



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
– FATECS
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

LEONARDO DA ROCHA MORAIS

ANÁLISE ESTRUTURAL DE PASSARELA DE PEDRESTE ATRAVÉS
DA FERRAMENTA SAP 2000

BRASÍLIA-DF
2016



LEONARDO DA ROCHA MORAIS

**ANÁLISE ESTRUTURAL DE PASSARELA DE PEDRESTE ATRAVÉS
DA FERRAMENTA SAP 2000**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica
apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e
Pesquisa pela Faculdade de Tecnologia e
Ciências Sociais Aplicadas – FATECS

Orientação: Henrique P. Faria

**BRASÍLIA-DF
2016**

ANÁLISE ESTRUTURAL DE PASSARELA DE PEDRESTE ATRAVÉS DA FERRAMENTA SAP 2000

Leonardo da Rocha Morais – UniCEUB, PIC Voluntário
moraisrleo@gmail.com

Henrique de Paula Faria – UniCEUB, Professor Orientador
henrique.faria@uniceub.br

Neste trabalho avalia-se numericamente uma passarela de pedestres existente em Brasília, por meio do software SAP 2000. Inicialmente, são apresentados as características gerais da estrutura e das ações consideradas, seguindo as recomendações das normas brasileiras atuais. Na continuação, são exibidas, em detalhes, as modelagens computacionais geradas pelo software. Por fim, é feito a análise dos resultados e as considerações finais.

Palavras – chave: Passarela; Vibração; SAP 2000.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Descrição do Programa SAP 2000	1
3	Modelo da Passarela	2
4	Modelagem Computacional	4
5	Análise Dinâmica do Comportamento na Passarela	5
6	Análise dos Resultados	8
7	Conclusão	8
8	Referências	9

FIGURAS

Figura 1 - Planta de situação da passarela	2
Figura 2 - Vista longitudinal da treliça A - A	3
Figura 3 - Vista transversal B - B	3
Figura 4 - Modelo gerado no programa SAP 2000.....	4
Figura 5 - Características geométricas do modelo gerado no SAP 2000	4
Figura 6 - Primeiro modo de vibração: Deslocamentos de torção em todos os lados da estrutura	5
Figura 7 - Segundo modo de vibração: Deslocamentos longitudinais na rampa direção do eixo x e de torção na passarela	6
Figura 8 - Terceiro modo de vibração: Deslocamentos de torção na passarela ..	5
Figura 9 - Quarto modo de vibração: Deslocamentos de torção na passarela....	7
Figura 10 - Quinto modo de vibração: Deslocamentos de torção na passarela com grandes deslocamentos nos apoios das extremidades.	7

TABELAS

Tabela 1 - Frequências Naturais	5
Tabela 2 - Frequências Críticas.....	8

1 INTRODUÇÃO

A construção de passarelas vem se tornando cada vez mais presente em função do alto custo dos terrenos remanescentes nas grandes cidades. A requalificação dos espaços urbanos através de ligações entre margens das cidades tem como objetivo principal integrar bairros e recuperar áreas sem vitalidade, de forma a povoar novos espaços valorizando o espaço público e as áreas próximas à intervenção, bem como oferecendo acesso, segurança e lazer na travessia dos pedestres, Hazan (2007).

As passarelas vem sendo construídas a partir de sistemas estruturais cada vez mais arrojados com emprego de novos materiais e novas tecnologias, dando origem a sistemas cada vez mais esbeltos e aumentando assim os problemas relacionados à vibração. Os estados limites de utilização quanto aos esforços e vibrações excessivas têm sido constantemente excedidos por parte de projetistas de estruturas assim como os critérios relacionados ao conforto humano.

As passarelas geralmente são projetadas para resistir à ações de cargas estáticas sem considerar características peculiares como a de pessoas em movimento, levando em algumas situações problemas devido a este tipo de carregamento dinâmico. Para a avaliação do comportamento estrutural de passarelas é necessário que vários fatores sejam observados como aspectos geométricos, ações, esforços solicitantes e deslocamentos da estrutura.

As passarelas mistas de aço e concreto são comuns no Brasil e são usualmente concebidas pela associação de elementos estruturais metálicos, que tem a função de resistir às cargas aplicadas, e elementos não metálicos que têm a função de fechamento como piso de cobertura. A representação de um modelo estrutural através de softwares de elementos finitos busca trazer de forma precisa e confiável o comportamento final da estrutura representada.

2 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA SAP 2000

A sigla S.A.P. é a abreviação de Structural Analysis Program e pertence a família de softwares para estruturas mais usada no mundo para Análise Estrutural, por meio dele pode-se analisar e projetar uma estrutura desejada utilizando uma interface gráfica de fácil aplicação.

O programa utiliza para seus cálculos o processo de subdivisão da estrutura por elementos finitos, ou seja, ele discretiza a estrutura em pequenas regiões (pontos) onde se efetuam os cálculos. A precisão dos resultados varia de acordo com o número de elementos finitos que a estrutura é discretizada, ou seja, quanto maior o número de discretizações, maior será o resultado, sendo que o programa possibilita essa manipulação.

3 MODELO DA PASSARELA

A passarela é de placas pré-moldadas de piso e cobertura de 8 cm em concreto armado. A estrutura é composta por perfis metálicos em chapa dobrada do tipo duplo U enrijecido do tipo 2Ue50x100x17#4,75mm, 2Ue50x160x20#3,00mm e 2Ue50x160x20#4,75mm e pilares em concreto armado com seção de 30x80cm.

O carregamento considerado foi:

G1 = peso próprio dos elementos estruturais

G2 = sobrecarga permanente na laje de cobertura 1kN/m²

CM = carga móvel de 5kN/m²

Todo o estudo referente ao material concreto armado seguiu as prescrições da norma brasileira NBR 6118/2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento) e para o material aço a NBR 8800/2008 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008).

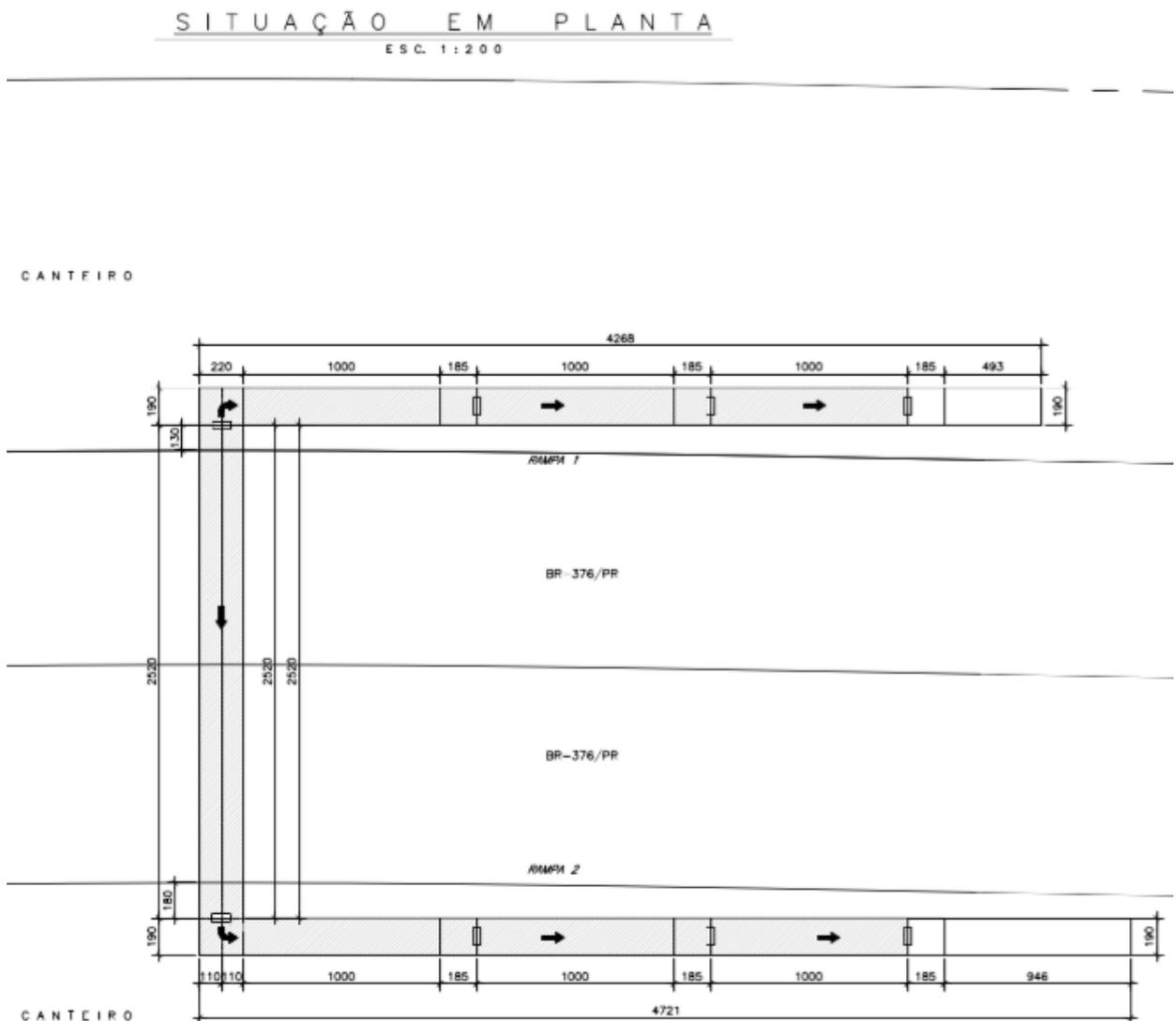


Figura 1 – Planta de situação da passarela

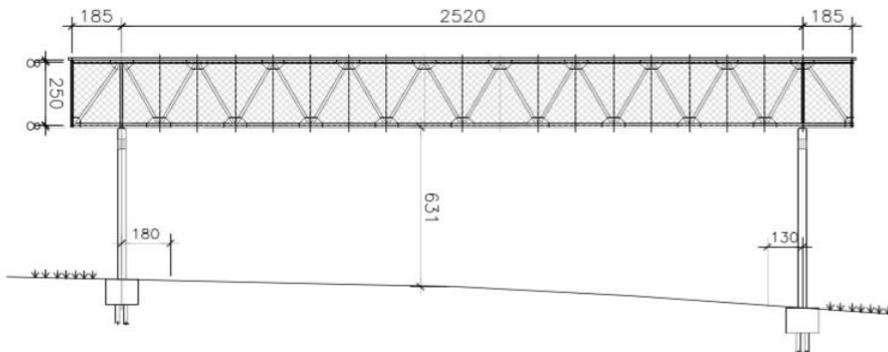


Figura 2 - Vista longitudinal da treliça A – A

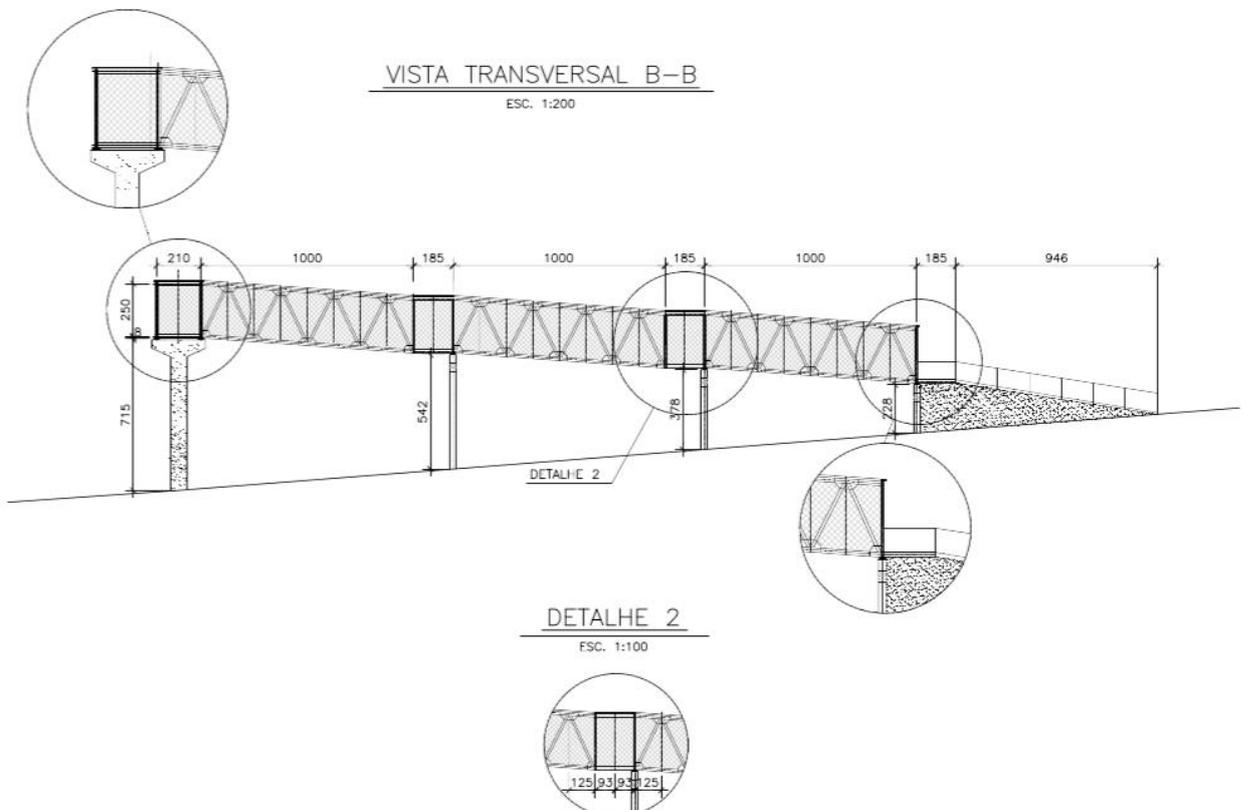


Figura 3 - Vista transversal B-B

4 MODELAGEM COMPUTACIONAL

As análises dinâmicas foram realizadas com base num modelo numérico de elementos finitos, tridimensional, desenvolvido no *software* SAP 2000 V.15. O modelo dinâmico da ponte foi baseado em parâmetros modais, de frequência de vibração e configurações modais, obtidos por meio da análise modal no SAP. As condições verificadas foram: modos de vibração para flexão vertical e torção e frequências naturais dos elementos.

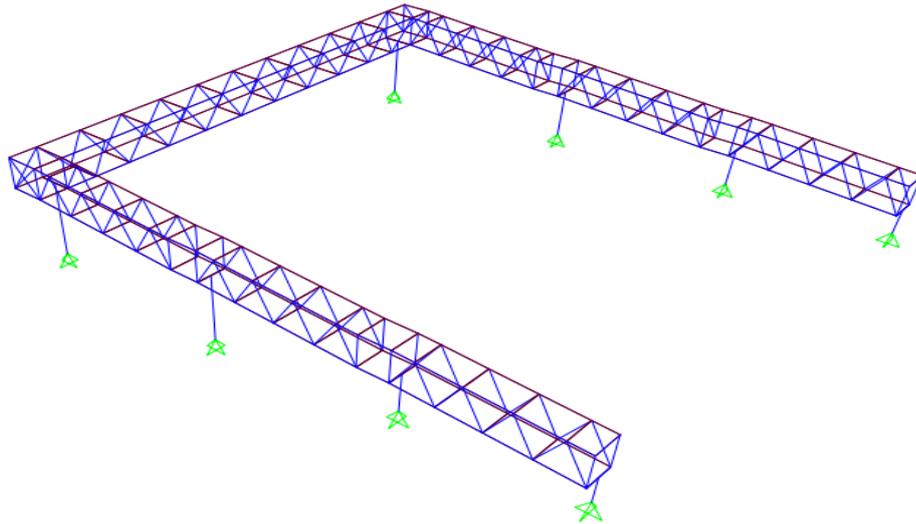


Figura 4 - Modelo gerado no programa SAP 2000

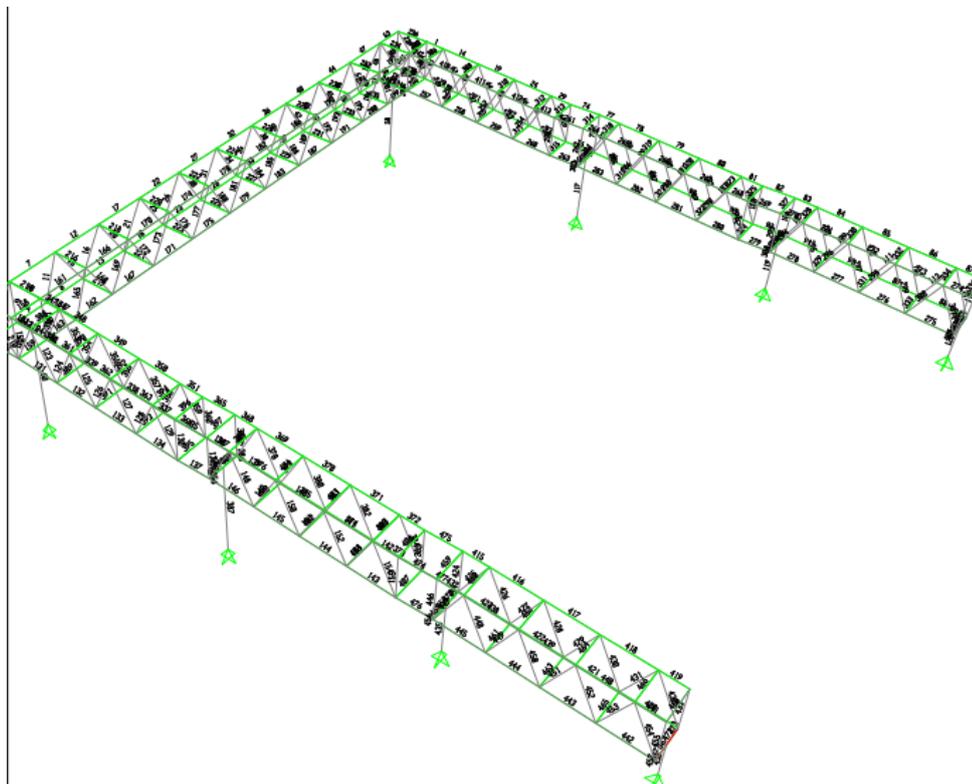


Figura 5 – Numeração das barras do modelo gerado no SAP 2000

O modelo 3D aqui desenvolvido representa melhor o comportamento da estrutura ao simular o funcionamento de todos os elementos das barras, laje e cobertura, levando em conta a união existente entre os elementos estruturais.

5 ANÁLISE DINÂMICA DO CARREGAMENTO NA PASSARELA

Com a análise modal, os seis primeiros modos de vibração obtidos foram os seguintes:

MODO	Frequências (Hz)
1	5,1132E-01
2	1,1397E+00
3	1,2342E+00
4	1,2751E+00
5	1,9879E+00
6	2,2350E+00

Tabela 1 - Frequências Naturais

Considerando o previsto na NBR 6118 no que se refere à vibrações de estruturas, que referencia que frequência natural mínima deve estar entre 1,6 a 4,5 para passarelas de pedestres ou ciclistas, observa-se que a estrutura não atende aos requisitos da norma.

Abaixo as figuras mostram as deformação geradas pelos respectivos modos de vibração:

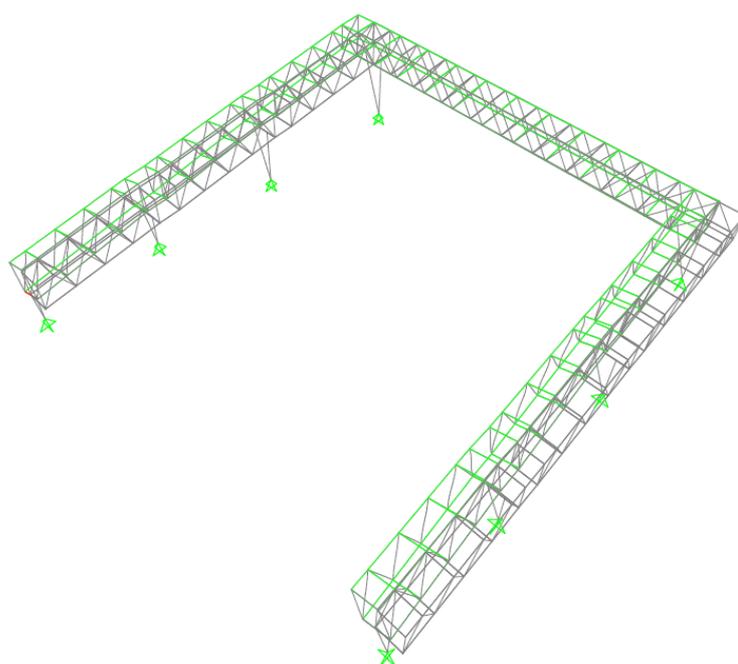


Figura 6 - Primeiro modo de vibração: Deslocamentos de torção em todos os lados da estrutura

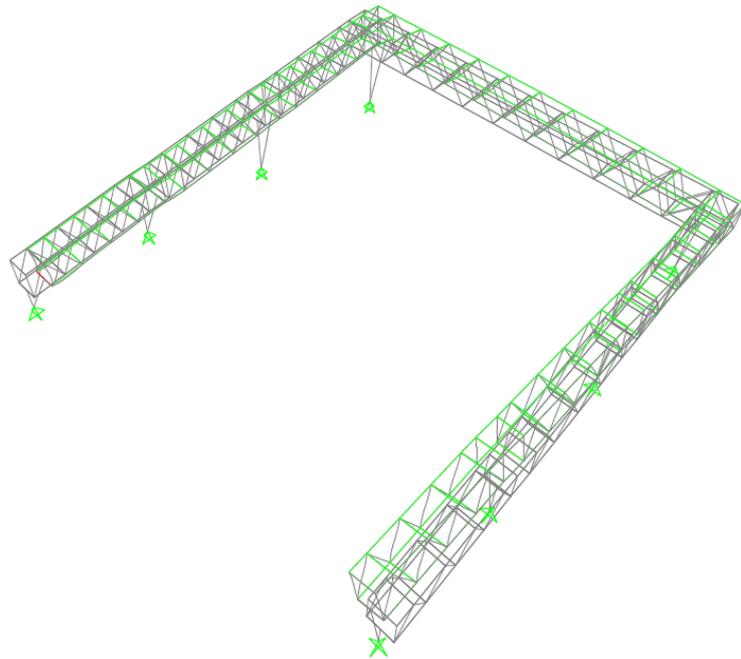


Figura 7 - Segundo modo de vibração: Deslocamentos longitudinais na rampa direção do eixo x e de torção na passarela

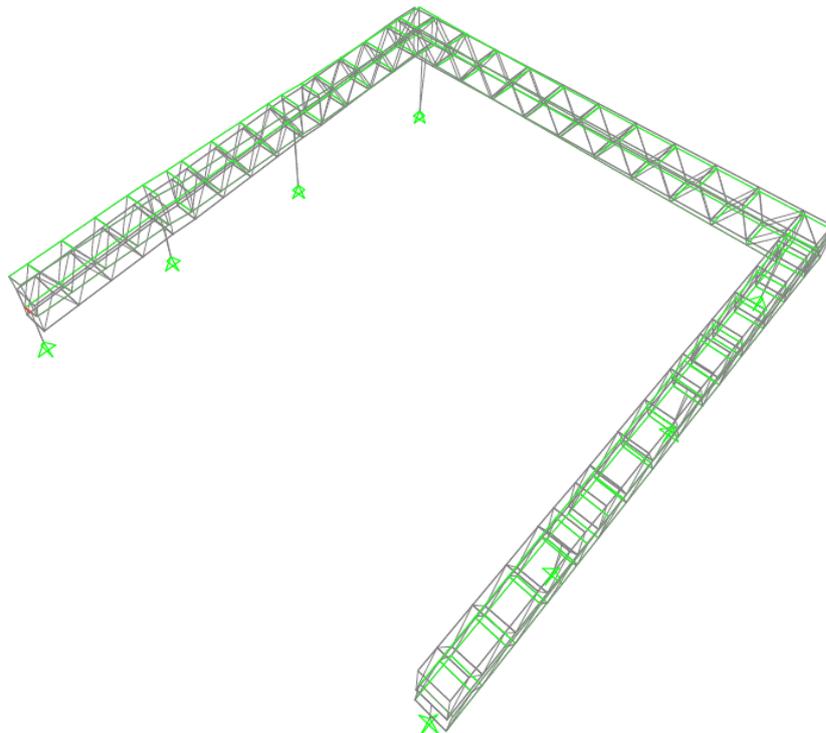


Figura 7 - Terceiro modo de vibração: Deslocamentos de torção na passarela

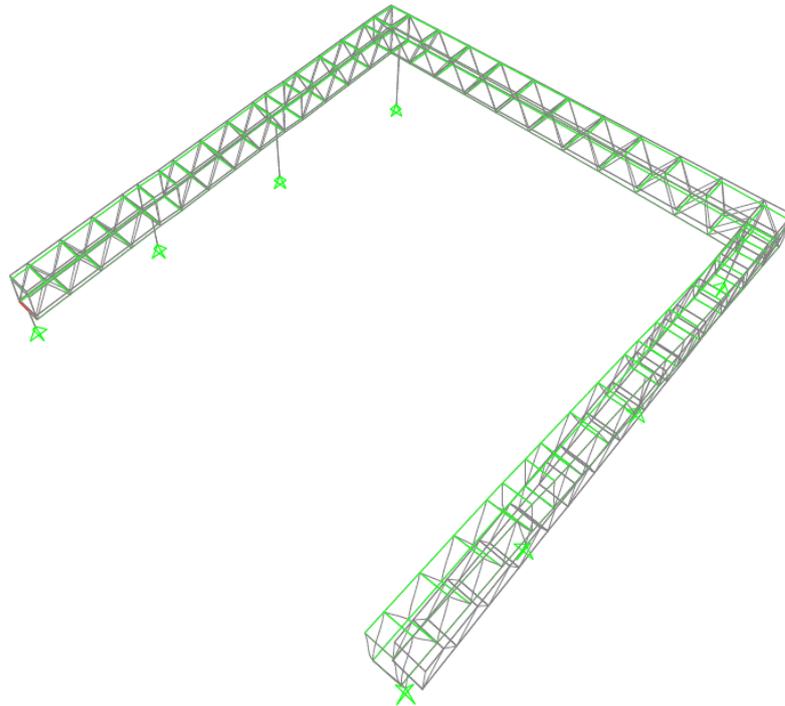


Figura 8 - Quarto modo de vibração: Deslocamentos de torção na passarela

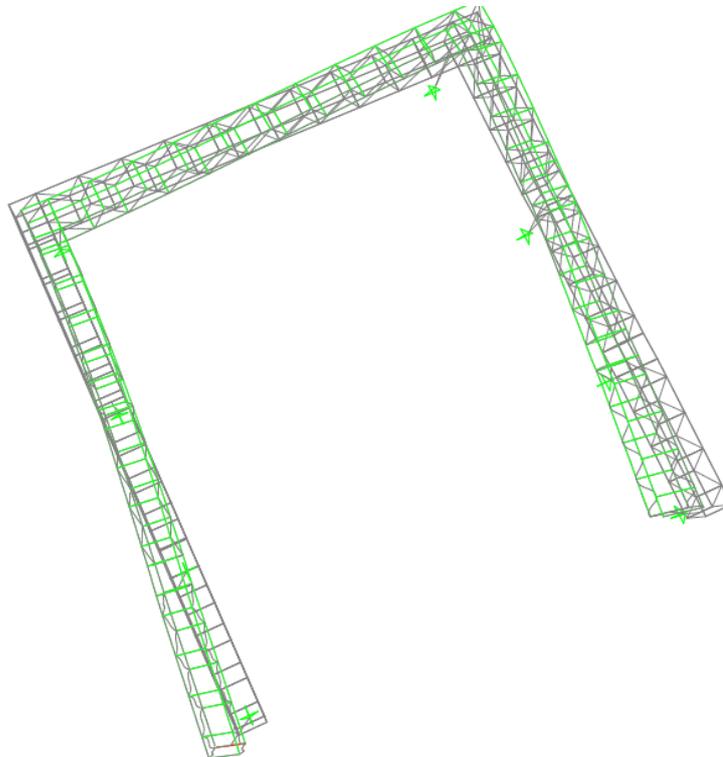


Figura 9 - Quinto modo de vibração: Deslocamentos de torção na passarela com grandes deslocamentos nos apoios das extremidades

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O comportamento das estruturas sujeita às ações dinâmicas cíclicas que originam vibrações pode ser modificado por meio de alterações de alguns fatores, tais como: ações dinâmicas, frequência natural (pela mudança da rigidez da estrutura ou da massa em vibração) e o aumento das taxas de amortecimento estrutural. Na falta de valores determinados experimentalmente, tomou-se como referência os valores indicados na Tabela abaixo para as frequências críticas. Esta tabela foi retirada da norma de concreto armado NBR-6118, tabela 23.3 – Frequência crítica para alguns casos especiais de estruturas submetidas a vibrações pela ação de pessoas.

Caso	f_{critica} (Hz)
Ginásio de esportes	8,0
Sala de dança ou de concertos sem cadeiras fixas	7,0
Escritórios	3,0 a 4,0
Salas de concerto com cadeiras fixas	3,4
Passarelas de pedestres ou ciclistas	1,6 a 4,5

Tabela 2 - Frequências críticas

A norma mostra que em casos especiais é comum aumentar a massa ou o amortecimento da estrutura para absorver parte da energia envolvida. E onde as suas prescrições não puderem ser atendidas, uma análise dinâmica mais acurada deve ser realizada, conforme estabelecida em recomendações internacionais, enquanto não existir Norma Brasileira específica, que tratem do assunto.

Observando o modelo gerado e analisando os modos e frequência da estrutura tem-se valores fora da faixa indicados na tabela, logo não atendem aos requisitos da norma NBR 6118 no que se refere às faixas de variação das frequências entre 1,6 a 4,5.

No caso da NBR-8800, no seu anexo L, item 1.2, esta especifica apenas a frequência do piso da estrutura: “Em nenhum caso a frequência natural da estrutura do piso pode ser inferior a 3 Hz”.

Porém observa-se que houve um aumento das frequências e uma perda de estabilidade da mesma pela aplicação de condições de contorno de apoio móveis. Os modos da estrutura apresentam grandes deslocamentos de torção, deslocamentos verticais e horizontais, apresentando um excesso de flexibilidade da mesma.

7 CONCLUSÕES

O modelo computacional através do software representou bem o comportamento da estrutura, pois mostrou o funcionamento conjunto de todas as partes da mesma, portanto em se tratando de verificação de projeto e/ou de estrutura existente, esta deverá ser revista, considerando outros tipos de vínculos.

Para as os deslocamentos da estrutura da passarela foi possível identificar grandes deslocamento de torção de toda a estrutura em todos os modos de vibração da estrutura, mostrando uma excessiva flexibilidade da mesma no que se refere a análise dinâmica de seu comportamento. Isso se deve ao fato da mesma ter sido lançada com apoios articulados, sendo feito a sugestão de elaborar modelagens com apoios rígidos para obtenção de resultados mais satisfatórios da estrutura real.

8 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 8681:2003 Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT NBR 7188:1984 Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT NBR 6123:1988 Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT NBR 7187:2003. Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

HAZAN, V., M., As passarelas Urbanas como novos Vazios Úteis na Paisagem Contemporânea, Seminário Estudos Urbanos Vazios Úteis, ISCTE Portugal Junho 2007.

COOK, R. D., Finite Element Modeling for Stress Analysis, John Willey & Sons, 1995.

PFEIL, WALTER. Pontes em concreto armado: elementos de projeto, solicitações, superestrutura. 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990. 225 p.

PFEIL, WALTER. Concreto protendido: processos construtivos e perdas de protensão. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983. 325 p.