

O CASO PARADIGMÁTICO DO ALFA PENDULAR, E O CONFORTO NO INTERIOR DAS COMPOSIÇÕES

Teresa Canelas, Fernanda Rodrigues

{tc@iep.pt,fr@iep.pt}

Resumo

Neste trabalho pretende-se avaliar o conforto, do ponto de vista dos passageiros que circulam no Alfa Pendular (comboio de pendulação activa)) na linha do norte no que respeita às vibrações transmitidas ao corpo inteiro. Este trabalho foi efectuado seguindo a metodologia proposta pela Norma ISO 2631-1, atentos aos pressupostos da norma EN 12299:2009, específica para o sector ferroviário. Não existem valores limite de exposição do ponto de vista dos passageiros, a legislação nacional apenas tem valores limite aplicáveis à exposição dos trabalhadores a vibrações no posto de trabalho, pelo que os valores obtidos neste estudo será comparados com as classes de conforto existentes na referida norma europeia, bem como com outras classes de conforto existentes na bibliografia internacional para estudos neste âmbito

Palavras-chave: alfa pendular, conforto, vibrações corpo inteiras, passageiros

Abstract

This work aimed to assess the comfort, in terms of passengers travelling on the Alfa Pendular “Linha do Norte” in relation to whole-body vibration. This will be done following the methodology proposed by the Standard ISO 2631-1, and the assumptions of standard EN 12299:2009 for railway sector. There are no exposure limits from the passenger’s point of view, the Portuguese law only imposes exposure limits to workers. Although there are no limits as the values be are compared to existing bibliographic studies on this subject and European standard and any other classes of comfort to the international bibliography existing studies in this area

Keywords: Alfa Pendular, comfort, whole body vibration, passenger

PACS no. 43.50-x, 46.40.-f

1 Introdução

O comboio é um dos mais importantes meios de transporte público entre as principais cidades do país, uma vez que permite a locomoção de pessoas a preços razoáveis e em tempos por vezes inferiores aos da utilização da viatura própria, pelo que é actualmente muito utilizado e sê-lo-á ainda mais no futuro atendendo ao custo de vida e aos preços cada vez mais elevados da energia. Neste contexto o alfa pendular configura uma alternativa viável às viaturas pessoais e ao meio de transporte aéreo. A utilização do comboio como meio de transporte tem efeitos não só do ponto de vista económico e ambiental mas também do ponto de vista do conforto e da saúde dos passageiros. O conforto, ou a sensação de conforto dos passageiros tem a influência de muitas variáveis e são muito complexos de

avaliar pois dependem não só de factores ambientais tais como o ruído, as vibrações e o conforto térmico no interior das composições mas também com factores subjectivos intrínsecos e extrínsecos a cada individuo: assim como as suas experiências e expectativas o seu peso e estatura física a postura corporal, etc.

As vibrações transmitidas ao corpo inteiro são, conforme já anteriormente referido, um dos factores a ter em conta quando avaliamos o conforto no interior do alfa pendular. Os efeitos das vibrações são diversos e podem incluir-se em três grandes grupos: interferência no conforto, interferência nas actividades e interferência na saúde. A vibração do corpo inteiro ocorre quando o corpo é suportado numa superfície vibratória, existem três principais possibilidades: o individuo de pé, sentado ou deitado numa superfície vibratória (ver figura1 em baixo). Normalmente as pessoas sentadas estão expostas simultaneamente às vibrações na cabeça e nos pés.

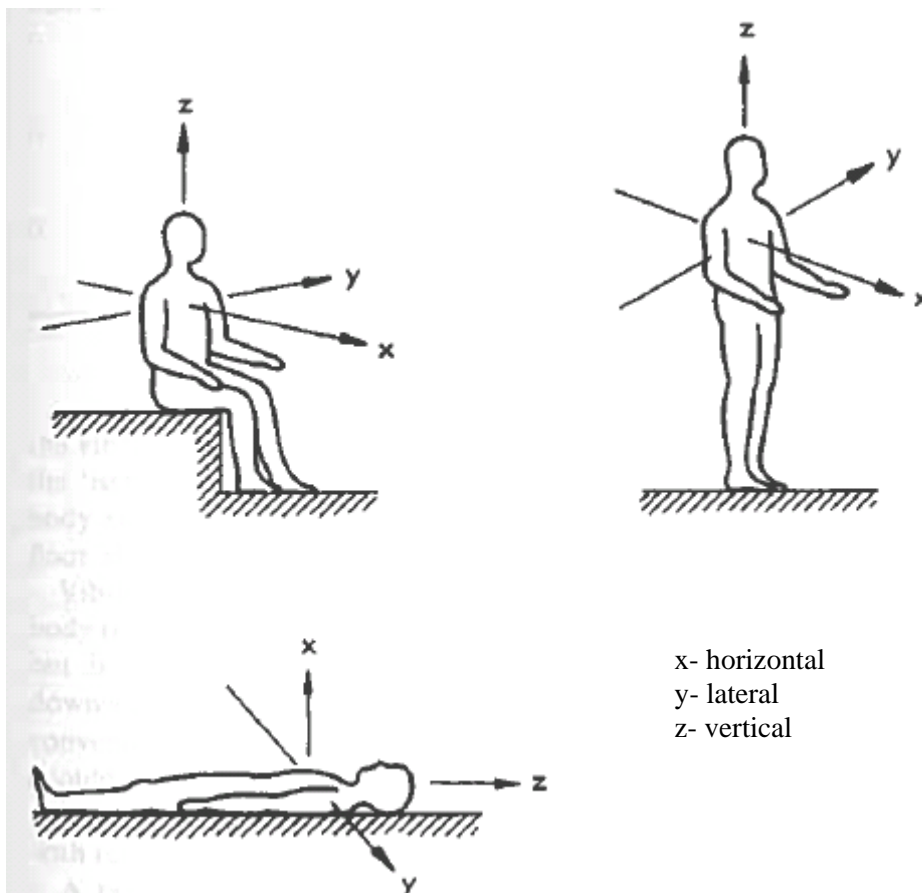


Figura 1 – sistema de coordenadas mecânicas de acordo com o definido na ISO 2631 [2]

As vibrações a que o indivíduo está exposto são muito variáveis e os seus efeitos fortemente dependentes da sua amplitude e características espectrais e duração, por exemplo uma aceleração de 1m/s^2 a 0.2 Hz pode ter um deslocamento de 2 metros e fazer lembrar o deslocamento vertical de um navio já uma aceleração com a mesma amplitude mas a 60 Hz tem um deslocamento de 0.02 mm e pode assemelhar-se a vibração de um edifício [1]. As frequências mais comumente associadas aos efeitos das vibrações no corpo inteiro estão na escala $0.5 - 100\text{ Hz}$.

Avaliar o nível de vibração a que os passageiros estão sujeitos permite inferir sobre a sua interferência nas actividades normalmente desenvolvidas no alfa pendular, permite também associar as vibrações a

um determinado nível de conforto e permite também em última análise associar problemas na saúde normalmente associados a este tipo de exposição tais como as dores de costas. Para além dos motivos já mencionados a avaliação das vibrações nos passageiros pode auxiliar na identificação de potenciais problemas na linha e na identificação dos potenciais defeitos dos carris bem como permitir com base nos valores obtidos e no tempo de exposição decidir a pertinência ou não de avaliar a exposição dos trabalhadores, deste tipo de transporte, às vibrações transmitidas ao corpo humano.

1.1 Quais as principais fontes de vibração no interior da composição, no assento dos passageiros mais concretamente?

Como factores principais para o nível de vibração que é transmitida ao indivíduo encontram-se o contacto do rodado com carril, sendo que este último tem uma grande influência nas vibrações transmitidas, a velocidade de circulação a vibração dos materiais da composição bem como a capacidade de isolamento às vibrações da composição, nomeadamente do assento.

1.2 Quais os principais efeitos?

Entre os diversos efeitos que as vibrações transmitidas ao corpo inteiro tem nos indivíduos, podemos encontrar a degradação do conforto ou à percepção da mesma, a interferência com as actividades normais para este tipo de meio de transporte nomeadamente efeitos ao nível da perturbação da visão perturbando actividades como a leitura, a escrita, a utilização de PC ou tablets, dores de costas, sensação de mareamento, etc.

2 Objectivos

Este estudo tem como principal objectivo analisar grau de conforto/desconforto provocado pelas vibrações transmitidas ao corpo inteiro, ou bem como impacto dessas vibrações nas actividades que são normalmente desenvolvidas neste tipo de comboios: leitura, a escrita, a utilização de PC's etc.

3 Método utilizado

Para concretizar este projecto foram efectuadas 4 viagens de alfa pendular entre as estações de Porto - Campanhã e Lisboa – Santa Apolónia (embora só se tenha considerado em termos de estudo o percurso VNGaia e Lisboa (Oriente)). Foram efectuadas amostragens em contínuo dos níveis de aceleração nos 3 eixos (x, y e z) com a duração de 5 minutos por amostragem, cf definido na EN 12299. O estudo foi efectuado no assento e nas costas. Para a execução das medições foram seleccionados os pontos mais críticos no que respeita a transmissão das vibrações aos passageiros com vista à selecção dos lugares no interior das composições onde iriam ser realizadas as medições. Na figura 1 encontra-se um esquema do alfa pendular com a identificação do local da realização do estudo.

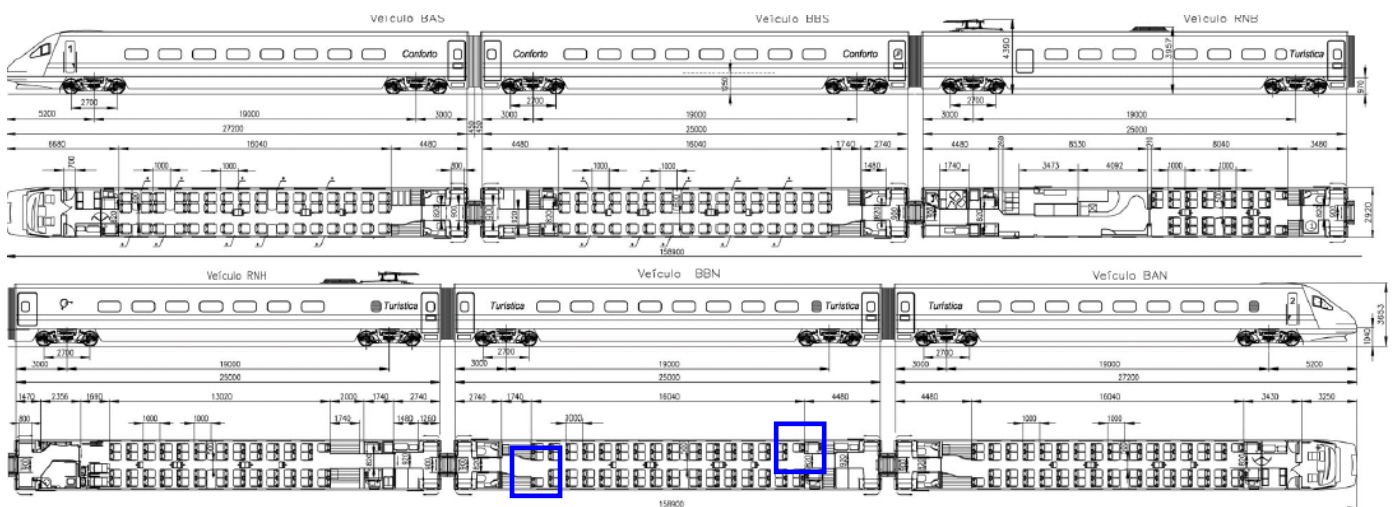


Figura 2 – diagrama do alfa pendular CPA 4000

Para a realização deste estudo foi utilizada a seguinte cadeia de medição:

- Sonómetro B&K Modelo 2260 N/S: 2520487;
- 3- channel human vibration Front - ends vibration types 1700 A/B and WB 3461 B&K N/S: 2525713;
- Acelerómetro triaxial Isotron marca: ENDEVCO modelo 65-100-x,y,z N/S:11888

4 Resultados obtidos

Foram registados os valores de aceleração nos 3 eixos (x, y e z) ao longo de todo o percurso, 2 viagens foram efectuadas com o acelerómetro no assento e outras 2 com o acelerómetro colocado nas costas, conforme indicado na figura em baixo

Figura 2 – montagem do acelerómetro no assento e nas costas



Os valores obtidos para cada uma das situações estão vertidos nos gráficos em baixo, os valores indicados para os eixos x e y foram multiplicados pelo factor 1,4 conforme indicado pela norma ISO 2631-1.

4.1 Resultados obtidos no assento sentido Gaia – Oriente e Oriente – Gaia

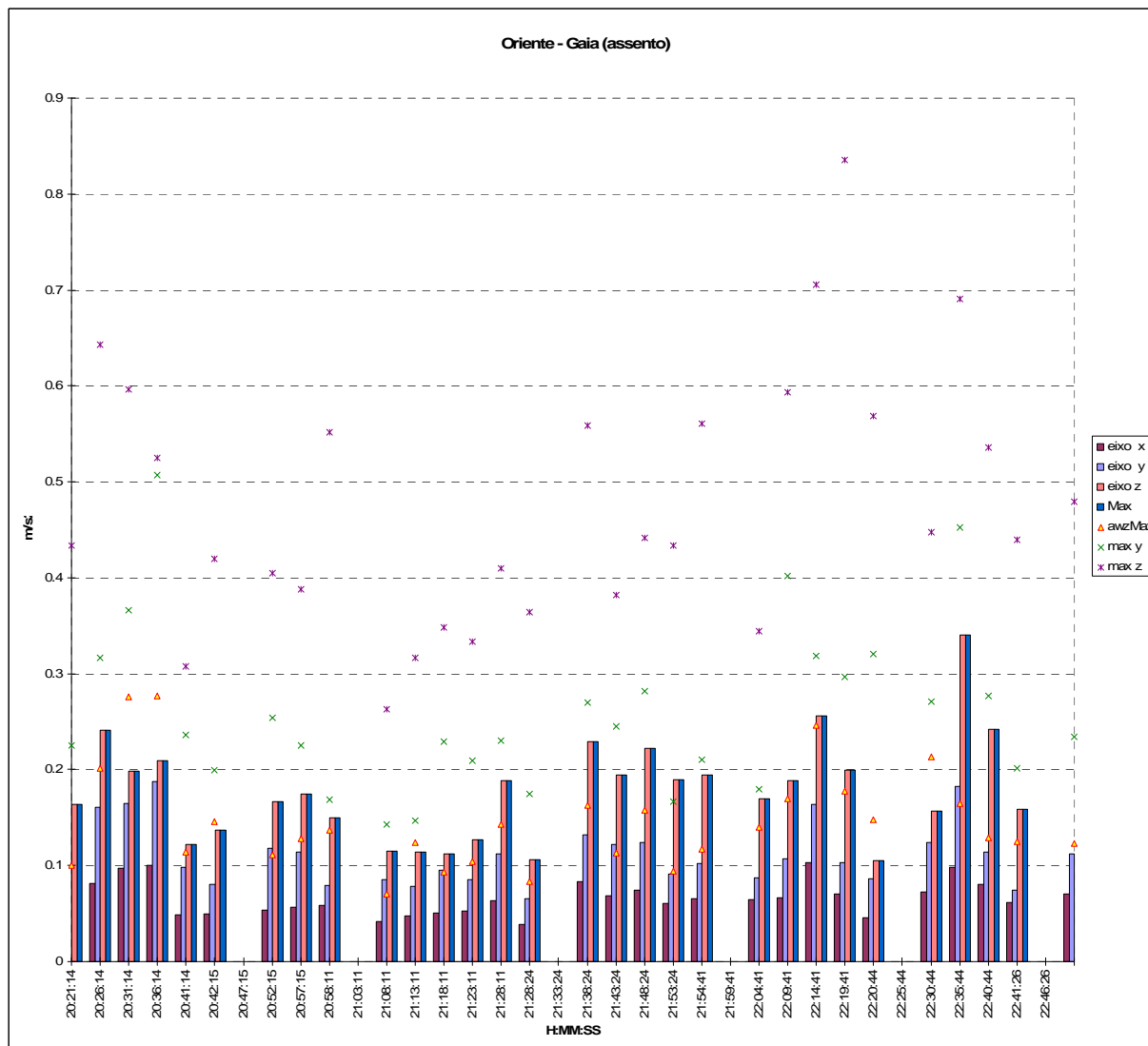


Figura 3 – níveis de aceleração registados no percurso Oriente – gaia

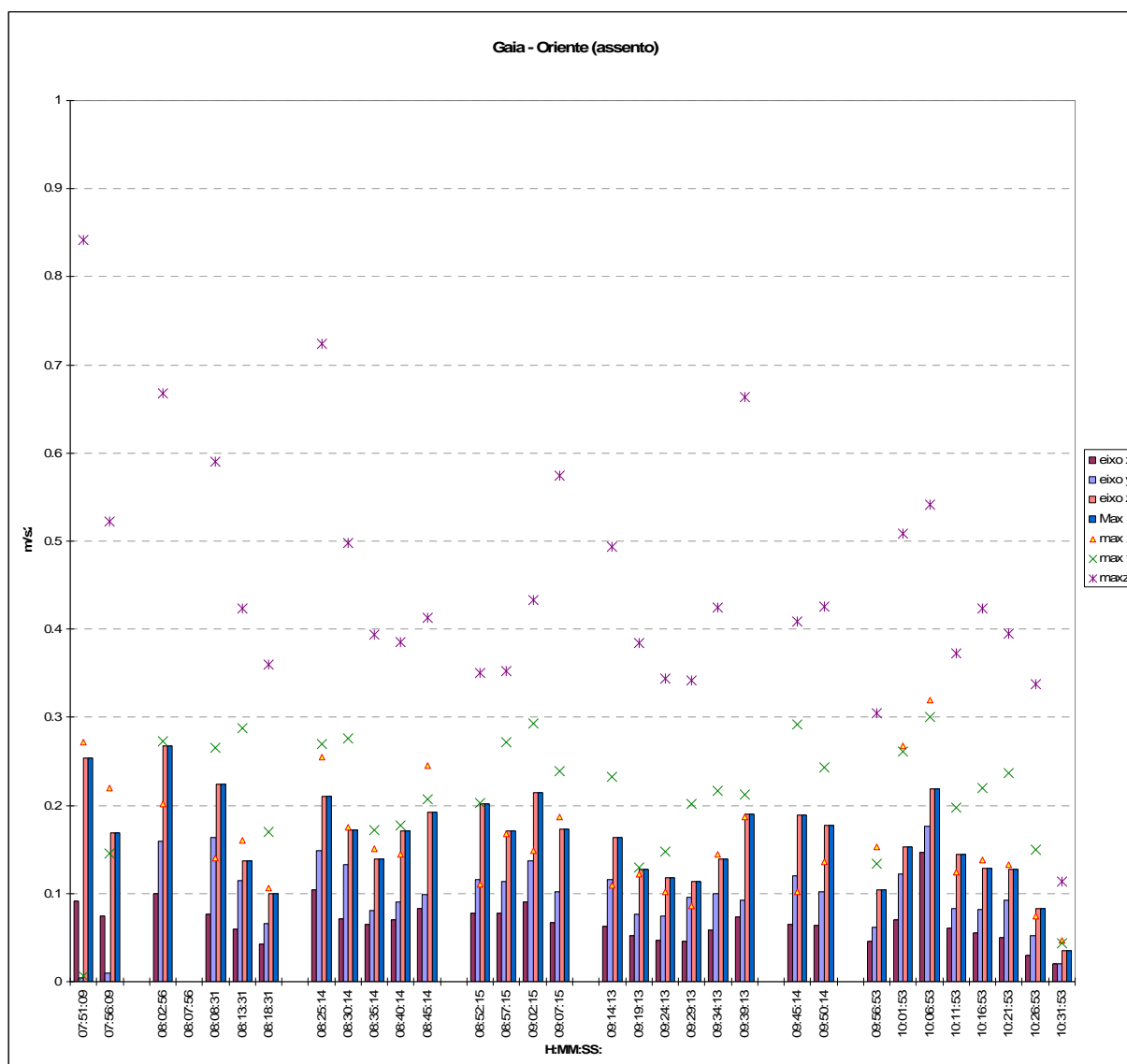


Figura 4 – níveis de aceleração registados no percurso Gaia -Oriente

Os valores médios de aceleração registados no assento:

Tabela 1 – resumo dos valores registados no assento

	Valores medidos			Valores médios ponderados			Valores Max medidos		
	awx	awy	awz	awy	awz	awz	awxmax	awymax	awzmax
Máximo	0.06	0.09	0.21	0.09	0.18	0.18	0.32	0.09	0.18
Mínimo	0.04	0.00	0.13						
Médio	0.05	0.07	0.18						

4.2 Resultados obtidos nas costas sentido Gaia-orient e oriente-gaia

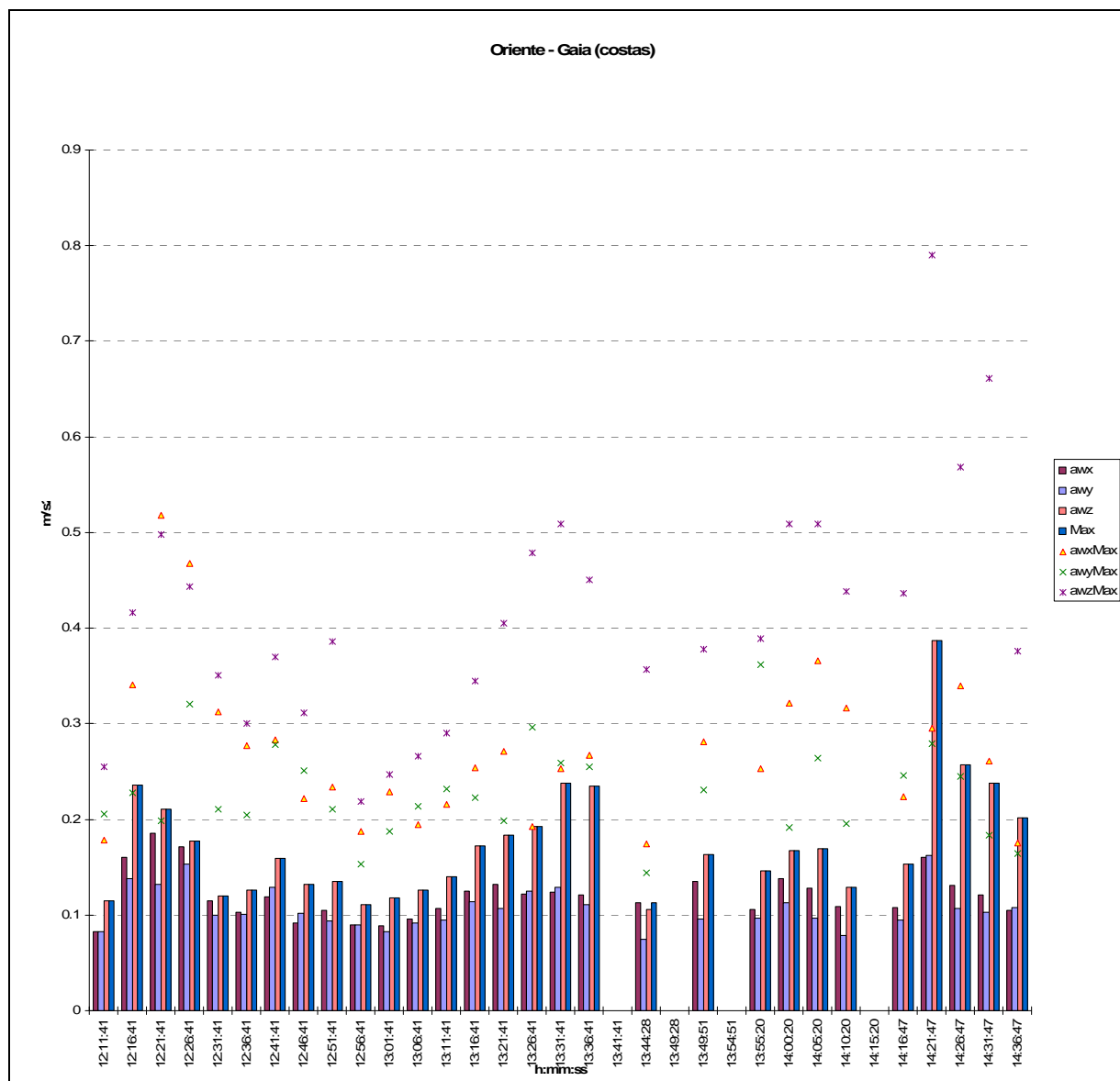


Figura 5 – níveis de aceleração registados no percurso Gaia-Oriente

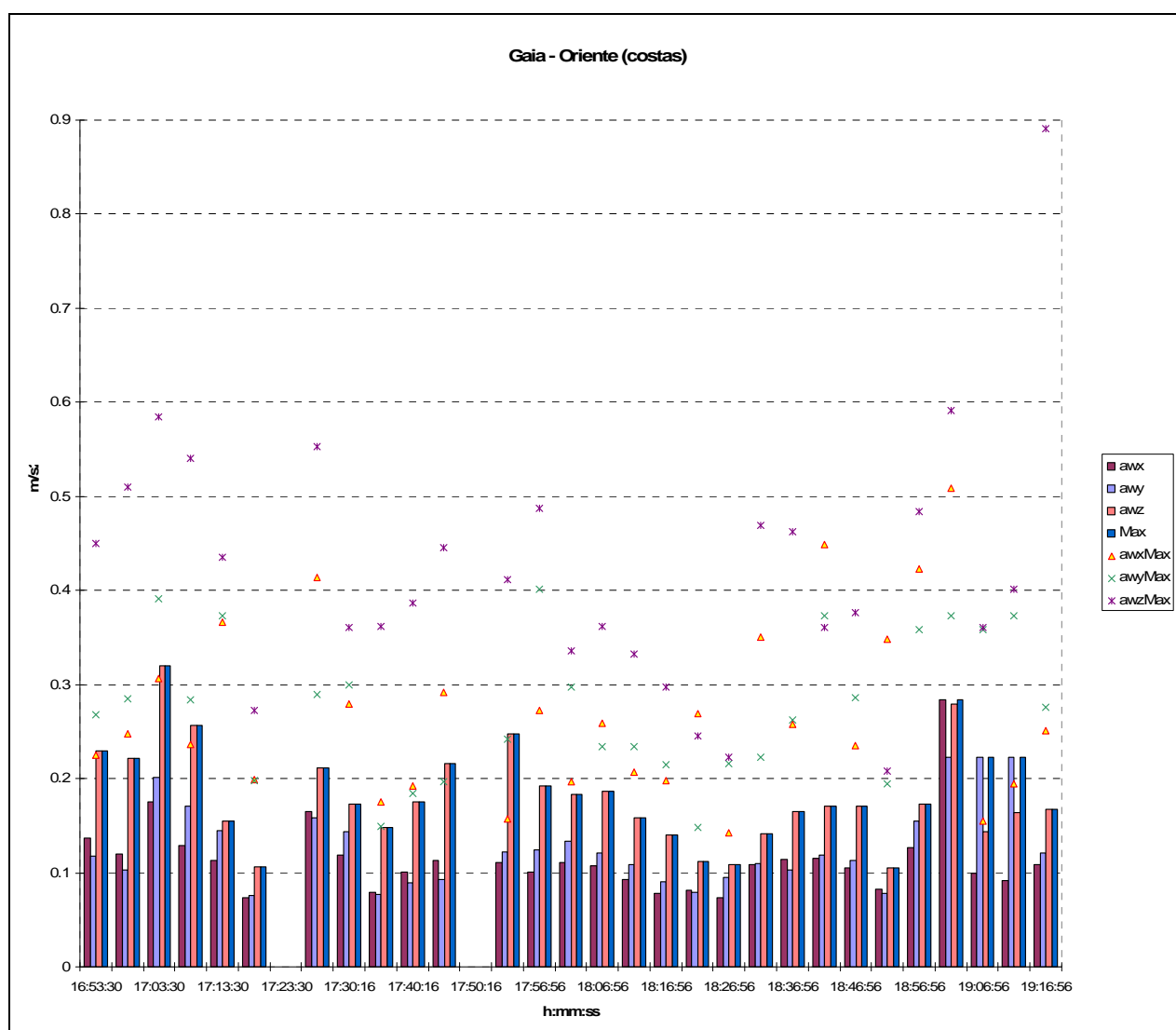


Figura 6 – níveis de aceleração registados no percurso Gaia-Oriente

Os valores médios de aceleração de aceleração registados nas costas:

Tabela 2 – resumo dos valores registados nas costas

	Valores medidos			Valores médios ponderados			Valores Max medidos		
	awx	awy	awz	awy	awz	awz	awxmax	awymax	awzmax
Máximo	0.08	0.08	0.18						
Mínimo	0.08	0.09	0.15						
Médio	0.09	0.06	0.12	0.12	0.09	0.12	0.52	0.36	0.79

5 Conclusões

Pela análise dos resultados obtidos podemos concluir que o eixo mais crítico, conforme o esperado, é o eixo do z. Os valores de aceleração encontrados em todas as amostragens efectuadas nos dois sentidos enquadram-se na classe de conforto 0 conforme tabela em baixo. No entanto se em vez de utilizar o valor de aceleração médio registado se utilizar o valor máximo de cada amostragem então a classe de conforto passa a ser a 2.

r.m.s aceleração (m/s ²)		
5. Extremamente desconfortável	3.15	4. Muito desconfortável
	2.5	
3. Desconfortável	2	
	1.6	
	1.25	
	1	
1. Um pouco desconfortável	0.8	2. Relativamente desconfortável
	0.63	
	0.5	
	0.4	
0. Não desconfortável	0.315	
	0.25	

Tabela 3 – classes de conforto

Os valores médios obtidos para o assento são ligeiramente superiores aos valores registados para as costas. No entanto mais uma vez se falarmos dos valores máximos registados as vibrações transmitidas às costas dos indivíduos ganham mais peso.

Analisando os gráficos, e conhecendo as horas de chegada em cada estação podemos com base no nível médio e máximo da aceleração em cada amostragem indicar quais os troços mais críticos do ponto de vista das vibrações transmitidas. Neste contexto podemos concluir que os troços de via-férrea entre VN Gaia – Aveiro bem como o troço Santarém – Oriente são indiscutivelmente os troços com maiores níveis de vibração. Tal facto pode ficar a dever-se a troços da linha do norte que não tenham sido renovados e a alguns empenos existentes na linha. Além dos tocos mencionados foram também identificados alguns pontos nos restantes troços nomeadamente entre Entroncamento – Santarém e Coimbra – Pombal.

6 Estudos Futuros

Alargar o estudo a outros factores que podem influenciar o desconforto percebido, nomeadamente ao ruído e à avaliação do conforto térmico. Avaliação da exposição humana na perspectiva dos trabalhadores.

7 Agradecimentos

Ao Instituto Electrotécnico Português pelo tempo e recursos disponibilizados para a realização deste estudo, à CP pela sua gentileza e disponibilidade para a realização deste estudo nomeadamente aos Eng.ºs Sérgio Machado, João Boquinhas, Jorge Rosa e Paulo Ferrão, ao MGF pelo fornecimento dos contactos.

8 Referências

- [1] M.J. Griffin.; Handbook of Human Vibration, Elsevier' Academic Press 2004, 988 páginas.
- [2] ISO 2631-1:1997
- [3] M.K. Bhiwapurkar V.H. Saran S.P. Harsha Effect of Multi-axis Whole Body Vibration Exposures and Subject Postures on Typing Performance Mechanical and Industrial Engineering Department, Indian Institute of Technology, Roorkee, India.
- [4] 1A.R. Ismail, 2M.Z. Nuawi, 2C.W. How, 2N.F. Kamaruddin, 2M.J.M. Nor and 2N.K. Makhtar 1Faculty Mechanical Engineering, University Malaysia Pahang, 2Department of Mechanical and Materials Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, University Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Malaysia Whole Body Vibration Exposure to Train Passenger