0.7229
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 2-3:		0.5771

Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 2-3:	0.6100
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 2-3:	0
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 2-3:	0.1429
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 2-3:	0.4700

Linha de Falta 2 - 4

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-1.2032
3.0000	-0.8768
4.0000	-3.4560
5.0000	-1.3024

Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 2-4:	0.3760
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 2-4:	0.7200
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 2-4:	0.8140
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 2-4:	-0.2040
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 2-4:	0
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 2-4:	0.2660

Linha de Falta 3 - 5

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-1.2389
3.0000	-0.4869
4.0000	-2.1257
5.0000	-1.7280

Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 3-5:	0.3871
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 3-5:	0.4429
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 3-5:	1.0800
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 3-5:	-0.4700
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 3-5:	0.2771
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 3-5:	0

=====

Cenário: 3

Escolha o valor de carga extra(em porcentagem): 150

Linha de Falta 1 - 2

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-3.5800
3.0000	-2.6800
4.0000	-3.3000
5.0000	-2.0600

Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-2:	0
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-2:	1.3750
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-2:	2.5750
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-2:	-1.1250
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-2:	-0.1750
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-2:	-0.7750

Linha de Falta 1 - 4

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-5.5040
3.0000	-4.2560
4.0000	-9.3440
5.0000	-3.5680

Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-4:	1.7200
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-4:	0
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-4:	2.2300
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-4:	-0.7800
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-4:	1.2000

Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-4: -0.4300

Linha de Falta 1 - 5

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-7.9314
3.0000	-10.2514
4.0000	-7.0629
5.0000	-13.1314

Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 1-5: 2.4786

Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 1-5: 1.4714

Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 1-5: 0

Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 1-5: 1.4500

Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 1-5: -0.2714

Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 1-5: 1.8000

Linha de Falta 2 - 3

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-4.6171
3.0000	-1.7600
4.0000	-5.0743
5.0000	-2.3200

Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 2-3: 1.4429

Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 2-3: 1.0571

Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 2-3: 1.4500

Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 2-3: 0

Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 2-3: 0.1429

Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 2-3: 0.3500

Linha de Falta 2 - 4

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0
2.0000	-3.2000
3.0000	-2.7200

4.0000	-5.7600	
5.0000	-2.8000	
Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 2-4:		1.0000
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 2-4:		1.2000
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 2-4:		1.7500
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 2-4:		-0.3000
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 2-4:		0
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 2-4:		0.0500

Linha de Falta 3 - 5

=====Teta=====Valores=====

1.0000	0	
2.0000	-3.8171	
3.0000	-3.2571	
4.0000	-4.5943	
5.0000	-2.8800	
Fluxo de Potência da Linha 1-2 com contingência da Linha 3-5:		1.1929
Fluxo de Potência da Linha 1-4 com contingência da Linha 3-5:		0.9571
Fluxo de Potência da Linha 1-5 com contingência da Linha 3-5:		1.8000
Fluxo de Potência da Linha 2-3 com contingência da Linha 3-5:		-0.3500
Fluxo de Potência da Linha 2-4 com contingência da Linha 3-5:		0.2429
Fluxo de Potência da Linha 3-5 com contingência da Linha 3-5:		0

REFERÊNCIAS