



Desempenho Dinâmico dos Projetos-tipo de Passarelas Propostos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) à Luz da NBR 7188:2021.

André Colares Policarpo¹, Iviane Cunha e Santos², Graciela Nora Doz³

¹ Universidade de Brasília / Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil / andrecpolicarpo@gmail.com

² Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte / iviane.santos@dnit.gov.br

³ Universidade de Brasília / Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil / graciela@unb.br

Resumo

Fundamentado na urbanização das regiões próximas às rodovias federais, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) publicou, por meio do Instituto de Pesquisa em Transportes (IPR), o álbum de projeto-tipo de passarelas mistas. A publicação IPR-748, a qual apresenta os referidos projetos, tem como objetivo agilizar a contratação e a construção dessas estruturas, trazendo uma maior segurança e conforto aos usuários das rodovias. Na esfera estrutural, a plataforma de travessia projetada para a passarela estudada é formada por uma treliça espacial metálica do tipo Warren, cujo maior comprimento de extensão disponibilizado para o módulo é de 35,00 metros. No presente trabalho, essa estrutura é analisada a partir do ponto de vista dinâmico para estimativa das acelerações induzidas pela sua utilização por pedestres. Objetivando a obtenção do desempenho dinâmico dessa passarela, foi elaborado um modelo computacional que serve de base para definição de algumas características dinâmicas principais da estrutura. Posteriormente, aplicou-se a metodologia prescrita na NBR 7187:2021 para estimativa das acelerações máximas verticais e horizontais da passarela estudada. O trabalho em tela qualifica o desempenho dinâmico dessas estruturas, de modo a certificar o atendimento ao Anexo C da referida NBR e a inexistência de problemas de vibração excessiva e demais desconfortos aos usuários.

Palavras-chave

Passarela de Pedestres; Vibrações; Comportamento dinâmico; Análise numérica.

1. Introdução

Parte integrante do sistema viário das grandes cidades, as rodovias federais têm se apresentado cada vez mais próximas dos centros urbanizados. Os trechos urbanos são pontos críticos, nos quais é possível observar a existência do conflito entre veículos e pedestres. Cada vez mais, os elementos de travessia em desnível, tais como, passarelas e passagens subterrâneas, vem ganhando importância na mitigação do problema apontado.

Em comparação à implementação das passagens subterrâneas, destacam-se como vantagens para construção de passarelas os maiores níveis de higiene e segurança oferecidos aos usuários, não interferência com equipamentos subterrâneos ou com a estrutura do pavimento e custo inferior de implementação. (DNIT, 2020)

Tadeu (2022) explica, ainda, que as passarelas podem ser construídas de diferentes formas e materiais. Além de transpor as rodovias, algumas dessas estruturas podem se tornar pontos turísticos devido a sua extensão, altura, localização e concepção estrutural, promovendo aos pedestres uma grande experiência ao atravessá-la.

Recentemente, as tendências estruturais apontam para a construção de passarelas de menor peso próprio com elementos mais esbeltos, segundo apresentado por Acito (2021). No dimensionamento desse tipo de construção devem ser observados os riscos de ressonância e vibrações excessivas.

De acordo com Gonilha (2013), as passarelas são geralmente projetadas com base no limite último de serviço. Os problemas relacionados aos limites de conforto crescem a medida em que as estruturas se tornam mais esbeltas.

Acito (2021) pondera, ainda, que a vibração excessiva pode levar a problemas no conforto do usuário devido aos deslocamentos verticais e horizontais realizados pela estrutura, podendo gerar torção na superestrutura da passarela. Face ao exposto, os projetos modernos devem buscar critérios e limites aceitáveis de vibração, considerando da maneira mais precisa a interação dos pedestres com a estrutura. O mesmo autor destaca que o guia francês Sétra (2006) é o regulamento mais completo tecnicamente para elaboração de projetos de passarelas sob carregamento de pedestres. O referido guia define uma metodologia de classificação das passarelas quanto ao tráfego esperado e o nível de conforto requerido.

De maneira mais recente, a Norma Brasileira ABNT NBR 7187:2021 – Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto – passou a ostentar o Anexo C, o qual trata da análise dinâmica de passarelas. O normativo citado apresenta uma metodologia para estimativa das acelerações máximas da estrutura e define limites de aceleração aceitáveis para essas passarelas, de modo a não provocar desconforto àqueles que às utilizam.

Considerando a importância dessas estruturas, o Instituto de Pesquisa em Transportes (IPR/DNIT) publicou em dezembro de 2020 o álbum de projetos-tipo de passarela para pedestres – 2ª edição. O referido álbum conta com uma análise simplificada das frequências naturais da estrutura projetada. As frequências obtidas foram comparadas com a recomendação de um normativo internacional, devido a inexistência de norma nacional que orientasse sobre a temática.

Contudo, identificou-se que a última atualização realizada na norma brasileira de projetos de passarelas, a saber, NBR 7187:2021, não havia sido publicado à época da elaboração dos projetos.

Nesse cenário, o presente artigo tem por objetivo, avaliar o desempenho dinâmico da passarela padrão proposta pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) considerando a metodologia de estimativa de aceleração preconizados pelo anexo C da NBR 7187:2021 e os níveis de conforto definidos pelo mesmo normativo.

2. Álbum de projetos-tipo de passarela para pedestres

De acordo com o Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais (DNER, 1996), as passarelas são classificadas como Obras de Arte Especiais (OAEs) destinadas à separação do tráfego de pedestres e veículos. Destaca-se, ainda, que o DNIT possui sob seus cuidados um patrimônio composto por diferentes passarelas construídas ao longo de décadas.

Devido à escassez de diretrizes ou instruções publicadas à época, essas estruturas apresentam diferentes métodos construtivos e são confeccionadas dos mais diferentes materiais, dificultando, por vezes, os serviços de manutenção e a garantia de durabilidade dessas construções.

Nesse contexto, o Instituto de Pesquisa em Transportes (IPR) objetivou complementar as referências existentes sobre projeto e construção de passarelas por meio da publicação 748 – Álbum de Projetos-Tipo de Passarela de Pedestres. O mesmo departamento buscou, ainda, padronizar um modelo de estrutura a ser utilizada nas rodovias federais, de modo que facilitasse a contratação e construção desses elementos. Cabe aqui esclarecer que a utilização do referido álbum não é taxativa dentro do DNIT, mas, também, sua utilização não é limitada ao referido departamento podendo atingir outras esferas e órgãos do governo.

O álbum de projetos em tela é formado pela junção de dois principais componentes, a saber, acesso e superestrutura. Os acessos são compostos por escadas e rampas que permitem a entrada do pedestre na plataforma de travessia. Ainda, a superestrutura metálica constitui o tabuleiro da passarela, complementado pelos dispositivos de segurança, os quais oferecem aos usuários uma passagem segura para o outro lado da rodovia. Apresenta-se um modelo tipo da estrutura na figura a seguir.

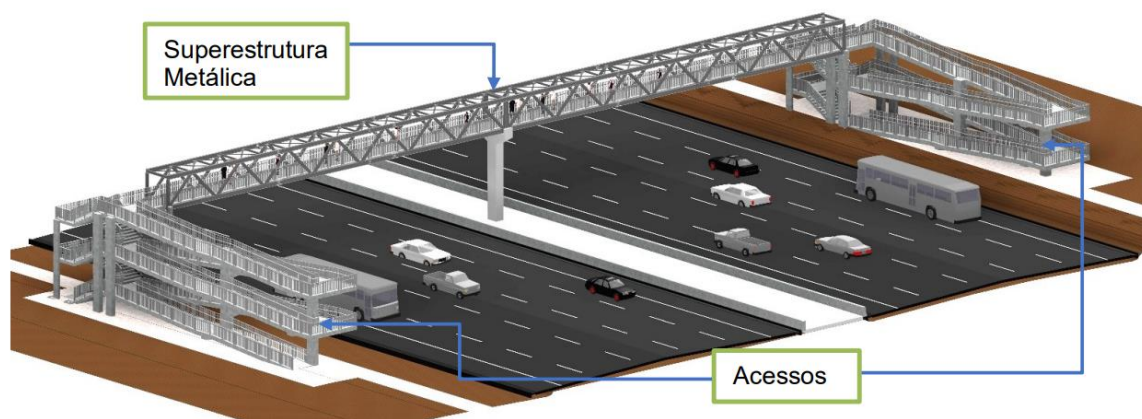


Figura 1 - Concepção padrão dos projetos-tipo de passarela de pedestre (DNIT, 2020).

Para construção dos acessos, são apresentadas 7 (sete) diferentes opções a depender da altura necessária para garantir o gabarito mínimo de tráfego dos veículos. As configurações de altura dos acessos são denominadas pelo sufixo numérico que indica a altura, em centímetros. De modo semelhante, a superestrutura metálica exibe 5 (cinco) diferentes opções, sendo elas diferenciadas pelo comprimento de travessia.

Os demais elementos de ligação desses componentes são padronizados de modo a permitir qualquer combinação de altura e comprimento, atendendo, assim, a qualquer tipo de rodovia, relevo e gabaritos vertical e horizontal (DNIT, 2020).

A plataforma de travessia projetada para a passarela estudada é formada por uma treliça espacial metálica do tipo Warren, cujo comprimento padrão do módulo em formato retangular é de 5,00 metros. A seção transversal possui largura de 2,50 metros e altura de 2,50 metros para comportar o fluxo de pedestres. A figura 3 apresenta um modelo da superestrutura proposta.

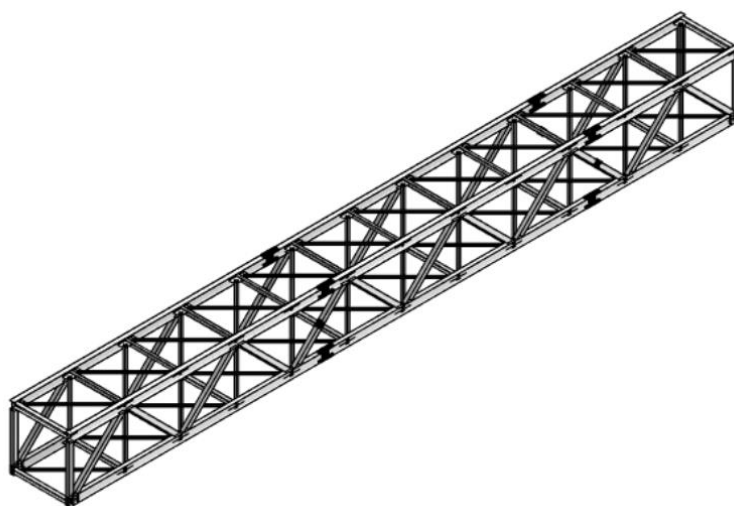


Figura 2 - Modelo de superestrutura metálica em treliça espacial tipo Warren (DNIT, 2020)

A laje que forma o tabuleiro da passarela é confeccionada por meio do sistema de stelldeck, na qual são postas formas metálicas posteriormente incorporadas na laje de concreto executado. Ainda, incluíse no tabuleiro a construção das guias de balizamento, conforme exigência do item 6.6.3 da NBR 9050 (2015). Por todo o perímetro de travessia é previsto a execução dos guarda-corpos metálicos, conforme exposto no álbum de projetos-tipo.

A superestrutura metálica padrão pode ser executada nas configurações de 15, 20, 25, 30 e 35 m, de acordo com a necessidade da rodovia a ser transposta. Para comprimentos superiores à 35,00 m, é possível combinar diferentes comprimentos de plataforma, por meio da construção de um pilar de apoio central, onde é possível construir passarelas de até 70,00 m.

Objetivando a facilidade para montagem dessas estruturas, optou-se pela utilização de treliças metálicas com comprimentos de até 12,00 m total, cujos perfis transversais, longitudinais e peças

acessórias são unidos por meio de soldas especificamente projetadas. A opção pela utilização de perfis soldados se justifica pela praticidade desse modelo, uma vez que os módulos metálicos podem ser executados em indústria própria, de modo a garantir um maior controle de qualidade.

Outrossim, para cada configuração de comprimento deverá existir pelo menos 1 emenda entre módulos, a qual será feito por meio da conexão parafusada apresentada no projeto. Esse tipo de conexão se mostra mais eficiente para montagem da superestrutura em campo, a qual deverá ser preparada, parafusada e, posteriormente, içada até sua posição final. A figura 3 apresenta as configurações de superestrutura apresentadas pelo álbum.

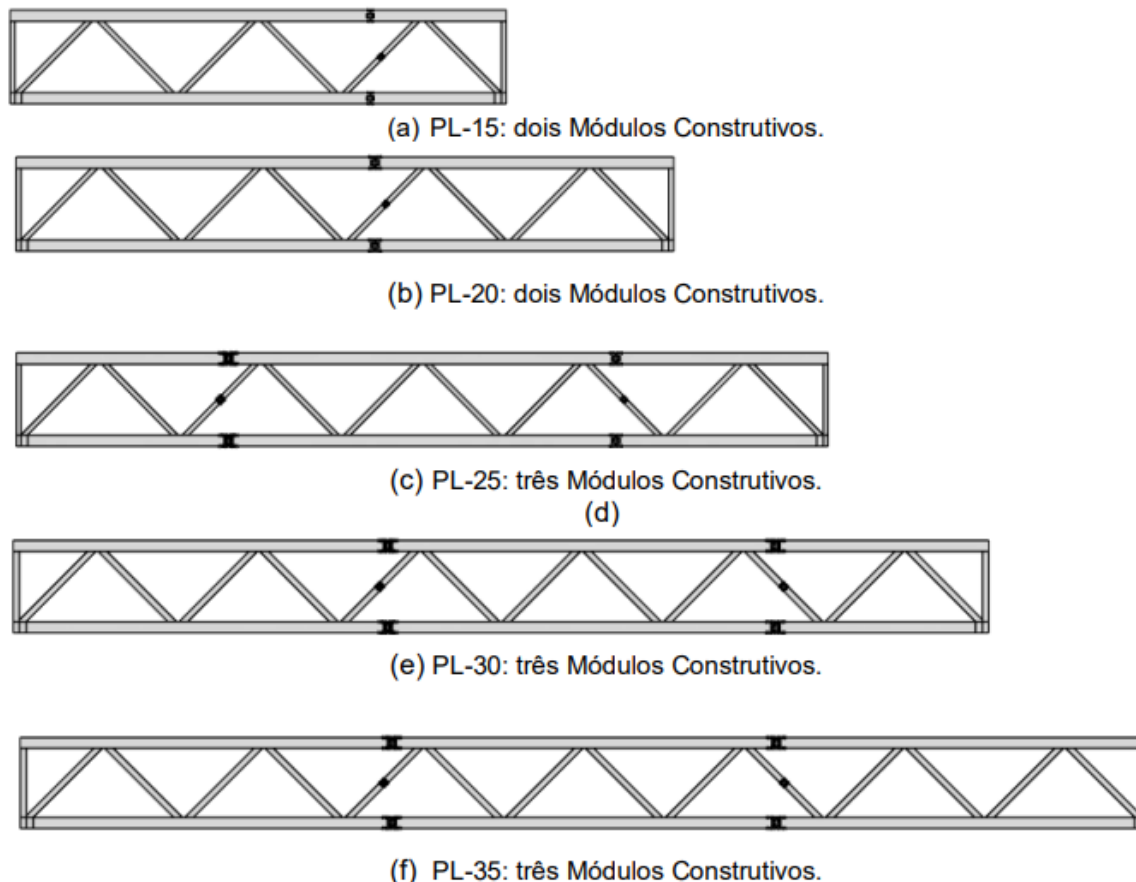


Figura 3 - Configurações projetadas para superestrutura metálica (DNIT, 2020)

3. Normativos relacionados

No âmbito nacional, a NBR 7187 (2021) trouxe em sua última atualização o anexo C, o qual trata da análise dinâmica de passarelas. O referido normativo traz critérios para calcular e verificar a aceleração vertical e horizontal da estrutura, definindo ainda, limites para classificação do nível de conforto do usuário.

O normativo em tela rege que a resposta da estrutura deve ser observada com base no caminhar dos pedestres sobre a plataforma. Para isso, adota-se o peso médio de cada pedestre sendo 75 kg e o fator de forças induzidas lateralmente em média de 0,0378, sendo o desvio padrão desses valores 13 kg e 0,0144, respectivamente, e a densidade de pedestres por m² da estrutura. Considerando o exposto, a aceleração máxima, em m/s², pode ser estimada pelas equações 1, 2 e 3.

$$a_{m\acute{a}x} = k_{a,95\%} \cdot \frac{d \cdot L \cdot b}{M_i} \cdot \sqrt{C \cdot k_f^2 \cdot k_1 \cdot \xi^{k_2}} \quad \text{Eq. 01}$$

$$k_1 = a_1 \cdot f_1^2 + a_2 \cdot f_1 + a_3 \quad \text{Eq. 02}$$

$$k_2 = b_1 \cdot f_1^2 + b_2 \cdot f_1 + b_3 \quad \text{Eq. 03}$$

Fazem parte da equação 1 os parâmetros característicos da estrutura e do carregamento, como por exemplo, o parâmetro de amortecimento (ξ), a frequência própria da estrutura (f_1), a massa modal

(M_i) e a massa de pessoas na passarela (d.L.b). As demais incógnitas da equação (C , K_f , $K_{a,95\%}$, k_1 e k_2) são obtidas por meio das tabelas 1 e 2 reproduzidas abaixo.

Tabela 1 - Constantes para o cálculo das acelerações verticais (NBR 7187, 2021)

d (P/m ²)	K_f (kN)	C	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	$K_{a,95\%}$
<0,5	$1,20 \cdot 10^{-2}$	2,95	-0,070	0,600	0,075	0,003	-0,040	-1,000	3,92
1,0	$7,00 \cdot 10^{-3}$	3,70	-0,070	0,560	0,084	0,004	-0,045	-1,000	3,80
1,5	$3,34 \cdot 10^{-3}$	5,10	-0,080	0,500	0,085	0,005	-0,060	-1,005	3,74

Tabela 2 - Constantes para o cálculo das acelerações horizontais (NBR 7187, 2021)

d (P/m ²)	K_f (kN)	C	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	$K_{a,95\%}$
<0,5		6,80	-0,080	0,500	0,085	0,005	-0,060	-1,005	3,77
1,0	$2,85 \cdot 10^{-4}$	7,90	-0,080	0,440	0,096	0,007	-0,071	-1,000	3,73
1,5		12,60	-0,070	0,310	0,120	0,009	-0,094	-1,020	3,63

Ainda, a NBR 7187:2021 propõe limites de aceleração vinculados à níveis de conforto do usuário. O nível de conforto que se espera deve ser definido pelo projetista e guarda relação com o tipo de passarela projetada. A referida norma traz os seguintes níveis de conforto:

- Conforto Máximo: Aceleração imperceptível;
- Conforto Médio: Aceleração pouco perceptível;
- Conforto Mínimo: Aceleração perceptível, porém tolerável
- Conforto inaceitável: Aceleração perceptíveis e não toleráveis

Para os níveis de conforto relatados acima, a norma estipula as faixas de aceleração aceitáveis a seguir:

Tabela 3 – Faixa de acelerações-limite verticais (NBR 7187, 2021)

Nível de conforto	Máxima aceleração (m/s ²)
Máximo	<0,50
Médio	0,50 a 1,00
Mínimo	1,00 a 2,50
Inaceitável	>2,50

Tabela 4 - Faixa de acelerações-limite horizontais (NBR 7187, 2021)

Nível de conforto	Máxima aceleração (m/s ²)
Máximo	<0,10
Médio	0,10 a 0,30
Mínimo	0,30 a 0,80
Inaceitável	>0,80

4. Análise Modal

O álbum de projetos-tipo publicado pelo IPR trouxe uma análise dinâmica simplificada da estrutura, uma vez que à época da publicação não existia normativo nacional que definisse limites de conforto a ser avaliado. De acordo com o apurado no memorial de cálculo, a análise dinâmica se restringiu ao tabuleiro da estrutura, o qual seria o elemento mais suscetível a vibrações excessivas de toda a passarela. Ainda, relatou-se que a referida análise foi realizada apenas na configuração de maior comprimento, a saber, 35,00 m, uma vez que essa seria o caso mais crítico de todos. A partir das premissas expostas, foram obtidas as duas primeiras frequências de vibração da passarela em tela, as quais estão apresentadas na tabela abaixo:

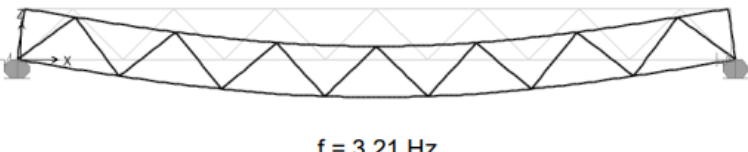
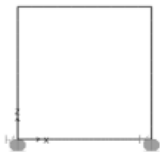
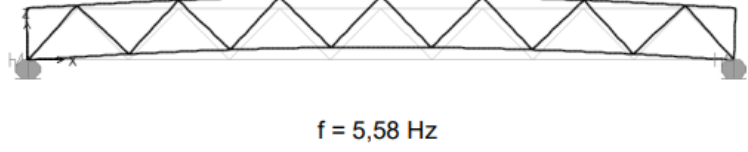

Tipo	Vista em Elevação	Seção Transversal
Flexão Vertical	 <p style="text-align: center;">$f = 3,21 \text{ Hz}$</p>	
Flexão Transversal	 <p style="text-align: center;">$f = 5,58 \text{ Hz}$</p>	

Figura 4 - Modos e frequências de vibração da passarela metálica (DNIT, 2020)

5. Aplicação da NBR 7187:2021

Para estimativa das acelerações máxima vertical e horizontal da estrutura com a utilização da NBR 7187:2021, faz-se necessário a definição dos parâmetros estruturais e das constantes tabeladas presentes na norma de referência.

5.1. Densidade de pessoas

Inicialmente, estipula-se a densidade de pessoas que trafegam na passarela com o objetivo de definir as variáveis a e b , as quais serão posteriormente utilizadas no cálculo das variáveis k_1 e k_2 . Cabe aqui lembrar que o projeto-tipo alvo desse artigo é proposto pelo DNIT e pode ser aplicado em diferentes regiões brasileiras com variadas configurações de rodovias. Assim, optou-se por definir a densidade de 1,0 pedestre por m^2 , de modo a simular as condições mais prováveis de uma passarela localizada em um trecho urbano da rodovia. Ainda, a NBR 7187:2021 relata que para o cálculo das acelerações é considerado que a massa média de cada pedestre é de 75 kg, com desvio padrão de 13 kg.

A partir da densidade definida, os parâmetros a e b são definidos pela tabela 1 e 2 desse artigo e apresentam os valores conforme definido na tabela a seguir:

Tabela 5 – Constantes a e b

Constante	Constantes para aceleração vertical	Constantes para aceleração horizontal
a_1	-0,07	-0,08
a_2	0,56	0,44
a_3	0,084	0,096
b_1	0,04	0,007
b_2	0,045	-0,071
b_3	-1,00	-1,00

Definido os valores acima detalhados e acrescido das frequências encontradas na análise modal, aplica-se a equação de cálculo dos fatores k_1 e k_2 , definidos pelas equações 02 e 03, respectivamente. Os valores resultantes são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 6 – Valores das constantes k

Variável	Valor para aceleração vertical	Valor para aceleração horizontal
k_1	-0,07	-0,08
k_2	0,56	0,44

5.2. Taxa de amortecimento

Segundo o Guia SETRA (2006), a taxa de amortecimento se relaciona com a amplitude dos movimentos vibratórios e dos detalhes construtivos que podem dissipar as energias cinéticas da vibração. Para o referido guia, os estudos indicam a utilizam de taxas de amortecimento incluídas na faixa de 0,1% a 2,0%, devendo evitar a definição de taxas superestimadas que distorceriam a resposta dinâmica da estrutura. Cabe aqui destacar que para correta aplicação da taxa de amortecimento da estrutura, faz-se necessário a realização de instrumentação da passarela para monitoramento do comportamento dinâmico da estrutura construída.

No presente estudo, estima-se que a taxa de amortecimento da passarela estudada é de 2,00% para aplicação da metodologia de estimativa de acelerações da NBR 7187:2021.

5.3. Massa Modal

Na definição da massa modal, buscou-se analisar informações do modelo numérico elaborado, com o objetivo de atender aos requisitos da norma. O normativo em tela define a massa modal conforme tabela abaixo.

Tabela 8 - Massas modais associadas aos modos de vibração (NBR 7187, 2021)

Nível de conforto	Massa Modal
$\Phi_1 = \text{sen}(x/L \cdot \pi)$	$\frac{1}{2} \cdot \mu \cdot L$
$\Phi_2 = \text{sen}(2 \cdot x/L \cdot \pi)$	$\frac{1}{2} \cdot \mu \cdot L$
$\Phi_3 = \text{sen}(3 \cdot x/L \cdot \pi)$	$\frac{1}{2} \cdot \mu \cdot L$

NOTA μ é a massa por metro linear, em quilogramas por metro.

Nesse contexto, inferimos que a massa modal a ser imputada na equação se refere a massa mobilizada no modo de vibração analisado. Destaca-se que cada modo de vibração é responsável pela mobilização de uma quantidade específica de massa, a depender da amplitude e forma de vibração. Com o auxílio do modelo numérico elaborado, foi possível estimar a massa total da estrutura em 39.335,00 kg e, por consequência, uma massa por metro linear de 1.123,86 kg/m. O valor de massa modal aplicados à equação da tabela 8 é de 19.667,50 kg para estimativa da aceleração vertical e horizontal.

5.4. Demais constantes

A partir da densidade de pessoas estipulada acima, define-se as variáveis tabeladas C, K_f , $K_{a,95\%}$. Na tabela 01 e 02 do presente artigo são apresentados os valores possíveis para as referidas variáveis. Cabe aqui destacar que, conforme exposto na referida norma, o parâmetro K_f possui como unidade o kN. Entretanto, estudando as demais unidades das variáveis utilizadas, observamos que para que o resultado da equação proposta seja dado em m/s^2 é necessário a aplicação do parâmetro K_f em $kg \cdot m/s^2$, o que equivale a unidade N. Dessa forma, observamos que os valores tabelados para a variável K_f foram convertidos de kN para N e aplicados na metodologia proposta pela NBR 7187:2021 para estimativa das acelerações máximas. Os valores utilizados são demonstrados nas tabelas 9 e 10 a seguir.

Tabela 9 - Constantes para o cálculo das acelerações verticais

d (P/m^2)	K_f (N)	C	$K_{a,95\%}$
0,5	12,0	2,95	3,92
1,0	7,00	3,70	3,80
1,5	3,34	5,10	3,74

Tabela 10 - Constantes para o cálculo das acelerações horizontais

d (P/m^2)	K_f (N)	C	$K_{a,95\%}$
0,5		6,80	3,77
1,0	0,285	7,90	3,73
1,5		12,60	3,63

5.5. Estimativa das acelerações

A equação 01 apresentada nesse estudo considera todos os parâmetros acima demonstrados e objetiva estimar a aceleração máxima vertical e horizontal da estrutura analisada. Destaca-se que a aceleração encontrada deve ser confrontada com as faixas de nível de conforto também definidos na NBR 7187:2021 para verificar se o projeto observa o conforto mínimo requerido pelos usuários. A partir da aplicação direta da equação com os dados acima relatados, encontra-se os valores de aceleração conforme descritos abaixo.

Tabela 11 – Acelerações verticais estimadas

Densidade (pessoa/m ²)	Aceleração Vertical (m/s ²)
0,5	1,74
1,0	2,12
1,5	1,65

Tabela 12 – Acelerações horizontais estimadas

Densidade (pessoa/m ²)	Aceleração Horizontal (m/s ²)
0,5	2,94
1,0	2,45
1,5	-

6. Conclusões

Inicialmente, rememoramos a importância da construção de passarelas em rodovias de grande movimentação de carros e pedestres, com o objetivo de garantir a segurança de todos os que ali trafegam. Outrossim, ressalta-se a necessidade da elaboração de projetos de passarela que obedçam aos normativos vigentes e atendam aos principais requisitos do estado limite de serviço, dos quais salientamos nesse trabalho os níveis de vibrações aceitáveis pelos pedestres.

Para correta estimativa do desempenho dinâmico da estrutura em análise no presente artigo, estimou-se as principais características estruturais da passarela proposta, a saber, frequências naturais com modo de vibração vertical e horizontal, taxa de amortecimento, massa modal e densidade de pessoas por m².

Nesse contexto, observando a importância do atendimento aos parâmetros de conforto do usuário em passarelas de pedestre, esse trabalho buscou aplicar a metodologia de análise dinâmica disponibilizada pela atualização da NBR 7187:2021 no projeto-tipo de passarela desenvolvido e publicado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) em 2020.

Cabe aqui destacar que a metodologia para estimativa das acelerações máximas trazida pela norma supramencionada foi proposta a partir da adaptação da fórmula de mesmo propósito apresentada no manual europeu de Projetos de passarela esbeltas com vibração induzidas pelos humanos (JRC, 2009). Conforme observações realizadas nesse trabalho, sugere-se que a metodologia seja revista para adequação dos parâmetros e fórmulas apresentadas, de modo que os resultados apresentados sejam coerentes a realidade nacional.

Por fim, como resultado, conclui-se que as acelerações verticais estimadas são compatíveis com a faixa de nível de conforto mínimo do usuário. Outrossim, as acelerações horizontais calculadas pertencem a faixa inaceitável de acelerações, segundo os intervalos apresentados na tabela 3 e 4 desse artigo. Desse modo, entende-se que são necessários maiores estudos das futuras passarelas construídas com a utilização do álbum de passarelas, para que caso seja identificado algum problema de vibração, este seja tratado em tempo hábil.

Referências

- ACITO, M. Design strategies of vibration mitigation systems for an existing suspended footbridge. *Engineering Structures*, Vol. 249, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRAILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187 - Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRAILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2015.
- COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. No. 209 – Vibration Problems in Structures - Practical Guidelines. 1991
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Publicação IPR 689 - Manual de projeto de obras-de-arte especiais, 1996.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. Publicação IPR 748 - Álbum de Projetos-Tipo de Passarelas de Pedestres. – 2. ed., 2020.
- GONILHA, J.A., CORREIA, J.R. e BRANCO, F.A. Dynamic response under pedestrian load of a GFRP-SFRSCC hybrid footbridge prototype: Experimental tests and numerical simulation. *Journal of Composite Structures*, 95:453-463, 2013.
- GONILHA, J.A., CORREIA, J.R. e BRANCO, F.A. Structural behaviour of a GFRP-concrete hybrid footbridge prototype: Experimental tests and numerical and analytical simulations. *Engineering Structures*, Vol. 60, pp 11-22, 2013.
- GONZAGA, I., PFEIL, M. e VARELA, W. Interação dinâmica pedestre - estrutura de passarela submetida ao tráfego de multidão. XII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 2020
- JOINT RESEARCH CENTER SCIENTIFIC AND TECHNICAL REPORTS. Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations. 2009
- SÉTRA, Footbridges. Assessment of Vibrational Behavior of Footbridges Under Pedestrian Loading – Practical Guidelines. Service etudes techniques des routes et autoroutes/AFGC. 2006.
- TADEU, A., ROMERO, A., BANDEIRA, F., PEDRO, F., DIAS, S., SERRA, M, BRETT, M. e GALVÍN, P. Theoretical and experimental analysis of the quasi-static and dynamic behaviour of the world's longest suspension footbridge in 2020. *Engineering Structures*. Vol 253, 2022