

ENSAIOS DE COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL (ECI) – ACÚSTICA – AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO DURANTE O TRABALHO

Jorge Fradique¹, Fátima Inglês², Mário Peixe²

¹ Direção Regional da Economia de Lisboa e Vale do Tejo
Estrada da Portela – Zambujal
Apartado 7546 – Alfragide, 2611-858 Amadora, Portugal
jorge.fradique@dre-lvt.min-economia.pt

² Arsenal do Alfeite, Alfeite, 2810-001 Almada, Portugal
fatima.ingles@arsenal-alfeite.pt, mario.peixe@arsenal-alfeite.pt

Resumo

Esta comunicação apresenta os resultados de um Ensaio de Comparação Interlaboratorial (ECI) promovido pela Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal (RELACRE), no domínio da Acústica: Avaliação da exposição ao ruído durante o trabalho. Este ensaio foi realizado nas instalações da ARSENAL do ALFEITE, S.A.

Cada laboratório caracterizou os níveis sonoros através dos parâmetros L_{Aeq} e L_{Cpico} em dois postos de trabalho e determinou a exposição diária de um trabalhador ao ruído, $L_{EX,8h}$, de acordo com o Decreto-Lei 182/2006.

A participação dos laboratórios em exercícios de intercomparação é uma ferramenta privilegiada para avaliar a sua competência técnica, pois permite analisar o seu desempenho. Esta participação é também, cada vez mais, uma exigência das entidades acreditadoras, o que se revela particularmente importante para os laboratórios que efetuam este tipo de ensaios, dada a exigência legal da sua acreditação.

Esta comunicação analisa os resultados obtidos e as principais conclusões.

Palavras-chave: ruído, ensaios de comparação interlaboratorial, acreditação, exposição ao ruído.

Abstract

This paper presents the results of an Interlaboratory Comparison Test promoted by the Association of Accredited Laboratories of Portugal (RELACRE) in the area of Acoustics: Noise exposure at work. This test was conducted on the premises of ARSENAL do ALFEITE, S. A. facilities. Each laboratory has characterized the sound levels using the parameters L_{Aeq} and L_{Cpico} in two tasks, and determined the daily noise exposure of a worker, $L_{EX,8h}$, according to the Portuguese Legislation DL 182/2006.

The participation of laboratories in intercomparison exercises is a privileged tool to assess their technical competence, as it allows them to analyze their performance. Moreover, this participation is also increasingly a requirement from the accreditation bodies, which is particularly important for laboratories that perform this type of testing, given the legal requirement for their accreditation.

This paper analyses the results and main conclusions.

Keywords: Noise, interlaboratory comparison tests, accreditation, noise exposure.

Referência PACS: 43.15.+s Normalização

1 Introdução

A realização de ensaios de comparação interlaboratorial (ECI) é cada vez mais uma exigência dos organismos de acreditação de laboratórios. De facto a participação continuada dos laboratórios em ECI permite demonstrar a sua competência técnica perante os organismos de acreditação e perante os próprios clientes. Por outro lado, a análise dos resultados obtidos permite também aos laboratórios corrigir ou melhorar os próprios procedimentos e técnicas de ensaio, em função da comparação com valores de referência ou, como é aqui o caso, com valores resultantes de um grande conjunto de outros laboratórios semelhantes.

Os dados apresentados no presente artigo dizem respeito ao ECI de “Acústica - Avaliação da Exposição ao Ruído Durante o Trabalho”, promovido pela Relacre que decorreu em 2011 e que contou com a colaboração da Arsenal do Alfeite, S. A.

A comissão técnica do ECI foi composta por elementos da Arsenal do Alfeite, S. A. e da Direção Regional da Economia de Lisboa e Vale do Tejo.

Participaram neste ECI 63 laboratórios, dos quais 50 são acreditados.

1.1 Enquadramento legislativo e normativo

O ensaio de comparação interlaboratorial apresentado corresponde à aplicação da legislação aplicável à exposição de trabalhadores ao ruído nos locais de trabalho, de acordo o Decreto-lei 182/2006 [1], que corresponde à transposição da Diretiva 2003/10/CE [2], relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído. O Decreto-lei tem carácter normativo, pois define o método de ensaio a seguir para a caracterização da exposição dos trabalhadores ao ruído.

A exposição dos trabalhadores é caracterizada em termos do nível de exposição pessoal diária ao ruído, $L_{EX,8h}$, correspondente ao nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período de trabalho de 8 horas, e do nível máximo de pressão sonora de pico, ponderado C, L_{Cpico} .

São definidos valores limite de exposição de $L_{EX,8h} = 87$ dB(A) e de $L_{Cpico} = 140$ dB(C). São ainda definidos valores de ação superiores de exposição, como $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) e de $L_{Cpico} = 137$ dB(C) e valores de ação inferiores de exposição, como $L_{EX,8h} = 80$ dB(A) e de $L_{Cpico} = 135$ dB(C).

Uma alteração significativa introduzida por esta legislação relativamente à legislação anterior, para além da redução dos valores limite, foi a separação clara entre os conceitos de nível de ação e valor limite de exposição. De facto, enquanto os níveis de ação são aplicáveis ao posto de trabalho ocupado pelo trabalhador, sem considerar qualquer proteção utilizada por este, os valores limite de exposição levam em linha de conta o efeito dos equipamentos de proteção individual utilizados. Esta nova abordagem legislativa permitiu reduzir os valores dos níveis de ação e do valor limite, aumentando o grau de proteção dos trabalhadores, sem inviabilizar determinadas atividades, para as quais o progresso da técnica ainda não permitiu uma redução significativa dos níveis sonoros produzidos. Outro aspeto inovador desta legislação, foi a obrigatoriedade de calcular e contabilizar a estimativa de incerteza na avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído.

No cálculo da estimativa de incerteza aplicável a estes ensaios, é seguida a metodologia definida na norma NP EN ISO 9612:2011 [3].

1.2 Condições de ensaio

Para um ensaio deste tipo, pretende-se simular tanto quanto possível uma situação de aplicação real em que se caracteriza a exposição de trabalhadores ao ruído.

Assim, foram definidas duas situações de trabalho, nas instalações da Arsenal do Alfeite, que se pretendeu apresentassem características de repetibilidade e simultaneamente fossem representativas de situações reais, como as encontradas em medições reais dos laboratórios.

Os postos de trabalho escolhidos foram o operador do serrote mecânico e o operador do empilhador. Para o serrote mecânico foram bem definidas as condições de operação, nomeadamente a velocidade de corte e de avanço, bem como o material a cortar e a conseqüente duração do corte. As fitas da serra foram substituídas regularmente, ao fim de cerca de uma dezena de ensaios.



Figura 1 – Serrote mecânico

Para o empilhador foi definido um percurso e uma tarefa que consistia na movimentação de um conjunto de paletes, com e sem carga, entre duas localizações de um armazém. Foi também instruído o operador para que mantivesse uma velocidade sempre muito semelhante, de modo a obter uma duração total da tarefa idêntica.

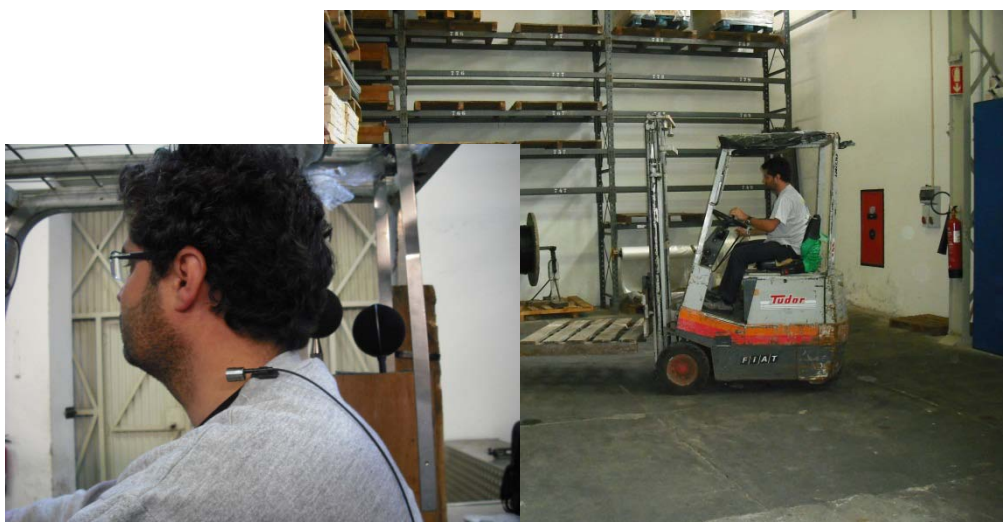


Figura 2 – Empilhador

Para o cálculo do valor de exposição do trabalhador, foi definido um tempo estimado de exposição na tarefa 1 de $4h \pm 0,5h$ e na tarefa 2 de $2h \pm 0,25h$.

Todas as medições foram monitorizadas pela comissão técnica, em posições bem definidas, de modo a permitir a deteção de eventuais situações anómalas e a consequente tomada de medidas.

1.3 Equipamentos utilizados

Cada laboratório utilizou o seu próprio equipamento para realizar os ensaios. No caso particular do operador do empilhador, muitos laboratórios optaram por utilizar dosímetros de ruído, mais adequados à caracterização da exposição de trabalhadores móveis. No entanto, mesmo nessa situação, vários laboratórios utilizaram sonómetros, em geral com cabos de extensão de modo a permitir posicionar o microfone na proximidade da orelha do trabalhador.

Tabela 1 – Equipamentos utilizados

Sonómetro	Dosímetro	Calibrador
Cesva SC 310	Cesva DC 112	Cesva CB5 Cesva CB006
	Cel 320	Cel 110/2
Brüel & Kjær 2260	Brüel & Kjær 4442	
Brüel & Kjær 2250	Brüel & Kjær 4445	Brüel & Kjær 4231
	Svantek SV102	
Rion NA27		Rion NC74
01dB Solo Premium		
	Quest eg5 Edge Dosimeter	Quest QC 10

2 Análise estatística

2.1 Metodologia

A metodologia adotada para o tratamento estatístico dos dados dos ensaios teve por base o estabelecido na norma ISO 5725 [4] e [5].

Não existindo valores de referência, estes são obtidos a partir das médias dos valores obtidos pelos laboratórios; para aplicar esta metodologia torna-se necessário começar por eliminar os valores aberrantes.

Assim, foi efetuada inicialmente a identificação de valores aberrantes utilizando o teste estatístico de Grubbs. O Teste de Grubbs permite a eliminação de valores aberrantes com base na variabilidade interlaboratorial. Os resultados aberrantes (99%), para cada parâmetro, encontram-se assinalados a **rosa** (Grubb's), enquanto os valores suspeitos (95%) se encontram assinalados a **negrito**. Segundo o Teste de Grubbs, os resultados aberrantes (99%) detetados, foram eliminados. Os valores suspeitos (95%) detetados foram apenas assinalados, mas não eliminados.

No caso do parâmetro L_{Cpico} , em que os resultados dos ensaios são os valores máximos, não foi calculado o índice de desempenho. Nestes casos, realizou-se somente a análise estatística de modo a detetar os valores aberrantes.

Para a análise do teste de Grubbs é necessário determinar o valor de G, através da seguinte equação:

$$G = \frac{\max|y_i - \bar{y}_p|}{s} \quad (1)$$

Onde:

y_i é o elemento da amostra;

y_p é a média da amostra de cada laboratório e s é o desvio padrão.

O valor G é comparado com os valores críticos da tabela estatística constante na norma ISO 5725 [1]. Considera-se o valor obtido pelo Laboratório como aberrante se o valor de G calculado através da equação (1) for superior ou igual ao valor de G retirado da tabela estatística.

2.2 Cálculos da média e medidas de dispersão

Segundo a norma ISO 5725:1994 foram efetuados os Cálculos da Média e de Medidas de Dispersão:

- A média amostral para cada parâmetro, por Laboratório:

$$Y_i = \frac{(y_1 + y_2 + y_3)}{3} \quad (2)$$

- A média de médias para cada parâmetro:

$$Y = \frac{1}{p} \sum_i^p y_i \quad (3)$$

Onde p representa o número de Laboratórios.

Este valor é considerado como o verdadeiro valor amostral, após a eliminação de “aberrantes”, pois num ensaio deste tipo não é possível definir um valor de referência de outro modo.

- O desvio padrão das médias obtidas pelos diferentes Laboratórios:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p (y_i - Y)^2}{p - 1}} \quad (4)$$

2.3 Avaliação do desempenho

A avaliação do desempenho foi efetuada a partir do indicador de desempenho, Z-Score, calculado a partir da expressão:

$$z_i = \frac{Y_i - Y}{s} \quad (5)$$

Onde:

Y_i – Média individual do laboratório;

Y – Média global dos laboratórios, após eliminação dos valores aberrantes;

s – Desvio padrão (após eliminação dos valores aberrantes).

O desempenho do laboratório é avaliado, para cada parâmetro, de acordo com os seguintes critérios aplicáveis ao valor numérico do fator Z :

$|Z| \geq 3$ - Inaceitável

$2 < |Z| < 3$ - Questionável

$|Z| \leq 2$ - Aceitável

Nos gráficos apresentados com resultados, o desempenho de cada laboratório foi indicado com as seguintes cores:

	Aceitável
	Questionável
	Inaceitável

3 Resultados obtidos

3.1 Posto de trabalho 1 – serrote mecânico

3.1.1 $L_{Aeq,T}$

Tabela 2 – Análise estatística – Posto de trabalho 1

Laboratórios	y_i	y_i	y_i	y_i	y_i	y_i	y_i	Correção	Valor Corrigido	Z-score
L1	81,6	81,9	81,8	**	**	**	81,8		81,8	-1,0
L2	86,0	85,9	86,1	**	**	**	86,0		86,0	1,1
L3	83,1	83,1	82,5	**	**	**	82,9		82,9	-0,4
L4	83,9	**	**	**	**	**	83,9		83,9	0,1
L5	82,4	82,3	82,5	**	**	**	82,4		82,4	-0,7
L6	87,9	87,5	87,4	**	**	**	87,6		87,6	1,9
L8	90,1	90,4	90,6	**	**	**	90,4	-6,7	83,7	0,0
L9	86,2	86,0	85,6	**	**	**	85,9		85,9	1,1
L10	83,4	84,2	83,2	**	**	**	83,6		83,6	-0,1
L11	85,7	85,6	85,2	**	**	**	85,5		85,5	0,9
L12	87,3	86,8	87,9	**	**	**	87,3		87,3	1,7
L13	83,3	83,3	83,2	82,6	**	**	83,1		83,1	-0,3
L14	83,7	83,8	84,1	**	**	**	83,9		83,9	0,1
L15	83,0	83,0	83,1	**	**	**	83,0		83,0	-0,4
L16	82,5	82,8	82,6	**	**	**	82,6		82,6	-0,6
L17	86,0	86,5	85,3	**	**	**	85,9		85,9	1,1
L18	84,8	84,2	84,3	**	**	**	84,4		84,4	0,3
L19	83,3	83,5	83,5	**	**	**	83,4		83,4	-0,2
L20	83,0	83,0	83,6	**	**	**	83,2		83,2	-0,3
L21	80,7	80,8	80,3	**	**	**	80,6		80,6	-1,6
L22	91,5	92,0	91,7	91,7	**	**	91,7	-4,3	87,4	1,8
L23	83,4	84,7	84,2	**	**	**	84,1		84,1	0,2
L24	92,1	92,1	92,4	**	**	**	92,2	-6,7	85,5	0,9
L25	82,1	82,5	81,9	**	**	**	82,2		82,2	-0,8
L26	80,4	80,8	80,5	80,8	**	**	80,6		80,6	-1,6
L27	88,0	87,1	87,0	**	**	**	87,4	-4,3	83,1	-0,3
L28	83,9	83,6	83,8	**	**	**	83,8		83,8	0,0
L29	87,0	86,5	87,3	**	**	**	86,9		86,9	1,6
L30	86,7	86,4	86,5	**	**	**	86,5		86,5	1,4
L31	85,5	85,6	85,9	**	**	**	85,7		85,7	1,0
L32	85,9	85,7	86,0	**	**	**	85,9		85,9	1,1
L33	84,0	84,0	84,0	**	**	**	84,0		84,0	0,1
L34	82,5	82,7	82,7	**	**	**	82,6		82,6	-0,6
L35	85,0	85,9	86,2	**	**	**	85,7		85,7	1,0
L36	82,9	**	**	**	**	**	82,9		82,9	-0,4
L37	87,1	86,9	87,0	**	**	**	87,0		87,0	1,6
L38	82,6	83,1	83,3	**	**	**	83,0		83,0	-0,4
L39	84,2	84,1	84,2	**	**	**	84,2		84,2	0,2
L40	82,4	82,2	82,5	**	**	**	82,4		82,4	-0,7
L41	85,4	85,6	85,1	84,9	**	**	85,3		85,3	0,8
L42	79,8	80,0	80,2	**	**	**	80,0		80,0	-1,9
L43	80,4	81,2	81,1	**	**	**	80,9		80,9	-1,4
L44	85,7	84,3	84,9	**	**	**	85,0		85,0	0,6
L45	82,3	**	**	**	**	**	82,3		82,3	-0,7
L46	84,4	83,1	84,9	**	**	**	84,1		84,1	0,2
L47	90,0	90,2	90,3	**	**	**	90,2	-4,3	85,9	1,1
L48	85,7	85,4	85,7	**	**	**	85,6		85,6	0,9
L49	86,1	86,2	85,8	**	**	**	86,0		86,0	1,1
L50	82,5	82,5	82,7	**	**	**	82,6		82,6	-0,6
L52	79,5	**	**	**	**	**	79,5		79,5	-2,1
L53	81,2	81,4	81,6	**	**	**	81,4		81,4	-1,2
L54	88,4	88,4	88,8	**	**	**	88,5	-6,7	81,8	-1,0
L55	83,4	82,9	82,8	82,7	82,9	82,8	82,9		82,9	-0,4
L56	85,0	84,7	84,7	**	**	**	84,8		84,8	0,5
L57	81,9	81,7	81,8	**	**	**	81,8		81,8	-1,0
L58	84,7	85,2	86,0	87,2	88,0	87,1	86,4	-6,7	79,7	-2,0
L59	88,4	90,9	88,1	**	**	**	89,1	-6,7	82,4	-0,7
L60	83,9	83,6	83,3	**	**	**	83,6		83,6	-0,1
L61	83,2	82,8	82,7	82,6	82,8	82,0	82,7		82,7	-0,5
L62	83,2	83,6	83,4	**	**	**	83,4		83,4	-0,2
L63	86,0	86,6	86,0	85,7	85,5	85,6	85,9	-4,3	81,6	-1,1
L64	82,1	82,2	82,2	**	**	**	82,2		82,2	-0,8
L65	86,8	86,9	86,6	**	**	**	86,8		86,8	1,5
Média								Y	83,8	
Desvio Padrão								s	2,01	

Para o posto de trabalho 1 – Serrote Mecânico, face às variações encontradas nos valores de monitorização, associadas a diferenças não controláveis entre as folhas de serra utilizadas, foram introduzidas algumas correções aos resultados dos laboratórios, indicadas na tabela 2.

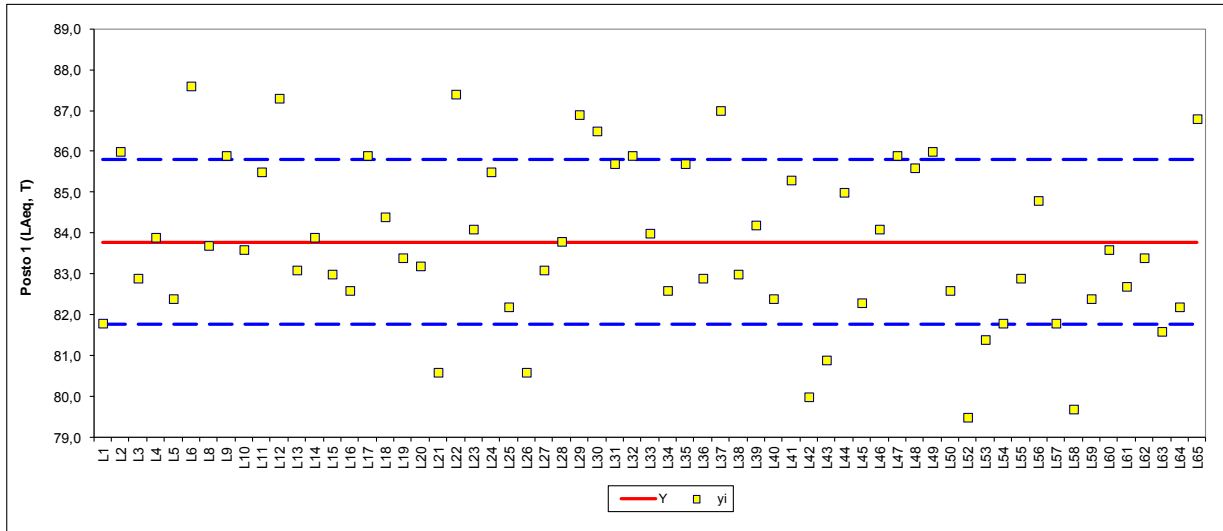


Figura 3 – Análise gráfica – Posto de trabalho 1

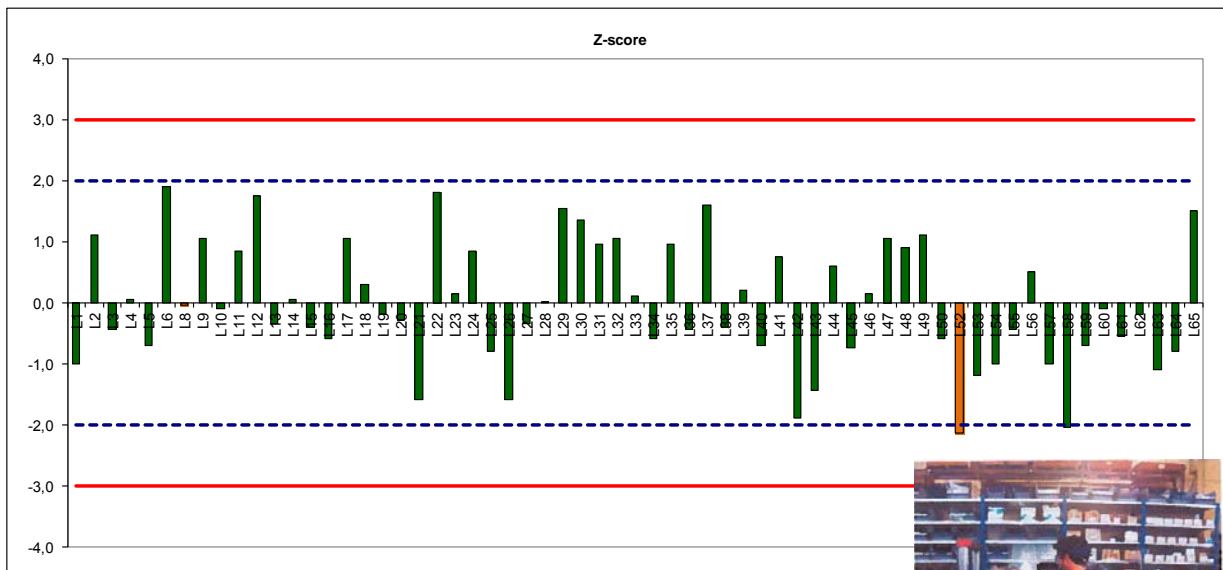


Figura 4 – Análise gráfica – Posto de trabalho 1

A fotografia apresentada na figura 4 corresponde ao ensaio efetuado pelo laboratório que obteve um desempenho questionável na caracterização deste posto de trabalho.

3.1.2 L_{Cpico}

Tabela 3 – Análise estatística – Posto de trabalho 1

Laboratórios	y_{i_1}	y_{i_2}	y_{i_3}	y_{i_4}	y_{i_5}	y_{i_6}	y_i
L1	100,2	100,6	101,1	**	**	**	100,6
L2	102,7	103,2	102,8	**	**	**	102,9
L3	105,5	103,1	102,0	**	**	**	103,5
L4	102,9	**	**	**	**	**	102,9
L5	102,7	102,7	102,9	**	**	**	102,8
L6	106,0	105,6	105,4	**	**	**	105,7
L8	105,7	106,0	106,5	**	**	**	106,1
L9	101,7	101,7	102,1	**	**	**	101,8
L10	103,9	106,8	107,2	**	**	**	106,0
L11	103,3	103,3	103,2	**	**	**	103,3
L12	102,7	104,2	103,0	**	**	**	103,3
L13	102,6	102,8	103,0	104,8	**	**	103,3
L14	100,5	101,9	102,1	**	**	**	101,5
L15	101,3	101,6	101,1	**	**	**	101,3
L16	103,0	101,9	102,0	**	**	**	102,3
L17	104,6	105,2	105,3	**	**	**	105,0
L18	102,0	103,8	101,6	**	**	**	102,5
L19	103,3	103,8	104,0	**	**	**	103,7
L20	103,0	102,2	103,2	**	**	**	102,8
L21	98,9	100,6	99,7	**	**	**	99,7
L22	104,2	108,3	104,2	104,2	**	**	105,2
L23	103,2	104,6	102,9	**	**	**	103,6
L24	108,8	107,9	108,1	**	**	**	108,3
L25	101,3	100,9	102,0	**	**	**	101,4
L26	99,8	101,1	101,6	101,4	**	**	101,0
L27	106,0	104,0	104,0	**	**	**	104,7
L28	102,6	102,5	102,1	**	**	**	102,4
L29	102,9	103,9	103,6	**	**	**	103,5
L30	104,7	104,8	105,1	**	**	**	104,9
L31	105,3	103,7	105,7	**	**	**	104,9
L32	101,9	102,6	103,7	**	**	**	102,7
L33	102,0	101,0	102,0	**	**	**	101,7
L34	101,7	101,9	102,4	**	**	**	102,0
L35	104,4	104,9	106,4	**	**	**	105,2
L36	102,7	**	**	**	**	**	102,7
L37	104,5	102,9	103,5	**	**	**	103,6
L38	102,4	101,7	102,3	**	**	**	102,2
L39	103,1	102,4	103,4	**	**	**	103,0
L40	104,0	101,8	102,5	**	**	**	102,8
L41	103,7	104,3	103,6	102,8	**	**	103,6
L42	101,7	99,7	99,9	**	**	**	100,4
L43	99,5	101,2	101,1	**	**	**	100,6
L44	101,7	100,7	100,8	**	**	**	101,1
L45	105,0	**	**	**	**	**	105,0
L46	105,1	104,0	105,4	**	**	**	104,8
L47	105,7	105,4	105,6	**	**	**	105,6
L48	103,1	103,5	103,4	**	**	**	103,3
L49	103,0	103,4	103,3	**	**	**	103,2
L50	101,8	102,7	102,0	**	**	**	102,2
L52	98,7	**	**	**	**	**	98,7
L53	103,5	103,6	102,4	**	**	**	103,2
L54	104,5	104,3	104,7	**	**	**	104,5
L55	102,0	102,2	101,2	102,3	102,4	101,2	101,9
L56	102,4	102,1	101,9	**	**	**	102,1
L57	100,4	100,4	100,6	**	**	**	100,5
L58	102,6	102,7	103,1	104,4	104,0	102,8	103,3
L59	104,5	105,7	103,7	**	**	**	104,6
L60	102,9	101,2	101,2	**	**	**	101,8
L61	102,5	101,9	102,2	101,1	101,8	101,7	101,9
L62	102,9	102,0	100,6	**	**	**	101,8
L63	100,8	101,2	101,0	100,5	100,3	101,6	100,9
L64	102,3	102,1	101,4	**	**	**	101,9
L65	102,6	102,0	102,2	**	**	**	102,3
			Valor Máximo				108,3

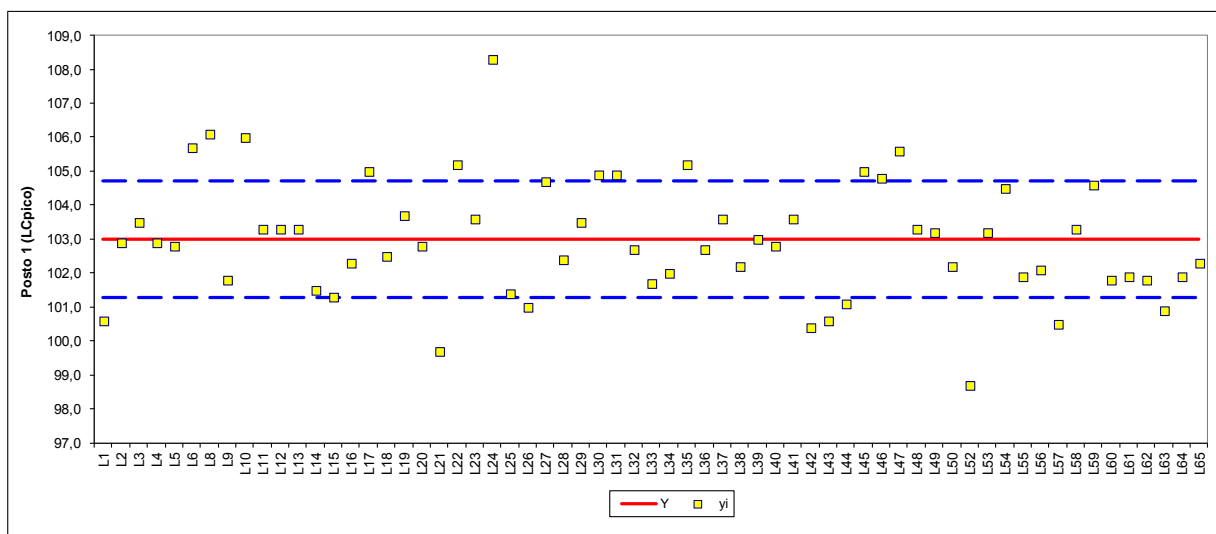


Figura 5 – Análise gráfica – Posto de trabalho 1

3.2 Posto de trabalho 2 – empilhador

3.2.1 $L_{Aeq,T}$

Para este posto de trabalho verificou-se que dois laboratórios, L44 e L65 obtiveram valores aberrantes.



Figura 6 – Laboratórios com valores aberrantes no posto de trabalho 2

Em ambos os casos foram utilizados dosímetros, na caracterização deste posto de trabalho.

Tabela 4 – Análise estatística – Posto de trabalho 2

Laboratórios	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_i	Z-score
L1	83,3	81,0	81,9	**	**	**	82,1	0,1
L2	82,2	83,4	88,9	**	**	**	84,8	1,7
L3	79,8	78,4	78,5	**	**	**	78,9	-1,8
L4	81,4	**	**	**	**	**	81,4	-0,3
L5	80,1	80,0	80,0	**	**	**	80,0	-1,2
L6	82,6	81,9	81,7	**	**	**	82,1	0,1
L8	82,0	82,0	82,2	**	**	**	82,1	0,1
L9	82,3	81,3	81,8	**	**	**	81,8	-0,1
L10	83,3	82,9	82,6	**	**	**	82,9	0,6
L11	82,1	81,6	82,3	**	**	**	82,0	0,0
L12	82,5	82,4	81,8	**	**	**	82,2	0,1
L13	80,9	81,9	81,1	80,2	**	**	81,0	-0,6
L14	80,1	80,8	80,1	**	**	**	80,3	-1,0
L15	81,6	80,9	81,6	**	**	**	81,4	-0,3
L16	82,8	82,0	82,5	**	**	**	82,4	0,3
L17	85,0	85,8	84,6	**	**	**	85,1	1,9
L18	81,8	82,8	83,1	**	**	**	82,6	0,4
L19	82,9	83,5	81,3	**	**	**	82,6	0,4
L20	84,0	83,8	83,7	**	**	**	83,8	1,1
L21	79,3	79,1	79,7	**	**	**	79,4	-1,5
L22	79,9	79,3	79,1	**	**	**	79,4	-1,5
L23	82,2	82,8	81,7	**	**	**	82,2	0,1
L24	80,0	79,7	80,7	**	**	**	80,1	-1,1
L25	80,9	78,8	79,9	**	**	**	79,9	-1,2
L26	82,8	82,2	81,4	83,5	**	**	82,5	0,3
L27	81,0	80,4	80,7	**	**	**	80,7	-0,8
L28	81,6	82,0	82,0	**	**	**	81,9	0,0
L29	85,1	84,9	84,3	**	**	**	84,8	1,7
L30	84,2	85,0	85,0	**	**	**	84,7	1,7
L31	82,1	82,6	82,4	**	**	**	82,4	0,3
L32	85,4	85,1	84,9	**	**	**	85,1	1,9
L33	79,0	80,0	79,0	**	**	**	79,3	-1,6
L34	85,1	85,1	83,8	**	**	**	84,7	1,7
L35	85,8	83,5	83,7	**	**	**	84,3	1,4
L36	82,1	**	**	**	**	**	82,1	0,1
L37	81,7	82,0	81,2	**	**	**	81,6	-0,2
L38	79,5	80,2	79,1	**	**	**	79,6	-1,4
L39	81,2	81,1	80,7	**	**	**	81,0	-0,6
L40	80,7	80,2	80,7	**	**	**	80,5	-0,9
L41	80,4	80,6	80,8	**	**	**	80,6	-0,8
L42	82,0	82,3	81,9	**	**	**	82,1	0,1
L43	79,3	78,9	78,8	**	**	**	79,0	-1,8
L44	68,4	67,5	67,1	**	**	**	67,7	
L45	81,9	**	**	**	**	**	81,9	0,0
L46	83,6	83,4	83,4	**	**	**	83,5	0,9
L47	81,1	82,7	82,1	**	**	**	82,0	0,0
L48	81,0	81,2	80,1	80,3	**	**	80,7	-0,8
L49	86,4	86,4	85,4	**	**	**	86,1	2,5
L50	82,0	82,1	82,1	**	**	**	82,1	0,1
L52	80,3	**	**	**	**	**	80,3	-1,0
L53	82,4	82,3	82,0	**	**	**	82,2	0,1
L54	83,4	83,4	83,7	**	**	**	83,5	0,9
L55	83,9	82,8	82,0	81,4	81,0	81,1	82,0	0,0
L56	81,2	81,4	80,5	**	**	**	81,0	-0,6
L57	81,3	81,2	79,9	**	**	**	80,8	-0,7
L58	83,3	83,0	81,7	**	**	**	82,7	0,4
L59	82,4	81,2	82,6	**	**	**	82,1	0,1
L60	82,3	82,5	82,2	**	**	**	82,3	0,2
L61	82,5	82,3	83,4	83,6	**	**	83,0	0,6
L62	82,1	81,2	80,4	**	**	**	81,2	-0,5
L63	81,6	80,6	81,2	82,8	**	**	81,6	-0,2
L64	83,2	83,2	83,4	**	**	**	83,3	0,8
L65	63,9	64,4	64,7	**	**	**	64,2	
			Média			Y	82,0	
			Desvio Padrão			s	1,65	

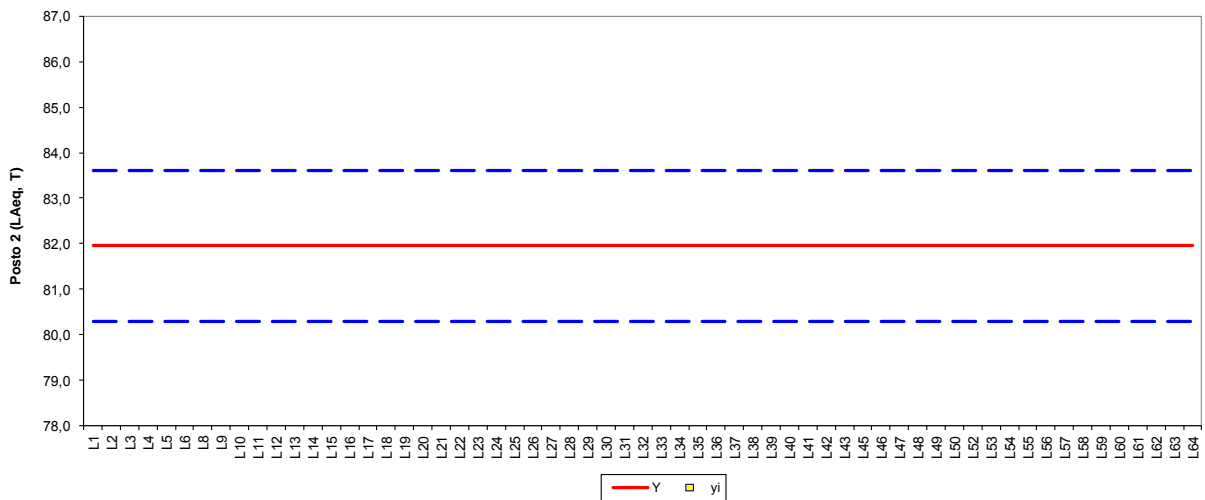


Figura 6 – Análise gráfica – Posto de trabalho 2

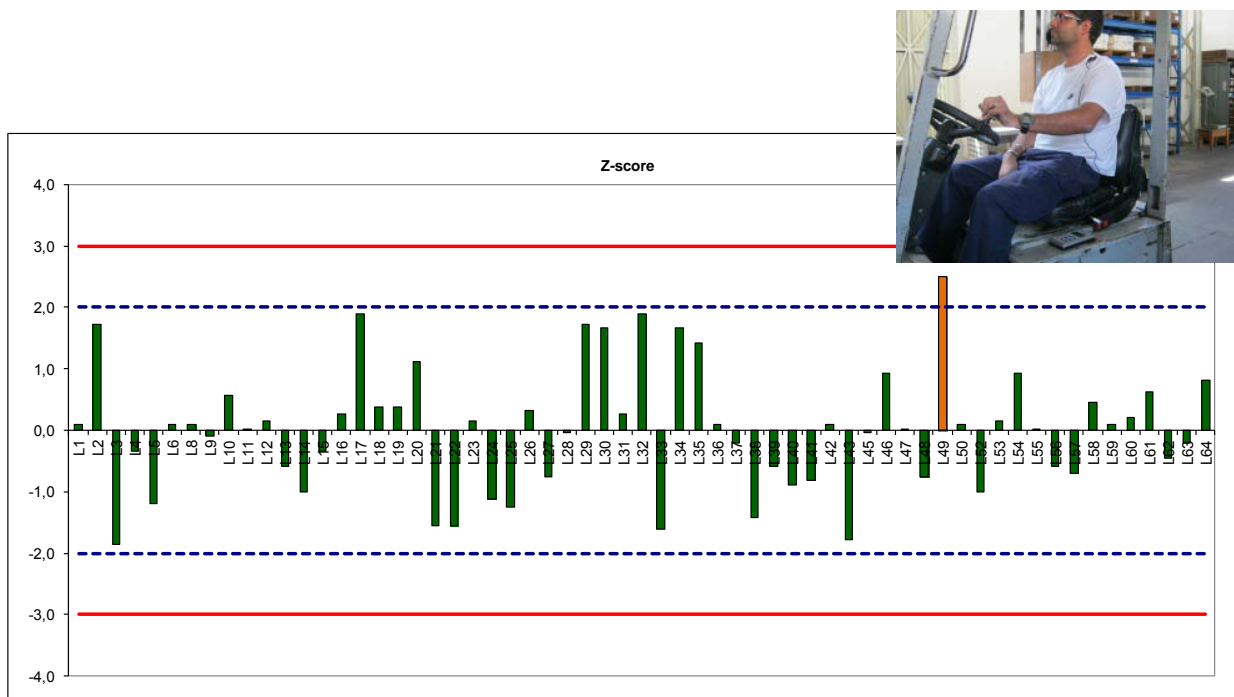


Figura 7 – Análise gráfica – Posto de trabalho 2

A fotografia apresentada na figura 7 corresponde ao ensaio efetuado pelo laboratório que obteve um desempenho questionável na caracterização deste posto de trabalho.

3.2.2 L_{Cpico}

Tabela 5 – Análise estatística – Posto de trabalho 2

Laboratórios	y_i_1	y_i_2	y_i_3	y_i_4	y_i_5	y_i_6	y_i
L1	121,3	117,1	118,6	**	**	**	119,0
L2	123,6	144,3	130,4	**	**	**	132,8
L3	115,0	109,7	114,0	**	**	**	112,9
L4	116,6	**	**	**	**	**	116,6
L5	115,5	116,6	120,4	**	**	**	117,5
L6	123,9	124,9	124,0	**	**	**	124,3
L8	115,7	115,5	117,4	**	**	**	116,2
L9	124,0	125,3	118,6	**	**	**	122,6
L10	119,3	121,3	119,2	**	**	**	119,9
L11	113,3	113,3	113,3	**	**	**	113,3
L12	121,7	113,2	123,2	**	**	**	119,4
L13	120,8	118,6	118,6	116,0	**	**	118,5
L14	122,3	123,8	119,4	**	**	**	121,8
L15	121,0	119,3	120,9	**	**	**	120,4
L16	123,0	123,9	121,1	**	**	**	122,7
L17	121,7	124,7	124,7	**	**	**	123,7
L18	118,6	124,9	123,6	**	**	**	122,4
L19	118,7	117,7	117,9	**	**	**	118,1
L20	124,1	124,0	123,1	**	**	**	123,7
L21	113,5	115,2	119,9	**	**	**	116,2
L22	114,1	114,2	114,2	**	**	**	114,2
L23	123,1	123,4	123,4	**	**	**	123,3
L24	114,2	114,0	116,5	**	**	**	114,9
L25	120,4	117,5	118,0	**	**	**	118,6
L26	125,7	118,4	118,0	120,7	**	**	120,7
L27	119,0	118,0	118,0	**	**	**	118,3
L28	117,1	120,3	122,8	**	**	**	120,1
L29	122,1	121,6	118,3	**	**	**	120,7
L30	122,1	124,7	124,2	**	**	**	123,7
L31	120,0	122,1	121,4	**	**	**	121,2
L32	129,6	124,6	125,0	**	**	**	126,4
L33	114,0	114,0	114,0	**	**	**	114,0
L34	120,6	122,1	120,8	**	**	**	121,2
L35	121,7	121,2	130,4	**	**	**	124,4
L36	120,7	**	**	**	**	**	120,7
L37	117,7	122,6	119,2	**	**	**	119,8
L38	114,6	120,2	112,8	**	**	**	115,8
L39	113,8	120,0	112,0	**	**	**	115,3
L40	113,7	112,5	115,0	**	**	**	113,7
L41	116,8	126,0	119,1	**	**	**	120,6
L42	116,5	117,2	121,0	**	**	**	118,2
L43	114,9	110,8	112,2	**	**	**	112,6
L44	132,8	126,7	127,0	**	**	**	128,8
L45	122,0	**	**	**	**	**	122,0
L46	123,6	122,4	127,6	**	**	**	124,5
L47	117,2	125,6	122,4	**	**	**	121,7
L48	117,0	122,6	119,2	119,6	**	**	119,6
L49	128,6	127,2	127,2	**	**	**	127,7
L50	119,3	119,3	117,7	**	**	**	118,8
L52	123,1	**	**	**	**	**	123,1
L53	123,5	125,9	122,0	**	**	**	123,8
L54	120,3	118,8	119,9	**	**	**	119,7
L55	119,7	126,7	123,6	120,1	119,0	121,1	121,7
L56	117,2	116,8	115,9	**	**	**	116,6
L57	118,0	119,4	115,5	**	**	**	117,6
L58	119,4	117,9	116,0	**	**	**	117,8
L59	119,6	115,4	115,9	**	**	**	117,0
L60	118,1	119,7	125,1	**	**	**	121,0
L61	117,4	118,2	123,1	120,6	**	**	119,8
L62	119,1	118,5	125,4	**	**	**	121,0
L63	123,3	117,8	123,1	119,6	**	**	121,0
L64	125,0	123,6	124,3	**	**	**	124,3
L65	121,0	120,4	122,5	**	**	**	121,3
			Valor Máximo				132,8

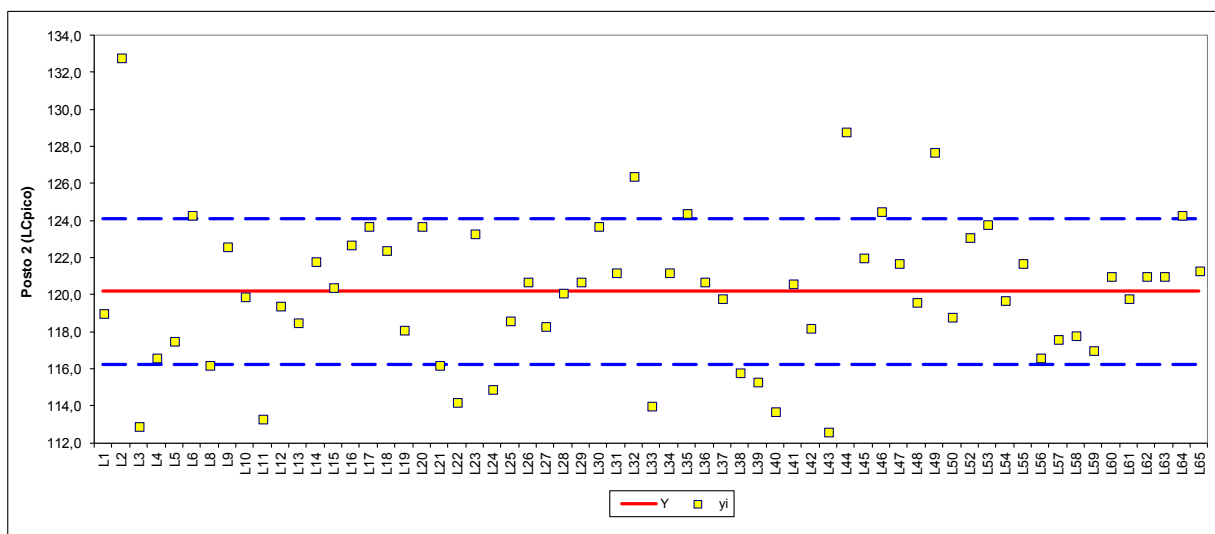


Figura 8 – Análise gráfica – Posto de trabalho 2

3.3 Exposição diária ao ruído, $L_{EX,8h}$

3.3.1 $L_{EX,8h}$ e incerteza

Tabela 6 – $L_{EX,8h}$ e incerteza

Laboratórios	$L_{EX,8h}$	$L_{EX,8h}$ (CT)	Incerteza Laboratório	Incerteza CT
L1	80,6	80,7	1,9	2,2
L2	86,0	85,7	1,9	1,9
L3	80,7	80,7	1,7	1,9
L4	82,0	82,0	1,1	1,8
L5	80,5	80,5	1,8	2,4
L6	85,0	85,2	1,1	2,0
L8	87,7	87,7	2,1	2,9
L9	83,7	83,7	1,9	1,9
L10	82,2	82,2	1,7	1,7
L11	83,4	83,4	1,9	1,8
L12	85,0	85,0	2,0	2,0
L13	81,3	81,3	1,9	2,4
L14	81,7	81,7	1,8	1,8
L15	81,2	81,3	1,6	1,7
L16	81,3	81,3	1,7	1,6
L17	84,5	84,5	2,0	2,3
L18	82,7	82,7	1,8	1,7
L19	81,9	81,9	1,7	1,7
L20	82,2	82,2	1,6	1,6
L21	79,0	79,0	1,6	1,7
L22	88,8	88,8	2,1	2,1
L23	82,3	82,3	1,7	1,8

Laboratórios	$L_{EX,8h}$	$L_{EX,8h}$ (CT)	Incerteza Laboratório	Incerteza (CT)
L24	89,0	89,3	1,4	2,1
L25	80,3	80,3	1,8	1,8
L26	80,1	80,1	1,8	1,5
L27	84,8	84,8	2,1	2,1
L28	82,0	82,0	1,8	1,7
L29	85,0	85,1	1,9	2,4
L30	84,7	84,8	1,7	1,7
L31	83,6	83,6	1,7	1,8
L32	84,4	84,4	2,4	2,3
L33	81,9	81,9	1,9	1,9
L34	82,2	82,2	2,2	1,9
L35	84,1	84,1	1,9	1,8
L36	81,5	81,4	2,5	1,7
L37	84,6	84,6	1,7	2,7
L38	80,9	80,9	1,9	1,9
L39	82,1	82,1	1,7	1,8
L40	80,6	80,6	0,7	1,7
L41	82,9	82,9	1,8	1,9
L42	80,0	79,6	1,6	1,5
L43	79,0	79,1	1,9	2,4
L44	82,0	82,0	2,3	3,1
L45	80,9		1,6	
L46	83,0	82,7	2,0	2,3
L47	87,5	87,5	2,0	2,1
L48	83,2	83,2	2,0	2,7
L49	85,0	84,8	1,8	2,2
L50	81,2	81,2	1,7	1,6
L52	78,5	78,5	1,6	1,6
L53	80,5	80,4	1,6	1,6
L54	86,2	86,2	1,9	1,9
L55	81,5	81,4	2,4	2,3
L56	82,6	82,6	1,9	2,6
L57	80,3	80,3	2,3	1,7
L58	84,3	84,3	2,0	2,0
L59	86,7	86,7	2,4	3,1
L60	82,0	82,0	1,6	1,7
L61	81,5	81,5	1,6	1,6
L62	82,8	81,6	1,8	1,8
L63	83,6	83,6	1,8	1,9
L64	81,0	81,3	1,8	2,0
L65	83,8	83,8	2,2	3,1

Na tabela acima são apresentados os valores de $L_{EX,8h}$ e de respetiva incerteza, apresentados pelos laboratórios, bem como os mesmos valores calculados pela comissão técnica (CT) a partir dos resultados apresentados pelos laboratórios. Em alguns casos não são apresentados os valores calculados pela CT, por não existirem dados suficientes para o cálculo.

3.3.2 Análise gráfica

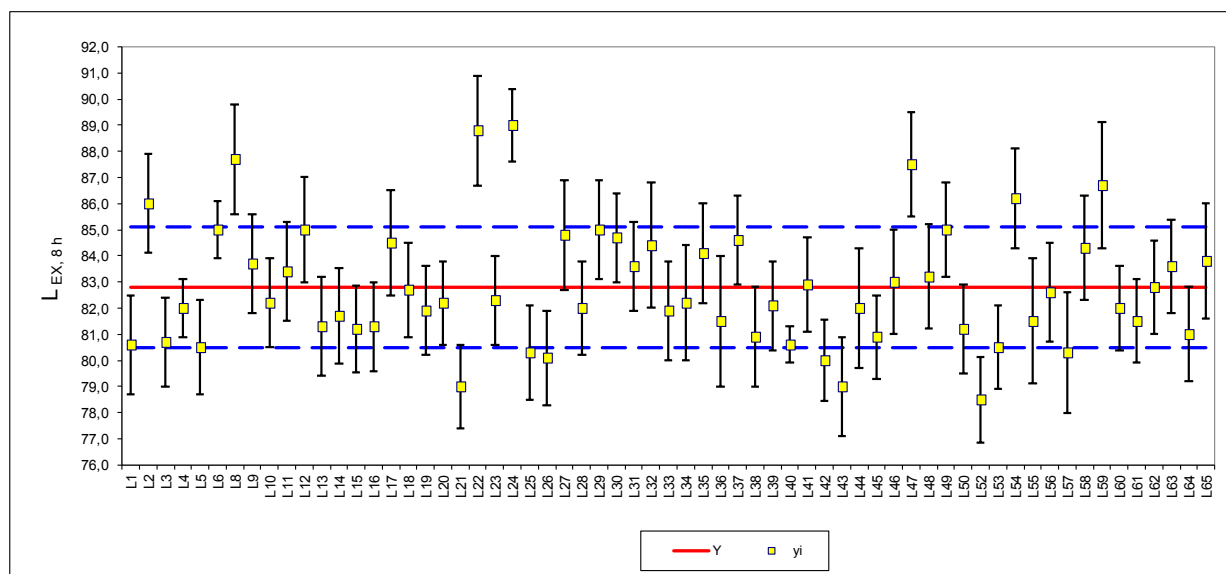


Figura 9 – Análise gráfica – $L_{EX,8h}$

3.3.3 Fontes de incerteza

As fontes de incerteza indicadas pelos laboratórios participantes nos cálculos respetivos foram as seguintes:

Repetibilidade das Medições	Sistema de Medição
Duração da Tarefa	Classe do sonómetro
Posição de medição	Exatidão do Equipamento
Instrumento de medição	Nível de Exposição
Arredondamento	Soma por tarefa
Crítério de Estabilidade	

Em alguns casos foram contabilizadas mais fontes de incerteza do que as previstas na norma NP EN ISO 9612 [3].

4 Conclusões

A análise dos resultados dos ensaios e o seu tratamento estatístico permite que os laboratórios efetuem uma reflexão acerca do seu desempenho, nomeadamente, em relação à técnica de ensaio, à localização do microfone, ao fator de calibração, à escolha da gama dinâmica, cálculos e apresentação de resultados, análise crítica de desvios e implementação de ações corretivas.

Neste Ensaio de Comparação Interlaboratorial apresentaram um desempenho questionável na determinação do L_{Aeq} , o Laboratório L52 no posto de Trabalho 1 – Serrote Mecânico e o laboratório L49 no posto de trabalho 2 - Empilhador.

Pelo método de Grubb's, que permite a deteção de valores aberrantes com base na variabilidade interlaboratorial, foi eliminado o valor do Laboratório L44 e do Laboratório L65, na determinação do L_{Aeq} no posto trabalho 2 - Empilhador.

Para além destas situações, verifica-se ainda que existem algumas divergências relativamente aos cálculos efetuados. Para o cálculo de $L_{EX,8h}$, verificou-se que em 8 laboratórios, cerca de 12%, o valor calculado de $L_{EX,8h}$ apresentava diferenças superiores a 0,1 dB em relação ao valor calculado pela CT. Já no que respeita ao cálculo de incertezas, as divergências ocorreram em 26 laboratórios, ou seja cerca de 41%.

Como corolário deste ECI podemos concluir que, face aos resultados evidenciados, a generalidade dos laboratórios participantes efetua ensaios de forma correta e calcula adequadamente os níveis de exposição pessoal diária dos trabalhadores ao ruído. Relativamente ao cálculo de incertezas, face à percentagem de laboratórios com valores discrepantes sugere a necessidade de uma maior harmonização no cálculo de incertezas aplicado aos ensaios de exposição pessoal diária dos trabalhadores ao ruído.

Agradecimentos

Agradece-se à Relacre, pela cedência dos dados do ECI.

Agradece-se à Arsenal do Alfeite, S.A., pela cedência das instalações onde decorreram os ensaios.

Referências

- [1] Decreto-lei 182/2006, de 6 de setembro.
- [2] Diretiva 2003/10/CE.
- [3] NP EN ISO 9612:2011. Acústica – Determinação da exposição ao ruído ocupacional. Método de engenharia.
- [4] ISO 5725: 1994. Accuracy - trueness and precision - of methods and results – Part 2 – Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- [5] ISO 5725: 1994 Accuracy - trueness and precision - of methods and results – Part 3 – Intermediate measures of the precision of a standard measurement method.