

8

Referências

ACS SASSI, Manual do Usuário. **An Advanced Computational Software for 3D Dynamic Analysis Including Soil-Structure Interaction**. 2001. Ghiocel, D. M. - Advanced Computational Software, Inc.

ALMEIDA, A. D. de. **Análise probabilística de segurança de sistemas e componentes estruturais**. 2002. 140f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

ALMEIDA, A. D. de.; Roehl, J. L. – **Uniformly Probable Coupled Response Spectra for Secondary Systems** . Transactions of the 17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMIRT 17). Praga, Agosto 2003.

ASCE/SEI 43-05 – 2005 – **Seismic Design Criteria for Structures, Systems, and Components in Nuclear Facilities** – American Society of Civil Engineers – ASCE/SEI 43-05 – 2005.

ASFURA, A.; Der Kiureghian, A. **Floor response spectrum method for seismic analysis of multiply supported secondary systems**. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, v. 14, p.245-265, 1986.

CHEN, W.P., Jaquay, K.R., Chokshi, N.C., Terao, D., An Assessment of Seismic Margins in Nuclear Plant Piping. Transactions of the 13th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMIRT 13). Porto Alegre, 1995.

CLOUGH, Ray W.; Penzien, Joseph. **Dynamics of Structures**. 2nd.ed. New York: McGrawHill, 1993.

CORREIA, M. F. **Visualização da solução do campo-livre do SASSI2000**. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

DALCANAL, P. R. **Comentários sobre a seleção de parâmetros para a composição do campo-livre no programa SASSI2000**. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

DALCANAL, P. R. **Panorama da interação estrutura-solo-estrutura segundo o SASSI2000 e sua projeção no ACS SASSI**. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

DER KIUREGHIAN, A.. **CQC Modal combination rule for high-frequency modes**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 11., 1991, Transactions... Tokio: Japão, 1991.

ENDO, R.; Murota, M.; Kawahata, J. I.; Sato. T.; Hirose, J.; Nekomoto, Y.; Takayama, Y.; Kobayashi, H.; **The development of design method of nuclear piping system supported by elasto-plastic support structures** (part 2). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 13., 1995, Porto Alegre. Transactions... Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, 1995.

EXCONF, **Manual de Entrada de Dados do Programa EXCONF**. Termo de Cooperação entre Eletronuclear e PUC-Rio / Fundação Padre Leonel Franca, Relatório Parcial Nr. 3, Anexo 3c. Rio de Janeiro, 2005.

EXESASSI, **Gerenciador de Programas para Avaliação do Espectro de Respostas Uniformemente Provável**. Termo de Cooperação entre Eletronuclear e PUC-Rio / Fundação Padre Leonel Franca, Relatório Parcial Nr. 3, Anexo 3a. Rio de Janeiro, 2005.

FAJFAR, P.; Novak, D. **Floor response spectra for inelastic structures**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 13., 1995, Porto Alegre. Transactions... Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, 1995.

GFIBASE, **Manual de Entrada de Dados do Programa GFIBASE**. Termo de Cooperação entre Eletronuclear e PUC-Rio / Fundação Padre Leonel Franca. Relatório Parcial Nr. 3, Anexo 3b. Rio de Janeiro, 2005.

GOMES, J. J. S. **A pressão interna e a variação de temperatura nos sistemas de tubulação e os espectros de resposta de projeto para cargas sísmicas**. 2005. 99f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GUPTA, A.K. **Response spectrum method in seismic analysis and design of structures**. Tokio: CRC Press, 1986.

GUPTA, A.; Gupta, A.K. **New developments in coupled seismic analysis of equipment and piping**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 13., 1995, Porto Alegre. Transactions... Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, v. 2, 1995.

JAEGYUN, P., Chung, C.H., Hyung, C.H., Paek, Y.L. Choi, K.R. **Static and Dynamic Analysis of a Concrete Shear Wall**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 19., 2007, Toronto. Transactions... Toronto, SMIRT 19. 2007.

KENNEDY, R.P., **Performance-Goal Based (Risk Informed) Approach for Establishing the SSE Site Specific Response Spectrum for Future Nuclear Power Plants**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 19., 2007, Toronto. Transactions... Toronto, SMIRT 19. 2007.

NUREG/CR-6728 – **Technical Basis for Revision of Regulatory Guidance on Design Ground Motions: Hazard- and Risk-consistent Ground Motion Spectra Guidelines** – U.S. Nuclear regulatory Commission – NUREG / CR-6728.

OJEDA, W. J. G. **Avaliação dos critérios para aplicação da análise espectral sísmica em sistemas de tubulações**. 1998. 90f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

OKEIL, A.M.; Tung, C.C. Amin, M. **Effect of ductility on seismic response of piping systems**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 13., 1995, Porto Alegre. Transactions... Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, 1995.

SAMPAIO, R. A. C. **Alternativa na análise de estruturas de usinas termonucleares para cargas sísmicas**. 1999. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

SAMPAIO, R. A. C. **Espectro de resposta de projeto uniformemente provável para sistemas secundários inelásticos**. 2003. 112 f. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SASSI, Manual Teórico e do Usuário – **A System for Analysis of Soil-Structure Interaction** - rev. 1 (1999) - J.Lysmer; F. Ostadan; M. Tabatabaie; F.

Tajirian; S. Vahdani - Department of Civil and Environmental Engineering – University of California, Berkeley.

SHAKE, Manual do Usuário e Teórico – **Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites**. (1996) SIEMENS AG Power Generation Group.

STRUDYN, Manual do Usuário – **Linear-Elastic, Static and Dynamic Analysis of 3D Structures**. (1998) SIEMENS AG Power Generation Group; K. R. Leimbach, Ruhr University Bochum.

US NRC - NUREG/CR-6728 – **Technical Basis for Revision of Regulatory Guidance on Design Ground Motions: Hazard and Risk-consistent Ground Motion Spectra Guidelines** - U.S. Nuclear Regulatory Commission - NUREG/CR-6728 – May 2001.

US NRC- RG 1.208 – **A Performance-Based Approach to Define the Site-Specific Earthquake Ground Motion** - U.S. Nuclear Regulatory Commission - Regulatory Guide 1.208 – March 2007.

US NRC- RG 1.122 – **Development of Floor Response Spectra for Seismic Design of Floor-Supported Equipment or Components** - U.S. Nuclear Regulatory Commission - Office of Standards Development – February 1978.

US NRC- S.R.P.3.7.1 - NUREG - 0800 – U.S. Nuclear Regulatory Commission - Regulatory Guide – April 1996.

US NRC- S.R.P.3.7.2 - NUREG - 0800 – U.S. Nuclear Regulatory Commission - Regulatory Guide – 1989

VALVERDE, M. C. **Desenvolvimento de espectros de resposta para análise estrutural sísmica em sistemas de tubulações**. 1998. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

VANMARCKE, E. H., 1975. **On the Distribution of the First-Passage Time for the Normal Stationary Random Processes**. Journal of Applied Mechanics. 42, pp. 215-220.

VASILYEV, P., **Development of Floor Design Response Spectra, Rules and Practice**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, 19., 2007, Toronto. Transactions... Toronto, SMIRT 19. 2007.

ANEXO 1:

Características dinâmicas do modelo utilizado para representar a RIS – modelo A1ERE

A1.1.

Rigidez global da fundação – modelo A1ERE

Para a avaliação da rigidez global da fundação é utilizado o sistema SASSI. A rocha sob a fundação é modelada com uma camada horizontal de 2,35m de espessura, e o semi-espaço é subdividido em mais 10 camadas de espessuras variáveis com a frequência. Para o cálculo dos coeficientes de transmissibilidade entre os nós de interação é considerado um raio médio de 3,95m. São consideradas 10 frequências de análise.

Neste item, o foco de interesse é a cinemática do problema. Portanto, nesta etapa da análise a fundação é considerada sem massa e rígida. O modelo da superestrutura não é considerado e as barras rígidas unidas ao nó 1 (projeção do centro do reator) são deslocadas para o nó 4, que fica posicionado no centro de rigidez de toda a laje da fundação.

A partir da aplicação de uma carga harmônica unitária no nó 4, obtém-se o valor da rigidez global da fundação na direção da carga aplicada pela inversão das funções de transferência de deslocamentos (FTD), obtidas na direção da carga aplicada no próprio nó 4. Com o módulo MOTOR, que simula carregamentos harmônicos aplicados a algum nó do modelo representado no HOUSE, com análises para uma carga quase estática nas 6 direções são obtidos os valores das FT para o próprio nó de aplicação da carga. Com a inversão dos deslocamentos representados pelos primeiros pontos da FT ($f=0,048\text{Hz}$) a rigidez global estática é calculada.

São acrescentados ao modelo da fundação os nós 92 a 99, na superfície livre do terreno, a distâncias de 1, 2, 4 e 8 vezes o valor do diâmetro da estrutura externa nas direções X1 e X2. Além destes, os nós 101 e 102 estão a 2km de distância, para verificar a resposta de campo livre em um ponto no terreno longe da influência do sistema.

Para a avaliação do comportamento do modelo da fundação foram comparadas as funções de transferências de deslocamentos FTD para vários pontos da fundação e alguns pontos na superfície livre do terreno. A Tabela A1.1 apresenta a lista dos nós utilizados para essa comparação. As distâncias em relação ao centro do ERE (nó 1) estão apresentadas em valores de diâmetros ($1D = 37,2m$) do ERE. Assim, devido a não simetria em relação ao eixo X, os nós 92 e 96 estão respectivamente afastados de 18,60m e 2,90m do bordo da fundação. São utilizados pontos a 2000m (aprox. 53 D) para se obterem pontos praticamente fora da influência da fundação.

A comparação é feita para as FTD devidas à aplicação de cargas unitárias FX, FY e FZ. Os gráficos estão apresentados aos pares, comparando-se posições ao longo das direções X e Y para cada um dos 3 casos de carga. As Figuras A1.1 a A1.6 apresentam as comparações.

Tabela A1.1 - Pontos utilizados para comparação das FT de deslocamentos

Direção	Nos	Distância ao centro ERE
Variação em X	1	Centro
	10 e 16	$\frac{1}{4} D$
	58 e 46	$\frac{1}{2} D$
	92	1 D
	94	4 D
	101	2 km
Variação em Y	1	Centro ERE
	4	Centro fund.
	52 e 64	$\frac{1}{2} D$
	79	centro ESG
	89	borda ESG
	96	1 D
	98	4 D
	102	2 km

Com a aplicação da carga na direção X, obtém-se a mesma função de transferência de deslocamentos em X (FTD_x) para todos os pontos alinhados na própria direção X (coordenada Y=0). As FTD em Z são simétricas em relação ao eixo Y (nós 10 = 16, nós 46 e 58), aumentando com o raio e diminuindo após o bordo da fundação.

Para os pontos com coordenadas X=0, é obtido um pequeno desbalanceamento nas FTD_x, mostrando uma ligeira diminuição com o aumento

da ordenada Y dos nós. Isso faz supor que a ordenada Y do ponto de aplicação da carga é ligeiramente menor do que a do centro de rigidez real da fundação. Isto ocorreu porque a ordenada do nó 4 é ajustada pelas FTD obtidas da carga vertical FZ, como será visto adiante. Para estes nós as FTD em Z são todas nulas devido à simetria do modelo.

O comportamento apresentado para cargas FY é similar ao analisado acima, exceto que devido à simetria não há desbalanceamento horizontal do ponto de aplicação de carga e que as FTD para o nó 96 (afastado 1D) são relativamente mais parecidas com as do nó 89 (bordo da fundação), devido a maior proximidade destes pontos.

Com a aplicação da carga vertical FZ, são obtidas FTD em Z praticamente iguais para todos os pontos da fundação. Isso se dá devido à carga vertical ter sido ajustada para o centro de rigidez do modelo da fundação, nó 4. Após o ajuste a ordenada Y do nó 4 ficou 7,10m enquanto o centro geométrico da área da fundação têm ordenada 6,24m. A partir do bordo, as FTD são decrescentes com o aumento da distância à fundação.

Assim, pode ser dito que o modelo apresenta o comportamento de fundação rígida que se deseja simular na presente análise. A partir da inversão dos valores das FTD podem ser obtidos valores globais da impedância da fundação. A Tabela A1.2 apresenta os valores da rigidez global obtidos pelo sistema SASSI. Para efeito de comparação ilustrativa, também são apresentados valores de rigidez global obtidos a partir da formulação de uso corrente, desenvolvida para placas circulares rígidas sobre semi-espaço elástico.

As Figuras A1.7 e A1.8 apresentam os gráficos da variação da rigidez global e do amortecimento com a frequência da excitação, também comparados com valores obtidos para semi-espaço elástico.

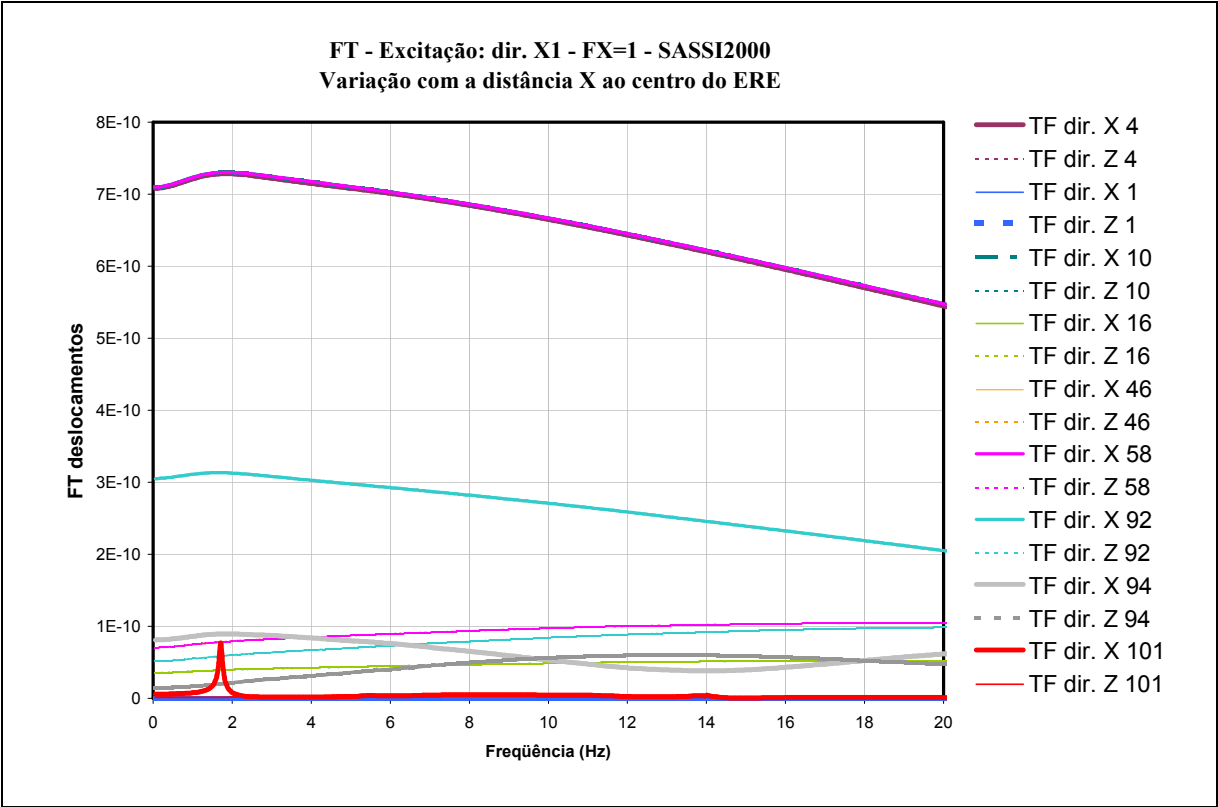


Figura A1.1 – FT de deslocamentos para carga FX=1 – variação na direção X

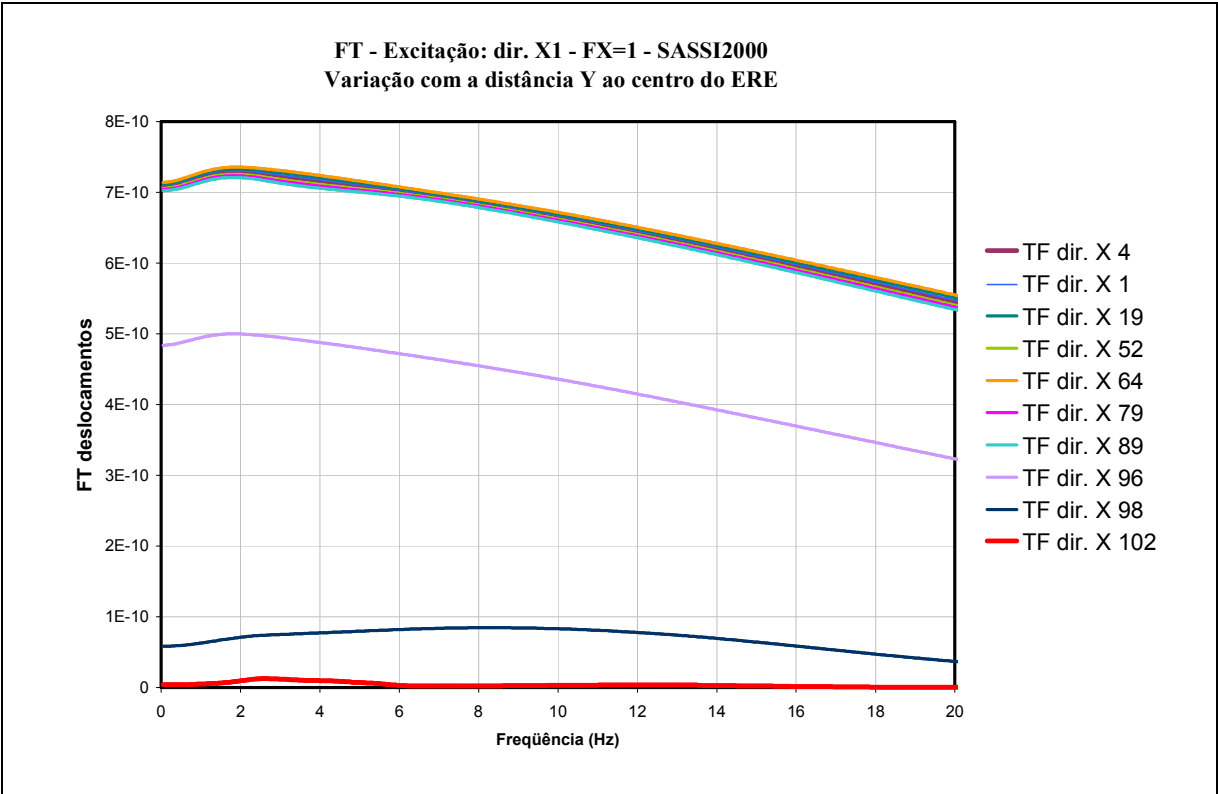


Figura A1.2 – FT de deslocamentos para carga FX=1 – variação na direção Y

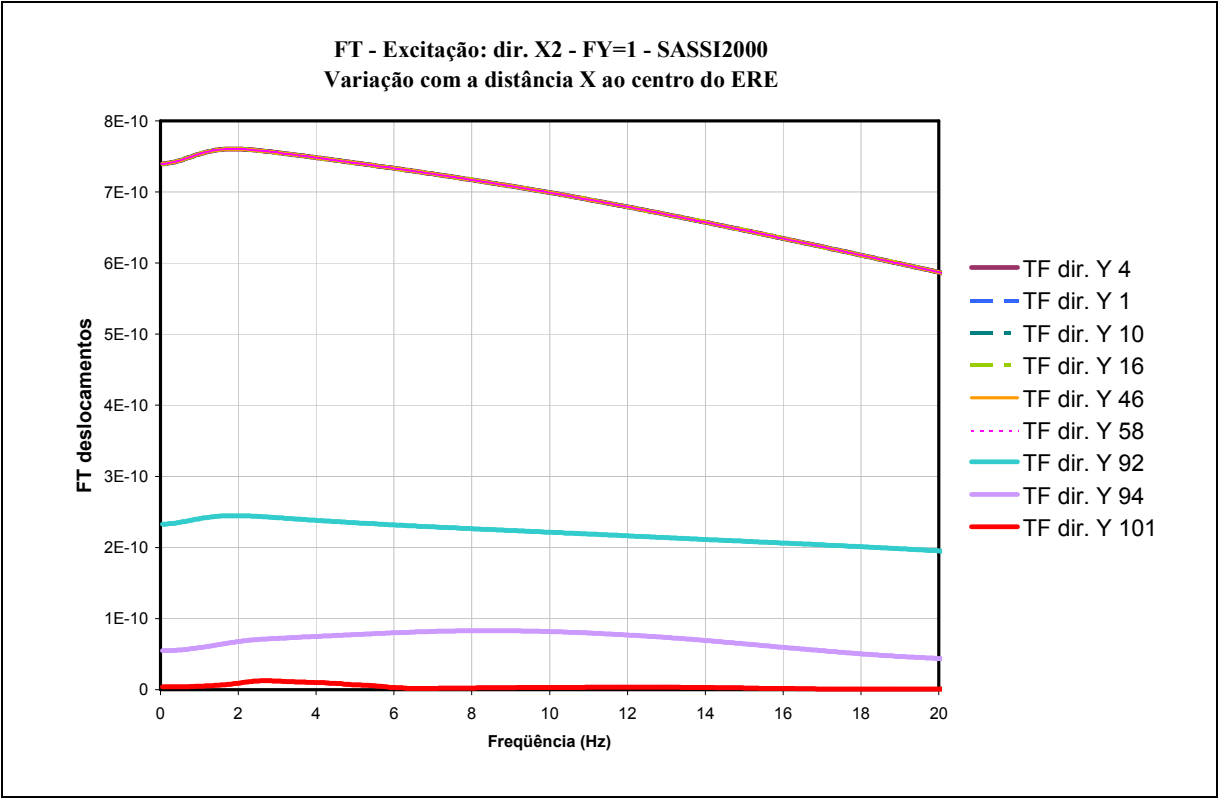


Figura A1.3 – FT de deslocamentos para carga FY=1 – variação na direção X

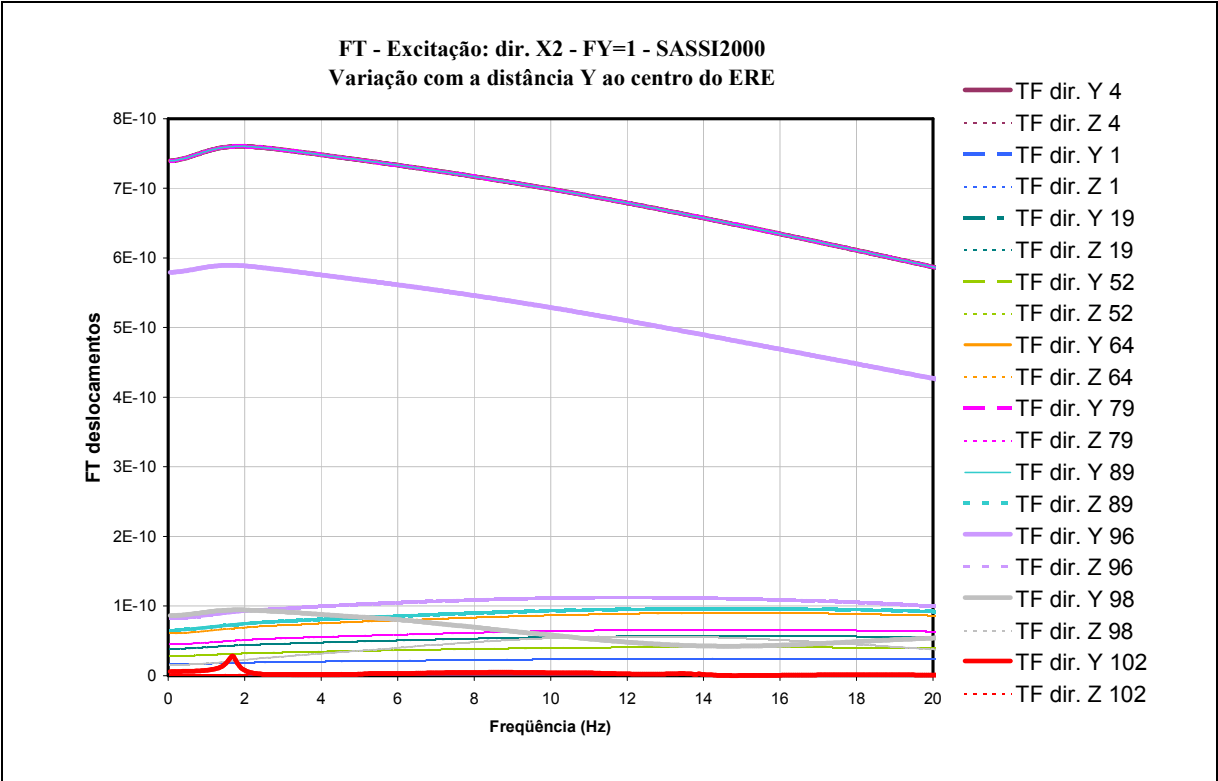


Figura A1.4 – FT de deslocamentos para carga FY=1 – variação na direção Y

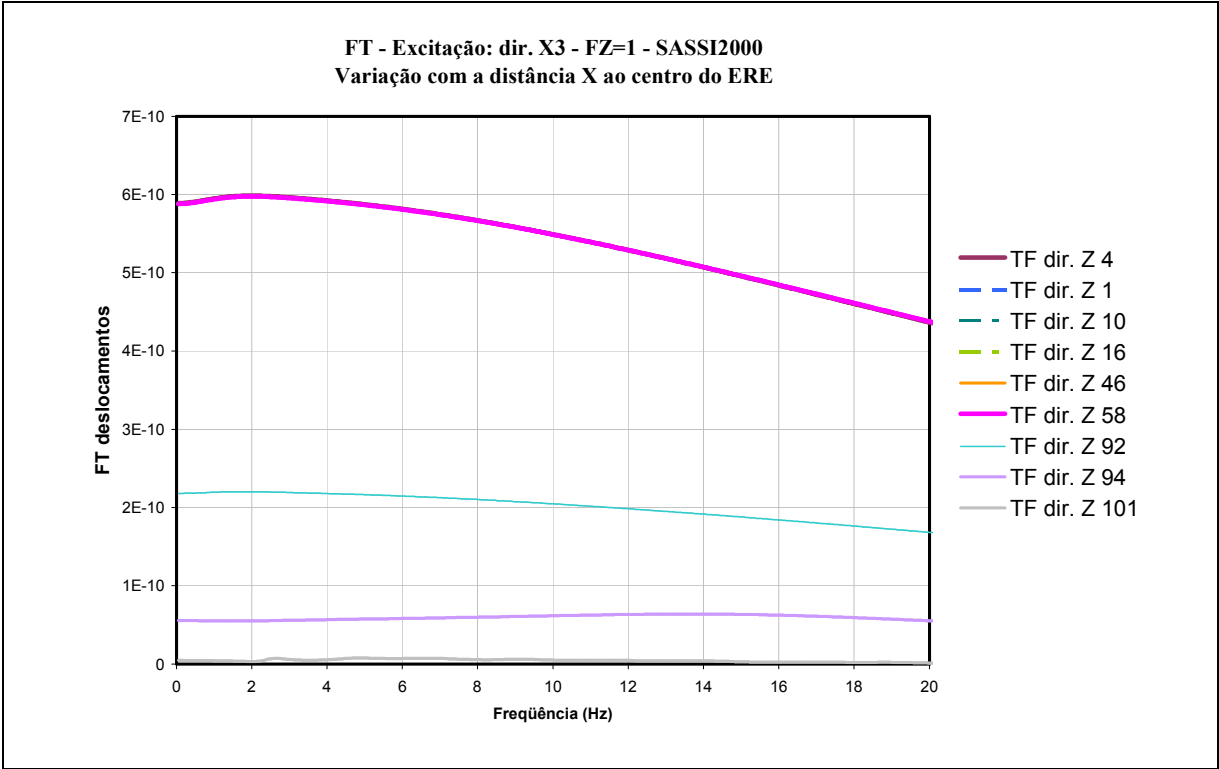


Figura A1.5 – FT de deslocamentos para carga FZ=1 – variação na direção X

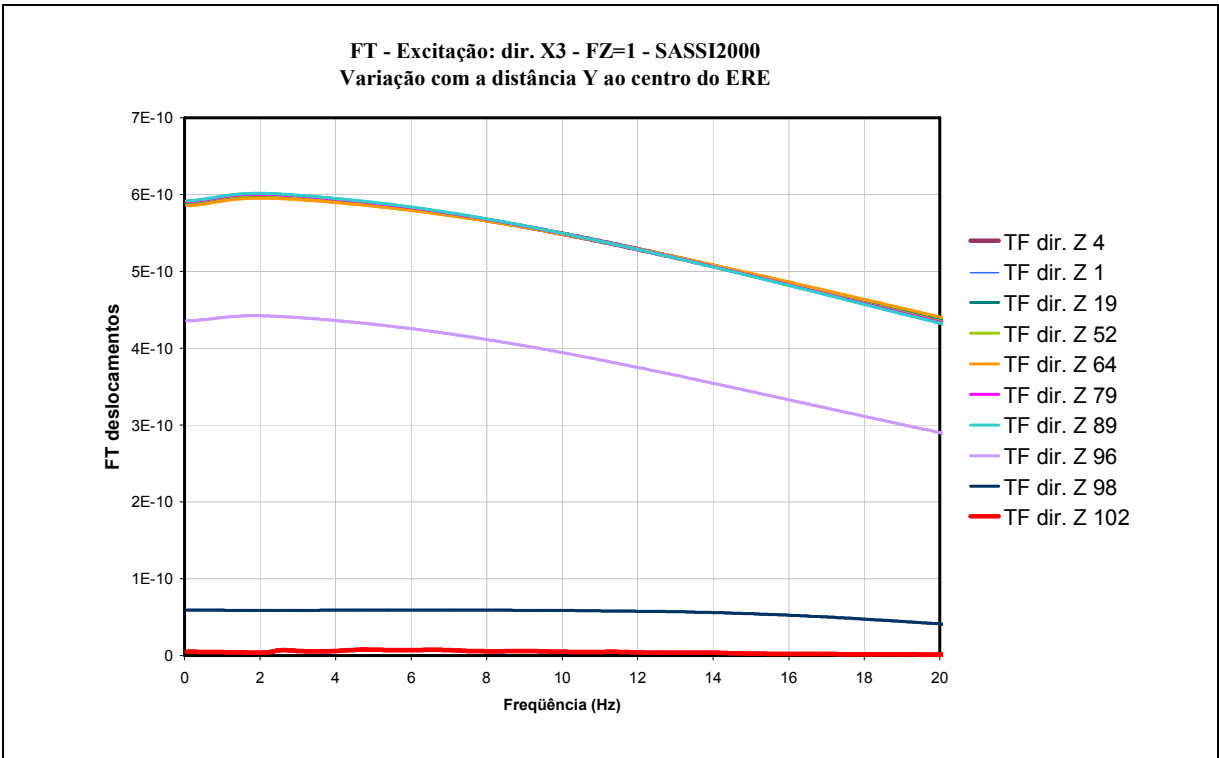


Figura A1.6 – FT de deslocamentos para carga FZ=1 – variação na direção Y

Tabela A1.2 - Coeficientes de rigidez global da fundação

Direção	Rigidez SASSI	Rigidez semi-espaço
Horizontal (X1)	1,41 E+09 kN/m	1.34E+09 kN/m
Horizontal (X2)	1,35 E+09 kN/m	1.34E+09 kN/m
Vertical (X3)	1,70 E+09 kN/m	1.57E+09 kN/m
Rotação (Rot.X1)	7,90 E+11 kN.m/rad	7.36E+11 kN.m/rad
Rotação (Rot.X2)	3,85 E+11 kN.m/rad	3.36E+11 kN.m/rad
Rotação (Rot.X3)	8,50 E+11 kN/m	7.68E+11 kN.m/rad

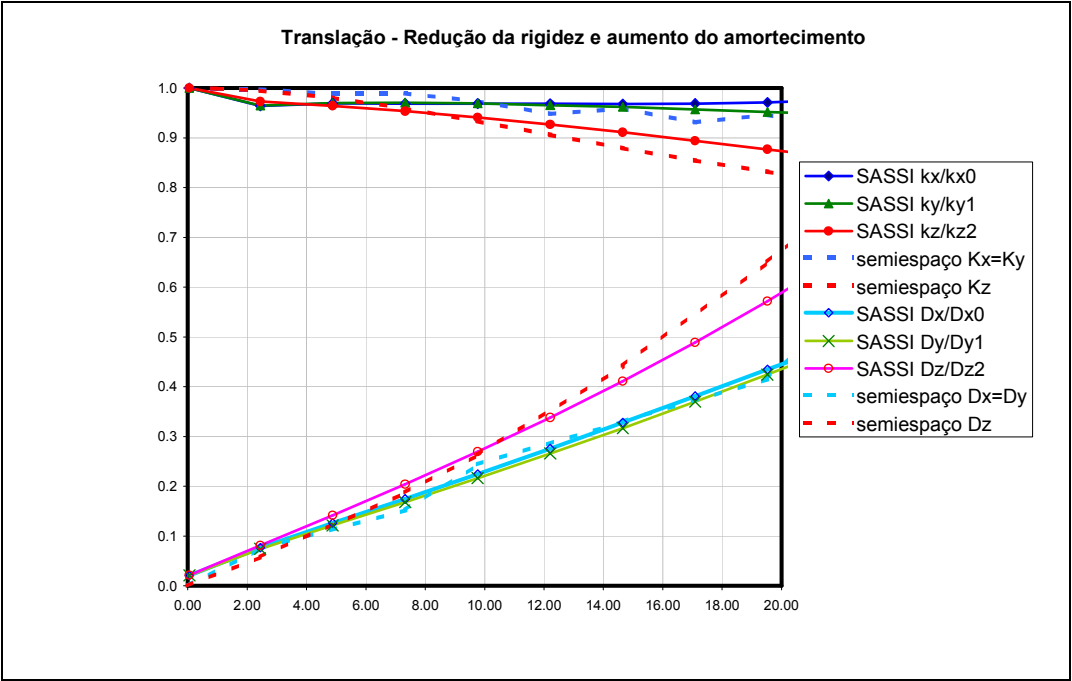


Figura A1.7 – Variação do amortecimento e da rigidez global da fundação com a frequência - translação

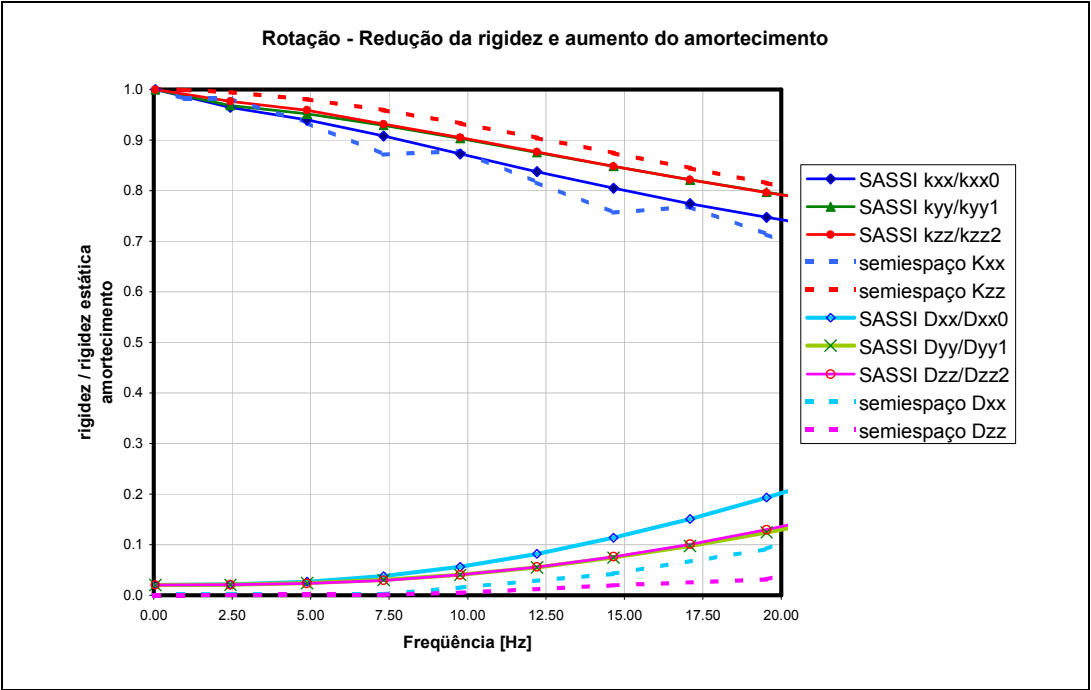


Figura A1.8 – Variação do amortecimento e da rigidez global da fundação com a frequência - rotação

A1.2.**Verificações da resposta sísmica do modelo – modelo A1ERE**

Nesse anexo são obtidas e apresentadas as funções de transferência de acelerações (FT) em diversos pontos da fundação e em nós livres na superfície do terreno, com a finalidade de verificar a consistência do modelo do sistema principal utilizado na análise.

Para verificar o funcionamento das barras rígidas (elementos de viga 79 a 86), utilizados para distribuir uniformemente a rigidez dos prédios pela fundação, as Figuras A1.9 a A1.14 apresentam as FT com as respostas sísmicas dos nós 1 e 103 (base do ERE) e dos nós 79 e 100 (base do ESG). As FT correspondentes a uma excitação na direção X1, transversal ao eixo ERE-ESG, são apresentadas nas figuras A1.9 e A1.10. As figuras A1.11 e A1.12 correspondem a excitação em X2 e as figuras A1.13 e A1.14 às FT correspondentes a excitações na vertical X3.

Como era de se esperar, todas as FT correspondentes são iguais para as respostas nos nós 1 e 103 (base do ERE) e dos nós 79 e 100 (base do ESG), mostrando o bom funcionamento do modelo.

Para se comparar o comportamento das respostas da fundação a uma excitação sísmica, podem ser comparadas as FT cruzando-se os dados das figuras. Assim, as figuras A1.15 até A1.17 apresentam as FT do nó 100 (base do ESG) comparadas às do nó 103 (base do ERE). Destas figuras se verifica o comportamento simétrico em relação a deslocamentos horizontais X2, cujas FT são coincidentes em toda a gama de frequências. Para os deslocamentos em X1, há coincidências nas respostas até as frequências correspondentes ao ESG e RIS, depois há um afastamento das FT, indicando maiores amplificações para o ERE. O mesmo fenômeno ocorre para as excitações verticais. Também se pode verificar o acoplamento das respostas nas direções X2 – X3, para as excitações em ambas as direções.

As figuras A1.18 até A1.20 apresentam a comparação das FT para 3 pontos pontos da borda da fundação, na parte extrema do ESG (X2=34m), em relação ao centro do ERE. Percebe-se uma quase coincidência das respostas dos nós do bordo, o que só não ocorre para respostas na direção vertical em frequências

acima de 20 Hz e no caso do acoplamento com excitação em X1, pois o nó 89 não sofre acoplamento por estar no eixo de simetria.

As figuras A1.21 até A1.26 apresentam a comparação das FT obtidas para vários pontos no nível da superfície do terreno, alinhados nas direções X1 ou X2. Estão apresentados pontos sob a área da fundação e afastados dela, conforme a Tabela A1.1.

A figura A1.21 mostra que as repostas em X1 para os pontos 1 e 46, pertencentes à laje da fundação, são coincidentes, portanto compatíveis com movimento rígido e uniforme na direção da excitação. Afastando-se do bordo, as respostas decaem para uma FT constante e unitária para o ponto 101, distante 53D do centro do ERE. As respostas de acoplamento vertical são máximas na borda (nó 46) e decaem para zero com o aumento do afastamento.

A figura A1.22 mostra as repostas em X1 para os pontos com coordenadas X1 nulas e X2 crescentes. As FT das excitações em X1 são decrescentes, compatíveis com movimento rígido e decrescente na direção perpendicular à excitação, compatível com desbalanceamento de massas do modelo ao longo da direção X2. Afastando-se do centro do ERE, as respostas decaem para uma FT constante e unitária para o ponto 102, distante 53 D do centro do ERE. Não há acoplamento vertical, pois todos esses pontos são posicionados no eixo de simetria.

As figuras A1.23 e A1.24, com FT das excitações em X2, mostram um comportamento semelhante aos das figuras anteriores, porém com um comportamento simétrico em relação ao eixo X2 e acoplamento com respostas na direção vertical.

As figuras A1.25 e A1.26, com FT das excitações em X3, mostram um comportamento semelhante aos para excitação em X1, com respostas constantes para os pontos da fundação ao longo de X1, e decrescentes ao longo de X2, afastando-se do centro do ERE, tendendo a FT praticamente constante e unitária, com leve decréscimo com a frequência para o ponto 102.

Sendo assim, as respostas apresentadas neste apêndice confirmam a hipótese de fundação rígida para o modelo matemático, com respostas dinâmicas compatíveis com a simetria em relação ao eixo X2 e com a distribuição de massas pelas diferentes partes que compõem o sistema estrutural em estudo.

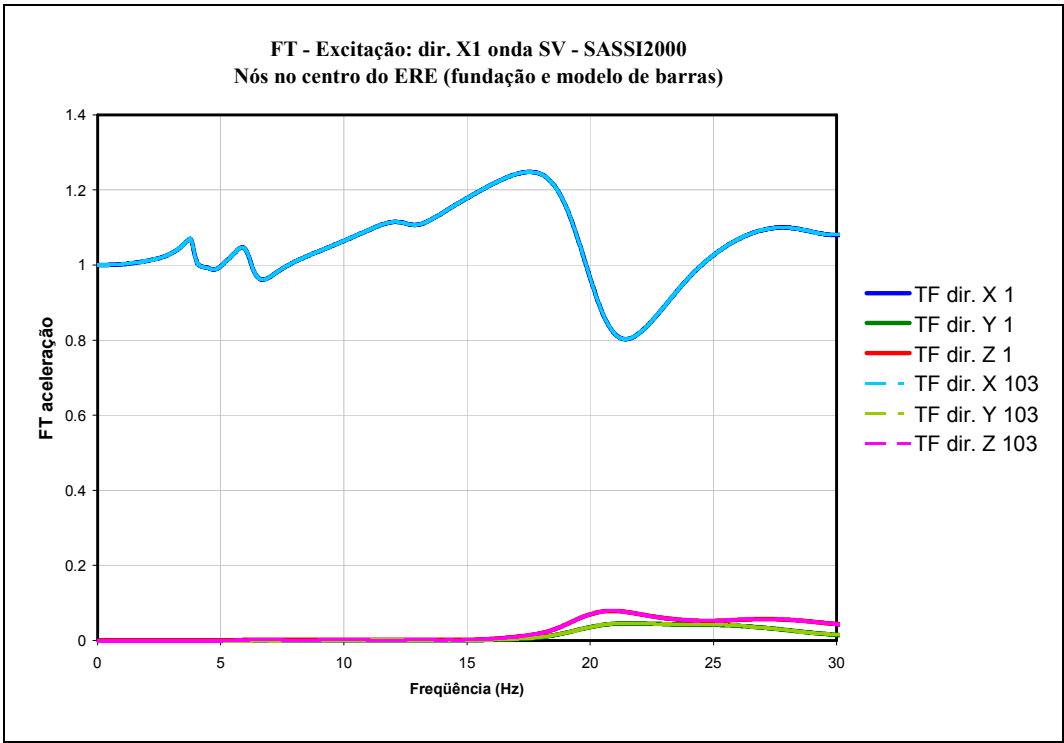


Figura A1.9 – FT de acelerações – base ERE – excitação em X1 – onda SV

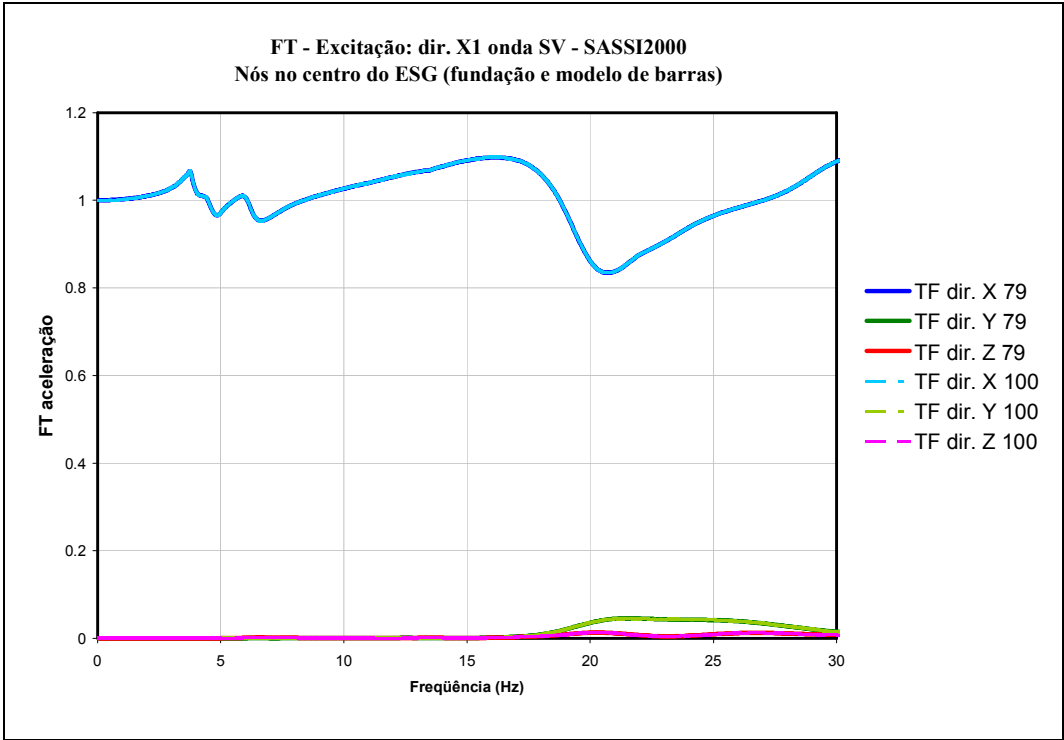


Figura A1.10 – FT de acelerações – base ESG – excitação em X1 – onda SV

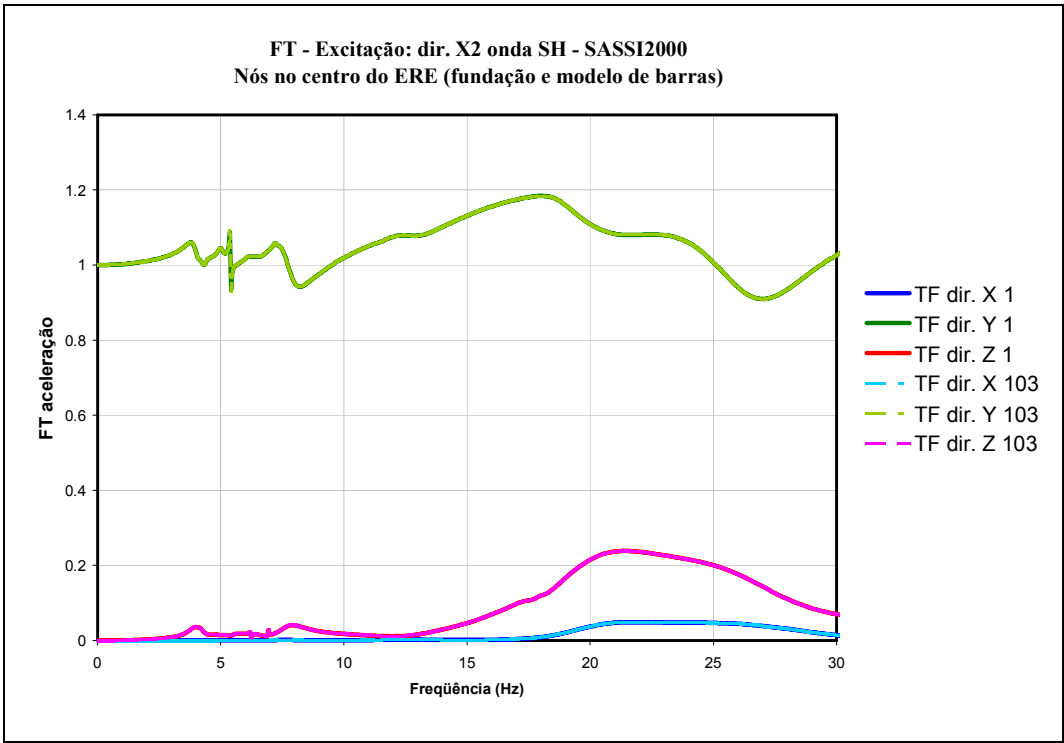


Figura A1.11 – FT de acelerações – base ERE – excitação em X2 – onda SH

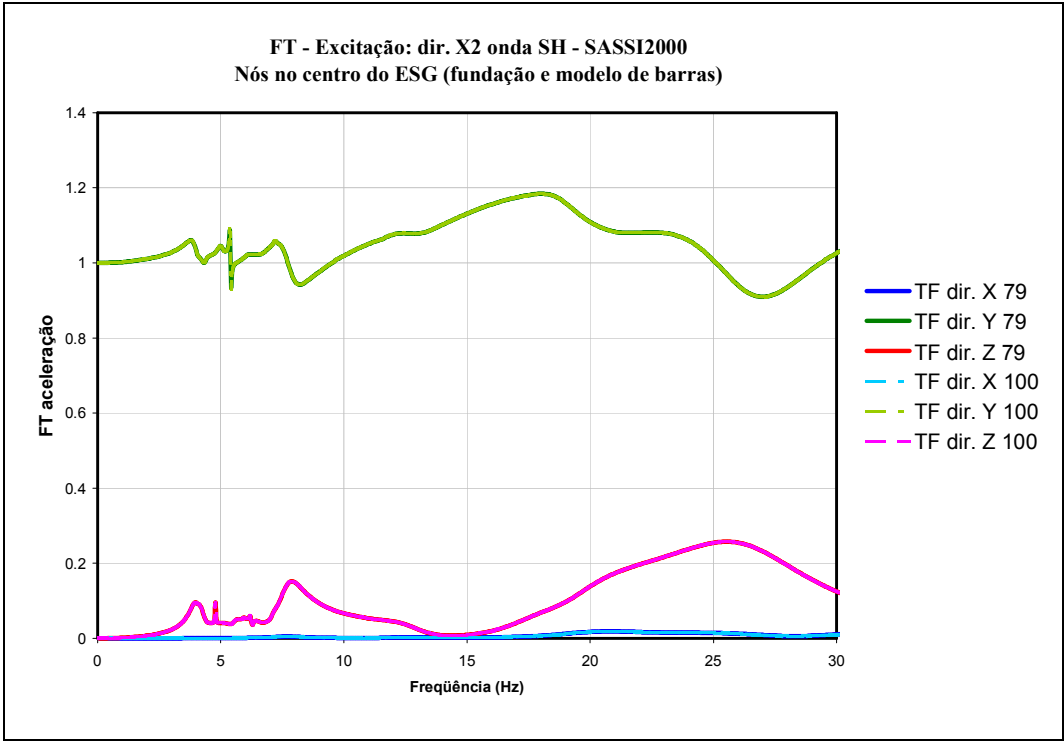


Figura A1.12 – FT de acelerações – base ESG – excitação em X2 – onda SH

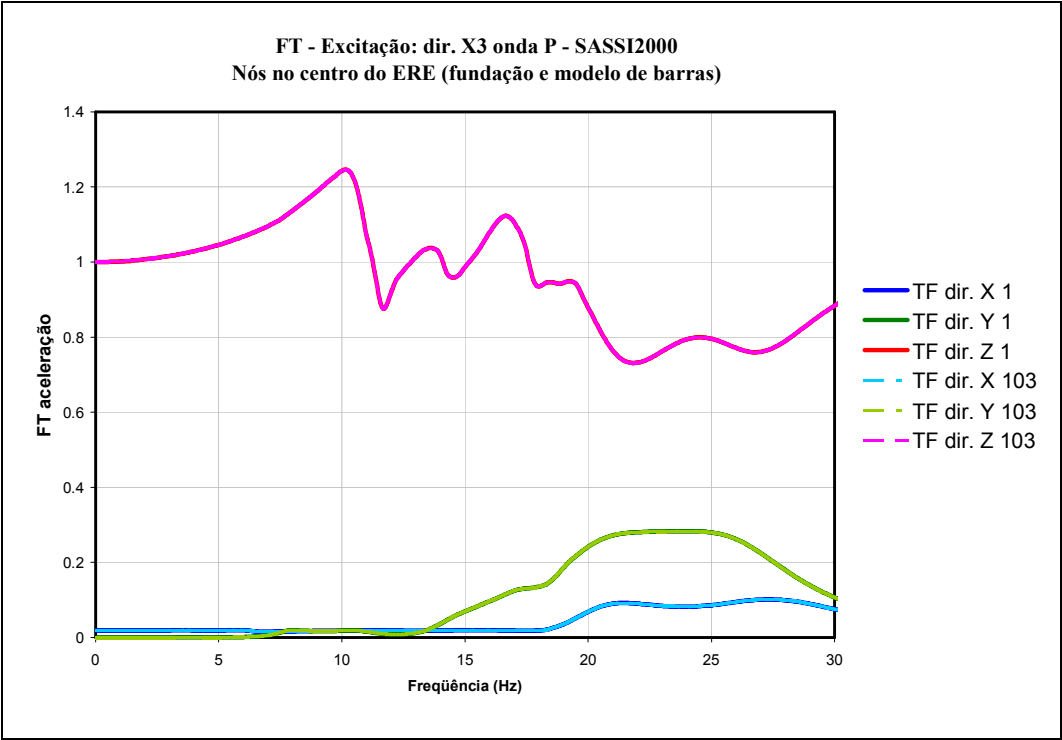


Figura A1.13 – FT de acelerações – base ERE – excitação em X3 – onda P

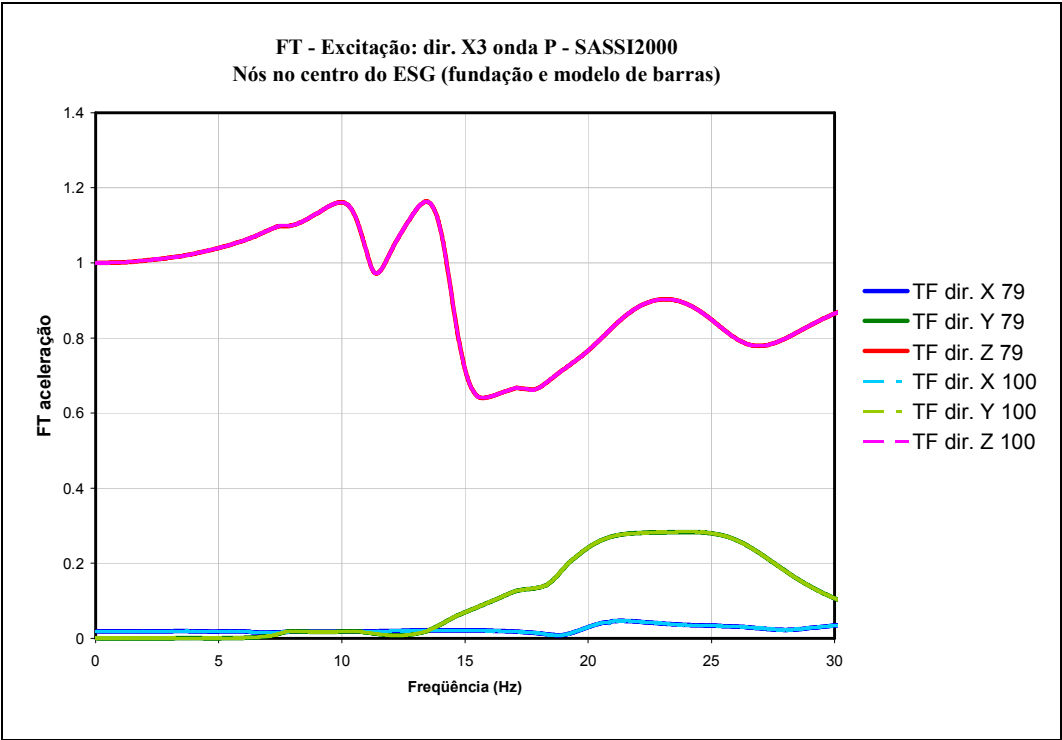


Figura A1.14 – FT de acelerações – base ESG – excitação em X3 – onda P

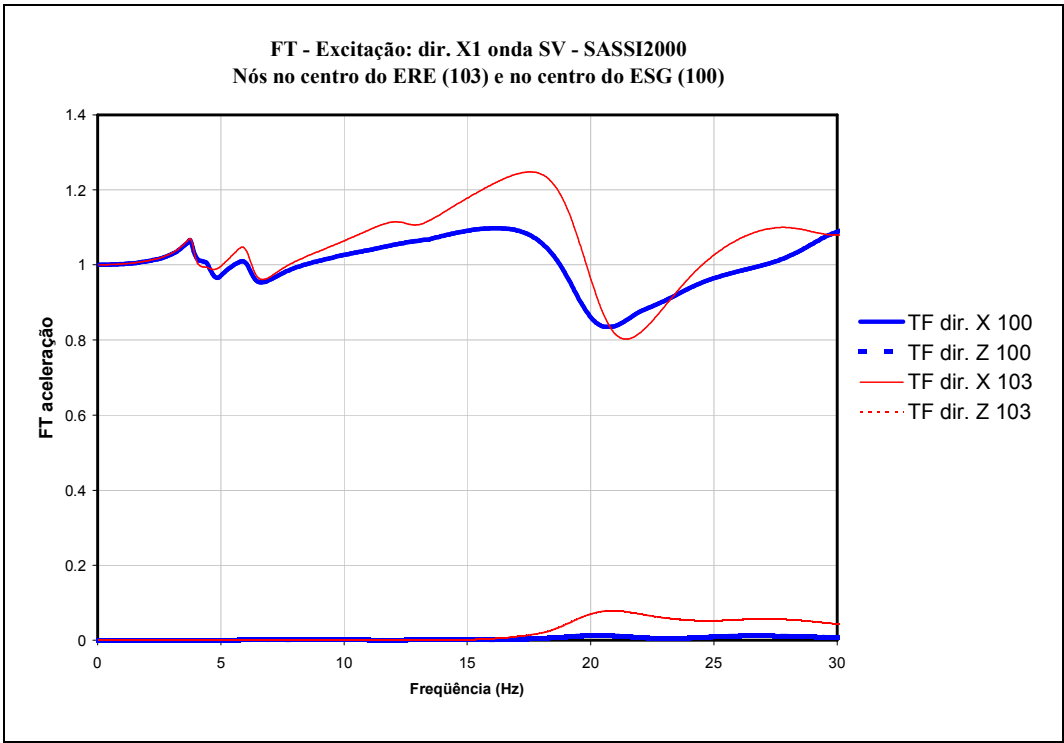


Figura A1.15 – FT acel. – bases ESG (nó 100) e ERE (nó 103)– excitação em X1 – onda SV

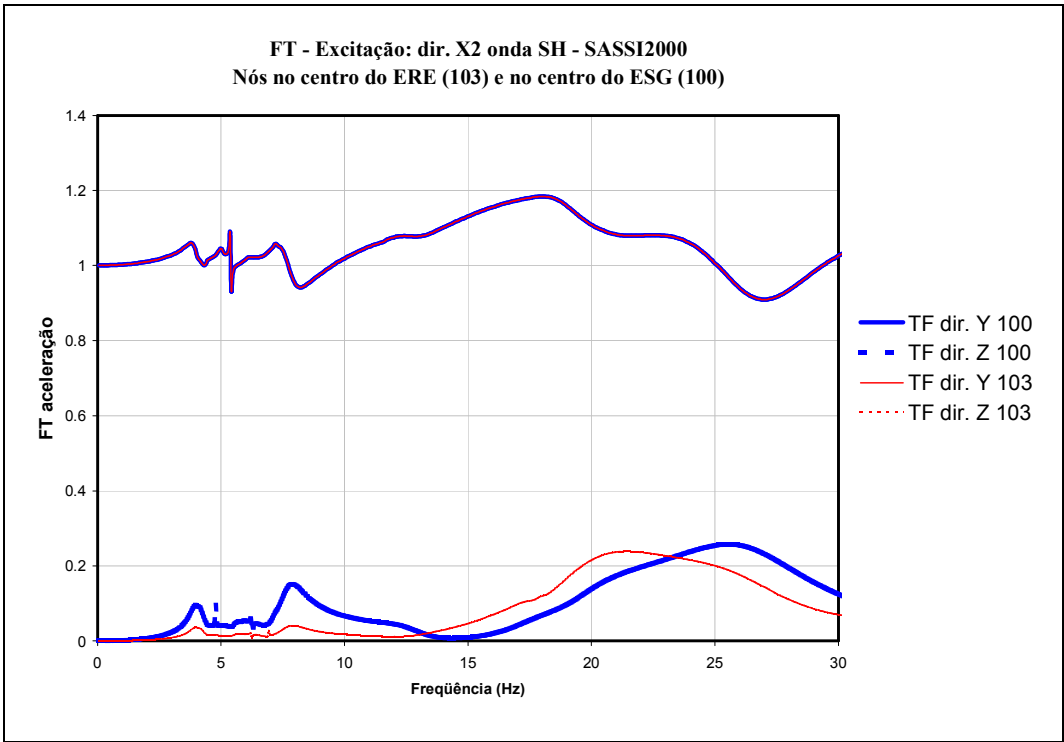


Figura A1.16 – FT acel. – bases ESG (nó 100) e ERE (nó 103)– excitação em X2 – onda SH

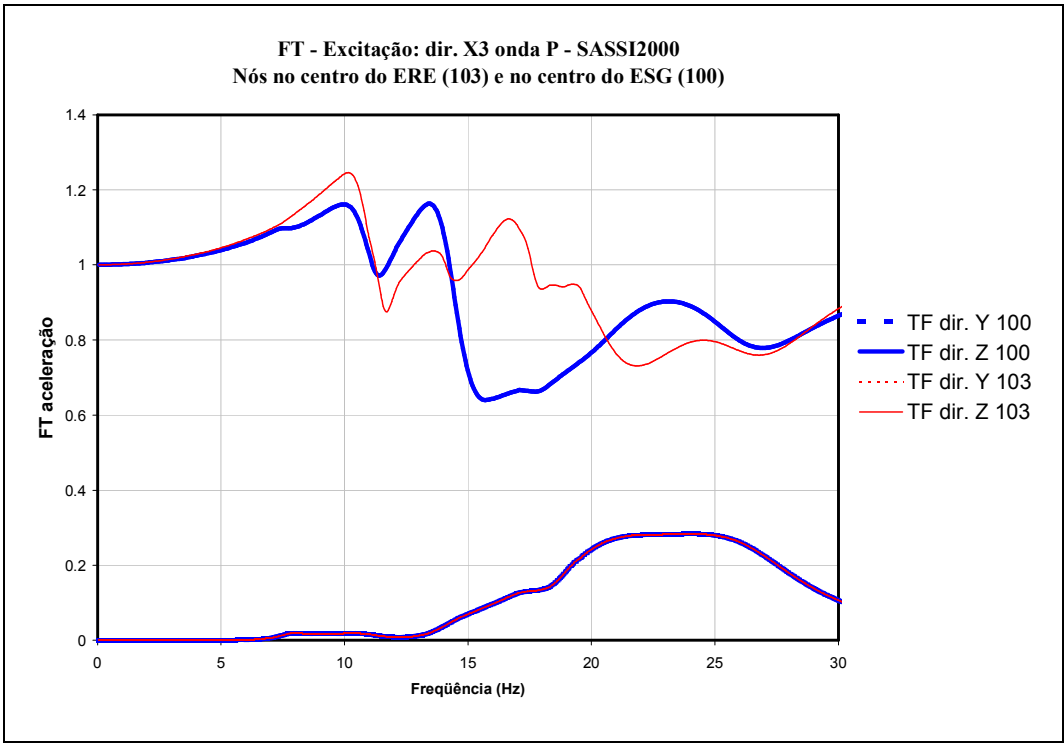


Figura A1.17 – FT acel. – bases ESG (nó 100) e ERE (nó 103)– excitação em X3 – onda P

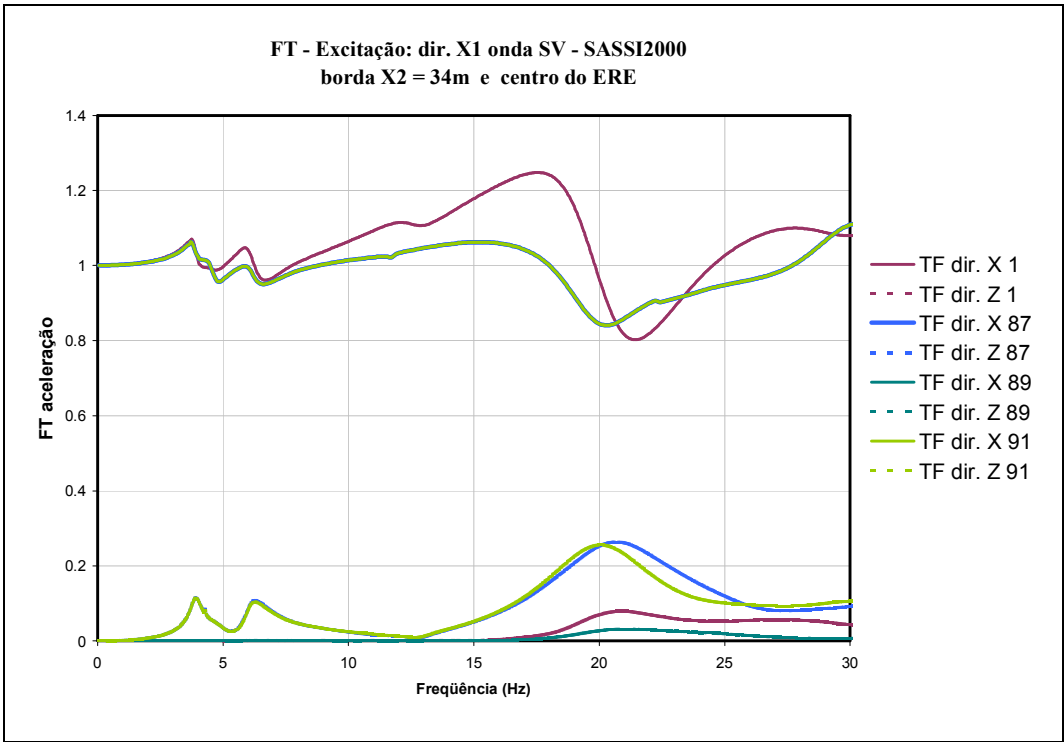


Figura A1.18 – FT acel. – centro ERE e borda da fundação – excitação em X1 – onda SV

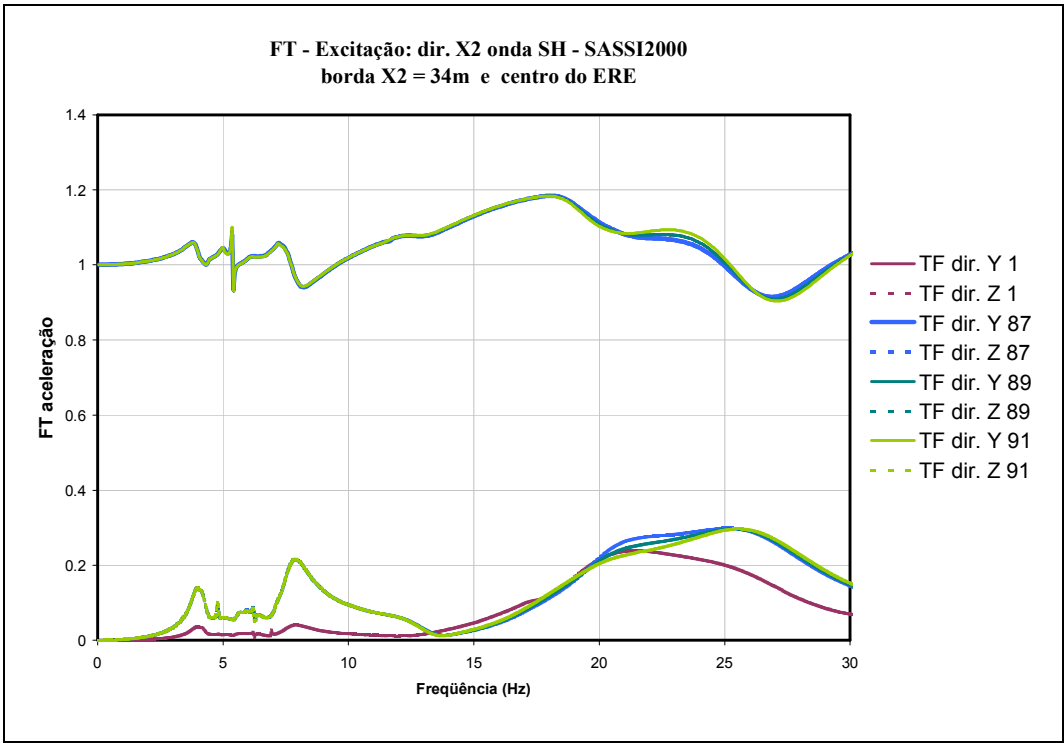


Figura A1.19 – FT acel. – centro ERE e borda da fundação – excitação em X2 – onda SH

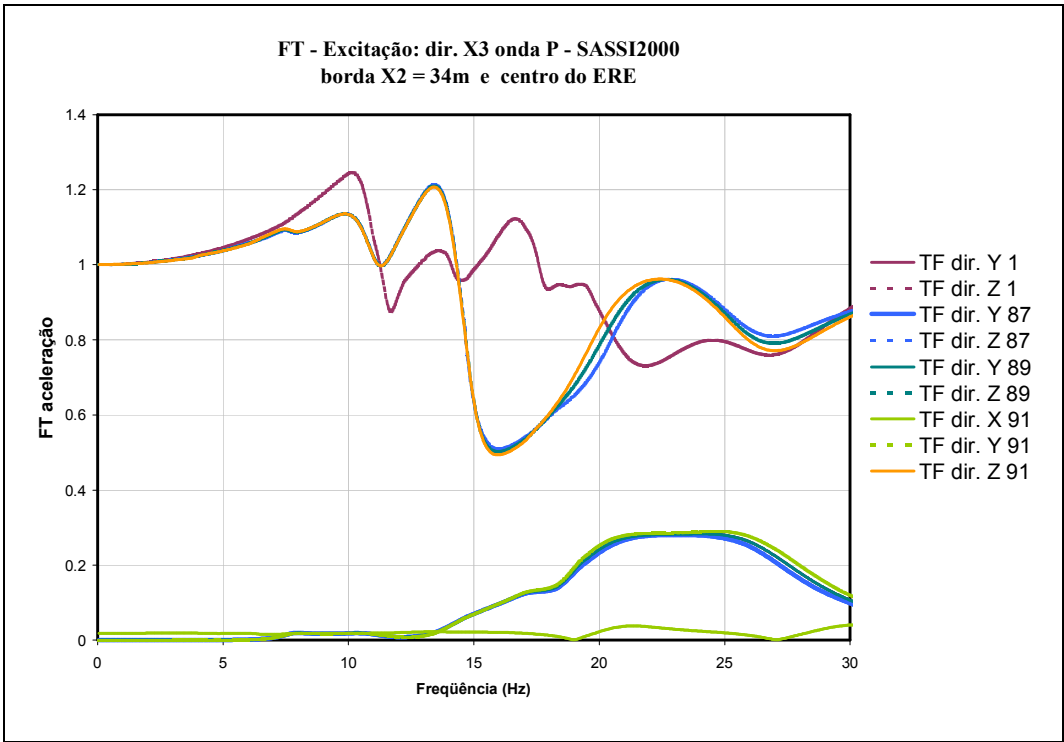


Figura A1.20 – FT acel. – centro ERE e borda da fundação – excitação em X3 – onda P

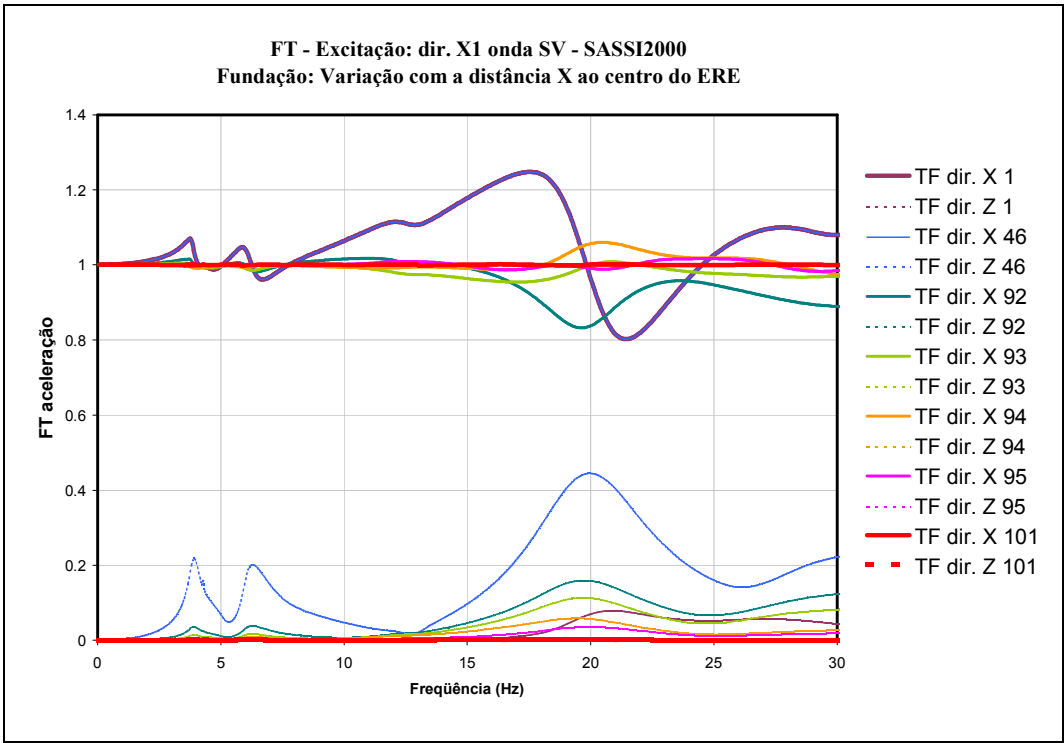


Figura A1.21 – FT acel. – pontos alinhados em X1 – excitação em X1 – onda SV

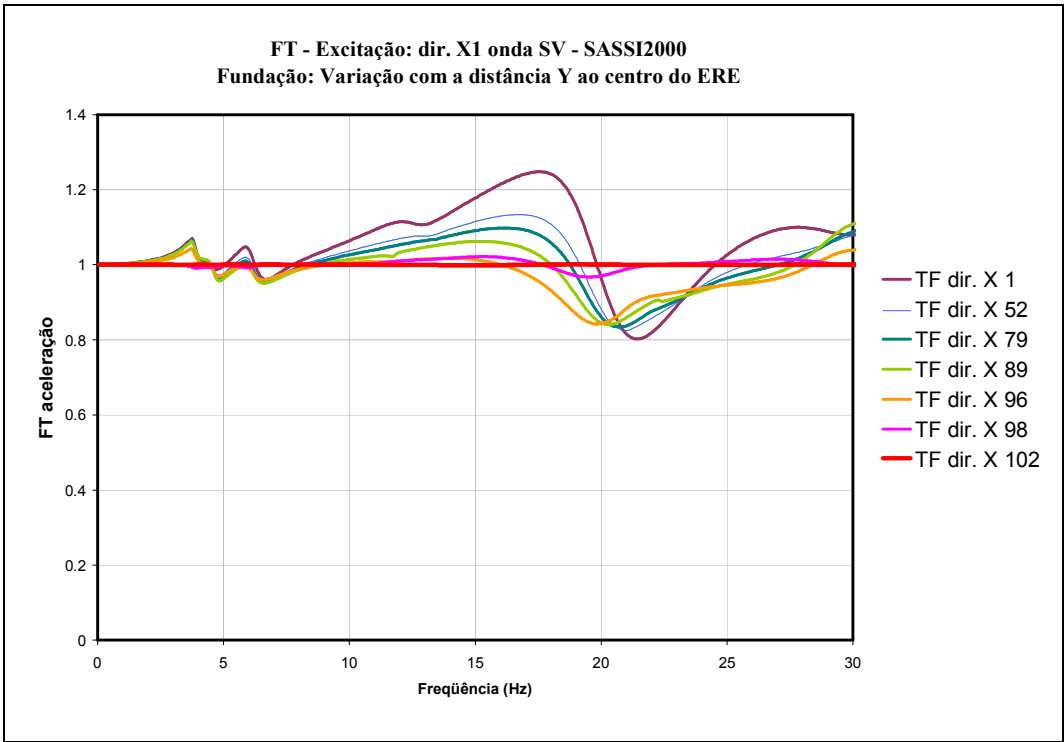


Figura A1.22 – FT acel. – pontos alinhados em X2 – excitação em X1 – onda SV

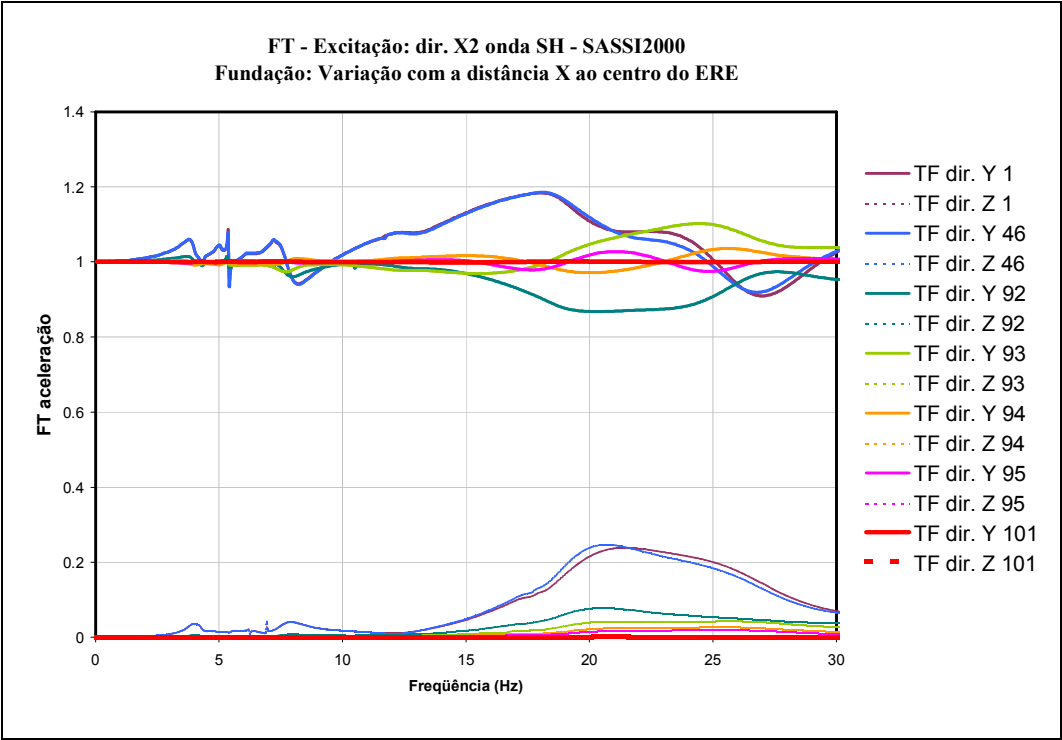


Figura A1.23 – FT acel. – pontos alinhados em X1 – excitação em X2 – onda SH

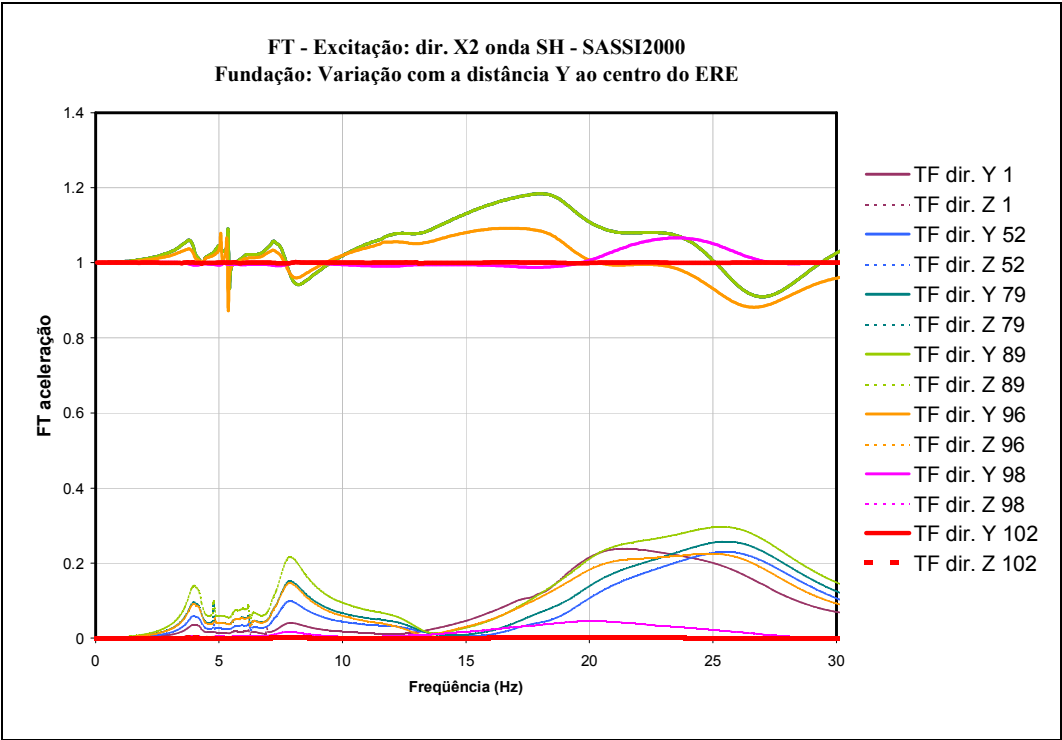


Figura A1.24 – FT acel. – pontos alinhados em X2 – excitação em X2 – onda SH

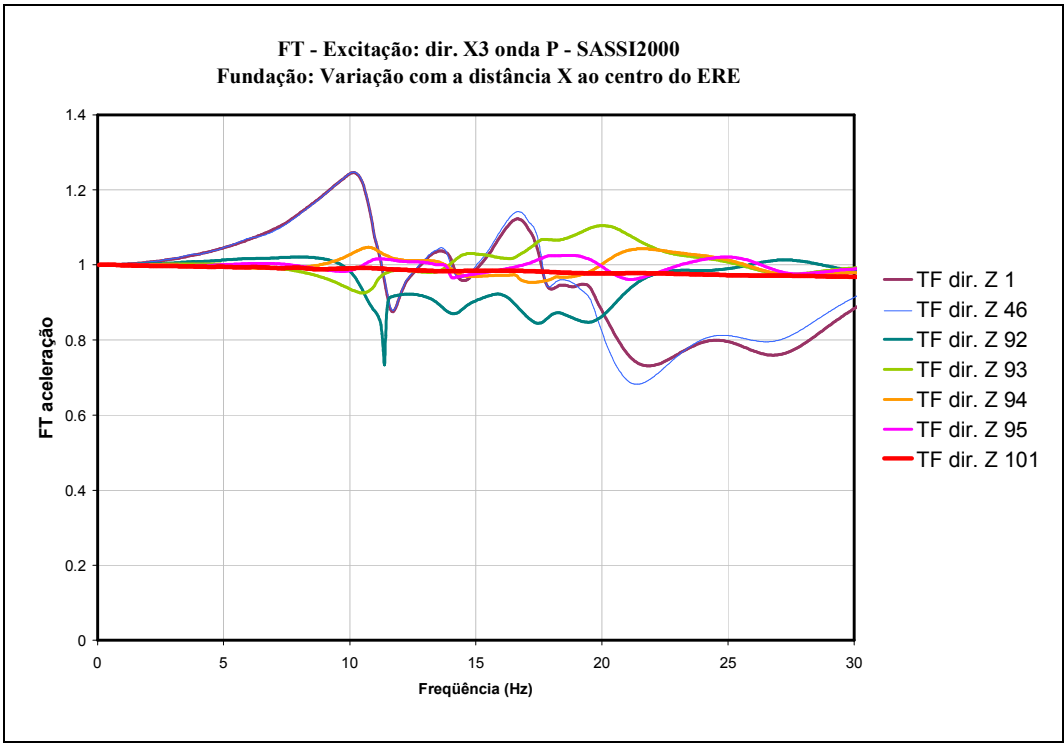


Figura A1.25 – FT acel. – pontos alinhados em X1 – excitação em X3 – onda P

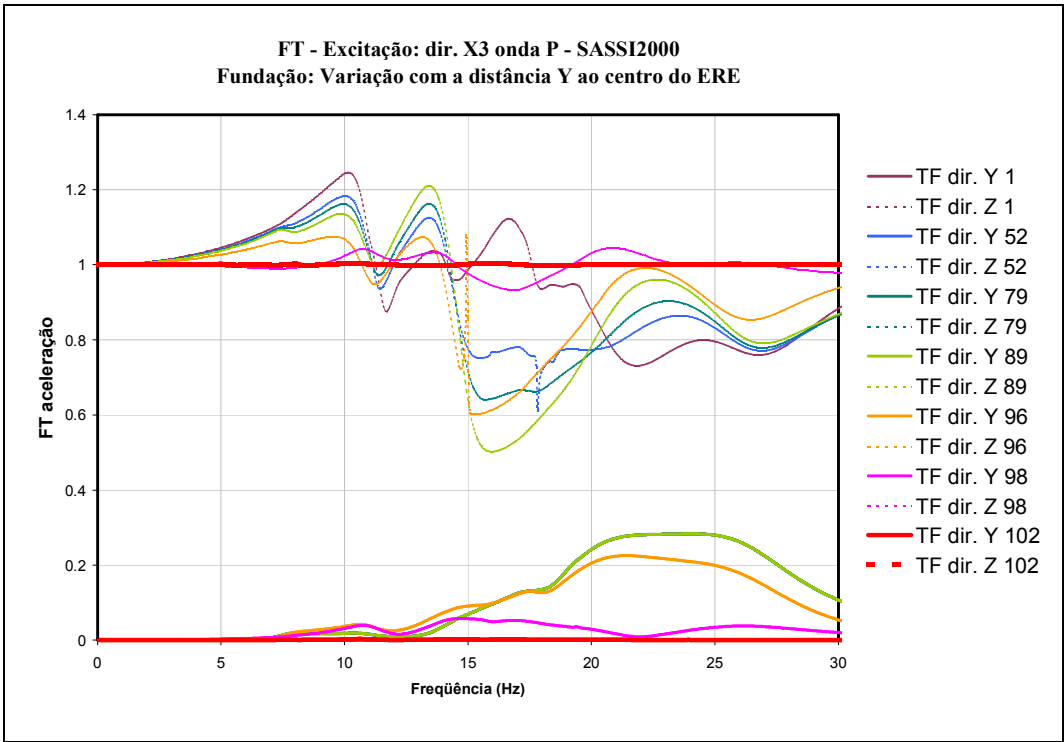


Figura A1.26 – FT acel. – pontos alinhados em X2 – excitação em X3 – onda P

ANEXO 2: Manual do programa SomaMOT

A2.1. Introdução

O programa *SomaMOT* foi idealizado para efetuar a combinação das respostas calculadas pelo módulo *MOTION*, do *SASSI*, para excitações aplicadas individualmente em diferentes direções.

Se as respostas estiverem em termos de acelerogramas, a simples soma das respostas co-direcionais fornece a combinação dos efeitos. Porém, para as funções de transferência e para os espectros de resposta, a solução combinada não é tão simples e, para a obtenção da combinação das respostas, é idealizado o programa *SomaMOT*.

O programa *SomaMOT* é desenvolvido a partir do programa fonte do módulo *MOTION*, preservando a leitura dos arquivos das funções de transferência gerados pelo módulo *ANALYS* - **sassi.tp8**. Assim, o arquivo de entrada de dados para o *SomaMOT* é praticamente o mesmo utilizado para o *MOTION* nos casos da obtenção das FT e TH que se deseja combinar. Apenas, na segunda linha de dados, são fornecidos os parâmetros adicionais, necessários para a análise combinada, em posições além daquelas de uso normal pelo *MOTION*.

O programa lê as FT e os THs calculados previamente como resposta para as excitações de cada direção a ser combinada e salvos nos diretórios correspondentes. A combinação de resultados é feita para os mesmos nós e direções solicitadas em todas as análises. Se algum dos arquivos de entrada de dados solicitar algo diferente dos demais, a análise fica errada.

Podem ser combinadas respostas de até 3 solicitações distintas. O *SomaMOT* abre os arquivos com as FTs de cada caso, **sassi.tp8**, e verifica se as análises são compatíveis para a superposição.

Após a leitura dos resultados de cada caso, faz-se a superposição e, a partir dos THs superpostos, são gerados novos espectros de respostas. A partir das FT

são gravadas novas FT combinadas. As equações (4.27) a (4.29) são utilizadas. Também existe a possibilidade de uma superposição absoluta das FTs.

A rotina se repete para cada nó e direção solicitada no arquivo de entrada de dados do *MOTION* / *SomaMOT*.

Caso se coloque a variável NOPT com valor negativo na primeira linha da entrada de dados, é feita apenas uma verificação se os arquivos **tape8, 12 e 13** são correspondentes ao input fornecido e às mesmas análises. Para a execução da rotina, é necessário que em todos os casos a serem superpostos as respostas sejam calculadas para os mesmos nós e direções.

A2.2. Dados de Entrada

CARTÃO DE OPÇÕES DE ANÁLISE:

O arquivo de dados é igual ao do *MOTION* utilizado em cada caso a ser superposto. As opções são fornecidas ao se acrescentarem os valores, na 2ª linha do arquivo de entrada de dados, para as variáveis NCFT, NTP8, NCTH e ITIPO (4I5)

NCFT	= 0 =>	não combina as FT
	= 1 =>	soma SRSS das FT
	= 2 =>	soma absoluta das FT
NTP8	= 0 =>	não gera Tape8 formatado
	= 1 =>	gera Tape8 formatado para cada caso
NCTH	= 0 =>	não trabalha com os TH
	= 1 =>	soma absoluta dos TH (a cada tempo)
NT20	= 0 =>	não gera Tape20 <i>STRUDYN/DYNRES</i>
	> < 0 =>	para gerar Tape20 <i>STRUDYN/DYNRES</i>

OUTRAS MODIFICAÇÕES NO INPUT *MOTION*, PARA O *SOMAMOT*:

Além da 2ª linha do input, devem ser fornecidos fatores para multiplicar as FTs, os THs e Espectros de resposta de cada caso a ser superposto. Para isto,

acrescenta-se uma linha ao final do input com os valores para FATTH(i,i=1,3) no formato (3F10.0).

Caso se deseje gravar o **tape20** no formato *STRUDYN / DYNRES*, é necessário que se forneçam as coordenadas dos nós de respostas, acrescentando a tabela de nós e suas coordenadas (nó, Xcoord, Ycoord, Zcoord) no formato (1X, I4, 3F15.7) ao final do arquivo de entrada de dados.

A2.3.

Arquivos de entrada e saída

Arquivos de dados para a análise:

input => inp

Funções de Transferência geradas pelo *ANALYS*

Tape8 => sassi.t81
 => sassi.t82
 => sassi.t83

Históricos das respostas, a serem combinadas, previamente calculados pelo *MOTION*

Tape12 => sassi.t21
 => sassi.t22
 => sassi.t23

Funções de Transferência, a serem combinadas, previamente interpoladas pelo *MOTION*

Tape13 => sassi.t31
 => sassi.t32
 => sassi.t33

Tape15 => sassi.t15

Arquivos de saída: output => out

Tape16 => sassi.t16 – Espectros de resposta
 Tape13 => sassi.t34 – FTs combinadas
 Tape12 => sassi.t24 – THs combinadas
 Tape8 => sassi.t84 – combinado

Tape8 => sassi.t51 (formatado)
 Tape8 => sassi.t52 (formatado)
 Tape8 => sassi.t53 (formatado)
 Tape20 => sassi.t20 – espectros de resposta (combinados) no
 formato para *DYNRES* / *STRUDYN*

A2.4.

Lista das rotinas

MOTION – Lê os dados de entrada, abre, lê e verifica os arquivos **sassi.tp8**,
 checa os dados da análise

IDENT – identifica e escreve sobre o programa no output

LOCATE - auxiliar

DELETE – auxiliar

ERROR – auxiliar

FSET – auxiliar

INPCON –

PROCESS – lê os FTs e THs, faz a combinação e obtém espectros de
 resposta

PLOTA – plota resultados no output

PLOTAMP – plota FT no output

RANGE

REATP – Lê Tape8

REATP13 – Lê Tape13

REATP12 – Lê Tape12

SINTAP - Lê Tape8

AFFT – rotinas para FFT

FFT – rotinas para FFT

RFFT – rotinas para FFT

RFSN – rotinas para FFT

DRCTSP – rotina para calcular espectro de resposta a um TH

CMPMAX –

PRINTF – escreve frequências de análise no output

ORDER – ordena freq. De análise

OPENF – rotina para abrir arquivos em disco

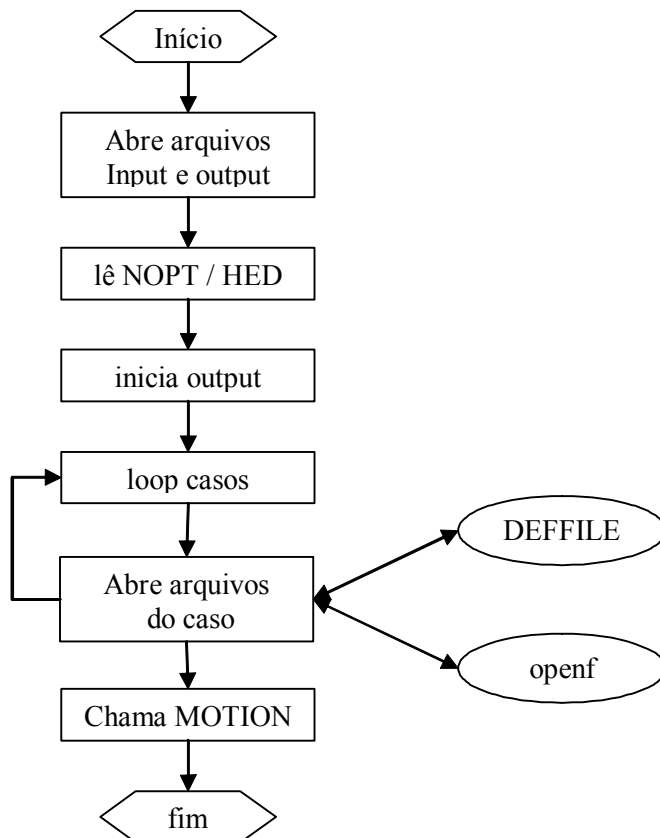
DEFFILE

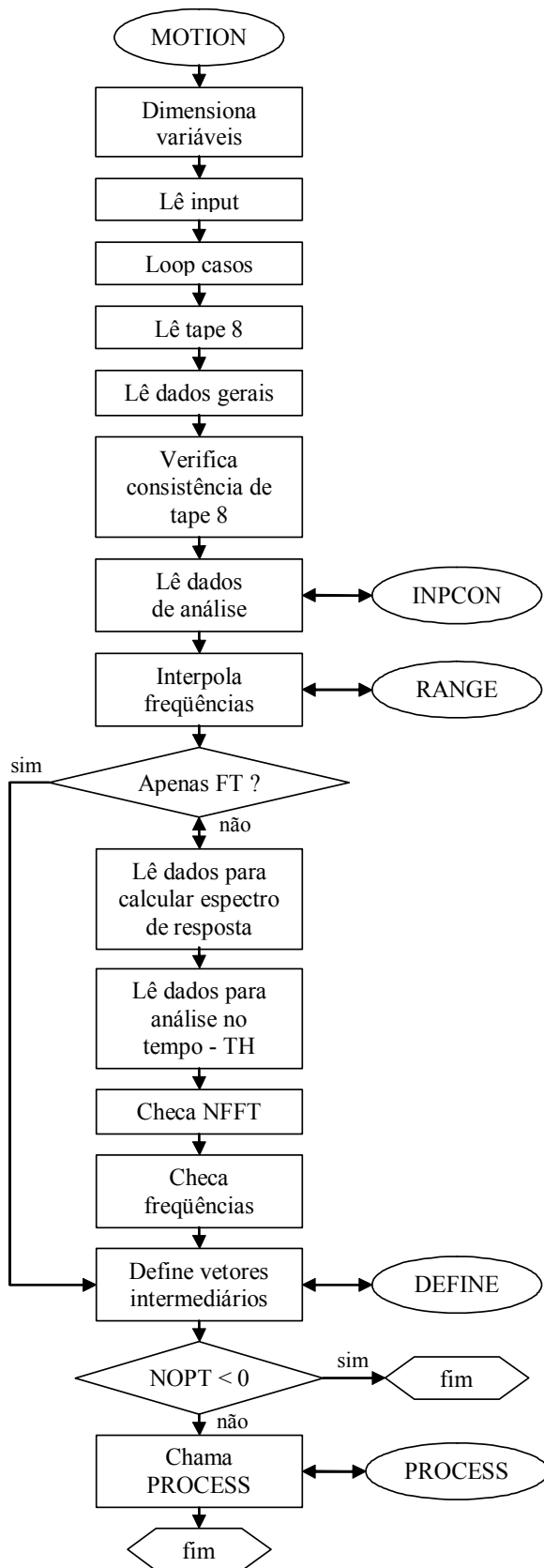
maxu –

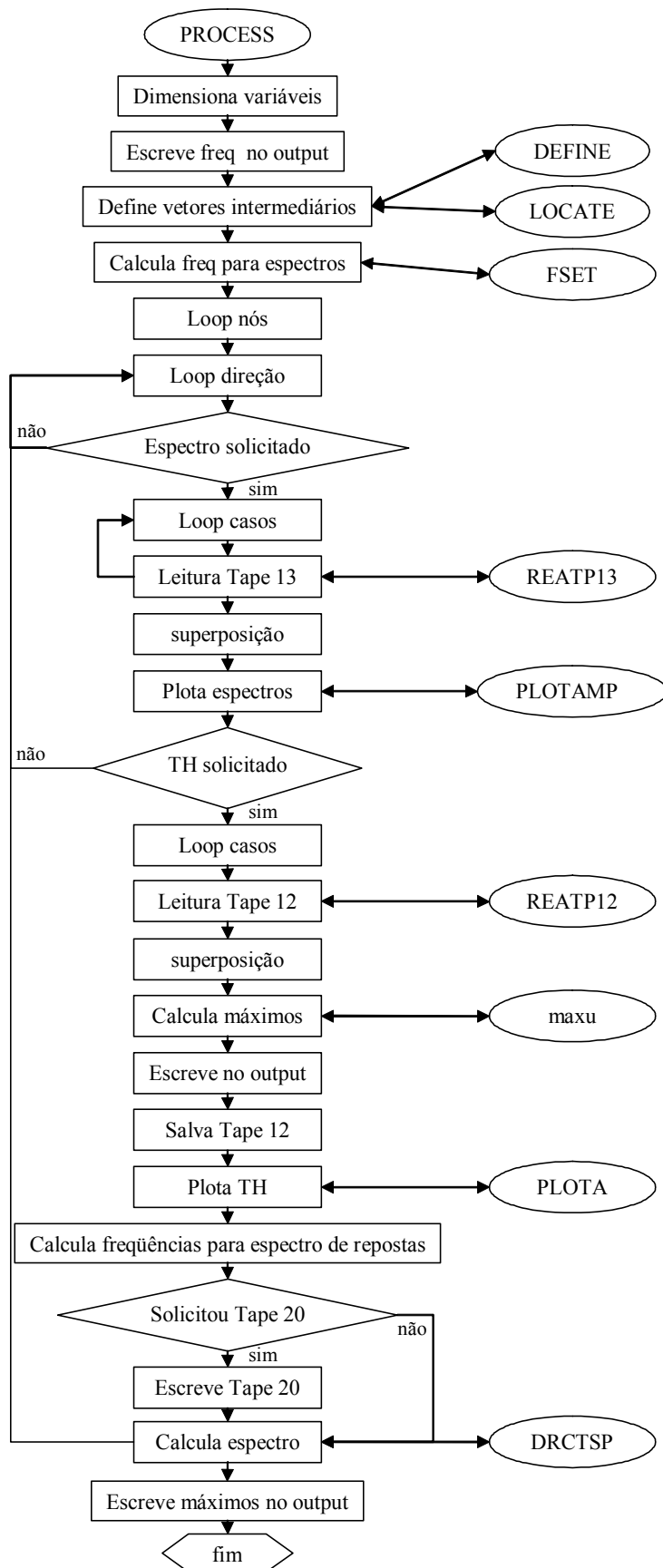
printu –

timestamp – obtém o horário atual no sistema

A2.5. Fluxograma simplificado







ANEXO 3:

Manual de utilização do programa GFiBase

A3.1. Introdução

O programa *GFiBase* (2005) foi criado por ARAUJO e ALMEIDA e apresentado em um relatório interno da linha de pesquisa do DEC no âmbito do convênio com a ELETRONUCLEAR.

A versão atual é basicamente igual à original e apenas foi atualizada a curva de função de densidade de espectro de potência compatível com o sismo proposto pela WESTON. Além dessa atualização, só foram feitas modificações pequenas, para compatibilização com o novo compilador utilizado.

Com esse programa são geradas, para os pontos do sistema estrutural onde se tem interesse em obter ERUP/ERAUP, funções de densidade de espectro de potência, FDEP, $\Phi_{u_s}(\omega)$, a partir do conhecimento da função de densidade de espectro de potência do sismo FDEPo, $\Phi_{u_b}(\omega)$, e das funções de transferência, $H(\omega)$, conforme a equação (4.26):

$$\Phi_{u_s}(\omega) = (H(\omega))^2 \cdot \Phi_{u_b}(\omega)$$

Para representar o sismo, o usuário pode optar por usar funções de densidade de espectro de potência sugeridas pela USNRC, pela WESTON, por usar funções obtidas a partir do sismo, ou outras funções pré-estabelecidas. Nos casos de emprego das sugestões da USNRC e WESTON, as FDEP já estão inseridas no código do programa e, nos demais casos, as funções devem ser fornecidas pelo usuário num arquivo de extensão “.psdl”.

As funções de transferência são avaliadas pelo *SASSI* e armazenadas no **tape13** (**sassi.t13**). O módulo *GFiBase* faz uma leitura das funções de transferência geradas pelo *SASSI* e, a seguir, calcula as funções de densidade de espectro de potência, que são gravadas nos tapes **tape23** (**sassi.t23**).

No caso de análise desacoplada, o *SASSI* calcula a função de transferência para o ponto onde está apoiado o sistema secundário e o *GFiBase* avalia então

uma função de densidade de espectro de potência para este ponto, a ser usada posteriormente pelo módulo *ExConf*. Esta análise pode ser feita ao mesmo tempo, para mais de um nó de apoio do Sistema Secundário.

Quando a abordagem é acoplada, o *SASSI* faz várias análises, organizadas segundo o módulo *ACOPLA* para cada frequência de análise. Para cada análise é gerada uma função de transferência para o ponto onde está localizada a massa do sistema secundário e para cada função de transferência é avaliada uma função de densidade de espectro de resposta, que é armazenada em um arquivo próprio. O módulo *ExConf* é utilizado posteriormente e fornece o valor do ERAUP correspondente a cada frequência de análise.

A3.2.

Dados de Entrada

Os dados de entrada são reunidos por cartões, que devem ser fornecidos em linhas distintas, sucessivamente. O formato dos dados de entrada é livre, porém nenhum campo pode deixar de ser fornecido ou deixado em branco.

CARTÃO 1: controle de operação

NOPT	modo de operação
= 1	se solução completa
< 0	se checagem dos dados
HED	informação para ser impressa no arquivo de saída

CARTÃO 2:

FDEP	tipo de Função Densidade de Espectro de Potência
= 1	FDEP da NRC (Com unidades em [m,s] e normalizada para uma aceleração máxima de pico =10m/s ²).
= 2	FDEP da Weston (Com unidades em [m,s] e normalizada para uma aceleração máxima de pico =10m/s ²).
= 3	lê FDEP fornecida pelo usuário.

Neste caso deve existir um arquivo ****psdl** no mesmo diretório dos arquivos ***.inp**. Onde o nome ****** deve ser PSD(a)(b). Sendo (a) a direção X, Y ou Z e (b) o nome do caso do projeto. O módulo *GFIBase* grava tais dados no tape de extensão ***.t22**. Ver o formato do arquivo no fim do manual.

FATOR fator de multiplicação da FDEP, usado quando desejamos trabalhar apenas com uma parcela da potência descrita pela FDEP definida no item imediatamente acima. Por exemplo, para trabalhar com 45% da potência o $FATOR = 0.45$.

AMAX valor da aceleração de pico, corresponde a maior aceleração do acelerograma, ou aceleração de corpo rígido, em g.

CARTÃO 3:

NTYPE número inteiro que identifica o tipo de resposta

- = 1 resposta em esforços, cuja funções de transferência estão no arquivo sassi.t21 (funções fornecidas pelo módulo STRESS)
- = 2 resposta em deslocamentos, cujas funções de transferência estão no arquivo sassi.t13 (funções fornecidas pelo módulo MOTION)
- = 3 resposta em acelerações, cujas funções de transferência estão no arquivo sassi.t13 (funções fornecidas pelo módulo MOTION)

NOUT número de pontos nodais onde a resposta em deslocamento ($NTYPE = 2$) ou em aceleração ($NTYPE = 3$) é desejada

CARTÃO 4: pular este cartão se $NTYPE = 1$

NODE(I) número do ponto nodal

KEY(I,1) = 1 fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção x

= 0 não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção x

KEY(I,2) = 1 fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção y

= 0 não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção y

KEY(I,3) = 1 fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção z

- = 0 não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção z
- KEY(I,4)** =1 fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção xx
- = 0 não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção xx
- KEY(I,5)** =1 fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção yy
- = 0 não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção yy
- KEY(I,6)** =1 fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção zz
- = 0 não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção zz

Observações sobre Unidades

- As funções de densidade de espectro de potência, FDEP, sugeridas pela WESTON e pela USNRC, estão implementadas em m^2/s^3 e os valores são correspondentes às frequências circulares em rad/s. Portanto, os resultados fornecidos estão também nesta unidade. Estas equações estão associadas à aceleração máxima igual a $10\text{m}/\text{s}^2$, ou seja 1g. Para outros valores de aceleração máxima devemos fornecer o valor da mesma normalizado pela aceleração máxima empregada. Exemplo, para trabalharmos com $1\text{m}/\text{s}^2$ devemos entrar com $\text{AMAX} = 0.1$
- Deixar o programa livre para trabalhar com qualquer unidade, não é aconselhável, uma vez que existem expressões que são fornecidas seguindo a NRC e Weston.
- No caso de fazer uma conversão das unidades da FDEP, o que podemos fazer é: Caso se deseje a FDEP em outra unidade diferente de m^2/s^3 , usar o FATOR (cartão 2 do *GFIBase*) igual ao quadrado da relação entre a unidade em questão e a unidade m^2/s^3 . Por exemplo, para trabalhar com FDEP em g^2s , use $\text{FATOR} = 0.01$.
- O Tape23 é escrito com FDEP correspondentes a frequências em Hz.

Formato do Arquivo **.psd

O arquivo ****.psd** (citado no cartão 2) fornece um conjunto de pontos (frequência em Hz, FDEP(f)) que descrevem a FDEP do sismo. A primeira linha deve conter um número inteiro indicando a quantidade de pontos a serem lidos. Cada uma das linhas subseqüentes contém um par de valores separados por um

espaço em branco, onde o primeiro indica a frequência espectral (em Hz) e o segundo, o valor da função de densidade espectral de potência (FDEP(f)) correspondente à função densidade de potência expressa em m^2/s^3 para cada frequência em Hz. Os pontos devem ser fornecidos em ordem crescente de frequência, sendo um ponto por linha. Os valores lidos do arquivo são convertidos internamente para fornecer a FDEP correspondente a frequências circulares em rad/s. Assim, os valores da FDEP são divididos por 2π para manter a área sob a curva, que é a característica constante que representa a energia contida no sismo.

A3.3.

Arquivos de entrada e saída

O módulo *GFiBase* é automaticamente executado quando o módulo ERUP é requisitado pelo usuário, porém há a necessidade de criar um arquivo destinado ao *GFiBase* contendo alguns dados de entrada necessários ao mesmo. O nome do arquivo que contém os dados deve ser composto de **Prefixo + Radical**.

- **Prefixo** = GB* (sendo * = X,Y ou Z, ou seja a direção desejada)
- **Radical** = Nome escolhido pelo usuário, para identificar os arquivos do projeto em questão, esse radical deve ser o mesmo em todos arquivos “.inp”

Caso se deseje executar o GFiBase diretamente da janela do DOS, os arquivos localmente são chamados:

- inp – dados de entrada
- sassi.t13 – arquivo com FT, gerado pelo *MOTION*
- sassi.t22 – arquivo com FDEP a ser lida, se desejada, com frequências em Hz e correspondente FDEP em m^2/s^3
- sassi.t23 – arquivo com FDEP calculada – resultado do programa escrito com frequências em Hz e correspondente FDEP em m^2/s^3 . Para comparar com FDEP correspondente a frequências circulares [em rad/s] os valores devem ser divididos por 2π .
- out – saída do programa - output

A3.4. Lista dos arquivos e das rotinas

O programa *Gfibase* é escrito em linguagem C++ e os arquivos fonte são apenas os listados a seguir:

Arquivos “header”:

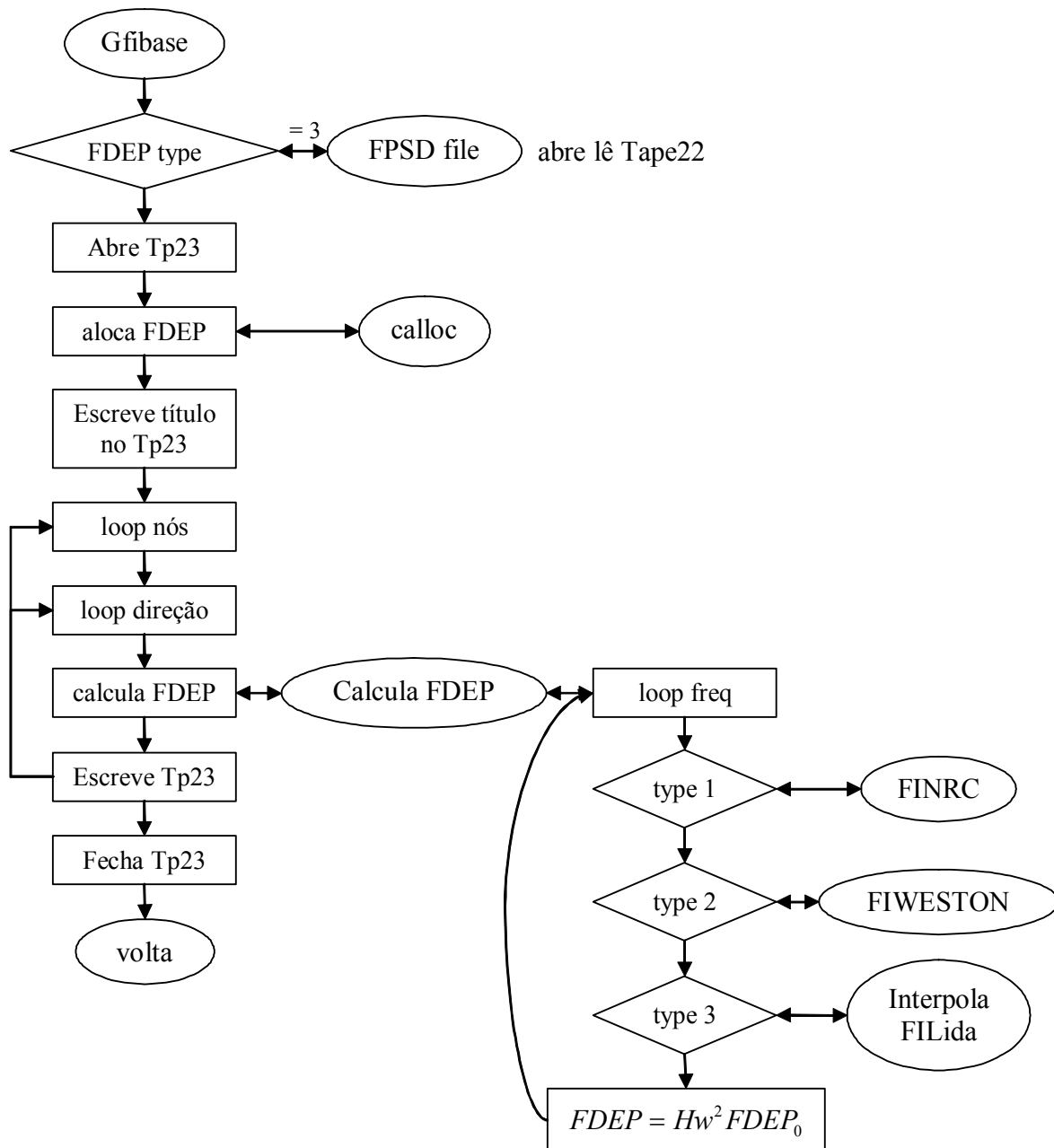
- Stdafx.h
- Glibdefs.h
- GFibase11.h

Arquivos source:

- Stdafx.cpp
- GFibase11.cpp

Todas as rotinas estão no arquivo *Gfibase.cpp*. As rotinas existentes no programa são:

- main – programa principal
- read_input – Abre, lê o arquivo de entrada de dados e fecha
- write_input – Abre arquivo output, escreve os dados de entrada
- read_tape13 – Abre arquivo com FT, gerado pelo MOTION
- ledados – lê os valores das funções de transferência
- gfbase – chama FPSDfile, faz loop dos nós e direções solicitados, chama CalculaFDEP, abre e escreve o arquivo sassi.t23.
- FPSDfile – abre e lê arquivo sassi.t22 – FDEPo
- CalculaFDEP - calcula FDEP de resposta
- FINRC – FDEP típica fornecida pela NRC
- FIWESTON – FDEP específica para o sítio de Angra dos Reis
- InterpolaFIIda – para interpolar valores das FDEP lidas durante a execução.



ANEXO 4:

Manual do programa ExConf

A4.1.

Introdução

O programa *ExConf* (2005) foi criado por ARAUJO e ALMEIDA e apresentado em um relatório interno da linha de pesquisa do DEC no âmbito do convênio com a ELETRONUCLEAR.

A versão atual é uma atualização da versão original com:

- atualização da curva de função de densidade de espectro de potência compatível com o sismo proposto pela WESTON;
- modificação da rotina de convergência para o método Newton-Raphson;
- incluída a possibilidade de verificação parcial, com a variável *Op_Debug*, permitindo a impressão de resultados intermediários, como os momentos espectrais;
- nova possibilidade de resultados, permitindo montar uma curva de resultados para probabilidades crescentes de não serem ultrapassados;
- foram feitas diversas modificações pequenas, para compatibilização com o novo compilador utilizado e para a retirada de alguns “bugs”.

A4.2.

Descrição do programa

O programa *ExConf*, a partir de resultados gerados pelo *GFiBase* e de informações contidas em arquivo de dados gerado pelo usuário, faz uma abordagem probabilística, baseada na formulação do problema de primeira ultrapassagem e voltada à determinação e/ou estudo de espectros de respostas em uma direção de interesse para um determinado ponto da estrutura.

Os ERUP/ERAUP são avaliados para alguns valores de frequência fixados pelo usuário. Tal avaliação apresenta algumas variações entre os casos de análise acoplada e desacoplada.

Numa análise desacoplada, a Função de Densidade de Espectro de Potência, FDEP, gerada pelo *GFiBase* para o nó do sistema primário que apóia o sistema secundário, é tomada como a FDEP que excita o Sistema Secundário (SS). Então o *ExConf* lê a FDEP associada ao nó de apoio e faz uma análise no domínio da frequência, onde calcula uma função de transferência da resposta do nó de apoio para a massa do sistema, e a partir dessas funções avalia a função de densidade de espectro de potência para um sistema de um grau de liberdade com dada frequência. Este processo é repetido para cada uma das frequências fixadas para descrever o espectro.

Já na abordagem acoplada, as funções de densidade de espectro de potência geradas pelo *GFiBase* e gravadas nos **tape23** correspondem à função de densidade de espectro de potência para a massa do sistema secundário e é a partir desta que são feitas as abordagens probabilísticas. Em suma, numa análise acoplada, o módulo *ExConf* não passa pela etapa de análise no domínio da frequência do SS e já vai direto para as rotinas da formulação do problema de primeira ultrapassagem.

Em ambas abordagens podem ser gerados ERUP/ERAUP para mais de uma direção, e todos são gravados no **tape25**.

A4.3. **Dados de Entrada**

Os dados de entrada são reunidos por cartão. Cada cartão deve ser fornecido em linhas distintas e sucessivas. O formato dos dados de entrada de cada cartão é livre, porém todos os campos devem ser fornecidos e não podem ser deixados em branco.

No detalhamento dos dados de entrada a expressão “utilização padrão” refere-se à determinação do ERUP/ERAUP.

CARTÃO 1:	controle de operação
NOPT	modo de operação

- = 1 se solução completa
- < 0 se checagem dos dados

HED informação para ser impressa no arquivo de saída

CARTÃO 2: opções

OP_ANALISE opção de análise

- = 1 calcula a FDEP da resposta (Usada na análise desacoplada)
- = 2 lê FDEP da resposta (Usada para análise acoplada)

OP_PSD opção do tipo de FDEP no apoio do SS

- = 1 FDEP da NRC (normalmente não é usada, é útil para estudos do programa e para estudos com S1GL)
- = 2 FDEP da Weston (normalmente não é usada, é útil para estudos do programa e para estudos com S1GL)
- = 3 gera FDEP que atenda ao ERUP (útil p/ S1GL)
- = 4 lê FDEP fornecida no arquivo sassi.t23 (gerado pelo módulo GFIBase) – “utilização padrão”

OP_RESULTADO opção do tipo de resultado desejado

- = 1 curva de distribuição de probabilidade por sistema (para sistema desacoplado e empregada em estudos especiais, voltados à formulação de primeira ultrapassagem)
- = 2 probabilidade de NÃO ultrapassar o nível de resposta fornecido. Esses níveis de respostas devem ser fornecidos no arquivo “.bar”, um ao lado do outro; cada linha deve conter até sete valores. O número de respostas a serem lidas deve ser fornecido na primeira linha do arquivo. Tais respostas estão associadas às frequências naturais inseridas no CARTÃO 7 (disponível para sistema desacoplado).
- = 3 nível de resposta associado com a probabilidade fornecida (ERUP) - “utilização padrão”
- = 4 gera uma FDEP (útil p/ S1GL)

= 5 gera uma curva de respostas associadas com probabilidades crescentes (de 1 a 99% de chance de não serem ultrapassadas). Útil em situações especiais de análise.

OP_Debug opção para impressões de resultados parciais

= 0 utilização padrão – não imprime resultados parciais

= nn imprime, no **tape25**, a FDEP considerada no cálculo, seus momentos espectrais e os valores intermediários durante o processo de convergência de Newton-Raphson, para o caso da “nn-ésima” frequência analisada.

observação: Para o caso da variável **OP_RESULTADO=2**, as barreiras são armazenadas no **tape24**, utilizado internamente pelo programa, e o nome do arquivo fornecido pelo usuário, que contém as barreiras, deve ser igual a Bar + direção global excitação (X,Y,Z) + caso do projeto.bar.

CARTÃO 3: números de controle

NFDEP número inteiro de pontos que indica a quantidade de frequências que definem a FDEP da excitação que está gravada no **tape23**.

NFREQ número inteiro, ímpar, que indica a quantidade de frequências empregadas para determinar $H(w)$ e realizar a integração numérica. Valor sugerido = 5001 (o programa interpola os valores da FDEP para essas frequências).

NFREQo número inteiro que indica a quantidade de frequências naturais, para as quais se faz a análise. Para o caso acoplado deve ser sempre 1, uma vez que é no módulo Acopla que é dada essa informação (número de frequências para as quais são avaliadas as ordenadas do ERUP, ou os demais resultados).

NITERA número inteiro de iterações que devem ser realizadas para gerar uma FDEP a partir de um ERUP, se $OP_RESULTADO = 1, 2$ ou deve-se ter $NITERA = 1$

CARTÃO 4: aceleração e duração
AMAX valor da aceleração de pico -para $OP_PSD = 3$ ou 4 deve-se ter $AMAX = 1$ (só é utilizado diferente de 1 para casos especiais, de estudos de SS excitados diretamente por FDEP da NRC ou da Weston)

MAX valor de probabilidade de NÃO ultrapassar o nível de resposta (é a probabilidade de não ultrapassar as ordenadas do ERUP, quanto maior mais alto é o espectro)

FATOR fator de multiplicação da FDEP (modifica a potência do sismo valor normal =1.0)

DUR valor do tempo de duração da fase mais intensa do sismo a considerar, dado em segundos

CARTÃO 5: sistema acoplado
ID_S1GL Valor da massa, atualmente esse valor deve ser considerado igual à unidade, e o que varia é a frequência. Logo $ID_S1GL = 1$

PSI amortecimento do i-ésimo sistema de um grau de liberdade

CARTÃO 6: faixa de frequência
FREQ1 valor da menor frequência (rad/s) da i-ésima faixa de frequência definida
FREQ2 valor da maior frequência (rad/s) da i-ésima faixa de frequência definida

CARTÃO 7: frequências naturais em Hz, que definem o ERUP. Para ERAUP, no caso acoplado, só é permitido entrar com um valor, pois este campo vai sendo alterado automaticamente pelo módulo ACOPLA. No caso da análise desacoplada, é permitido entrar com diversos valores, a depender do NFREQo dado no cartão 3.

Fo_1 Fo_2 Fo_3 Fo_9
Fo_10 Fo_11 Fo_12 Fo_19
Fo_20 Fo_21 Fo_22 Fo_NFREQo

CARTÃO 8: resposta

NTYPE número inteiro que identifica o tipo de resposta

= 1- resposta em ESFORÇOS, cuja funções de transferência estão no arquivo sassi.t21 (funções fornecidas pelo módulo STRESS)

= 2 resposta em DESLOCAMENTOS, cujas funções de transferência estão no arquivo sassi.t13 (funções fornecidas pelo módulo MOTION)

= 3 resposta em ACELERAÇÕES, cujas funções de transferência estão no arquivo sassi.t13 (funções fornecidas pelo módulo MOTION)

NOUT número de pontos nodais onde será feito o cálculo do ERUP - resposta em deslocamento (NTYPE = 2) ou em aceleração (NTYPE = 3)

CARTÃO 9: Direções das respostas

NODE(I) número do ponto nodal

KEY(I,1) =1 fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção x

= 0 não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção x

KEY(I,2)	=1	fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção y
	= 0	não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção y
KEY(I,3)	=1	fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção z
	= 0	não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção z
KEY(I,4)	=1	fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção xx
	= 0	não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção xx
KEY(I,5)	=1	fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção yy
	= 0	não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção yy
KEY(I,6)	=1	fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção zz
	= 0	não fornece a resposta em deslocamento ou aceleração na direção zz

A4.4. Arquivos de entrada e saída

Para a utilização em conjunto com o ExeSASSI, o nome do arquivo que contém os dados deve ser composto de **Prefixo + Radical.inp**

- **Prefixo** = EX* (sendo * = X,Y ou Z, ou seja, a direção global da excitação)
- **Radical** = Nome escolhido pelo usuário, para identificar os arquivos do projeto em questão; esse radical deve ser o mesmo em todos arquivos “.inp”

Caso se deseje executar o *ExConf* diretamente da janela do DOS, os arquivos localmente são chamados:

- inp – dados de entrada

- sassi.t23 – arquivo com FDEP a ser lida, normalmente gerado pelo *GFiBase*
- sassi.t24 – arquivo com barreiras a serem lidas no caso de se ter escolhido a opção OP_resultado = 2
- sassi.t25 – arquivo com Espectros de Resposta Uniformemente Prováveis, acoplados (ERAUP) ou não (ERUP) – resultado do programa
- out – saída do programa - output

A4.5.

Lista dos arquivos e das rotinas

O programa ExConf é escrito em linguagem C++ e os arquivos fonte são os listados a seguir:

Arquivos “header”:

- Stdafx.h
- Glbdefs.h
- Cmatrlib.h
- CMPALLOC.h
- COMPLEX.h
- ddos.h
- dens.h
- fp.h
- freq.h
- glbdefs.h
- Glbvar.h
- Momespc.h
- neutro1gl.h
- raiz.h
- resource.h
- saida1gl.h
- sistema1gl.h
- UTLALLOC.H

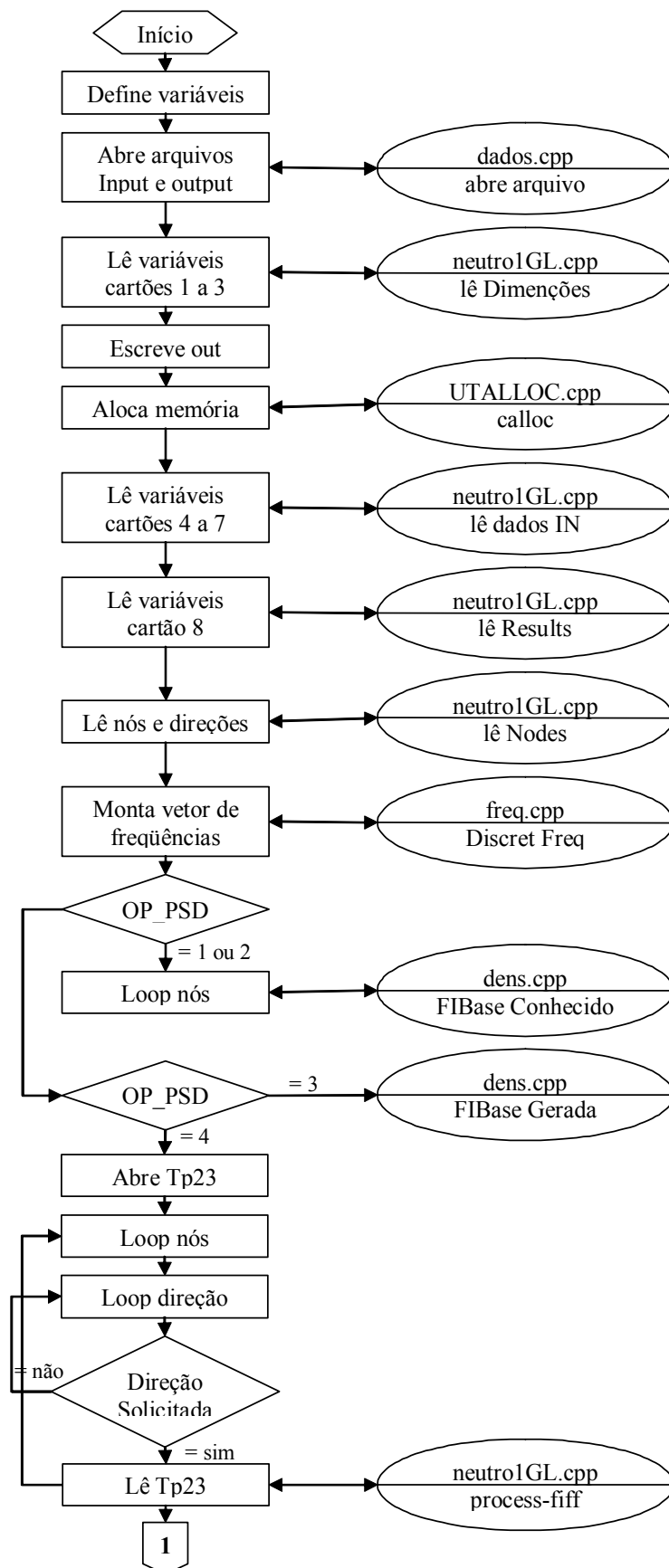
Arquivos source:

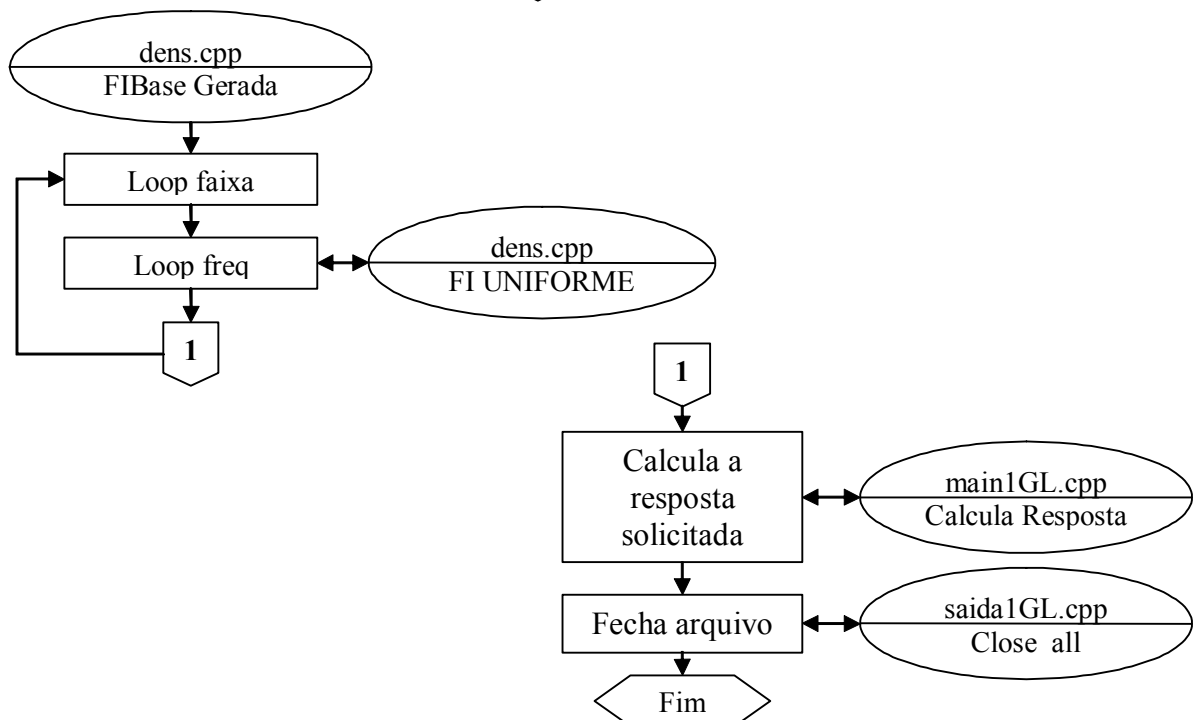
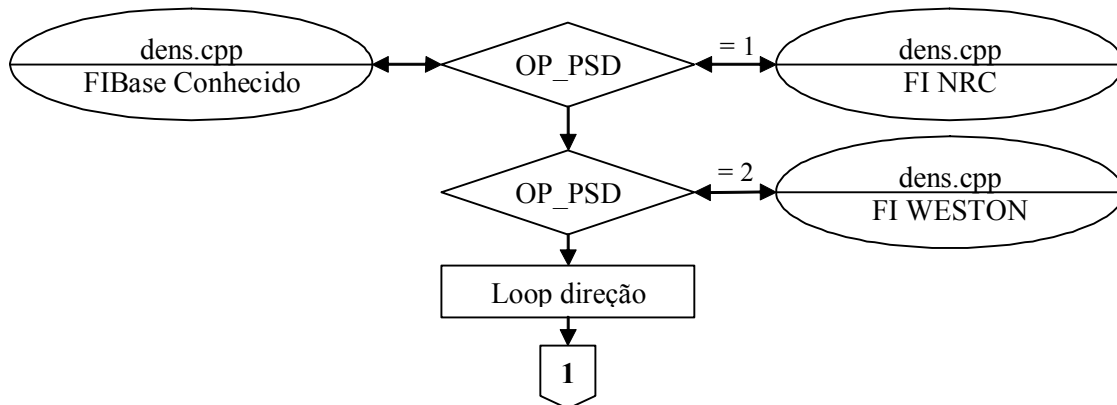
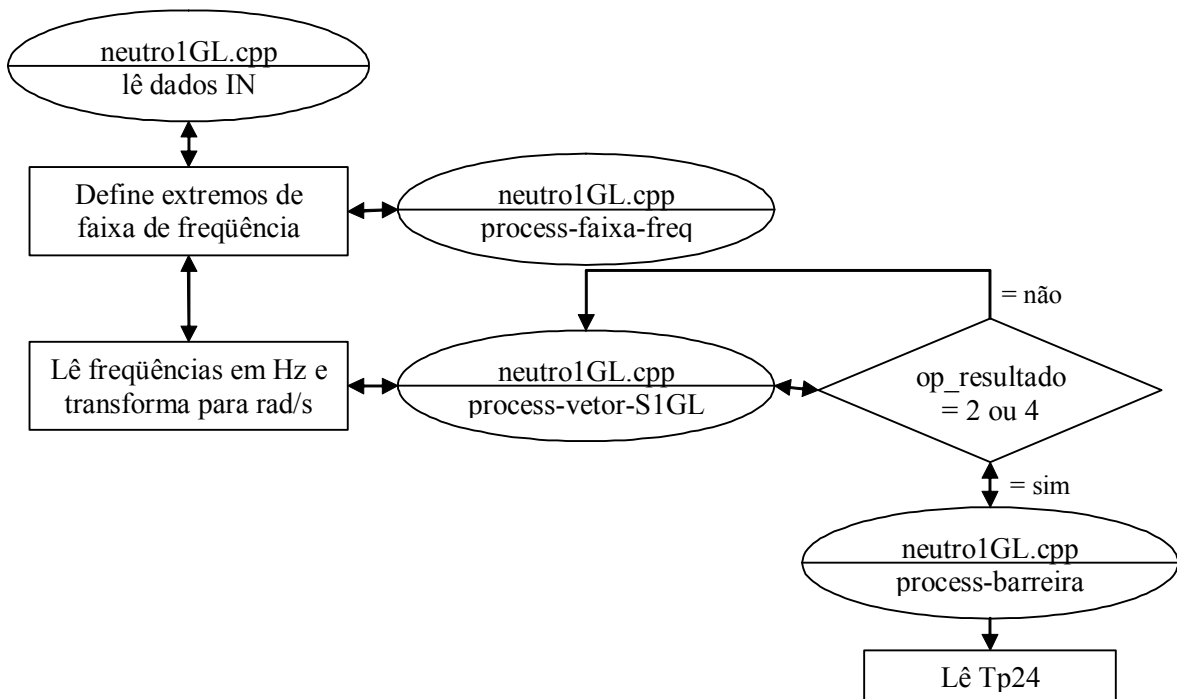
- Stdafx.cpp
- ExConf12.cpp – programa principal, subrotinas:
 - main;
 - Calcula_Resposta
- Cmatrlib.cpp – biblioteca de operações matriciais
- CMPALLOC.cpp
- COMPLEX.cpp – biblioteca de operações complexas
- dados.cpp – gerencia arquivos. Subrotinas
 - rewind
 - AbreArquivo
 - AbreTp23
 - AbreTp25
- dens.cpp – grupo de subrotinas para gerenciamento das FDEP:
 - FINRC
 - FIWESTON
 - FIUNIFORME
 - FIBaseConhecida
 - FIBaseGerada
 - AjustaPSD
 - InterpolaFIIda
- fp.cpp – para problema de primeira ultrapassagem. Rotina
 - FirstPassage
- freq.cpp – para calcular as frequências. Rotina:
 - DiscretFreq
- glbdefs.cpp
- Glbvar.cpp
- Momespc.cpp – cálculos das características do processo aleatório.
Subrotinas:
 - MomentoTrecho
 - RSimpson
 - CalcMomEspectral
- neutro1gl.cpp – cálculos intermediários. Subrotinas:

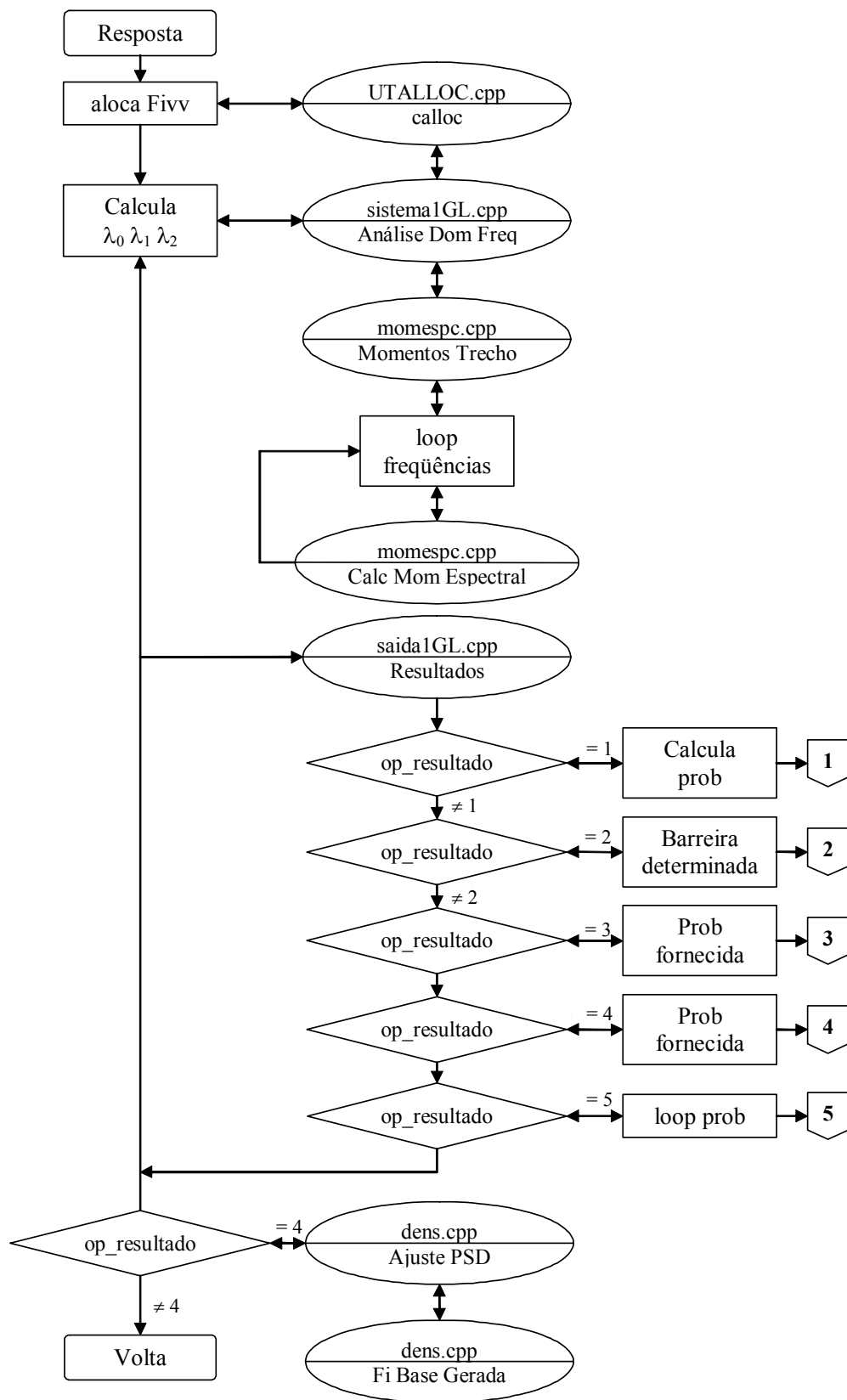
- rewind
 - process_faixa_freq
 - process_bvarreira
 - process_vetor_S1GL
 - process_Fiff
 - LerDadosIN
 - LerDimensoes
 - LerResults
 - LerNodes
- raiz.cpp – cálculo iterativo do valor provável. Subrotinas:
 - CalcFunc
 - NewtonRaphson
 - ValorInicial
 - Raiz
- resource.cpp
- saida1gl.cpp – acompanhamento dos resultados. Subrotinas:
 - write_dimensoes
 - write_nodes
 - write_DadosIN
 - write_tp23
 - write_tp25
 - close_all
 - Resultados
- sistema1gl.cpp – análise no domínio da frequência para um S1GL.
Subrotinas:
 - HwAcelAbs
 - HwDeslRel
 - AnaliseSistema
 - AnaliseDomFreq
 - Resposta
- UTLALLOC.cpp – gerenciamento de memória
 - calloc
 - utl_realloc

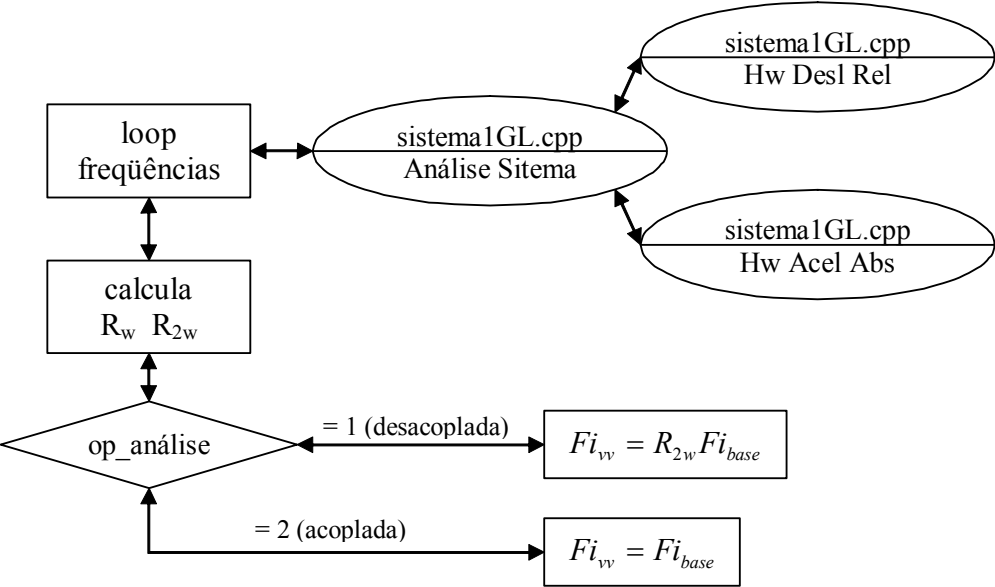
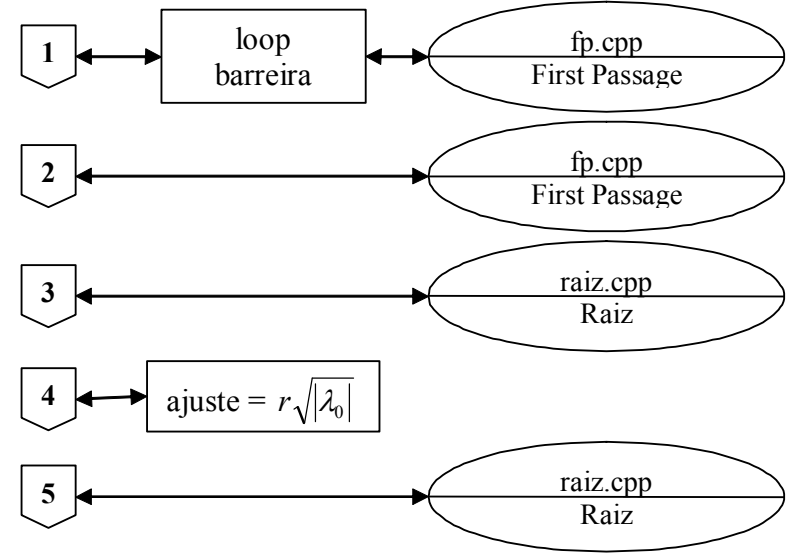
- imatrix
- matrix
- profile_alloc
- band_alloc
- utl_free
- free_imatrix
- free_matrix
- profili_free
- band_free

A4.6. Fluxograma simplificado









ANEXO 5:

Manual do programa *ExeSASSI*

A5.1. Introdução

O gerenciador *ExeSassi* (2005) foi criado por ARAUJO e ALMEIDA, e apresentado em um relatório interno da linha de pesquisa do DEC, no âmbito do convênio com a ELETRONUCLEAR. Foi idealizado com o intuito de gerenciar a sequência de execuções dos diversos módulos do programa *SASSI*, bem como dos programas *GFiBase* e *ExConf*. Sua tarefa é fornecer os dados e transferir os resultados entre as etapas de cálculo, para facilitar a obtenção dos espectros de resposta com base probabilística.

Para a versão atual, a sua estrutura em *Visual Basic*, *VB6*, é mantida. Foram introduzidas as possibilidades de:

- resultados combinados para excitações em diferentes direções, com a interface para o programa *SomaMOT*;
- possibilidade de obtenção de respostas para mais de um sistema acoplado;
- possibilidade de consideração de sistemas acoplados a mais de um ponto no sistema principal;
- acompanhamento da sequência de execução, criação de arquivos, etc, através de arquivo de output;
- interface de saída para o *MS-EXCEL*, com a inclusão do modelo de planilha *Pos_ExeSassi.xlt*.

A lógica da nomeação dos arquivos teve que ser alterada de modo a incluir não só os números de frequências correspondentes aos arquivos, como já era feito na versão original, mas também a direção e o número do sistema acoplado correspondentes.

O programa *ACOPLA*, originalmente em linguagem C++, foi embutido como um módulo do *ExeSASSI*, agora também em *VB6*.

A5.2. Descrição do Programa

Para a execução do *ExeSASSI*, de um caso chamado “CASOPROJ” de um projeto de nome “NOMEPROJ”, é necessário que:

- Todos os arquivos de entrada de dados estejam colocados em um diretório com nome: **C:\SASSI2000\examples\NOMEPROJ**
- Todos os arquivos dos programas executáveis, do programa de análise (*SASSI2000* – p.ex. *site.exe*, *point2.exe*, *point3.exe*, etc.), *somamot.exe*, *gfbase.exe* e *ExConf.exe* e inclusive os modelos de planilha *Excel* - *Pos_ExeSassi.xlt* e *ArqFatores.xlt*, estejam colocados em um diretório com nome: **C:\SASSI2000\exe**
- Existam os diretórios com os nomes: **C:\SASSI2000\S_Run** e **C:\SASSI2000\Results**, onde os programas são executados e os resultados ficam salvos.

O gerenciador *ExeSASSI* é um programa em janelas, nas quais são escolhidas as opções para as etapas de cálculo que se deseja executar, pela marcação dos módulos correspondentes e respostas às perguntas nos formulários apresentados nas janelas. A execução dos módulos é independente; porém, para a execução de cada etapa é necessária a existência dos resultados dos módulos anteriores.

O tratamento probabilístico da resposta é diferenciado de acordo com a condição de interação considerada entre Sistema Secundário e Sistema Principal. Entendem-se como Sistemas Secundários (SS) aqueles que são apêndices a outros sistemas designados Sistemas Principais (SP) e que recebem através destes a excitação sísmica. Quando a análise estrutural realizada pelo *SASSI* considera a interação entre o SS e o SP, tem-se uma abordagem acoplada e produz-se o ERAUP; em caso contrário a abordagem é desacoplada e é obtido o ERUP. Em ambas análises admite-se que o SS é um sistema com um grau de liberdade apoiado no sistema principal (SP) em um ou mais pontos.

Embora este e os demais manuais apresentados nos anexos estejam direcionados à determinação do ERUP/ERAUP a partir do *ExeSASSI*, outros resultados de natureza probabilística da resposta de sistemas estruturais podem ser avaliados de acordo com as opções dos dados fornecidos.

Para a avaliação probabilística da resposta são incorporados aos módulos já existentes do programa *SASSI*:

- *SomaMOT* – para ler as funções de transferência correspondentes às excitações em cada direção e combiná-las, de forma a ter a resposta global a uma excitação tridimensional;
- *ACOPLA* – esse módulo só é acionado no caso do usuário optar por uma análise acoplada. Nesse caso alguns módulos do *SASSI* (*HOUSE*, *ANALYS*, *MOTION*) são executados mais de uma vez, onde, a cada execução, a rigidez do sistema secundário, fornecida nos arquivos pertinentes ao módulo *HOUSE*, é alterada, conforme os valores fornecidos no arquivo de entrada associado ao módulo *ACOPLA*.
- *GFiBase* – lê as funções de transferência fornecidas pelo *SASSI* e combinadas pelo *SomaMOT* e gera, a partir das mesmas, a função densidade de espectro de potência resultante para as pontos do sistema principal onde se tem o interesse de obter um Espectro de Resposta Uniformemente Provável (ERUP/ERAUP). Este módulo é comum às análises acopladas e desacopladas e é chamado internamente pelo módulo *EXCONF*.
- *ExConf* – Emprega as funções de densidade de espectro de potência calculadas no módulo *GFiBase*, e a partir de uma abordagem probabilística, avalia: a) ERUP; b) probabilidades de não ultrapassar as ordenadas de um dado espectro de resposta; c) curva de distribuição de probabilidade para resposta do SS; d) FDEP compatível com um ERUP; e) curva de valores de resposta com uma probabilidade crescente de não serem ultrapassados durante o período fornecido. Esse módulo é comum às análises acopladas e desacopladas e é executado quando o usuário escolhe a opção ERUP no gerenciador *ExeSASSI*.

A cada um dos módulos deve estar associado um arquivo “.inp”, conforme apresentado na Tabela A5.1 e que deve seguir as instruções no manual pertinente a cada módulo.

O programa *ExeSASSI* cria, automaticamente, com os dados fornecidos pelo usuário, as pastas necessárias para o armazenamento dos arquivos de resultados. Para cada exemplo analisado são criadas as seguintes pastas:

- Inputs - os arquivos de entrada de dados são copiados para esta pasta, pelo *ExeSASSI*, para posterior conferência;
- Outputs – os arquivos *.out (resultados da análise feita pelo *SASSI* 2000 - ver Tabela A5.2) são copiados pelo *ExeSASSI* nesta pasta;
- Tapes – os arquivos *.tap, gerados pelos vários módulos do *SASSI* 2000, são copiados pelo *ExeSASSI* nesta pasta, segundo cada módulo e cada direção (ver Tabela A5.3).

A5.2.1.

Barra de Ferramentas Inicial

Botões Sistema, Sair, Ajuda

- **Menu Sistema** – abre uma janela, contendo os seguintes diálogos:

Nome do Projeto – fornecer o nome do diretório que contém os arquivos “inp”.

Caso do Projeto – fornecer o radical do nome de cada arquivo “.inp” (Tal radical é único para todos os arquivos).

Dados do Sistema – escolher entre análise acoplada ou não acoplada.

Opção de output – escolher entre a opção de reiniciar o arquivo de output, com o “log” das execuções já realizadas, ou continuá-lo.

Opção de execução – escolher entre a opção de obter mensagens intermediárias, entre as execuções dos módulos do *SASSI*, ou deixar a execução direta, sem interrupções.

Opções – escolher os módulos que serão executados, onde a opção ERUP indica a execução dos módulos *ExConf* e *GFiBase*. A execução do módulo *ACOPLA*, que é executado apenas no caso de opção por análise acoplada, se dá com a escolha de execução do *HOUSE*.

Botão Executar – quando selecionado, permite a execução dos módulos escolhidos. À medida que os módulos são executados podem surgir janelas com perguntas na tela, às quais o usuário deve responder para que a execução continue.

Botão Limpar – permite limpar os dados fornecidos pelo usuário e entrar com novos dados e fazer nova análise.

Botão Fechar – propicia o fechamento da janela aberta.

- **Menu Sair** – encerra o programa *ExeSASSI*.
- **Menu Ajuda** – fornece informações gerais sobre o *ExeSASSI* (ainda não disponíveis).

A5.3.

Arquivos de entrada e saída

Para o gerenciador *ExeSASSI* não existe arquivo de entrada de dados, já que os dados são fornecidos por janelas iterativas. Porém, para tornar possível o gerenciamento das várias rotinas, módulos e programas, há a necessidade de uma lógica na definição dos nomes e diretórios dos arquivos para todos os módulos. As Tabelas A5.1 a A5.3 fornecem a estrutura de definição dos nomes dos arquivos considerada pelo gerenciador. Na Tabela A5.1 são listados os nomes dos arquivos de entrada. Na Tabela A5.2 os correspondentes aos arquivos de saída e na Tabela A5.3 os arquivos com os dados intermediários e de resultados de cada etapa.

Observações:

C:\sassi2000\examples – pasta onde são armazenados os diretórios com os arquivos de entrada de dados (*.inp, *.th, *.psdl, *.bar) dos exemplos que serão analisados. A nomenclatura dos arquivos segue o padrão mostrado na Tabela A5.1.

O arquivo com extensão psdl é solicitado pelo módulo *GFiBase* e tem a seguinte nomenclatura: PSD + direção global da excitação (X, Y, Z) + Caso do Projeto + .psdl

O arquivo com extensão bar é solicitado pelo módulo *ExConf* e tem a seguinte nomenclatura: Bar + direção global da excitação (X, Y, Z) + Caso do Projeto + .bar

Deve-se estar atento a que, em análises acopladas, para cada frequência do espectro de resposta há a necessidade de execução de todas as rotinas (*HOUSE*, *ANALYS*, *MOTION*, *SomaMOT*, *GFiBase*, *ExConf*) para cada direção. Portanto a análise pode ser demorada e serão criados muitos arquivos nos diretórios de

resultados, podendo chegar a algumas centenas de arquivos. O gerenciamento posterior, ou seja, a organização final, com a limpeza de arquivos desnecessários, deve ser feito pelo usuário ao fim da análise.

Tabela A.5.1 - Nomenclatura dos arquivos *.inp.

MÓDULOS (SASSI 2000)	NOMENCLATURA
Site1	St1 + Caso do Projeto + .inp
Site2	St2 + sentido de propagação da onda* + Caso do Projeto + .inp *(h – horizontal; v – vertical)
Point	Pt + Caso do Projeto + .inp
House	Hs + Caso do Projeto + .inp
Motor	Mt + Caso do Projeto + .inp
Analys	As + direção global da excitação (X, Y, Z) + Caso do Projeto + .inp
Motion	Mo + direção global da excitação (X, Y, Z) + Caso do Projeto + .inp
SomaMOT	SMo + Caso do Projeto + .inp
Stress	SS + Caso do Projeto + .inp
Acopla	Hsa + Caso do Projeto + .inp
Gfibase	GB + direção global da excitação (X, Y, Z, S) + Caso do Projeto + .inp
ExConf	EX + direção global da excitação (X, Y, Z, S) + Caso do Projeto + .inp
SE O MÓDULO MOTOR FOR SOLICITADO	
Analys	AsMT + Caso do Projeto + .inp
Motion	MoMT + Caso do Projeto + .inp
Stress	SSMT + Caso do Projeto + .inp

Tabela A5.2 - Nomenclatura dos arquivos *.out gerados

MÓDULOS	NOMENCLATURA
Site1	St1 + Caso do Projeto + .out
Site2	St2 + sentido de propagação da onda* + direção global da excitação** + Caso do Projeto + .out *(h – horizontal; v – vertical) ** (X, Y, Z)
Point	Pt + Caso do Projeto + .out
House	Hs + Caso do Projeto + . out
Acopla	Hsa + Caso do Projeto Hs + Caso do Projeto + j_k_l . out (HOUSE)
Motor	Mt + Caso do Projeto + . out
Analys	As + Caso do Projeto + direção global da excitação (X, Y, Z) + . out
Motion	Mo + direção global da excitação (X, Y, Z) + Caso do Projeto + . out
SomaMOT	SMo + Caso do Projeto + . out
Stress	SS + direção global da excitação (X, Y, Z) + Caso do Projeto + . out
Gfibase	GB + direção global da excitação (X, Y, Z, S) + Caso do Projeto + j_k_l . out
ExConf	EX + direção global da excitação (X, Y, Z, S) + Caso do Projeto + j_l . out
<p>Onde: $j=1,2,3$, ...número do sistema acoplada – seqüencial, no input ACOPLA $k=x,y,z$, ...direção da excitação $l=1,2,3$, ...número sequencial da freq. de cálculo para a análise acoplada</p>	
SE O MÓDULO MOTOR FOR SOLICITADO	
Analys	AsMT + Caso do Projeto + . out
Combin	Cb + Caso do Projeto + . out
Motion	MoMT + Caso do Projeto + . out
Stress	SSMT + Caso do Projeto + . out

A5.4.**Lista das rotinas****A5.4.1.****Módulos de Classe**

Execução.bas – arquivo com as definições principais e com a rotina ExecSASSI, que é acionada pelo botão executar.

A5.4.2.**Módulos**

Comandos.bas –

exeAcopla – que é o módulo acopla, descrito no Anexo 6

ExeAnalys

ExeErup

ExeExcel – que abre a planilha Pos_ExeSassi.xlt, preenchendo-a com os dados relativos à análise em execução.

ExeGFibase

ExeHouse

ExeMotion

ExeMotor

ExePoint

ExeSite

ExeSomaMot

ExeStress

A5.4.3**Formulários**

frmAbout – apresenta informações sobre o ExeSassi

frmExeSassi – 1ª janela de interface com usuário

frmSistema – janela de escolha de opções de análise, chamada pelo Menu Sistema da janela frmExeSassi.

frmSplash – janela inicial, apresentada enquanto o sistema é ativado, com dados da versão em uso.

ANEXO 6:

Manual para utilização do módulo ACOPLA

A6.1. Introdução

O sistema de programas *SASSI* soluciona o problema da interação solo-estrutura e, a partir do movimento fornecido em um ponto de controle, obtém as respostas dinâmicas em cada ponto do modelo através de funções de transferência. Portanto, ao se acrescentar em uma posição do modelo do sistema principal um sistema massa-mola, cuja massa e frequência fundamental sejam iguais às de um sistema secundário, as respostas correspondentes a este sistema secundário podem ser obtidas diretamente pelo *SASSI*.

Para a obtenção de espectros de resposta acoplada ao sistema principal, conforme descrito no capítulo 4, sistemas secundários podem ser modelados como sistemas massa-mola, conectados aos nós de apoio de interesse no sistema principal por meio de um elemento de rigidez variável com a frequência. Assim, a cada frequência fundamental corresponde uma resposta máxima, que pode ser associada ao espectro de repostas de um sistema secundário acoplado.

A partir do gerenciador *ExeSASSI* é possível obter espectros acoplados com a escolha de utilização do módulo *ACOPLA*. Este módulo foi desenvolvido para modificar os dados de entrada dos módulos *HOUSE* e *EXCONF*, de modo a criar vários arquivos, onde é introduzido o sistema massa-mola com a massa do sistema secundário e valor de rigidez de acoplamento associado às frequências de análise do espectro de repostas acoplado.

Assim, o gerenciador *ExeSASSI* executa automaticamente todos os módulos do *SASSI*, para cada frequência de análise, ω_{0i} , obtendo as FT diretamente para os nós do sistema massa-mola que representam o SS. A partir destas, das $FDEP_o$, e utilizando a teoria da primeira ultrapassagem já descrita, são obtidos os ERAUP.

A6.2. Descrição do programa

O módulo *acopla* é um dos módulos do programa *ExeSASSI*. Está escrito em *Visual Basic*, *VB6*, tem arquivos de entrada de dados independente e escreve um arquivo de saída, onde podem ser verificadas as hipóteses e os valores de rigidez de acoplamento considerados nos diversos arquivos da análise acoplada.

É permitida a análise de vários sistemas acoplados, apoiados em um ou mais pontos no SP. Os ERAUP são produzidos para uma razão de massa arbitrária, fornecida pelos dados de entrada para cada sistema acoplado.

O ERAUP é avaliado em determinadas frequências de análise, escolhidas pelo usuário, de forma a representar toda a faixa de interesse das respostas.

De acordo com a entrada de dados, podem ser consideradas diferentes opções para a consideração do acoplamento pelo programa *ACOPLA*. Os sistemas acoplados podem ser de dois tipos:

- **genéricos**, onde a massa e o amortecimento do sistema são constantes para todas as frequências de análise, ou
- **específicos**, para os quais o programa lê um arquivo com os dados de massas e amortecimentos modais específicos de um sistema secundário.

Em todos os casos, os valores da rigidez de acoplamento para cada frequência ω_{0i} são calculados pela equação (4.35):

$$K(\omega_{0i}) = \omega_{0i}^2 \cdot m$$

Quando são analisados sistemas secundários específicos, além da variação da rigidez de acoplamento, o módulo *ACOPLA* também considera a massa e o amortecimento variáveis para cada frequência de análise na produção dos espectros de resposta acoplada.

O efeito do deslocamento relativo entre os apoios de um SS pode ser considerado. Para isso, o modelo do S1GL que representa o SS é conectado aos nós que representam os seus pontos de apoio no modelo do SP, e assim, as FT que são obtidas pelo *SASSI*, embutem os efeitos da multiplicidade de apoios e de seus deslocamentos relativos. A rigidez de acoplamento $K(\omega_{0i})$ é subdividida pelos nós de apoio do SS. O módulo *ACOPLA* permite diferentes possibilidades para esta subdivisão:

- **Tipo1** - O sistema massa-mola é conectado a cada um dos nós de apoio no sistema principal por elementos SPRING, tipo 7 no módulo *HOUSE*, com amortecimento fornecido na entrada de dados e a rigidez global, obtida pela equação (4.5) para todas as frequências de análise, é subdividida na mesma proporção por todos os nós de apoio. Os fatores de proporção da rigidez de acoplamento são fornecidos na entrada de dados para cada apoio do sistema secundário.
- **Tipo2** - O mesmo elemento SPRING é utilizado como no caso anterior, porém a rigidez é subdividida de forma proporcional à rigidez local do SP, calculada para cada um dos nós de apoio do sistema acoplado no sistema principal e diferente para cada frequência de análise.

Em todos os casos o módulo *ACOPLA* considera cada um dos sistemas acoplados isoladamente, para cada uma das direções, e prepara os dados de entrada para os módulos *HOUSE* e *EXCONF* separadamente. O programa *ExeSASSI* executa toda a gama de programas da análise de interação solo-estrutura (módulos do *SASSI*) correspondentes a cada um dos sistemas acoplados sem a influência dos demais.

Para cada frequência de análise do ERAUP, os dados de entrada para o módulo *HOUSE* são modificados. É introduzido um nó, com a massa correspondente ao SS em estudo, conectado aos seus nós de apoio por elementos que somam uma rigidez tal que a frequência natural do sistema massa-mola introduzido, seja aquela para a qual se está calculando o espectro de respostas acoplado. Os dados do *ExConf* são modificados de forma a se obter as respostas uniformemente prováveis para essa frequência de análise.

A sequência de produção do ERAUP é feita no domínio da frequência com o sistema de programas *SASSI*, que soluciona o problema de forma independente para cada frequência de análise. Com a opção de sistema acoplado do tipo2, o *ACOPLA* utiliza o módulo *MOTOR* para a subdivisão da rigidez pelos nós de apoio. Aplica carregamentos harmônicos unitários em cada direção, em cada um dos nós de apoio, e, assim, calcula o deslocamento correspondente a cada um desses nós.

Os carregamentos harmônicos unitários são aplicados nas mesmas frequências de análise para as quais se calcula o espectro acoplado. As funções de transferência de deslocamentos, FTD, são obtidas para os mesmos nós onde é aplicada a carga harmônica. O inverso destas FTD pode ser considerado como o valor da rigidez local do nó correspondente. A parcela da rigidez global correspondente a cada apoio é proporcional à rigidez local destes nós.

O módulo *ACOPLA* aplica os carregamentos harmônicos unitários de forma independente para cada direção em todos os nós de apoio de todos os sistemas acoplados. São consideradas cargas apenas de força (translação), e os valores de rigidez à rotação (momentos) não são considerados.

O inverso do módulo da FTD obtida para a direção j no nó de apoio n é utilizado para obter a rigidez local do sistema principal, $ksp_{n,j}(\omega_{0i})$, nesse nó, com o auxílio da equação (4.37):

$$ksp_{n,j}(\omega_{0i}) = \frac{1}{|FTD_{n,j}(\omega_{0i})|}$$

As parcelas da rigidez de acoplamento atuantes em cada um dos n nós de apoio são obtidas proporcionalmente à rigidez local dos nós de apoio do sistema acoplado através da equação (4.38):

$$k_{n,j}(\omega_{0i}) = \omega_{0i}^2 \cdot m \cdot \frac{ksp_{n,j}(\omega_{0i})}{\sum_1^n ksp_{n,j}(\omega_{0i})}$$

A6.3. Dados de Entrada

A entrada de dados para o módulo *ACOPLA* é feita em formato livre, sendo que todos os dados, mesmo que nulos, devem ser fornecidos. A seguir, a sequência do arquivo de entrada de dados, com as informações necessárias, é descrita:

- **CARTÃO 1:** 2 campos - nomes do projeto e do caso em estudo;
- **CARTÃO 2:** 3 campos - direções onde se deseja obter as respostas acopladas (x, y e/ou z);

- **CARTÃO 3:** 5 campos - número de frequências de análise (nfreq); número de sistemas acoplados (nsiSAc); código para tipo de acoplamento (tipoac); código para tipo de subdivisão da mola de acoplamento pelos nós de apoio (tipoKac); amortecimento para calcular espectro acoplado (damp);

nfreq é o número de frequências utilizadas para calcular os valores do espectro ERAUP. Devem ser escolhidas de forma a bem representar o fenômeno envolvido, ou seja, os picos das FDEP devem estar contemplados. O tempo de análise é diretamente proporcional a nfreq, portanto é recomendado utilizar o menor número possível, que não perca nenhum pico das FTs e FDEPs. A escolha dos valores deve ser feita previamente, com uma análise desacoplada.

nsiSAc número de sistemas acoplados na mesma análise.

Tipoac = 1 => sistemas genéricos (cálculo por razão de massa global)
> 1 => sistema específico (lê as características dinâmicas do sistema acoplado). Deve ser fornecido um arquivo para cada sistema acoplado. Os nomes dos arquivos devem ser PM_nsiSAc.inp (p. ex. PM_1.inp).

= 2 ou 22 => arquivo no formato SAUS / STRUDYN"

= 3 ou 33 => valores e formato abaixo:

(n Freq. MX1 MX2 MX3 Damp) - (I5,F10.7,3F15.7,F5.2)

n = número sequencial correspondente ao modo de vibração"

Freq. em Hz"

MX1 MX2 MX3 em peso; (p.ex. kN)"

Damp na forma decimal (p.ex. 0.04)"

tipoKac = 1 => Ki igual para todos os nós "

= -1 => proporção para cada Ki fornecida pelo usuário para cada nó, em uma tabela semelhante à tabela de números de nós, porém com os valores dos fatores

correspondentes a cada nó. Para cada direção, a soma dos fatores deve ser unitária, ou seja, o valor total da rigidez de acoplamento em cada frequência não é modificado.

> 1 => K_i proporcional à rigidez, cálculo com módulo MOTOR.

= 2 => no House - elemento TIPO 7 - K spring

= 3 => no House - elemento TIPO 9
(ainda não implementado)

= 4 => no House - elemento TIPO 9
(ainda não implementado)

damp

valor do amortecimento a ser utilizado para o sistema massa mola acoplado. Equivale ao amortecimento de cálculo do ERAUP. Para cada valor diferente toda a análise deve ser repetida, ou considerado como outro sistema acoplado. Se damp=411 então é calculado o amortecimento compatível com o código ASME411, CODE CASE (ainda não está implementado).

- **CARTÕES 4:** total de **nfreq** campos - valores das frequências de análise;
- **CARTÃO 5:** total de **nsiSAc** campos – valores dos pesos dos sistemas acoplados. Pular essa linha de dados se for escolhido sistema acoplado específico, pois para esse tipo de análise os pesos modais são lidos de arquivos.
- **CARTÕES 6:** total de **nsiSAc** linhas – números de nós de apoio para cada um dos sistemas acoplados (3 valores por linha, um para cada direção – X, Y e Z). Caso não haja apoio em alguma direção, deve ser fornecido o valor zero – 0.

- **CARTÕES 7:** números dos nós de apoio para cada sistema acoplado (1 linha para cada direção apoiada). Em cada linha devem ser fornecidos os números dos nós, de acordo com o lido pelos cartões 6. Caso não haja apoio em alguma direção, a linha é desconsiderada e não deve ser fornecida.
- **CARTÕES 8:** Utilizado apenas se $\text{tipoKac} = -1$. São fornecidos os valores dos fatores de rigidez para cada um dos nós de apoio de cada sistema acoplado. Para cada nó fornecido nos CARTÕES 7 deve ser fornecido um fator. A soma dos fatores para os nós de apoio de cada sistema acoplado em cada uma das direções deve ser unitária.

A6.4. **Lista das rotinas**

Function eAcopla – Função do programa ExeSASSI para chamar e executar o módulo ACOPLA.

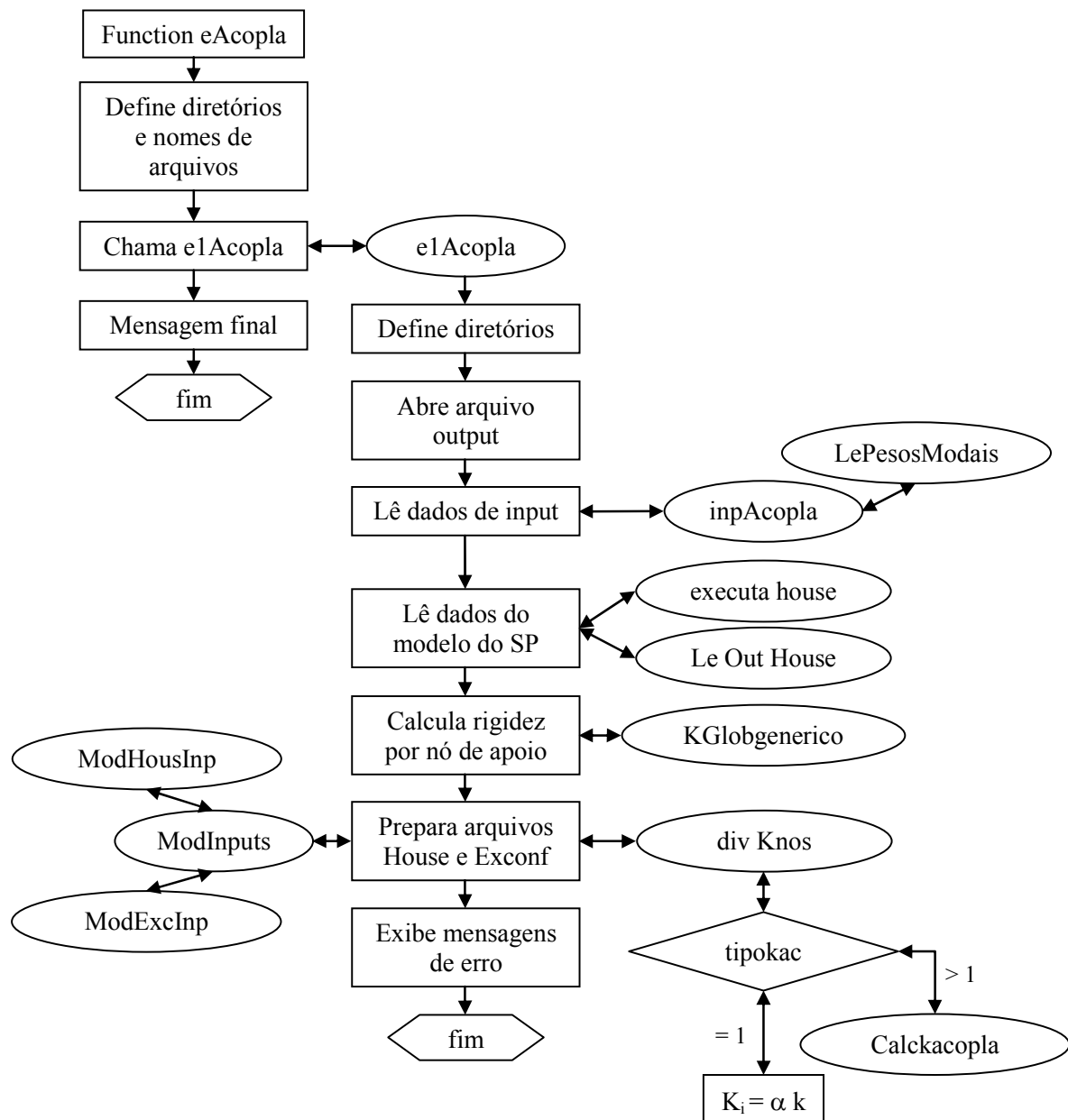
Function e1Acopla – Função chamada por eAcopla. É o programa principal do módulo.

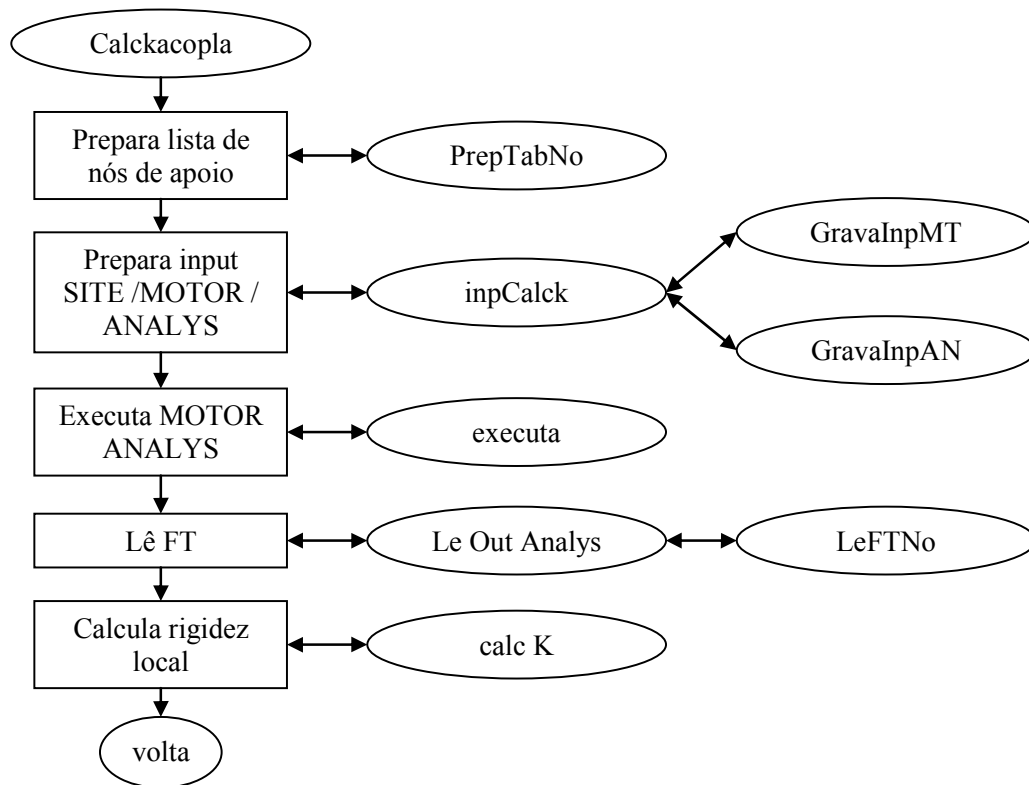
Subrotinas:

- calcK – calcula a rigidez local para cada nó de apoio do SS
- calcKacopla – calcula a rigidez global de acoplamento, para cada frequência de análise
- compBranco – auxiliar, utilizada para formatação
- convertTipo – auxiliar, converte tipo de variável
- DivComplexos – auxiliar, divide números complexos
- divKnos – subrotina para cálculo de divisão da rigidez de acoplamento pelos diversos nós de apoio do SS
- gravaInpAN – cria e grava input para o módulo ANALYS, para calcular a rigidez local do SP nos nós de apoio do SS
- gravaInpMT – idem, para módulo MOTOR
- inpAcopla – lê o arquivo de dados para o módulo ACOPLA
- inpCalcK – gerencia criação de arquivos para MOTOR e ANALYS
- inverteFT – auxiliar, inverte os valores complexos das FT

- KGlobgenerico - calcula Kglobal de cada sistema acoplado, a partir da massa e da frequência a ser analisada
- LeFTno - lê os valores das Funções de Transferência para um
- LeOutAnalys - leitura do OUTPUT do módulo ANALYS (após MOTOR) e obtenção dos valores das Funções de Transferência para os nós solicitados
- LeOutHouse - leitura e extração de dados do input e output do módulo HOUSE para gerar novos inputs modificados
- ModExcInp - copia/modifica input Exconf
- ModHousInp - copia/modifica input HOUSE
- ModInputs - Rotina para modificar os inputs do HOUSE e Exconf para os vários sistemas acoplados.
- prepTabNos - para ler os números dos nós de todos os sistemas acoplados e preparar uma lista única com todos os nós. Útil para preparar os inputs para MOTOR com cargas unitárias em cada nó.
- verifArqExiste - Verifica se o arquivo existe

A6.5. Fluxograma simplificado





ANEXO 7: Glossário

Acelerograma – é o histograma que fornece a função das acelerações no tempo, que representa o movimento sísmico.

Ameaça – é uma possibilidade de uma ação danosa associada a um fenômeno natural ou a acidente provocado.

Barreira – é um nível especificado para variáveis de um processo aleatório.

Barreira normalizada – é o valor de uma barreira dividido pela raiz quadrada do momento espectral de ordem zero.

Catraqeamento – efeito de acúmulo progressivo de deformação induzido pela progressão de um carregamento primário constante e um carregamento secundário cíclico. Esse efeito pode ser observado nos casos de não linearidades físicas.

Componente – é uma parte claramente definida de um sistema, capaz de cumprir uma sub-função independente (vasos, trocadores de calor, tubos, suportes)

Espectro – o espectro de um sinal harmônico é definido pelos valores de sua frequência, amplitude máxima e ângulo de fase.

Espectro de amplitude – o espectro de amplitude é o gráfico que apresenta a amplitude máxima e a frequência das componentes harmônicas que formam um sinal variável no tempo.

Espectro de fase – o espectro de fase é o gráfico que apresenta os ângulos de fase e as frequências correspondentes aos harmônicos que compõem um sinal variável no tempo.

Espectro de Fourier – é o gráfico em função da frequência que apresenta as amplitudes das componentes de Fourier correspondentes a uma função ou processo estacionário.

Espectro de Resposta – o espectro de resposta de uma excitação representa as amplitudes máximas das respostas de osciladores (S1GL), em função da sua frequência natural e com amortecimento arbitrário, submetidos a essa excitação.

Espectro de Resposta interior (ER) – no presente trabalho é chamado quando se refere a um espectro de resposta em um ponto nodal do modelo, que representa uma região ou sistema secundário específico no interior da estrutura.

Espectro de Resposta Acoplada (ERA) – o espectro de resposta acoplada é definido quando as respostas máximas são obtidas considerando-se os osciladores acoplados a um sistema principal.

Espectro de Resposta Uniformemente Provável (ERUP/ERAUP) – é dito de um ER a um sismo correspondente a um espaço amostral definido por uma FDEP, quando as suas amplitudes para todas as frequências têm um mesmo compromisso probabilístico, isto é, têm uma igual probabilidade de não serem ultrapassadas.

Espectro de Resposta de Projeto (ERP) – é o espectro de respostas que define o sismo de projeto no sítio de uma instalação.

Espectro de Resposta de Ameaça Uniforme (UHRS) – é o espectro de respostas de projeto com mesma probabilidade anual de não ser superado em toda a faixa de frequências.

Espectro de Resposta de Risco Uniforme (URRS) – é o espectro de respostas de projeto que conduz a uma mesma probabilidade anual de falha do projeto, em toda a faixa de frequências. Mantém o risco uniforme entre instalações de diferentes sítios, cada uma com UHRS específico, porém sujeito a diferentes inclinações das suas curvas de ameaça.

Fator de escoamento (C) – nesse trabalho é definido como a grandeza que relaciona a tensão elástica máxima de um sistema com a sua tensão de escoamento.

Fator de rigidez (N) – nesse trabalho é definido como a relação entre as tangentes do diagrama tensão-deformação, considerado bi-linear.

Função Densidade de Espectro de Potência (FDEP) – é a função que associa a distribuição da energia de uma função por faixas de frequência.

Função Densidade de Espectro de Potência de Projeto (FDEPP) – é a FDEP utilizada para caracterizar o sismo de projeto de uma instalação.

Função de Transferência (FT) – é a função que associa o movimento de resposta de um ponto na estrutura a um movimento de controle, com amplitude máxima unitária, considerado em um ponto de controle arbitrário.

Ponto de Controle – é uma posição no terreno, escolhida arbitrariamente, onde se calcula a excitação compatível com o sismo de projeto e que serve de referência para a solução dinâmica estrutural.

Processo aleatório – é uma família de variáveis aleatórias dependentes, relacionadas a um fenômeno similar, que podem ser associadas a pelo menos uma variável independente, chamada de parâmetro.

Processo aleatório estacionário – é quando o processo tem apenas as funções de primeira ordem independentes do tempo. Assim, o valor esperado do processo é constante e a sua função de autocorrelação depende somente da amplitude do intervalo de tempo.

Processo aleatório fracamente estacionário – é um processo aleatório que tem o tempo como parâmetro e cujas características são constantes independentemente do tempo de origem.

Risco – é a probabilidade anual de consequência danosa, provocada por uma ameaça.

Sismo, terremoto – é um rápido movimento ou tremor de terra causado por uma liberação abrupta de energia acumulada lentamente.

Sistema – é um conjunto de componentes que forma uma instalação capaz de cumprir uma função independente na instalação nuclear.

Sistema principal (SP) – é um sistema dinâmico que transfere uma excitação a um sistema secundário.

Sistema secundário (SS) – é um sistema dinâmico que recebe a excitação através de um sistema principal (SP) e que tenha massa muito menor que a do SP.