

## Referências Bibliográficas

- [1] PRADA, R. B. **Estabilidade de Tensão**. Relatório final do contrato de pesquisa com a Eletrobrás, maio de 1992.
- [2] SOUZA, Lindomar J. **Estabilidade de Tensão e o Carregamento de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. 1997. 122 f. Dissertação (Mestrado) – UFMA, São Luís - MA, Brasil, junho de 1997.
- [3] TAYLOR, C. W. **Power System Voltage Stability**. McGraw-Hill, 1994.
- [4] KNIGHT, U. G. **Voltage Collapse – Experience and Modelling**. IEE Colloquium on Voltage Collapse, (Digest Nº 1997 / 101), April 1997, pp. 8/1 – 8/7.
- [5] KUNDUR, P. **Power System Stability and Control**. McGraw-Hill, New York, 1994.
- [6] IEEE Work Group on Voltage Stability, System Dynamic Performance Subcommittee. **Voltage Stability of Power Systems: Concepts, Analytical Tools, and Industry Experience**. IEEE, Catalog Nº 90TH0358-2-PWR, 1990.
- [7] BROWNELL, G.; CLARK, J. **Analysis and Solutions for Bulk System Voltage Instability**. IEEE Computer Applications in Power, July 1989, pp. 31 – 35.
- [8] PRADA, R. B.; SOUZA, Lindomar J.; SOUSA, Lara A. P. **The Need for a New Constraint on Voltage / Reactive Power Studies to Ensure Proper Voltage Control**. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 24, Nº 7, 2002, pp. 535 – 540.
- [9] PRADA, R. B.; SOUZA, Lindomar J. **Voltage stability and thermal limit: constraints on the maximum loading of electrical energy distribution feeders**. IEE Proceeding on Generation, Transmission and Distribution. Vol. 145, issue 5, London, England, September 1998, pp. 573 – 577.

- [10] YORINO, N.; FUNAHASHI, A.; SASAKI, H.; GALIANA, F. D. **On Reverse Control Action of On-Load Tap-Changers**. International Journal of Electrical Power & Energy Systems (UK), Vol. 19, N<sup>o</sup> 8, November 1997, pp. 541 – 548.
- [11] VENKATASUBRAMANIAN, V.; SCHATTLER, H.; ZABORSZKY, J. **Analysis of the Tap Changer Related Voltage Collapse Phenomena for the Large Electric Power System**. Proceeding of the 31<sup>st</sup> IEEE Conference on Decision and Control, Tucson, Arizona, December 1992, pp. 2920 – 2927.
- [12] OHTUSKI, H.; YOKOYAMA, A.; SEKINE, Y. **Reverse Action of On-Load Tap Changer in Association with Voltage Collapse**. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 6, February 1991, pp. 300 – 306.
- [13] YORINO, N.; SASAKI, H.; FUNAHASHI, A.; GALIANA, F. D., KITAGAWA, M. **On The Condition for Reverse Control Action of Tap-Changers**. Proceedings of NSF International Workshop on Bulk Power System Voltage Phenomena II – Voltage Stability, Security and Control, Maryland, USA, August 1991, pp. 193 – 199.
- [14] PRADA, R. B.; SOUZA, L. J.; SOUSA, L. A. P. **A New Constraint on Reactive Power Expansion Planning: Voltage Stability**. II Congresso Latinoamericano de Distribuição de Energia Elétrica, Vina Del Mar, Chile, outubro de 1996.
- [15] GLAVISTSCH, H. **Voltage Stability and Collapse – A Review of Basic Phenomena and Methods of Assessment**. Bulk Power System Voltage Phenomena III: Voltage Stability, Security & Control. Davos, Swintzerland, Survey Paper I, August 1994.
- [16] IEEE / PES Power System Stability Subcommittee Special Publication. **Voltage Stability Assessment, Procedure and Guides**. Final draft, 2001.
- [17] WSCC. **Voltage Stability Criteria, Undervoltage Load Shedding Strategy, and Reactive Power Reserve Monitoring Methodology**. May 1998. Disponível em <http://www.wsc.com>.

- [18] TAYLOR, C. W. **A Perspective on Voltage Stability with Emphasis on Load Characteristics**. II SEPOPE, Artigo Convidado Nº 10, agosto de 1989.
- [19] PRADA, R. B. **Monitoração das Condições de Estabilidade de Tensão na Supervisão e Controle de Sistemas Elétricos em Tempo Real – Fase 1**. Relatório Final, Volume I, Capítulo I, março de 2001.
- [20] PRADA, R. B.; PALOMINO, E. G. C.; DOS SANTOS, J. O. R.; BIANCO, A.; PILOTTO, L. A. S. **Voltage Stability Assessment for Real Time Operation**. Proc. IEE Generation, Transmission and Distribution, Vol. 149, Issue 2, March 2002, pp. 175 – 180.
- [21] GAO, B.; MORISON, G. K.; KUNDUR, P. **Voltage Stability Evaluation Using Modal Analysis**. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. PWRS-7, November 1992, pp. 1529 – 1542.
- [22] LÖF, P. A.; SMED, T.; ANDERSSON, G.; HILL, D. J. **Fast Calculation of a Voltage Stability Index**. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8 Nº 1, February 1993, pp. 54 – 64.
- [23] PRADA, R. B.; CORY, B. J.; NAVARRO-PEREZ, R. **Assessment of Steady State Voltage Collapse Critical Conditions**. Proceedings 10th Power Systems Computation Conference, Graz, Austria, August 1990, pp. 1189 – 1195.
- [24] PRADA, R. B.; VIEIRA FILHO, X.; GOMES, P.; DOS SANTOS, G. **Voltage Stability System Critical Area Identification based on the Existence of Maximum Power Flow Transmission**. Proceedings 11th Power Systems Computation Conference, Avignon, France, August 1993, Vol. 1, pp. 315 – 321.
- [25] PRADA, R. B.; DOS SANTOS, J. O. R. **Load Modelling in Static Voltage Stability Indices Calculation**. European Transactions on Electrical Power, Vol. 9, Nº 5, September / October 1999, pp. 305 – 308.

- [26] VENIKOV, V. A.; STROEV, V. A.; IDELCHICK, V. I.; TARASOV, V. I. **Estimation of Electrical Power System Steady-State Stability in Load Flow Calculations**. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-94, May/June 1975, pp. 1034 – 1041.
- [27] PALOMINO, E. G. C. **Reforço das Condições de Estabilidade de Tensão na Operação do Sistema Elétrico**. 2002. 247 f. Tese (Doutorado) - PUC-Rio, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, maio de 2002.
- [28] PRADA, R. B.; PALOMINO, E. G. C.; BIANCO, A. **Reforço das Condições de Estabilidade de Tensão em Barras de Tensão Controlada**. IX SEPOPE, Rio de Janeiro, maio de 2004.
- [29] FERREIRA, L. C. A.; ZAMBRONI DE SOUZA, A. C. **A Static Assessment Method of Load Tap Changer Influence on Voltage Stability**. (in portuguese), VII SEPOPE, 2000, Curitiba, Brazil.
- [30] PRADA, R. B. et al. **Programa para Análise de Estabilidade de Tensão – EstabTen**.
- [31] GRANVILLE, S.; FERREIRA, L. A. C.; LATORRE, M. L.; OLIVEIRA, M. L. G. **Programa de Fluxo de Potência Ótimo – FLUPOT**. V.2.01 – 02/96. CEPEL, 1996.
- [32] TIRANUCHIT, A.; THOMAS, R. J. **A Posturing Strategy Against Voltage Instabilities in Electric Power Systems**. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, Nº 1, February 1988, pp. 87 – 93.
- [33] GUIMARÃES, C. H. C.; RANGEL, R. D. **Diagramas Operacionais de Unidades Geradoras**. X SEPOPE, Florianópolis - SC, Brasil, maio de 2006. SP-018.
- [34] IEEE Power System Stability Committee, Special Report. **Voltage Stability Assessment: Procedures and Guides**. Chapter 6, On-Line VSA Functional Requirements, draft, April 1999.

- [35] PEREIRA, J. L. R. **Modelagem de Dispositivos de Controles FACTS em Sistemas de Potência para Análise em Regime Permanente**. Minicurso Nº 2, XIII CBA, Florianópolis, setembro 2000.
- [36] CEPEL, Manual do Usuário do Programa de Análise de Redes – ANAREDE, versão 07-08/99.
- [37] PASSOS FILHO, J. A. **Modelagem e Incorporação de Dispositivos de Controle no Problema de Fluxo de Potência**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, julho 2000.
- [38] SEELIG, B. H. T. **Índices de Adequação das Ações de Controle de Tensão para Reforço das Condições de Segurança de Tensão**. 2004. 122 f. Tese (Doutorado) – PUC-Rio, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, setembro de 2004.
- [39] ALSAÇ, O.; STOTT, B.; TINNEY, W. F. **Sparsity – Oriented Compensation Methods for Modified Network Solutions**. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-102, May 1983, pp. 1050 – 1060.
- [40] PASSOS FILHO, J. A.; PEREIRA, J. L. R.; DA COSTA, V. M. **Controle Secundário de Tensão em Regime Permanente Usando o Método de Newton Raphson**. Anais do XIII CBA, Florianópolis, setembro 2000.
- [41] MONTICELLI, A. **Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica**. Editora Edgard Blücher Ltda, 1983.
- [42] PASSOS FILHO, J. A. **Representação e Avaliação do Desempenho de Dispositivos de Controle no Problema de Fluxo de Potência**. 2005. 232 f. Tese (Doutorado) – UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, novembro de 2005.
- [43] PRADA, R. B. et al. **Avaliação e Reforço das Condições de Estabilidade de Tensão na Supervisão e Controle de Sistemas Elétricos em Tempo Real**. Relatório Final do Convênio Nº 02/01 entre FPLF da PUC-Rio e CEPEL, Volume II, Capítulo IV, março de 2003.

- [44] LACHS, W. R. **Voltage collapse in EHV Power Systems**. IEEE PES Winter Power Meeting, January 1978, paper A 78 057-2.
- [45] BARBIER, C.; BARRET, J. P. **An Analysis of Phenomena of Voltage Collapse on a Transmission System**. Rev. Générale Electricité, Tome 89, N<sup>o</sup> 10, October 1980, pp. 672 – 690.

## Apêndice A. Documentação de Detalhes da Modelagem e Solução do Problema

Após a convergência do algoritmo de fluxo de carga, quando se obtém o ponto de operação em análise, parte-se para a montagem da matriz Jacobiana do problema de adequação dos controles de tensão.

A submatriz  $A$ , partição da matriz Jacobiana, de onde se calcula a matriz de sensibilidades dos controles de tensão [VCS], pode e deve ser aproveitada da matriz Jacobiana utilizada no problema de fluxo de carga. Lá, o sistema linearizado inclui equações para, por exemplo, a lei dos nós de Kirchhoff para potência ativa e reativa, elos CC, capacitores série, compensadores estáticos, controle de tensão por geradores e compensadores síncronos, compensadores estáticos, LTCs, capacitores / reatores em paralelo.

O aproveitamento (para passar) da matriz Jacobiana do problema de fluxo de carga para formação da matriz Jacobiana do problema de adequação dos controles de tensão, deve ser realizado após a retirada das equações de controle de tensão somente dos equipamentos a serem analisados (de uma certa área da rede, por exemplo) e, incluídas as equações definidas no Capítulo 3 para esses mesmos equipamentos. No programa AdeConT, a eliminação de equações é feita de forma implícita (grandes números na diagonal e zeros fora da diagonal da matriz).

A razão do procedimento descrito no parágrafo anterior segue. Ao se analisar a matriz [VCS], para o caso de um gerador controlando a tensão em uma barra remota, por exemplo, estudam-se variações infinitesimais na tensão controlada e a correspondente variação na tensão interna de excitação da máquina. Se o objetivo é avaliar essas variações, não se pode ter uma outra equação estabelecendo que a tensão controlada seja fixa. Se assim for feito, a matriz Jacobiana será singular.

Por outro lado, ao se estudar variações, vão variar também todas as outras tensões para as quais não há equação estabelecendo que elas devam

permanecer fixas. Assim, os geradores estudados não podem ter uma outra equação associada estabelecendo que a tensão controlada seja fixa (os geradores de uma área da rede) e, portanto, os geradores não estudados devem ter essa equação associada (os geradores das outras áreas da rede).

As equações correspondentes à lei dos nós para potência ativa presentes no sistema linearizado são as correspondentes a P fixo, isto é, para as barras tipo P, PV, PQ e PQV (usando a nomenclatura usual do problema de fluxo de carga). Portanto, não está presente a equação para a barra de referência, mesmo quando o controle de tensão nesta for selecionado para avaliação.

A razão do procedimento descrito no parágrafo anterior segue. Deve-se deixar pelo menos um gerador fora do sistema linearizado, para fechar o balanço de potência ativa, inclusive perdas, pois para todos os outros a variação de potência ativa não é objeto de estudo e, então, deve ser nula. Ao se estudar o sistema linearizado reduzido, analisam-se variações infinitesimais nas tensões controladas. Isso causaria variação no perfil de tensão e, conseqüentemente, nas perdas ativas e reativas. Por esta razão, se for fixada a injeção de potência ativa em todas as barras do sistema, a matriz Jacobiana será singular.

A análise do controle de tensão por geradores e compensadores síncronos requerer a inclusão da tensão interna de excitação da máquina e da reatância síncrona. Assim, pode-se relacionar as tensões controladora e controlada. Simulações dessa relação de sensibilidade através de um algoritmo de fluxo de carga requerem, então, a inclusão de mais uma barra e mais um ramo. Na nomenclatura desse problema, ter-se-á a potência reativa da barra interna, tipo P, controlando remotamente a tensão da barra terminal, tipo PQV.

A análise dos resultados da análise modal aplicada a matriz [VCS] também deve ser cuidadosa. Uma questão de suma importância é esclarecer que a existência de um autovalor nulo não implica necessariamente que a matriz [VCS] seja singular. Para sistemas grandes, onde o número de equipamentos de controle a ser avaliado também seja grande, pode-se ter um autovalor nulo (na verdade  $10^{-10}$ , por exemplo), e o determinante da matriz [VCS] ser muito grande ao invés de nulo, conforme se poderia esperar através de uma análise puramente teórica.

O sinal negativo de  $\det[VCS]$  significa que um número ímpar de autovalores é negativo. Um número par de autovalores negativos faz com que o determinante da matriz  $[VCS]$  seja positivo. Portanto, índices globais como  $\det[J]$  ou  $\det[VCS]$  não são usados.

## Apêndice B. Arquivos de Dados de Entrada para o ANAREDE

### B.1 Sistema-Teste New-England

Tabela B.1.1 – Dados de Barra / Corresponde ao Ponto de Operação

Nº da Barra	Tipo	Nome	Tensão		Geração	Carga	
			V (pu)	$\theta$ (graus)	(MW)	(MW)	(Mvar)
1	PQ	BUS-----01	1,045	-7,5	-	-	-
2	PQ	BUS-----02	1,027	-4,6	-	-	-
3	PQ	BUS-----03	1,010	-7,9	-	322,0	2,4
4	PQ	BUS-----04	0,989	-8,9	-	500,0	184,0
5	PQ	BUS-----05	0,995	-7,7	-	-	-
6	PQ	BUS-----06	0,998	-7,0	-	-	-
7	PQ	BUS-----07	0,988	-9,2	-	233,8	84,0
8	PQ	BUS-----08	0,988	-9,7	-	522,0	176,6
9	PQ	BUS-----09	1,031	-9,4	-	-	-
10	PQ	BUS-----10	1,006	-4,6	-	-	-
11	PQ	BUS-----11	1,002	-5,4	-	-	-
12	PQ	BUS-----12	0,983	-5,4	-	9,5	88,0
13	PQ	BUS-----13	1,002	-5,3	-	-	-
14	PQ	BUS-----14	0,997	-7,0	-	-	-
15	PQ	BUS-----15	0,994	-7,5	-	320,0	153,0
16	PQ	BUS-----16	1,008	-6,1	-	329,4	32,3
17	PQ	BUS-----17	1,011	-7,0	-	-	-
18	PQ	BUS-----18	1,010	-7,8	-	158,0	30,0
19	PQ	BUS-----19	1,022	-1,2	-	-	-
20	PQ	BUS-----20	1,018	-2,5	-	680,0	103,0
21	PQ	BUS-----21	1,005	-3,6	-	274,0	115,0
22	PQ	BUS-----22	1,020	1,0	-	-	-
23	PQ	BUS-----23	1,017	0,7	-	247,5	84,6
24	PQ	BUS-----24	1,013	-6,0	-	308,6	-92,2
25	PQ	BUS-----25	1,040	-3,0	-	224,0	47,2
26	PQ	BUS-----26	1,034	-5,2	-	139,0	17,0
27	PQ	BUS-----27	1,018	-7,2	-	281,0	75,5
28	PQ	BUS-----28	1,036	-2,4	-	206,0	27,6
29	PQ	BUS-----29	1,037	0,2	-	284,5	26,9
30	PQV	BUS-----30	1,040	-2,2	-	-	-
31	PQV	BUS-----31	1,040	0,7	-	9,2	4,6
32	PQV	BUS-----32	1,040	2,6	-	-	-
33	PQV	BUS-----33	1,040	3,6	-	-	-
34	PQV	BUS-----34	1,040	2,4	-	-	-
35	PQV	BUS-----35	1,040	6,0	-	-	-
36	PQV	BUS-----36	1,040	8,9	-	-	-
37	PQV	BUS-----37	1,040	4,9	-	-	-
38	PQV	BUS-----38	1,040	6,6	-	-	-
39	PQV	BUS-----39	1,040	-9,1	-	1104,0	250,0
130	P	BUS-EG-30	1,068	2,1	250,0	-	-
131	P	BUS-EG-31	1,172	13,8	563,3	-	-
132	P	BUS-EG-32	1,135	13,9	650,0	-	-
133	P	BUS-EG-33	1,108	15,5	632,0	-	-

Nº da Barra	Tipo	Nome	Tensão		Geração (MW)	Carga	
			V (pu)	$\theta$ (graus)		(MW)	(Mvar)
134	P	BUS-EG-34	1,295	27,3	508,0	-	-
135	P	BUS-EG-35	1,122	17,6	650,0	-	-
136	P	BUS-EG-36	1,128	22,5	560,0	-	-
137	P	BUS-EG-37	1,082	18,5	540,0	-	-
138	$\theta$	BUS-EG-38	1,064	17,2	843,3	-	-
139	P	BUS-EG-39	1,043	-8,1	1000,0	-	-

Tabela B.1.2 – Dados de Linhas e Transformadores

Circuito		Resistência (%)	Reatância (%)	Suscep. (Mvar)	Tape (pu)	Barra Cont.
De	Para					
01	02	0,35	4,11	69,87	-	-
01	39	0,10	2,50	75,00	-	-
02	03	0,13	1,51	25,72	-	-
02	25	0,70	0,86	14,60	-	-
02	30	0,01	1,81	-	1,000	02
03	04	0,13	2,13	22,14	-	-
03	18	0,11	1,33	21,38	-	-
04	05	0,08	1,28	13,42	-	-
04	14	0,08	1,29	13,82	-	-
05	06	0,02	0,26	4,34	-	-
05	08	0,08	1,12	14,76	-	-
06	07	0,06	0,92	11,30	-	-
06	11	0,07	0,82	13,89	-	-
06	31	0,01	2,50	-	1,000	06
07	08	0,04	0,46	7,80	-	-
08	09	0,23	3,63	38,04	-	-
09	39	0,10	2,50	120,0	-	-
10	11	0,04	0,43	7,29	-	-
10	13	0,04	0,43	7,29	-	-
10	32	0,01	2,00	-	1,000	10
12	11	0,16	4,35	-	1,000	12
12	13	0,16	4,35	-	1,000	12
13	14	0,09	1,01	17,23	-	-
14	15	0,18	2,17	36,60	-	-
15	16	0,09	0,94	17,10	-	-
16	17	0,07	0,89	13,42	-	-
16	19	0,16	1,95	30,40	-	-
16	21	0,08	1,35	25,48	-	-
16	24	0,03	0,59	6,80	-	-
17	18	0,07	0,82	13,19	-	-
17	27	0,13	1,73	32,16	-	-
19	20	0,07	1,38	-	1,000	19
19	33	0,07	1,42	-	1,000	19
20	34	0,09	1,80	-	1,000	20
21	22	0,08	1,40	25,65	-	-
22	23	0,06	0,96	18,46	-	-
22	35	0,01	1,43	-	1,000	22
23	24	0,22	3,50	36,10	-	-

Circuito		Resistência (%)	Reatância (%)	Suscep. (Mvar)	Tape (pu)	Barra Cont.
De	Para					
23	36	0,05	2,72	-	1,000	23
25	26	0,32	3,23	51,30	-	-
25	37	0,06	2,32	-	1,000	25
26	27	0,14	1,47	23,96	-	-
26	28	0,43	4,74	78,02	-	-
26	29	0,57	6,25	102,90	-	-
28	29	0,14	1,51	24,90	-	-
29	38	0,08	1,56	-	1,000	29
130	30	-	3,3333	-	-	-
131	31	-	4,9167	-	-	-
132	32	-	3,5643	-	-	-
133	33	-	3,7429	-	-	-
134	34	-	11,167	-	-	-
135	35	-	3,6286	-	-	-
136	36	-	4,9167	-	-	-
137	37	-	4,1429	-	-	-
138	38	-	2,6325	-	-	-
139	39	-	0,2000	-	-	-

## B.2 Sistema-Teste SAGE 35 Barras

Tabela B.2.1 – Dados de Barra / Corresponde ao Ponto de Operação

Nº da Barra	Tipo	Nome	Tensão		Ger. (MW)	Carga		Shunt (Mvar)
			V (pu)	$\theta$ (graus)		(MW)	(Mvar)	
1	PQV	BUS--001--20	1,030	4,11	-	-	-	-
2	PQ	BUS--002-500	1,012	-2,3	-	-	-	-
3	PQ	BUS--003-500	1,011	-2,5	-	-	-	-
4	PQ	BUS--004-750	0,952	-5,8	-	-	-	-660
5	PQ	BUS--005-750	0,916	-26,0	-	-	-	-150
6	PQ	BUS--006-750	0,916	-26,0	-	-	-	-150
7	PQ	BUS--007-750	0,932	-18,0	-	-	-	-330
8	PQ	BUS--008-750	0,987	-4,3	-	-	-	-330
9	PQ	BUS--009-750	0,987	-4,3	-	-	-	-330
10	PQ	BUS--010-750	0,907	-32,0	-	-	-	-660
11	PQ	BUS--011-750	0,992	-15,0	-	-	-	-
12	PQ	BUS--012-750	0,992	-15,0	-	-	-	-
13	PQ	BUS--013-750	0,883	-49,0	-	-	-	-330
14	PQ	BUS--014-500	0,966	-55,0	-	-	-	-
15	PQ	BUS--015-500	0,953	-13,0	-	-	-	-
16	PQ	BUS--016-500	0,879	-12,0	-	-	-	-
17	PQ	BUS--017-500	0,999	9,7	-	4,44	-	-
18	PQ	BUS--018-500	1,037	9,91	-	-	-	-
19	PQ	BUS--019-500	1,050	5,3	-	1461,0	-339,0	-
20	PQ	BUS--020-500	1,052	5,69	-	-	-	-
21	PQ	BUS--021-500	1,074	13,5	-	2,83	-	-300
22	PQ	BUS--022-500	1,075	9,3	-	2,36	-	-200

Nº da Barra	Tipo	Nome	Tensão		Ger. (MW)	Carga		Shunt (Mvar)
			V (pu)	$\theta$ (graus)		(MW)	(Mvar)	
23	PQ	BUS--023-500	1,067	5,35	-	678,3	120,8	-330
24	PQ	BUS--024-500	1,037	-63,0	-	-	-	-
25	PQ	BUS--025-500	1,093	-65,0	-	6150,0	-2400,0	-
26	PQV	BUS--026-500	1,100	-65,0	-	-	-	-
27	PQ	BUS--027-500	0,991	-63,0	-	-	-	-
28	PQ	BUS--028-345	0,951	-59,0	-	-	-	-
29	PQ	BUS--029-345	0,879	-64,0	-	3425,0	561,4	-
30	PQ	BUS--030-345	0,929	-17,0	-	-	-	-
31	PQV	BUS--031--20	1,007	18,0	-	1,71	-	-
32	PQV	BUS--032--20	1,058	16,6	-	-	-	-
33	PQV	BUS--033--20	1,059	12,6	-	-	-	-
34	PQV	BUS--034--20	1,049	22,3	-	-	-	-
101	P	EG1	1,313	27,2	3300,0	-	-	-
126	P	EG26	2,219	6,0	3879,0	-	-	-
131	P	EG31	1,255	8,9	1320,0	-	-	-
132	P	EG32	1,509	4,9	1200,0	-	-	-
133	P	EG33	1,545	6,6	1200,0	-	-	-
134	$\theta$	EG34	2,284	-9,1	1445,0	-	-	-

Tabela B.2.2 – Dados de Linhas e Transformadores

Circuito		Resistência (%)	Reatância (%)	Suscep. (Mvar)	Tape (pu)	Barra Cont.
De	Para					
2	1	-	0,35	-	1,014	-
2	3	0,0052	0,05	11,033	-	-
2	3	0,0051	0,05	10,87	-	-
2	3	0,005	0,05	10,688	-	-
2	3	0,005	0,05	10,538	-	-
3	4	-	0,1569	-	1,05	-
4	5	0,076	1,84	927,8	-	-
4	6	0,076	1,85	929,1	-	-
5	7	-	-0,749	-	-	-
6	7	-	-0,749	-	-	-
7	8	-	-0,778	-	-	-
7	9	-	-0,778	-	-	-
8	10	0,064	1,53	760,0	-	-
9	10	0,063	1,53	755,7	-	-
10	11	-	-0,915	-	-	-
10	12	-	-0,915	-	-	-
11	13	0,072	1,75	877,5	-	-
12	13	0,072	1,75	873,0	-	-
14	13	-	0,3457	-	1,04	-
14	24	0,0826	1,04	32,0	-	-
14	24	0,0826	1,04	32,0	-	-
15	7	-	0,3467	-	0,9248	15
15	16	0,01	0,05	1,135	-	-
15	16	0,01	0,05	1,135	-	-
16	17	0,154	1,94	236,97	-	-
17	18	0,056	0,697	85,746	-	-
17	31	0,0165	1,1362	-	0,9681	-

Circuito		Resistência (%)	Reatância (%)	Suscep. (Mvar)	Tape (pu)	Barra Cont.
De	Para					
18	19	0,0624	0,7848	96,592	-	-
18	32	-	1,05	-	1,013	-
19	16	0,191	2,414	294,92	-	-
19	22	0,162	2,048	250,17	-	-
20	19	0,01	0,126	15,428	-	-
20	19	0,01	0,13	15,16	-	-
20	33	-	1,08	-	1,034	-
21	17	0,172	2,17	265,16	-	-
21	34	0,0165	1,1362	-	1,057	-
22	21	0,102	1,268	155,24	-	-
22	23	0,225	3,033	381,46	-	-
23	21	0,282	3,852	493,7	-	-
24	25	0,0284	0,352	10,83	-	-
24	25	0,0284	0,352	10,83	-	-
24	27	0,0223	0,28	14,462	-	-
25	26	0,007	0,088	2,707	-	-
25	26	0,007	0,088	2,707	-	-
27	29	-	0,72	-	0,9933	-
28	13	-	0,899	-	0,9724	28
28	13	-	0,899	-	0,9724	28
28	29	0,0812	0,8	7,56	-	-
28	29	0,0812	0,8	7,56	-	-
28	29	0,0812	0,8	7,56	-	-
28	29	0,0812	0,8	7,56	-	-
28	30	1,6	9,0	300,	-	-
30	16	-	0,899	-	1,066	-
101	1	-	1,6096	-	-	-
126	26	-	4,2647	-	-	-
131	31	-	6,5503	-	-	-
132	32	-	6,5503	-	-	-
133	33	-	6,5503	-	-	-
134	34	-	12,422	-	-	-

### B.3 Sistema-Teste IEEE 24 Barras

Tabela B.3.1 – Dados de Barra / Corresponde ao Ponto de Operação

Nº da Barra	Tipo	Nome	Tensão		Geração (MW)	Carga		Shunt (Mvar)
			V (pu)	$\theta$ (graus)		(MW)	(Mvar)	
1	PQV	BAR--01	1,100	-13,0	-	108,0	22,0	-
2	PQV	BAR--02	1,100	-13,0	-	97,0	20,0	-
3	PQ	BAR--03	0,997	-12,0	-	180,0	37,0	-
4	PQ	BAR--04	1,036	-14,0	-	74,0	15,0	-
5	PQ	BAR--05	1,066	-15,0	-	71,0	14,0	-
6	PQ	BAR--06	1,051	-16,0	-	136,0	28,0	-100,0
7	PQV	BAR--07	1,050	-26,0	-	125,0	25,0	-

Nº da Barra	Tipo	Nome	Tensão		Geração (MW)	Carga		Shunt (Mvar)
			V (pu)	$\theta$ (graus)		(MW)	(Mvar)	
8	PQ	BAR--08	0,942	-30,0	-	477,0	98,5	-
9	PQ	BAR--09	1,015	-12,0	-	175,0	36,0	-
10	PQ	BAR--10	1,057	-13,0	-	195,0	40,0	-
11	PQ	BAR--11	1,048	-3,4	-	-	-	-
12	PQ	BAR--12	1,052	-1,6	-	-	-	-
13	PQV	BAR--13	1,100	5,2	-	265,0	54,0	-
14	PQV	BAR--14	1,050	-2,5	-	194,0	39,0	-
15	PQV	BAR--15	1,000	2,6	-	317,0	64,0	-
16	PQV	BAR--16	1,020	2,7	-	100,0	20,0	-
17	PQ	BAR--17	1,000	5,2	-	-	-	-
18	PQV	BAR--18	1,000	6,0	-	333,0	68,0	-
19	PQ	BAR--19	1,044	3,5	-	181,0	37,0	-
20	PQ	BAR--20	1,074	6,0	-	128,0	26,0	-
21	PQV	BAR--21	1,000	6,6	-	-	-	-
22	PQV	BAR--22	1,000	9,3	-	-	-	-
23	PQV	BAR--23	1,095	7,9	-	-	-	-
24	PQ	BAR--24	0,998	-2,8	-	-	-	-
25	P	EG01	1,270	1,6	-	-	-	-
26	P	EG02	1,235	1,9	-	-	-	-
27	P	EG07	1,475	-5,3	-	-	-	-
28	$\theta$	EG13	1,595	38,3	-	-	-	-
29	P	EG14	1,341	-2,5	-	-	-	-
30	P	EG15	1,045	23,3	-	-	-	-
31	P	EG16	1,060	16,6	-	-	-	-
32	P	EG18	1,236	40,5	-	-	-	-
33	P	EG21	1,080	39,7	-	-	-	-
34	P	EG22	0,962	25,6	-	-	-	-
35	P	EG23	1,970	51,3	-	-	-	-

Tabela B.3.2 – Dados de Linhas e Transformadores

Circuito		Resistência (%)	Reatância (%)	Suscep. (Mvar)	Tape (pu)	Barra Cont.
De	Para					
1	2	0,26	1,39	46,11	-	-
1	3	5,46	21,12	5,72	-	-
2	6	4,97	19,20	5,20	-	-
4	2	3,28	12,67	3,43	-	-
4	9	2,68	10,37	2,81	-	-
5	1	2,18	8,45	2,29	-	-
5	10	2,28	8,83	2,39	-	-
7	8	1,59	6,14	1,66	-	-
8	9	4,27	16,51	4,47	-	-
8	10	4,27	16,51	4,47	-	-
9	3	3,84	11,90	3,22	-	-
10	6	1,39	6,05	245,9	-	-
11	9	0,23	8,39	-	1,000	11
11	10	0,23	8,39	-	1,000	11
12	9	0,23	8,39	-	1,000	12
12	10	0,23	8,39	-	1,000	12
12	23	1,24	9,66	20,30	-	-
13	11	0,61	4,76	9,99	-	-

Circuito		Resistência (%)	Reatância (%)	Suscep. (Mvar)	Tape (pu)	Barra Cont.
De	Para					
13	12	0,61	4,76	9,99	-	-
13	23	1,11	8,65	18,18	-	-
14	11	0,54	4,18	8,79	-	-
14	16	0,50	3,89	8,18	-	-
15	16	0,22	1,73	3,64	-	-
17	16	0,33	2,59	5,45	-	-
18	17	0,18	1,44	3,03	-	-
18	21	0,16	1,29	10,90	-	-
19	16	0,30	2,31	4,85	-	-
20	19	0,25	1,98	16,66	-	-
20	23	0,14	1,08	9,10	-	-
21	15	0,31	2,45	20,60	-	-
22	17	1,35	10,53	22,12	-	-
22	21	0,87	6,78	14,24	-	-
24	3	0,23	8,39	-	-	-
24	15	0,67	5,19	10,91	-	-
25	1	-	20,0	-	-	-
26	2	-	20,0	-	-	-
27	7	-	20,0	-	-	-
28	13	-	10,97	-	-	-
29	14	-	20,0	-	-	-
30	15	-	20,0	-	-	-
31	16	-	20,0	-	-	-
32	18	-	20,0	-	-	-
33	21	-	20,0	-	-	-
34	22	-	20,0	-	-	-
35	23	-	22,63	-	-	-