Análise Dinâmica no TQS: Parte 2 – Time-History

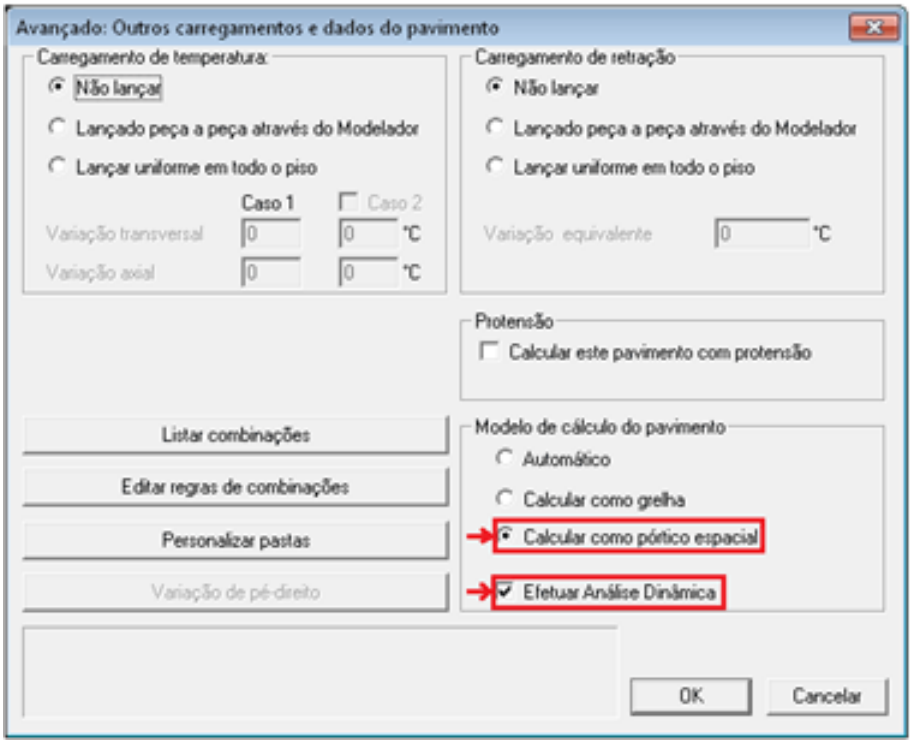
Dando sequência à apresentação dos recursos de análise dinâmica presentes no sistema TQS®, nessa segunda parte serão apresentadas as configurações necessárias para análise de carregamentos dinâmicos no domínio do tempo, usualmente denominada **Time-history**.

Nessa análise, é avaliado o comportamento da estrutura devido a solicitações dinâmicas com base no estudo de vibrações forçadas amortecidas. São obtidos resultados de deslocamentos, velocidades e acelerações, no domínio do tempo, decorrentes de ações dinâmicas, as quais devem ser definidas pelo usuário.

Deve-se salientar que a análise **time-history** presente no Sistema TQS® é destinada para avaliação do comportamento em serviço da estrutura (conforto).

É possível simular qualquer excitação externa desde que a mesma possa ser representada por uma combinação de funções harmônicas, podendo-se citar como exemplo: atividades de seres humanos, funcionamento de máquinas e atuação de rajadas de vento.

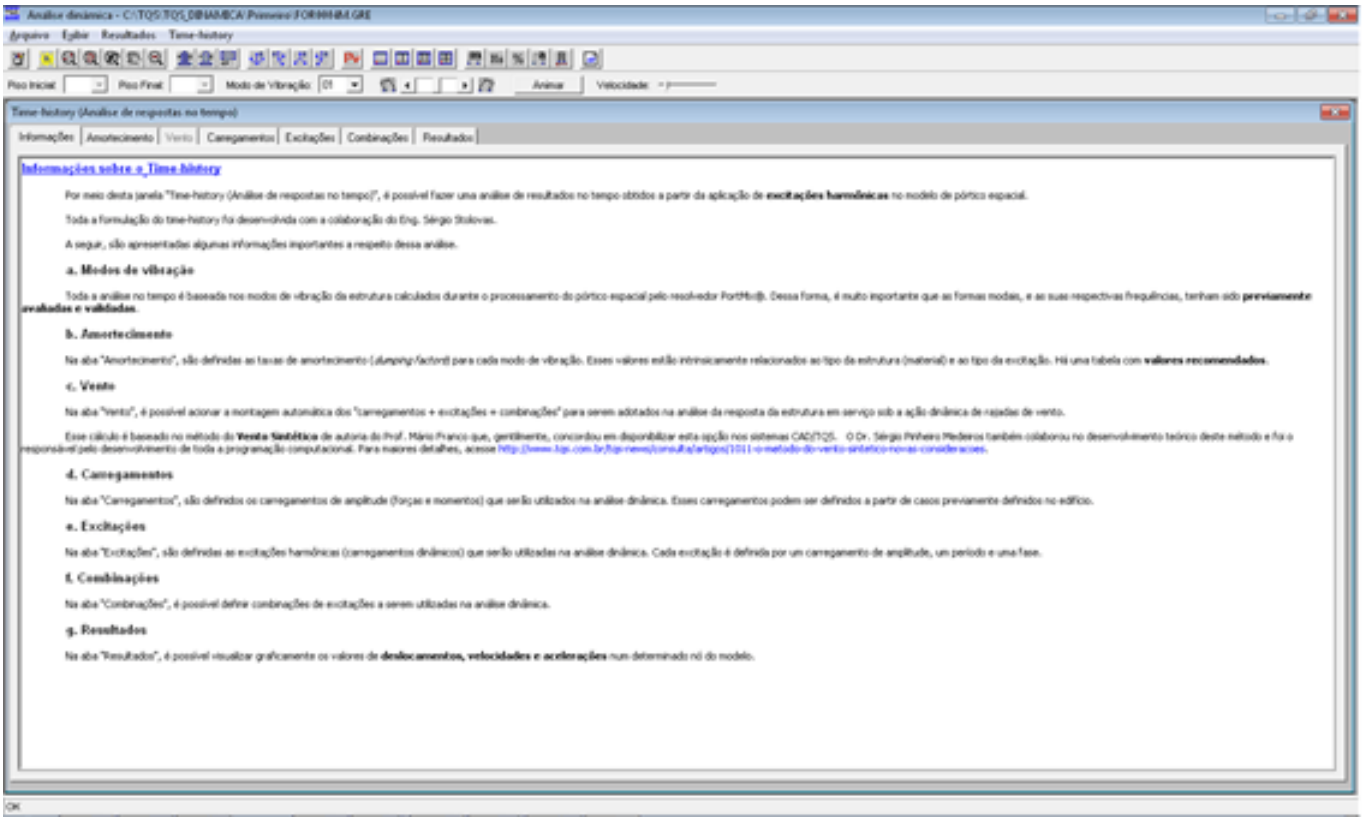
As ações dinâmicas podem ser analisadas tanto no contexto do edifício como um todo, quanto apenas nos pavimentos. A ativação desse recurso da análise dinâmica segue o mesmo procedimento descrito na Parte 1. No entanto, para que a análise por **time-history** seja habilitada em um pavimento, é preciso que o mesmo seja modelado e analisado por pórtico espacial. Para isso, nos Dados do Edifício - aba Pavimentos, seleciona-se o pavimento e clicando no botão "Avançado", ativa-se a opção "Calcular como pórtico espacial" no campo "Modelo de cálculo do pavimento", conforme ilustrado a seguir.



A análise dinâmica por **time-history** tem como base a análise modal (apresentada na Parte 1). Dessa forma, é indispensável que todos os dados da estrutura (massa solidária e número de modos de vibração – configurados nos Dados do Edifício), além dos resultados da análise modal (modos de vibração e respectivas frequências naturais) sejam previamente definidos, calculados e validados.

Esse recurso (**time-history**) é acessado através dos visualizadores gráficos de análise dinâmica tanto do Pórtico-TQS como da Grelha-TQS, apresentados anteriormente (Parte 1). Para executá-lo, deve-se acessar o menu "Time-history" e selecionar a opção "Fazer análise no tempo", conforme mostrado abaixo.

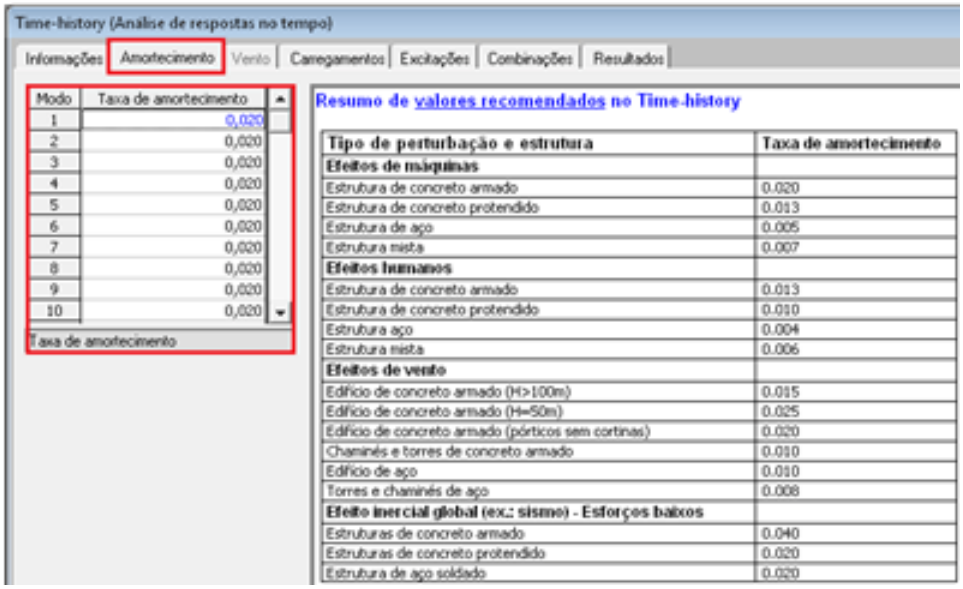
É então aberta uma nova janela, intitulada Time-history (Análise de respostas no tempo). Na primeira aba são apresentadas informações sobre essa ferramenta.



Em seguida, deverão ser definidos os seguintes dados para a análise:

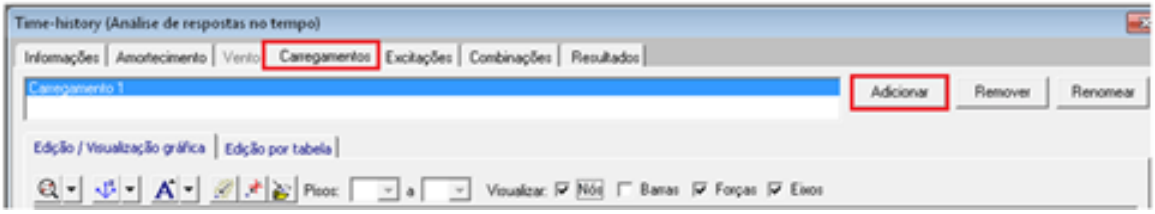
Taxas de amortecimento modais;
Carregamentos;
Excitações;
Combinações.
As explicações a seguir abordam as definições dos dados listados acima.

1. Amortecimento: devem-se atribuir valores de taxas de amortecimento para cada um dos modos de vibração. Há uma tabela com valores padrões relacionando a fonte de excitação e o tipo de estrutura



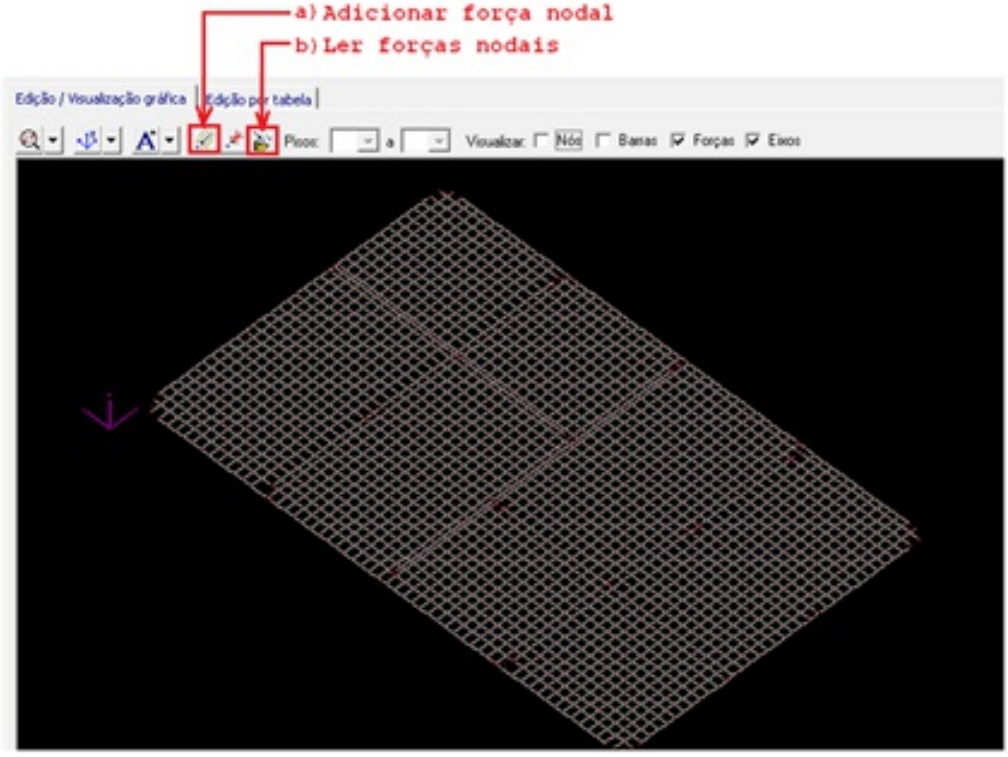
Tipo de perturbação e estrutura	Taxa de amortecimento
Efeitos de máquinas	
Estrutura de concreto armado	0.020
Estrutura de concreto protendido	0.013
Estrutura de aço	0.005
Estrutura mista	0.007
Efeitos humanos	
Estrutura de concreto armado	0.013
Estrutura de concreto protendido	0.010
Estrutura aço	0.004
Estrutura mista	0.006
Efeitos de vento	
Edifício de concreto armado (H>100m)	0.015
Edifício de concreto armado (H=50m)	0.025
Edifício de concreto armado (pórticos sem cortinas)	0.020
Chaminés e torres de concreto armado	0.010
Edifício de aço	0.010
Torres e chaminés de aço	0.008
Efeito inercial global (ex.: sismo) - Esforços baixos	
Estruturas de concreto armado	0.040
Estruturas de concreto protendido	0.020
Estrutura de aço soldado	0.020

2. Carregamentos: primeiramente, deve-se clicar em “Adicionar” para criação de um novo carregamento.



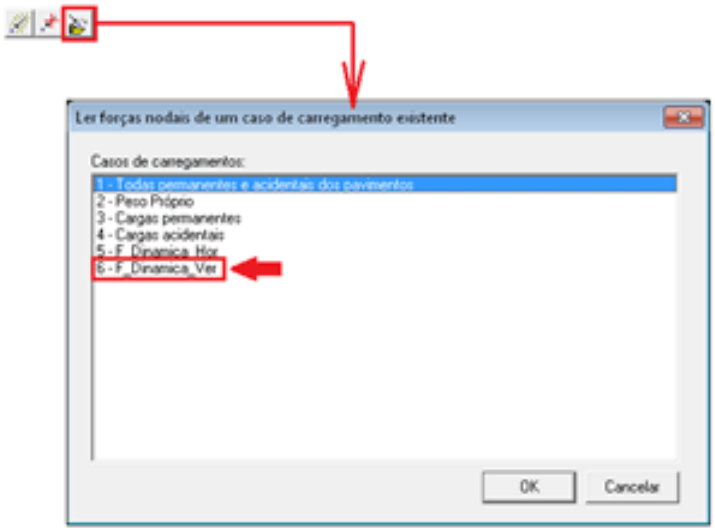
Em seguida, são lançados os carregamentos nodais, podendo-se adotar as seguintes formas de lançamento:

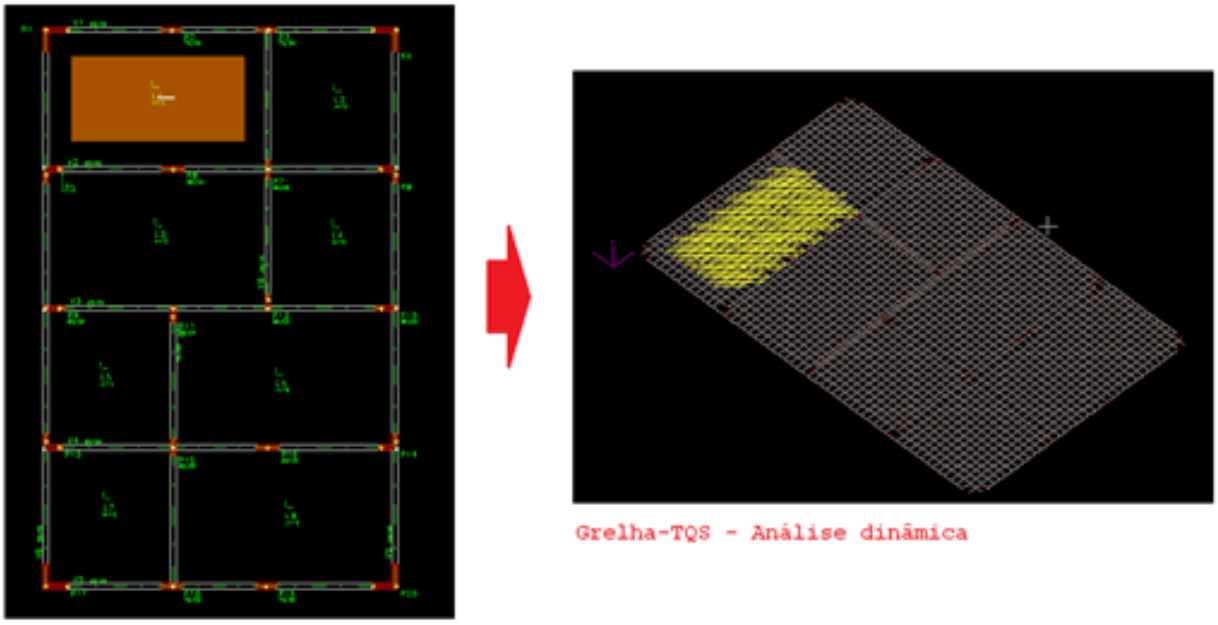
Adicionar força nodal: são definidos valores de forças e momentos aplicados no nó selecionado manualmente;
Ler forças nodais: são carregados valores de força e momentos nodais equivalentes a um carregamento previamente definido no Modelador Estrutural. Normalmente, esta opção é bastante útil, uma vez que se requer também a análise estática do carregamento que será analisado dinamicamente.



Abaixo é apresentado um exemplo de lançamento por leitura de carregamentos previamente definidos no Modelador Estrutural.

Após executar o comando “Ler forças nodais”, seleciona-se o caso de carregamento desejado.





Modelador Estrutural

Grelha-TQS - Análise dinâmica

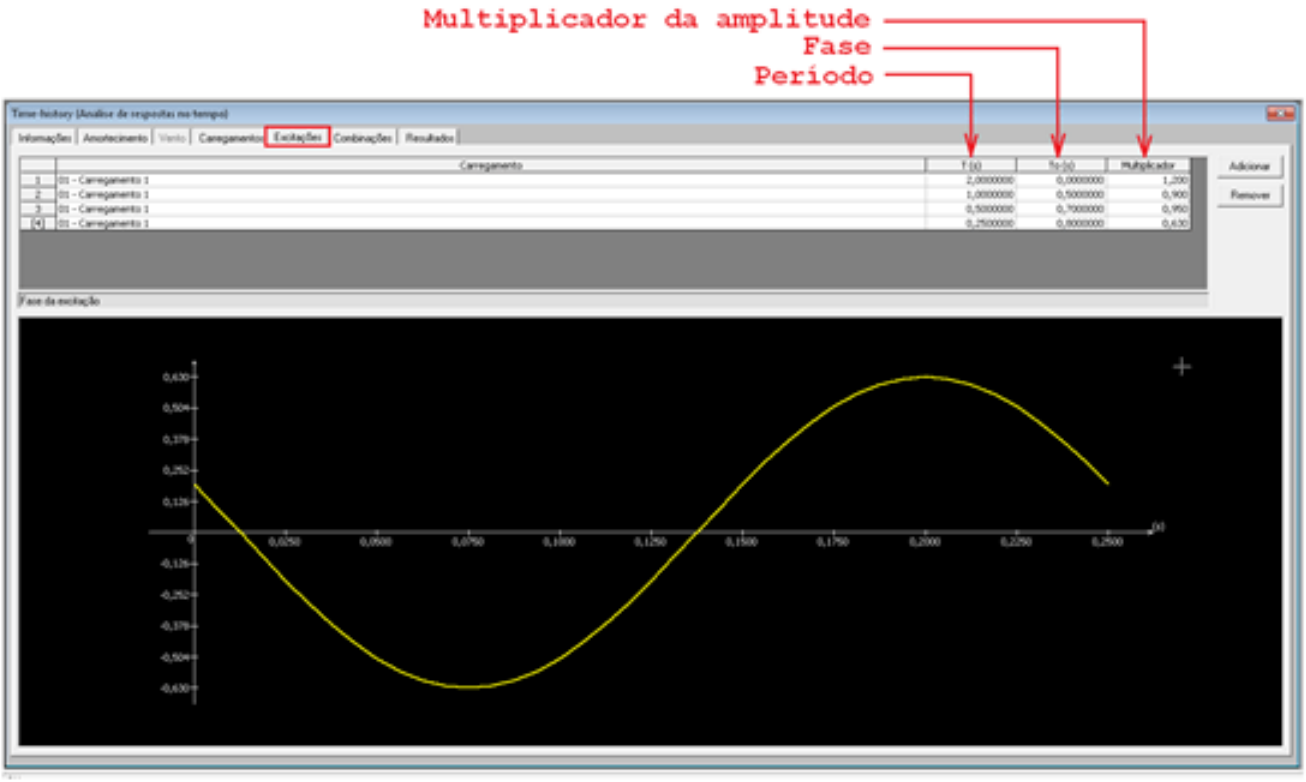
Os carregamentos nodais ainda podem ser definidos, visualizados e editados através da seção “Edição por tabela”.

Edição / Visualização gráfica | Edição por tabela

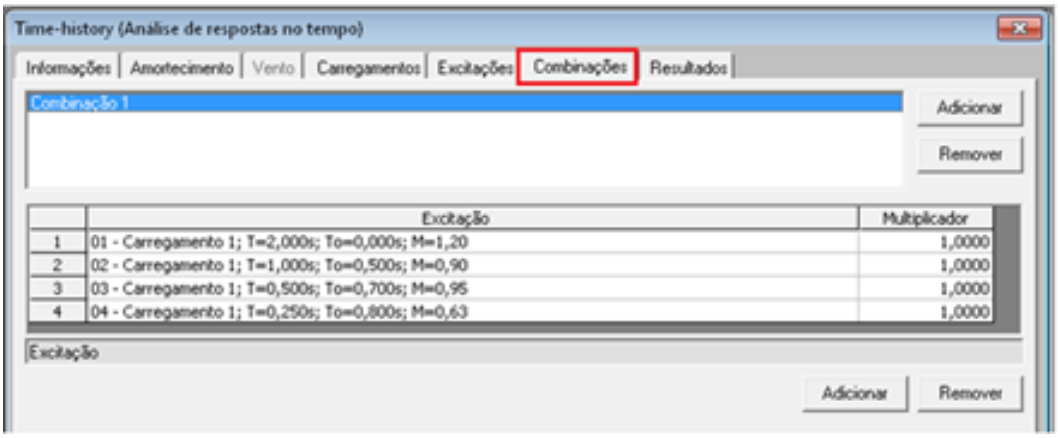
	Nó	FX (tf)	FY (tf)	FZ (tf)	MX (tf.m)	MY (tf.m)	MZ (tf.m)
2	1744	0,000	0,000	-0,051	0,000	0,002	0,000
3	1745	0,000	0,000	-0,117	0,000	-0,008	0,000
4	1781	0,000	0,000	-0,134	0,000	0,007	0,000
5	1782	0,000	0,000	-0,051	0,000	0,002	0,000
6	1783	0,000	0,000	-0,085	-0,007	0,000	0,000
7	1818	0,000	0,000	-0,122	0,000	-0,008	0,000
8	1819	0,000	0,000	-0,134	0,000	0,007	0,000
9	1821	0,000	0,000	-0,066	0,006	0,000	0,000
10	1852	0,000	0,000	-0,050	0,000	0,001	0,000
11	1853	0,000	0,000	-0,122	0,000	-0,008	0,000
12	1854	0,000	0,000	-0,085	-0,007	0,000	0,000
13	1856	0,000	0,000	-0,117	0,000	-0,008	0,000
14	1884	0,000	0,000	-0,130	0,000	0,007	0,000
15	1885	0,000	0,000	-0,050	0,000	0,001	0,000

Adicionar | Remover

3. Excitações: aqui são definidos os parâmetros período, fase e multiplicador de amplitude para cada harmônico referente a um dado carregamento. Para isso, são adicionadas excitações, seleciona-se o carregamento e em seguida são definidos os parâmetros.



4. Combinações: são determinadas as combinações de harmônicos que serão adotadas na análise dinâmica. Cada combinação é composta pela associação de excitações e multiplicadores das excitações.



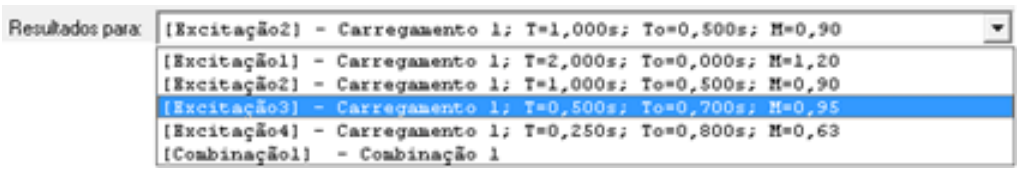
Após a definição de todos os dados para análise no domínio do tempo, acessa-se a aba “Resultados”.

Nessa aba podem-se analisar os resultados no domínio do tempo de deslocamentos, velocidades e acelerações nas três direções (X, Y e Z) para um nó da estrutura previamente selecionado, escolhendo-se uma excitação ou combinação de excitações para análise.

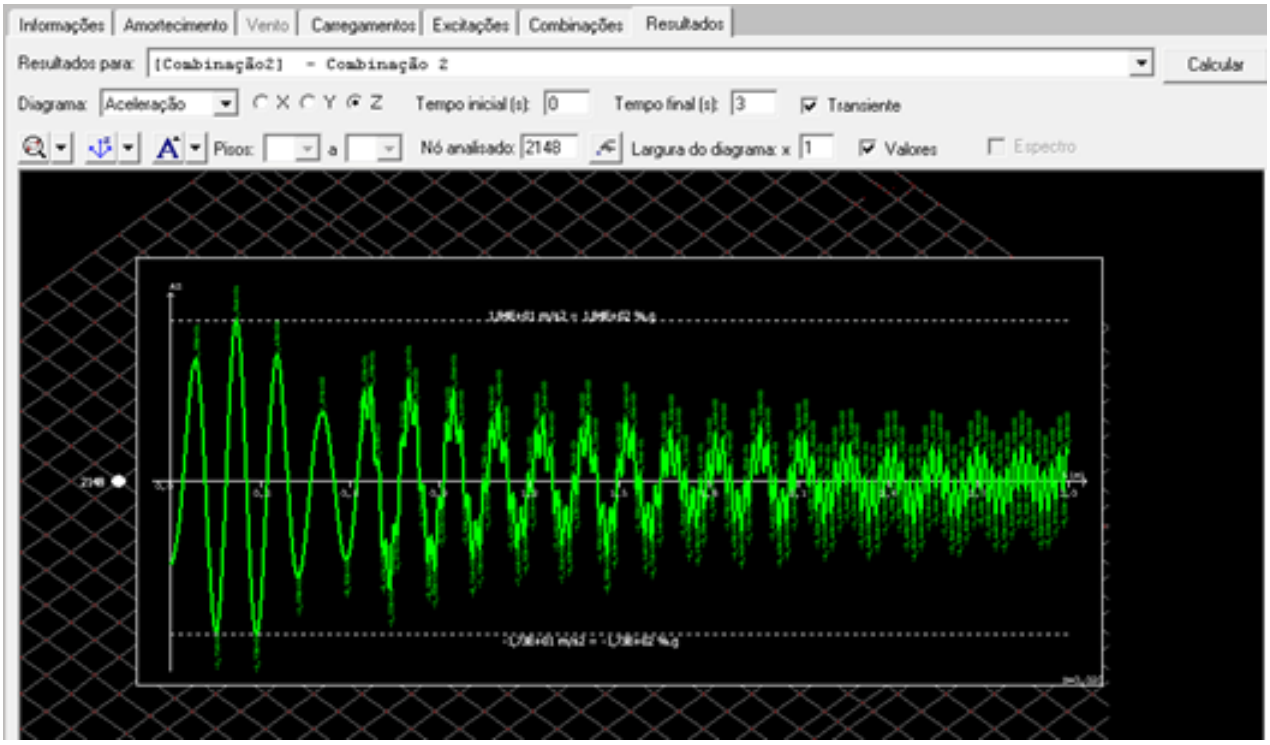
É possível também obter resultados de espectros, igualmente para deslocamentos, velocidades e acelerações nas três direções, neste caso, apenas para excitação.

Primeiramente deve ser definido o nó a ser estudado, podendo-se escolher através de um botão da barra de ferramentas.

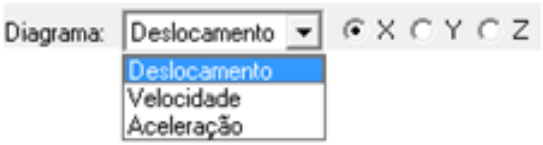
Em seguida, define-se a excitação ou combinação para análise.



Então, clica-se no botão “Calcular”. Os resultados serão apresentados em forma gráfica, sendo desenhado o referente diagrama ao lado do nó analisado.



Pode-se alterar o tipo de diagrama (deslocamento, velocidade e aceleração) ou a direção (X, Y e Z) sem a necessidade de se efetuar o recálculo, apenas trocando-se para a opção desejada na barra de ferramentas.

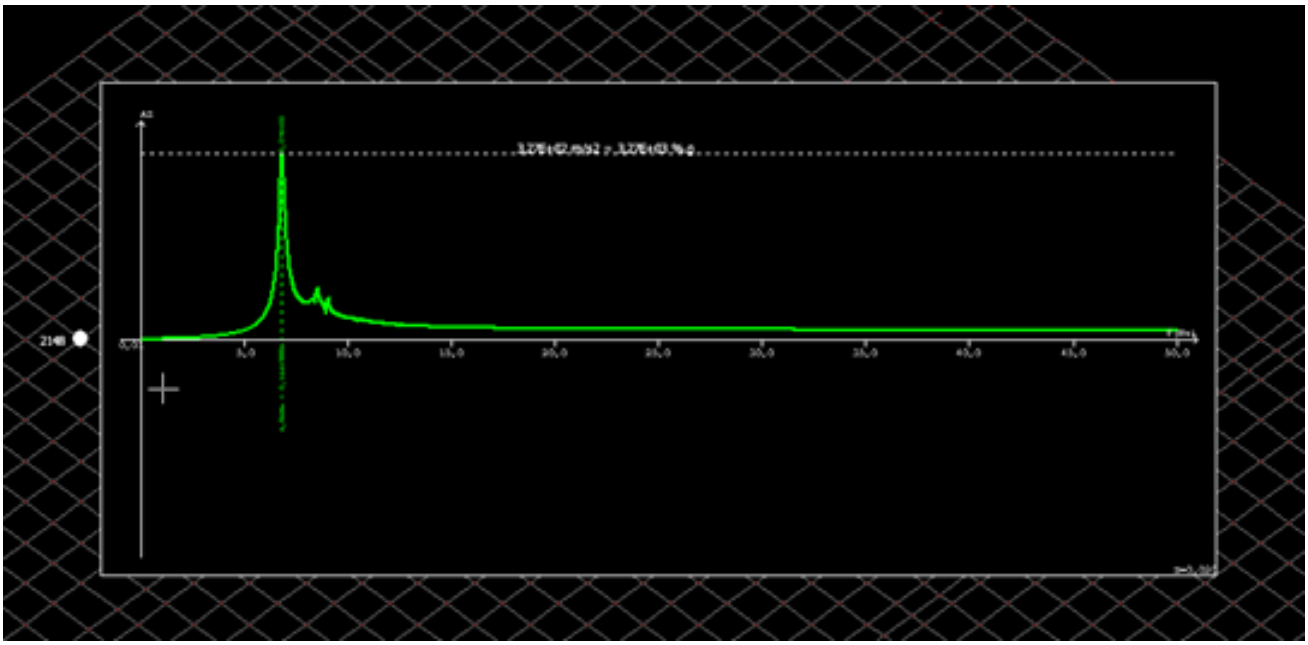


As alterações no intervalo de tempo ou na ativação e desativação do trecho transiente ou da exibição dos valores requerem recálculo para que os resultados sejam atualizados.

A opção “Valores” quando marcada, habilita a visualização dos valores numéricos nos picos dos diagramas. A alteração nesse campo também implica recálculo.

Para a análise dos resultados de espectro, deve-se ativar a opção “Espectro”, disponível apenas para excitações. A configuração do intervalo de tempo será então substituída pela configuração de intervalo de frequência.

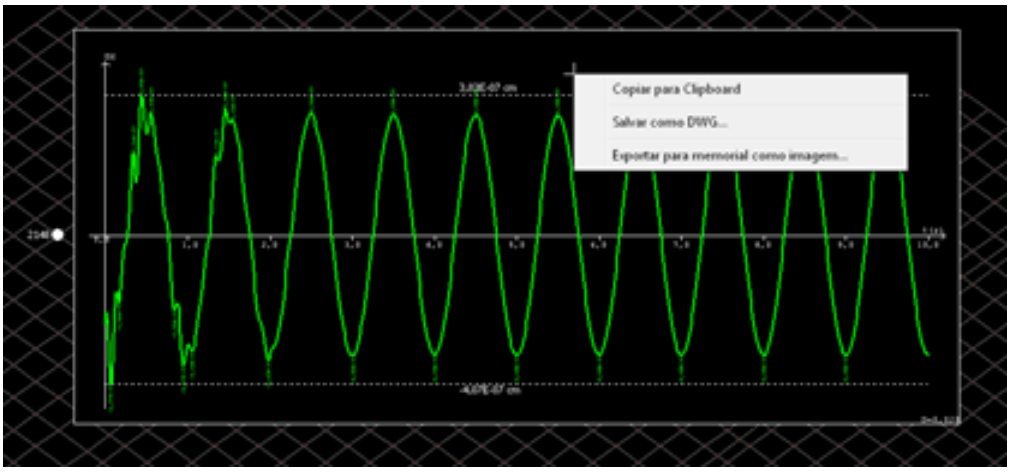
Clicando-se em “Calcular”, é obtido o diagrama de espectro ao lado do nó escolhido.



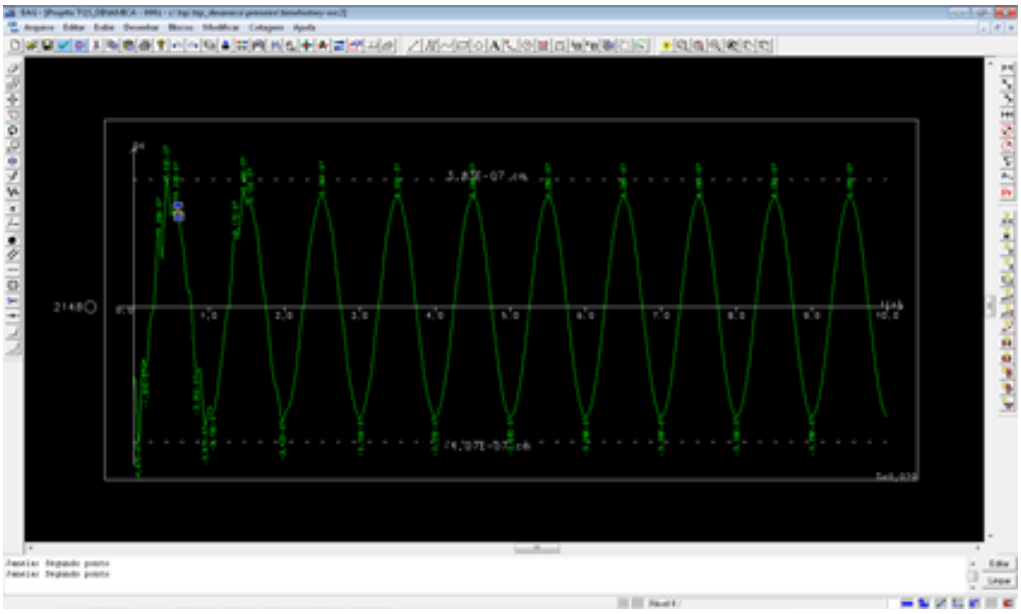
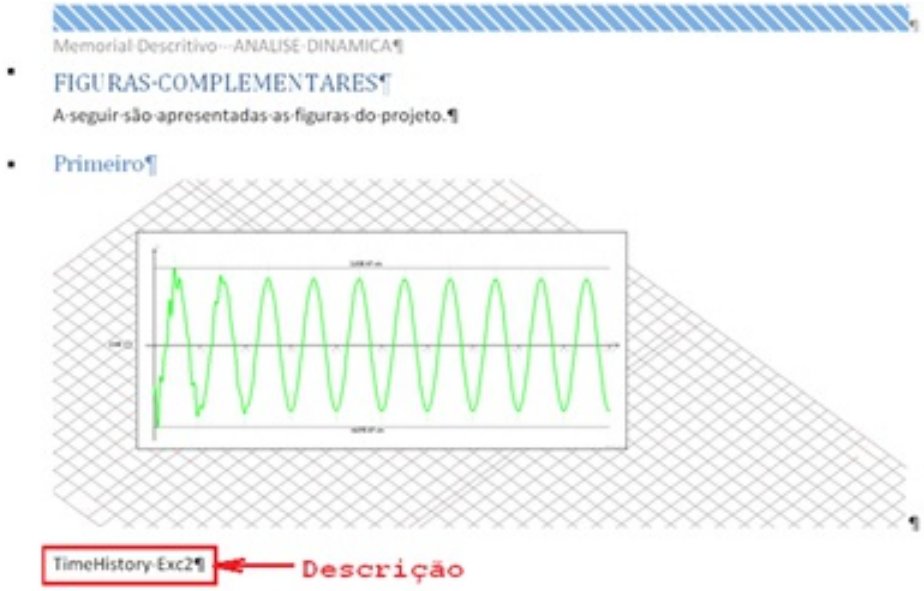
A largura do diagrama é configurável, sendo necessário recalcular para atualizar o desenho.

Clicando-se com o botão direito do mouse sobre a janela gráfica, são apresentadas três opções:

Copiar para Clipboard
Salvar como DWG...
Exportar para memorial como imagem...
A primeira das opções copiará a imagem visualizada na janela gráfica, a qual poderá ser colada em outra aplicação.



A opção “Salvar como DWG” guardará um desenho em formato DWG-TQS do diagrama desenhado. Veja abaixo o desenho do diagrama anterior aberto no EAG (Editor de Aplicações Gráficas).



A última opção exportará a imagem visualizada na janela gráfica para o memorial descritivo (recurso disponível a partir da versão 17) na seção “FIGURAS COMPLEMENTARES”, com a possibilidade de descrição da figura.