



**13<sup>a</sup>**

**SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

***ESTUDO COMPARATIVO DOS VALORES ADMISSÍVEIS  
ADOTADOS EM NORMAS TÉCNICAS DE DIVERSOS  
PAÍSES PARA AS VIBRAÇÕES INDUZIDAS POR  
VEÍCULOS METROVIÁRIOS EM PESSOAS***

***Coordenação de Via Permanente  
DE/GCI/CIV***

**São Paulo – SP**

**30 de Agosto de 2007**



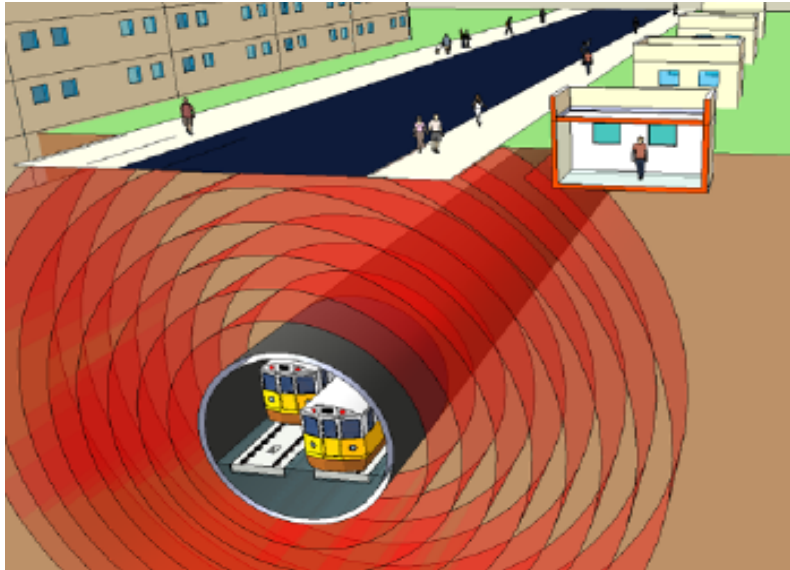
# APRESENTAÇÃO

- **Introdução:**
  - caracterização do fenômeno;
  - justificativas;
  - objetivo;
- **Normas avaliadas;**
- **Comparação das normas com resultados;**
- **Comentários finais.**

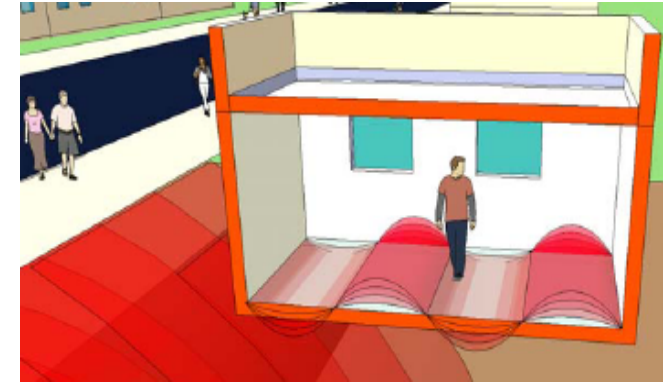
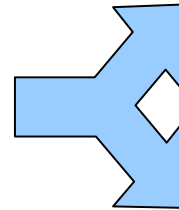


# INTRODUÇÃO

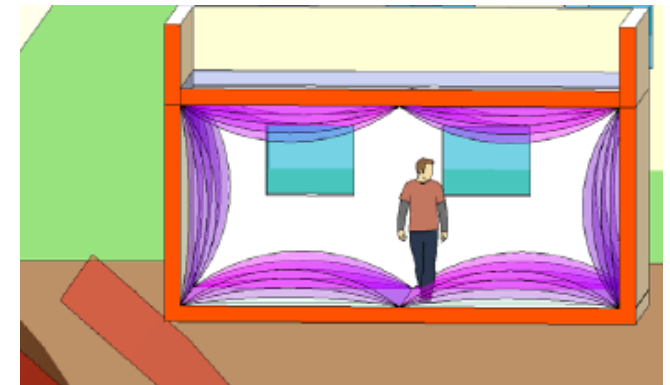
## Características do fenômeno



Passagem de trens  
Contato roda / trilho  
Propagação de vibrações



Vibrações remanescentes  
nos imóveis lindeiros



Ruídos secundários

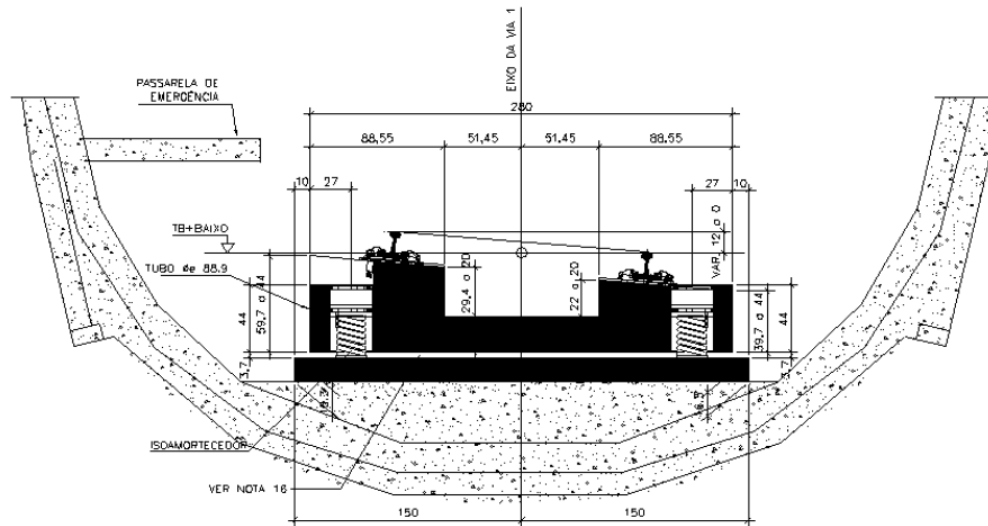
**COLAPSO DA EDIFICAÇÃO?**

**EXISTE ALTERNATIVA?**

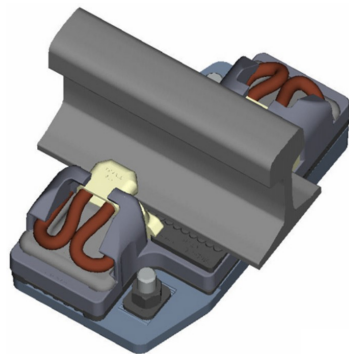


# INTRODUÇÃO

## Sistemas amortecedores na superestrutura



**Sistema massa-mola**  
**Massa – laje**  
**Mola de aço ou**  
**elastomérica**



**Placas resilientes**

**ELIMINAÇÃO DAS VIBRAÇÕES? NÃO**



# INTRODUÇÃO

- Premissa para dimensionamento:
    - Níveis de vibrações remanescentes nas edificações lindeiras < **valores admissíveis de conforto;**
- QUAIS SÃO ESTES VALORES?**
- Inexistência de norma brasileira que trata do assunto;
  - 1994 - Critério proposto pela Wilson, Ihring & Associates Inc. (WIA) – utilizado no transporte metroferroviário nos EUA.



# INTRODUÇÃO

- Avaliação possíveis divergências do critério adotado pelo METRÔ, em relação as outras renomadas normas técnicas estrangeiras:
- U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION – 1998
- NORMA ISO 2631-2



# NORMAS AVALIADAS

## Wilson, Ihring & Associates Inc. (WIA)

- Avalia somente vibrações na direção vertical;
- Adoção de limites utilizando o Nível Global de Vibrações em dBv;
- Limites variam conforme o uso da edificação, existência de área de pernoite, edificações especiais etc.



# NORMAS AVALIADAS

## Wilson, Ihring & Associates Inc. (WIA)

CRITÉRIOS PARA VIBRAÇÕES MÁXIMAS PROVOCADAS PELA OPERAÇÃO DE TREM			
A - RESIDÊNCIAS E EDIFÍCIOS EM ÁREAS DE PERNOITE			
Categoria da Área da Comunidade	Níveis Máximos de Vibração Transmitida por via sólida (dB re: $25,4 \times 10^{-6}$ mm/s) (2)		
	Moradia Unifamiliar	Edifício Multifamiliar	Hotel
I Residencial de baixa densidade	70	70	70
II Residencial de média densidade	70	70	75
III Residencial de alta densidade	70	75	75
IV Comercial	70	75	75
V Industrial/Rodovia	75	75	75





# NORMAS AVALIADAS

## Wilson, Ihring & Associates Inc. (WIA)

B - EDIFICAÇÕES COM <u>FUNÇÕES ESPECIAIS</u>	
Tipo de Edificação ou Sala	Níveis Máximos de Vibração Transmitida por via sólida (dB re: $25,4 \times 10^{-6}$ mm/s) (2)
<u>Salas de concerto e estúdios de TV</u>	<u>65</u>
Auditórios e Salas de Música	70
Igrejas e teatros	70-75
Dormitórios de Hospitais	70-75
Tribunais	75
Escolas e Bibliotecas	75
Edifícios de Universidades	75-80
Escritórios	75-80
Edifícios Comerciais e Industriais	75-85
Laboratórios Industriais ou de Pesquisa (sensíveis a vibrações)	60-70
(1) Os critérios se aplicam a vibração vertical de superfícies de piso dentro dos edifícios	
(2) Referência padrão para níveis de velocidade apresentada logarithmicamente em decibéis	
Fonte: Wilson, Ihring & Associates (Adotado por MARTA, WMATA, BARJ, BART, MTA, CTA, NFTA, SCTD E MTDB como critérios de projeto)	



# NORMAS AVALIADAS

## U. S. Department of Transportation - 1998

Categoria	Limites de vibração devido a trens (dB re 25,4 mm/s)	
	Eventos freqüentes <sup>1</sup>	Eventos não freqüentes <sup>2</sup>
<b>Categoria 1:</b> Edifícios onde a vibração interfere nas operações no interior do edifício	65 dBV <sup>3</sup>	65 dBV <sup>3</sup>
<b>Categoria 2:</b> Residências e edifícios onde pessoas normalmente dormem	72 dBV	80 dBV
<b>Categoria 3:</b> Instituições como escolas, igrejas, escritórios etc. sem equipamentos sensíveis a vibração	75 dBV	83 dBV

Notas:  
 1 – Eventos freqüentes são definidos como mais que 70 eventos de vibração por dia.  
 2 – Eventos não freqüentes são definidos como menos que 70 eventos de vibração por dia.  
 3 – Esse limite é baseado em níveis que são aceitos para a maioria dos equipamentos com sensibilidade moderada tal como microscópios óticos. Equipamentos sensíveis a vibração requerem avaliações detalhadas para definir os níveis de vibração aceitáveis. Nível de vibração mais reduzido em edifícios normalmente requer projeto especial.

Tipo de edifício ou sala	Limites de vibração devido a trens (dB re 25,4 mm/s)	
	Eventos freqüentes <sup>1</sup>	Eventos não freqüentes <sup>2</sup>
Salas de concerto	65 dBV <sup>3</sup>	65 dBV <sup>3</sup>
Estúdios de TV	65 dBV	65 dBV
Estúdios de gravação	65 dBV	65 dBV
Auditórios	72 dBV	80 dBV
Teatros	72 dBV	80 dBV

Notas:  
 1 – Eventos freqüentes são definidos como mais que 70 eventos de vibração por dia.  
 2 – Eventos não freqüentes são definidos como menos que 70 eventos de vibração por dia.



# NORMAS AVALIADAS

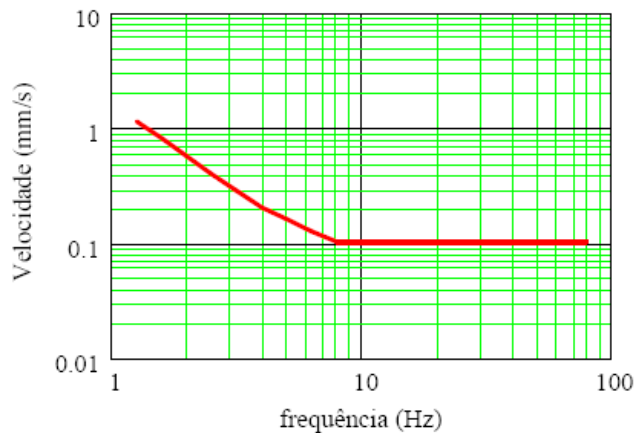
## NORMA ISO 2631-2

- Limites para vibrações são estabelecidos por curvas básicas nas direções vertical e horizontal;
- Coeficientes multiplicadores de acordo com o tipo de edificação, período e repetitividade das vibrações.

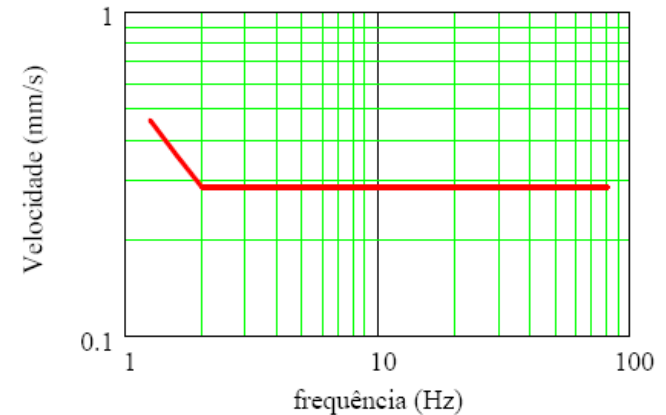


# NORMAS AVALIADAS

## NORMA ISO 2631-2



— Curva básica - Direção vertical



— Curva básica - Direção horizontal

Curvas básicas vertical e horizontal da ISO 2631-2

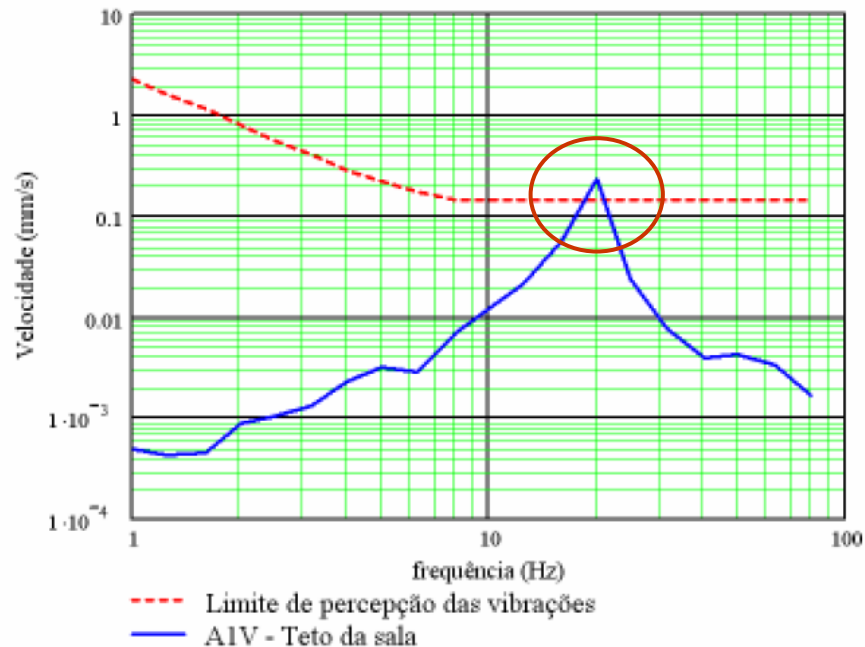
Coefficientes multiplicadores nas curvas básicas

Tipo de edificação	Período	Vibração contínua	Vibração transiente com várias ocorrências por dia
Áreas críticas de trabalho (por exemplo alguns hospitais, laboratórios de precisão, etc.)	Dia	1	1
	Noite	1	
Residencial	Dia	2 - 4	30-90
	Noite	1,4	1,4-20
Escritório	Dia	4	60-128
	Noite		
Workshop	Dia	8	90-128
	Noite		



# COMPARAÇÃO EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

Local	Valores globais de velocidades em dBV calculados com uma velocidade de referência de $25,4 \cdot 10^{-6}$ mm/s	
	Posição de medida	Valor (dBV)
Residência 1	AIV – Teto da Sala	80
	WIA	70
	U.S. Depto. Transportation	72

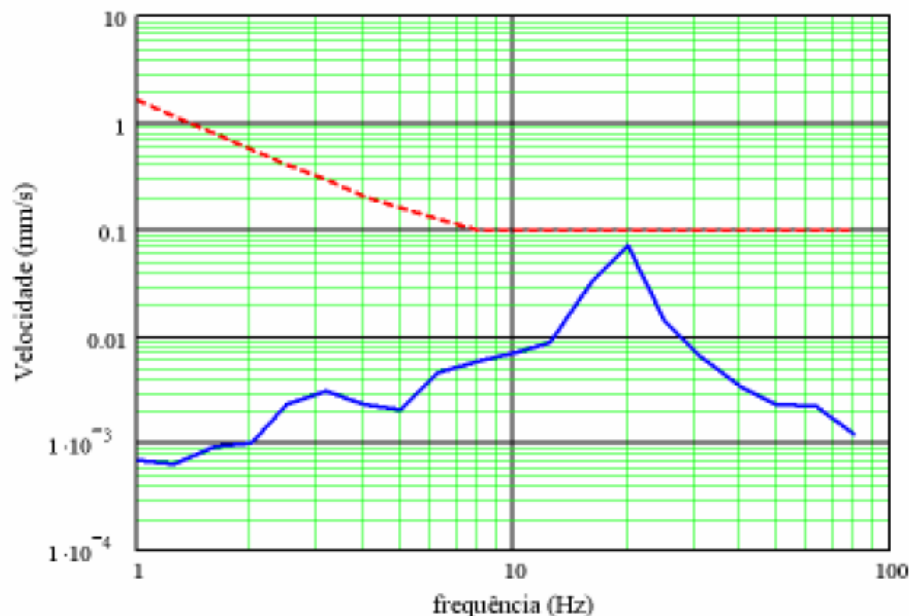




# COMPARAÇÃO EDIFICAÇÕES ESPECIAIS

## Valores de dBV na sala de concerto

Edificação especial	Valores globais de velocidades em dBV calculados com uma velocidade de referência de $25,4 \cdot 10^{-6}$ mm/s	
	Posição de medida	Valor (dBV)
Sala de concerto	A1V – Teto da Sala – vertical	70
	WIA	65
	U.S. Depto. Transportation	65



--- Limite de percepção das vibrações  
— A1V - Teto da sala



# COMENTÁRIOS FINAIS

- Divergências entre os critérios da WIA e ISO 2631-2!
- WIA avalia somente vibrações verticais / ISO as verticais e horizontais;
- WIA considerada um valor global de vibração / ISO avalia a intensidade de vibração para cada faixa de frequência;
- **No caso de uma decisão judicial qual deles é válido?**

?



# COMENTÁRIOS FINAIS

- Necessidade de uma normalização nacional para delimitação dos limites admissíveis!
- Primeiro passo: Estudo comparativo detalhando todas as normas internacionais (critérios, limites etc) e suas comparações com as medições de vibrações do banco de dados do METRÔ (Programa Jovens Talentos);
- METRÔ-SP: constante preocupação com seus usuários e seus vizinhos (moradores lindeiros)!





# Gratos pela atenção !

Eng° Antônio José Caldas de Sousa

[ajcaldas@metrosp.com.br](mailto:ajcaldas@metrosp.com.br)

Eng° Adilson Roberto Takeuti

[atakeuti@metrosp.com.br](mailto:atakeuti@metrosp.com.br)

Eng° Marco Juliani

[mjuliani@metrosp.com.br](mailto:mjuliani@metrosp.com.br)

Eng° Gustavo Tristão

[tristao@metrosp.com.br](mailto:tristao@metrosp.com.br)



**DE/GCI/CIV/CVP**