

## 9 Análise harmônica

### 9.1 Aspectos gerais

A análise harmônica é realizada com o objetivo de avaliar os modos de vibração que mais contribuem na resposta dinâmica estrutural. Para essa análise é aplicada uma força senoidal no centro do painel da laje de concreto de acordo com a equação a seguir, correspondente ao peso de uma pessoa igual a 800 N Bachmann e Ammann (1987), ou seja:

A análise da resposta harmônica é uma técnica usada para determinar a resposta de uma estrutura sob a ação de cargas que variam harmonicamente com o tempo.

$$F(t) = P \sin(\omega t + \phi) \quad (9.1)$$

Em que  $\omega$  é a frequência de excitação em termos de ciclos por tempo e  $\phi$  é o ângulo de fase. A ideia é calcular a resposta da estrutura para várias frequências, e obter um gráfico da resposta (deslocamento nodal) em função da frequência. Os picos de resposta são identificados no gráfico e as tensões podem ser analisadas para esses valores. Picos na resposta ocorrem quando as frequências das forças se igualam as frequências naturais da estrutura.

### 9.2 Análise harmônica

A análise harmônica constitui uma fase importante do estudo, pois é através desse tipo de análise que se determina quais os modos de vibração que efetivamente contribuem para a resposta dinâmica da estrutura, isto porque a resposta dinâmica dos modelos é dada em termos de espectro de frequências dos deslocamentos nodais. Através desses resultados pode ser obtido o fator de amplificação dinâmico, FAD, dado pela razão entre o deslocamento dinâmico e o deslocamento estático. O gráfico do FAD, em função do parâmetro de frequência

$\beta$ , o qual representa a razão obtida entre a frequência de excitação  $\omega$ , e a frequência fundamental da estrutura  $\omega_0$ , pode então ser construído.

A análise harmônica foi realizada com base na aplicação de uma carga senoidal com amplitude de 800N ( $F(t) = P \sin(\omega t + \phi)$ ),  $P = 800\text{N}$ , Bachmann e Ammann (1987). O valor da amplitude de 800N corresponde ao peso de um ser humano agindo sobre o modelo do piso em análise, localizado no meio de um painel (onde a amplitude nodal é máxima). As frequências de excitação  $\omega$ , foram variadas até um valor correspondente a oitava frequência natural de cada piso.

As Figuras 9.1 a 9.6 apresentam o espectro de resposta de todas as variações feitas no Modelo Estrutural II, considerando a interação aço-concreto parcial, e a ligação viga-coluna como sendo semirrígida. Na ordenada do gráfico são mostrados os valores do FAD e na abcissa destes o parâmetro de frequência  $\beta$ .

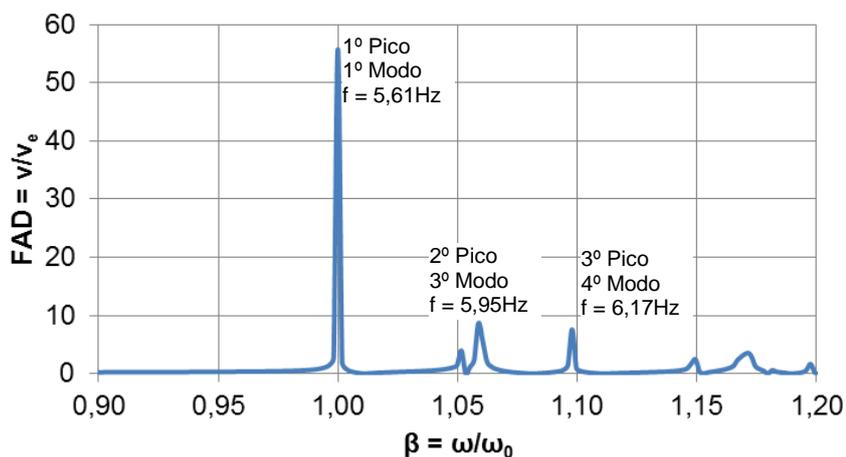


Figura 9.1 – Fatores de amplificação dinâmica em função de  $\beta$ . Interação parcial. Ligação viga-coluna semirrígida. Ligação viga-viga flexível

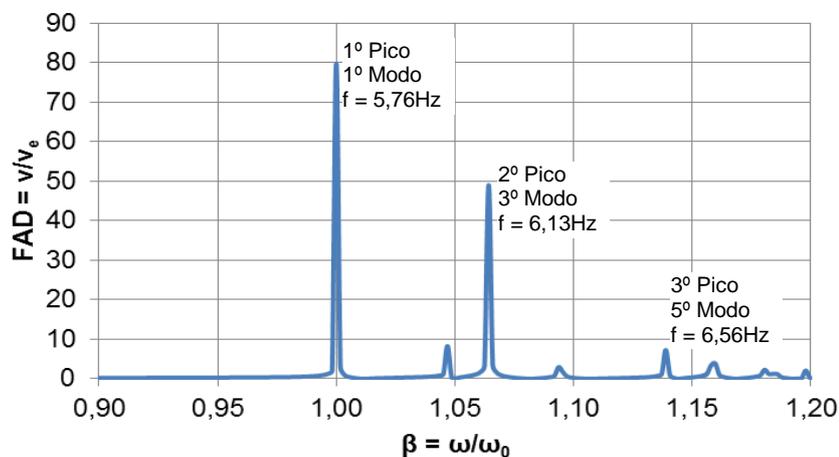


Figura 9.2 – Fatores de amplificação dinâmica em função de  $\beta$ . Interação parcial. Ligação viga-coluna semirrígida. Ligação viga-viga semirrígida

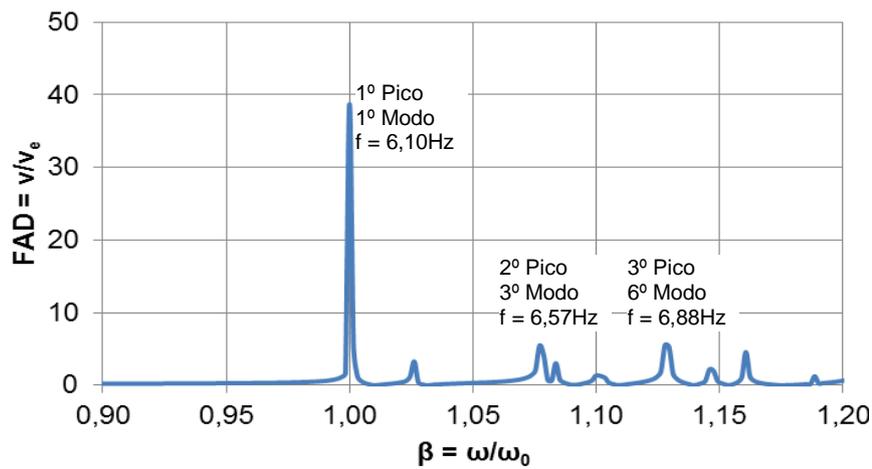


Figura 9.3 – Fatores de amplificação dinâmica em função de  $\beta$ . Interação parcial. Ligação viga-coluna semirrígida. Ligação viga-viga rígida

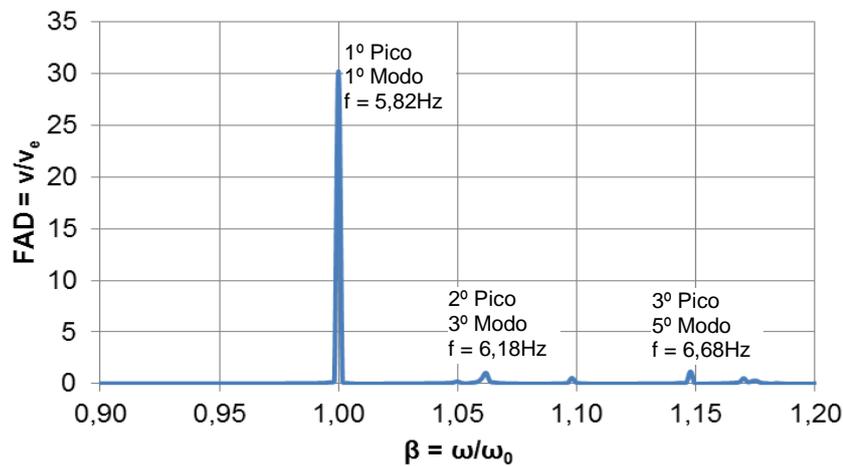


Figura 9.4 – Fatores de amplificação dinâmica em função de  $\beta$ . Interação total. Ligação viga-coluna semirrígida. Ligação viga-viga flexível

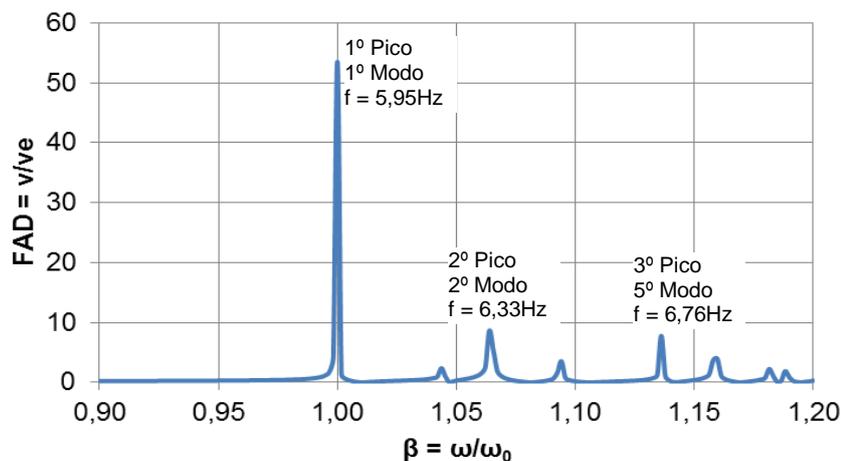


Figura 9.5 – Fatores de amplificação dinâmica em função de  $\beta$ . Interação total. Ligação viga-coluna semirrígida. Ligação viga-viga semirrígida

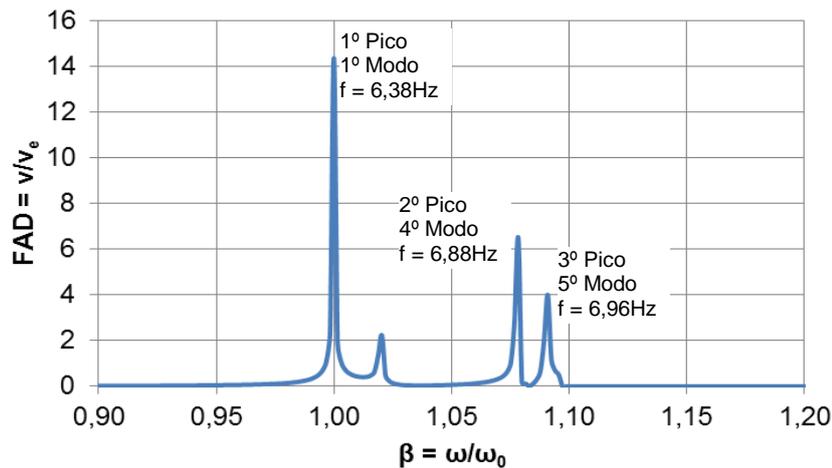


Figura 9.6 – Fatores de amplificação dinâmica em função de  $\beta$ . Interação total. Ligação viga-coluna semirrígida. Ligação viga-viga rígida

Observando os gráficos das Figuras 9.1 a 9.6, verifica-se que, de uma forma geral, em todos os modelos do piso analisado, a amplificação máxima, ocorre quando a frequência de excitação  $\omega$ , se iguala a frequência fundamental da estrutura  $\omega_0$ , isto é quando  $\beta = 1$ , fato que caracteriza o fenômeno físico da ressonância.

É importante ressaltar que na frequência de ressonância, as deflexões da estrutura ficam muito grandes e, portanto intoleráveis. As Figuras 9.1 a 9.6 mostram ainda que em todos os espectros de resposta dos modelos de pisos analisados apareceram picos menores depois do FAD atingir o valor máximo, evidenciando que estas estruturas são dominadas pela primeira frequência natural.

Outro ponto importante, visualizado através das Figuras 9.1 a 9.6 é que a maior transmissão de energia na resposta do sistema de todos os modelos se dá no primeiro modo, isto é, o primeiro modo de vibração é o mais significativo para a transmissão de energia do sistema. Na maioria dos casos, o segundo pico, mais importante da resposta do sistema está associado ao segundo e terceiro modos de vibração, respectivamente. Os outros picos se referem aos modos mais elevados, que participam de forma menos significativa na resposta dinâmica dos modelos.

Ressalta-se que para as outras variações do Modelo estrutural II, mudam a frequência da atividade, mas a configuração do espectro é semelhante aos apresentados nas Figuras 9.1 a 9.6.

No capítulo 10, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das análises de vibração forçada.