



Ensaio interlaboratorial e de proficiência 2017 para laboratórios de ensaios de campo de acústica em edificação

Pozzer, Talita¹; Carolina Monteiro²; Pierrard, Juan Frías³

(1) ProAcústica, talita.pozzer@proacustica.org.br.

(2) ProAcústica, tecnico@proacustica.org.br.

(3) ProAcústica, ambiental@proacustica.org.br.

1. RESUMO

A entrada em vigor da Norma ABNT NBR 15.575:2013 exige que as edificações habitacionais atendam requisitos de isolamento acústico entre as diferentes unidades, assim como estabelece metodologias de ensaio de campo conforme normas ISO para verificar o atendimento destes requisitos. Como consequência, a demanda de realização de ensaios de campo em edificações aumentou consideravelmente, assim como o número de laboratórios que prestam esse tipo de serviços. A ProAcústica - Associação Brasileira para a Qualidade Acústica é uma entidade sem fins lucrativos que tem como objetivo a difusão e melhora contínua do setor da acústica no Brasil. Para atender esse objetivo, a ProAcústica organizou a terceira edição do “Programa Interlaboratorial de Ensaio de Campo para Laboratórios de Acústica na Edificação”, que constitui uma ferramenta fundamental para que as empresas que realizam serviços de medição de campo possam assegurar a qualidade dos seus resultados. O programa contou com a participação de 19 laboratórios em diversos ensaios (isolamento acústico a ruído aéreo entre ambientes e de fachadas, isolamento a ruído de impacto, níveis sonoros de instalações e equipamentos e tempo de reverberação), objetivando tanto a avaliação da precisão dos métodos de ensaios no mercado brasileiro, assim como a análise do desempenho dos laboratórios participantes como ferramenta de controle de qualidade. No presente artigo são apresentadas as metodologias e procedimentos empregados, assim como os resultados, tanto do ensaio interlaboratorial, como do ensaio de proficiência.

Palavras-chave: Ensaio interlaboratorial, proficiência, qualidade, laboratórios

2. ABSTRACT

Brazilian standard ABNT NBR 15.575: 2013 establishes requirements for building acoustics performance of dwellings and incorporates field tests procedures, that should be performed according to specific ISO standards, in order to verify the accomplishment of the determined requirements. Consequently, the demand for sound insulation field tests has increased in Brazil, as well as the number of laboratories providing this type of service. ProAcústica - Brazilian Association for Acoustical Quality is a non-profit entity which main objective is the continuous dissemination and improvement of the acoustics sector in Brazil. Aiming to meet this objective, ProAcústica organized the third edition of the "Interlaboratory program of field tests for building acoustics laboratories", which consists of a fundamental tool for acoustic field laboratories to evaluate and verify the quality of their measurement results. In total, 19 laboratories participated in the program for different type of tests (airborne sound insulation and airborne facade sound insulation, impact sound level, sound pressure level from service equipment in buildings, and reverberation time). The main objectives were both the evaluation of the precision of the field test methods in the Brazilian market, as well as the analysis of the performance of the participating laboratories as a quality control tool.

This paper presents the methodologies and procedures used in the interlaboratory program, as well as the results of both the interlaboratory test and the proficiency test.

Keywords: Interlaboratory test, proficiency, quality, laboratories.

3. INTRODUÇÃO

Um ensaio interlaboratorial é aquele em que vários laboratórios, com suas próprias metodologias de medida, técnicos e instrumentação de medida, medem o mesmo item. Os principais objetivos dos ensaios interlaboratoriais são:

- Avaliar a exatidão ou comparabilidade dos métodos de ensaio (ensaio colaborativo);
- Avaliar a competência técnica dos laboratórios para realizar ensaios (ensaio de proficiência) e realizar o acompanhamento permanente do desempenho;
- Identificar problemas e poder desenvolver possíveis soluções;
- Proporcionar um dado de confiança adicional para os clientes.

Os ensaios de proficiência são um caso específico dos ensaios interlaboratoriais, mediante os quais se avalia o desempenho dos diferentes laboratórios participantes. A participação periódica consiste em um requisito fundamental para o controle da qualidade dos serviços de cada laboratório, já que constituem a única forma de avaliar que os mesmos estão realizando corretamente seu trabalho.

No programa foram realizados ensaios de pelos métodos de engenharia e pelo simplificado, o que permitiu comparar o resultado e a precisão obtida por ambas metodologias.

Igualmente, resulta de interesse acompanhar a evolução da qualidade do setor de laboratórios de acústica ao longo do tempo, pelo que os resultados dos ensaios foram comparados com os do programa interlaboratorial 2014.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Histórico

A ProAcústica é a primeira entidade em desenvolver um programa de ensaios interlaboratoriais para laboratórios de acústica de edificações no Brasil, havendo organizado em São Paulo um ensaio em dezembro de 2012 com 05 laboratórios participantes e outro em janeiro de 2014 com 07 laboratórios participantes. Ambos ensaios [1] foram realizados em empreendimentos residenciais de nova construção e obra acabada, fornecidos pela empresa Tecnisa.

4.2 Edição 2017

Em 2017 a associação lançou o terceiro programa, com uma participação de 19 laboratórios, cujos ensaios foram realizados entre os dias 13 de fevereiro e 27 de maio de 2017, em um empreendimento disponibilizado pela empresa EZTec em São Paulo. A Tabela 1 apresenta os laboratórios participantes no Programa de ensaios de 2017:

Tabela 1: Laboratórios participantes no Programa Interlaboratorial 2017

LABORATÓRIOS PARTICIPANTES	
01dB Comércio de Equipamentos Ltda.	Labacústica
Acústica Engenharia Ltda.	MMC LAB Controle Tecnológico Ltda.
Anima Acústica Tecnologia e Conhecimento Ltda. ME	Modal Acústica e Engenharia Ltda.
Associação Antônio Vieira (ASAV – UNISINOS)	Oppus Acústica Ltda.
Atenua Som Indústria e Comércio Ltda.	Pedrosa e Nascimento Engenharia e Consultoria Ltda.
Bracústica Consultoria Ltda.	Scala dB Acústica Ltda.
Echo Projetos Acústicos Ltda. ME	Síntese Arquitetura e Construção Ltda.
Environmental Solutions Consultoria SS Ltda.	Tecnisa S.A.
Grom Equipamentos Eletromecânicos Ltda.	Tecomat Engenharia Ltda.
Harmonia Acústica Ltda.	

4.3 Escopo

A Tabela 2 apresenta os ensaios considerados no Programa 2017 totalizando 122 ensaios.

Tabela 2: Ensaios realizados no Programa Interlaboratorial 2017

Nº	ENSAIO	Nº PARTICIPANTES
1	ISO 16283-1:2014 – Medição isolamento acústico a ruído aéreo entre recintos. Método de Engenharia	19
2	ISO 10052:2004 – Medição isolamento acústico a ruído aéreo entre recintos. Método Simplificado de Campo	12
3	ISO 16283-3:2016 – Medição isolamento acústico a ruído aéreo de fachadas. Método de Engenharia	19
4	ISO 10052 – Medição isolamento acústico a ruído aéreo de fachadas. Método Simplificado de Campo	12
5	ISO 16283-2:2015 – Medição isolamento acústico a ruído de impactos de pisos e lajes. Método de Engenharia	19
6	ISO 10052:2014 – Medição isolamento acústico a ruído de impactos de pisos e lajes. Método Simplificado de Campo	12
7	ISO 3382-2:2008 – Medição de tempo de reverberação	15
8	ISO 16032:2004 – Medição de ruído de instalações prediais	14

Cada laboratório participante realizou cinco repetições completas de cada ensaio e as metodologias e os procedimentos de realização dos ensaios deveriam atender sempre às Normas ISO de ensaio correspondentes. Cabe ressaltar que critérios como o número de posições, a localização da fonte e o microfone, assim como o tempo de medição em cada um dos ensaios, foram decisões que ficaram a critério de cada laboratório.

Os ambientes ensaiados estavam totalmente acabados da forma que serão entregues com revestimentos de paredes, portas, janelas e sem acabamento de piso. A seguir são informadas as soluções construtivas presentes nos ambientes ensaiados:

a) Sistema de piso:

- Laje de concreto maciço espessura 10 cm
- Contrapiso espessura média. 4 cm
- Gesso (face inferior) espessura média 1 cm

b) Fachada:

- Parede de bloco cerâmico espessura 14 cm
- Revestimento externo de argamassa massa espessura média 4,5 cm
- Revestimento interno de gesso espessura média 1 cm
- Esquadria: Esquadria de alumínio de correr de duas folhas com persiana e vidro espessura 4mm.

c)Paredes internas:

Dormitório x banho 2

Parede de bloco cerâmico espessura 9 cm
Revestimento de emboço espessura média 2 cm

Dormitório x banho 3

Parede de bloco cerâmico espessura 9 cm
Revestimento de emboço espessura média 2 cm

Dormitório x Suíte:

Parede de bloco cerâmico espessura 14 cm
Revestimento de emboço espessura média 2 cm

5. RESULTADOS

5.1. Indicadores apresentados

Os resultados foram avaliados de acordo com o estabelecido na ABNT ISO 17043:2014 [2]. Os indicadores apresentados para a avaliação dos resultados são os seguintes:

- a) Valor verdadeiro (X) e desvio padrão alvo (σ_p), obtidos respectivamente a partir da média robusta (x^*) e o desvio padrão robusto (s^*) conforme anexo C da norma ISO 13528:2015 [3];
- b) Z-Score, com o objetivo de avaliar o desempenho dos laboratórios participantes. O valor do Z-Score é calculado conforme a seguinte equação:

$$Z = (x - X)/\sigma_p, \quad (1)$$

em que x é o resultado obtido pelo laboratório, X é o valor verdadeiro e σ_p é o desvio padrão alvo.

- Se $|Z| \leq 2$, os resultados são considerados adequados (verde);
 - Se $2 < |Z| \leq 3$, os resultados são considerados questionáveis, sendo recomendável que o laboratório analise as causas e supervisione os resultados dos ensaios no parâmetro avaliado (amarelo);
 - Se $|Z| > 3$, os resultados são considerados não satisfatórios, de forma que o laboratório deverá iniciar uma ação corretiva para analisar e corrigir as causas desse resultado (vermelho);
- c) Incerteza padrão do ensaio interlaboratorial (u) calculada conforme ISO 5725-1 e ISO [4] 5725-2 [5], comparada com os valores de referência da norma ISO 12999-1 [6] para um ensaio interlaboratorial Tipo B.
 - d) Repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R) do ensaio interlaboratorial (u) calculada conforme ISO 5725-2.

5.1 Isolamento ao ruído aéreo entre recintos – $D_{nT,w}$

5.1.1. Método de engenharia ISO 16283-1:2014 (19 laboratórios)

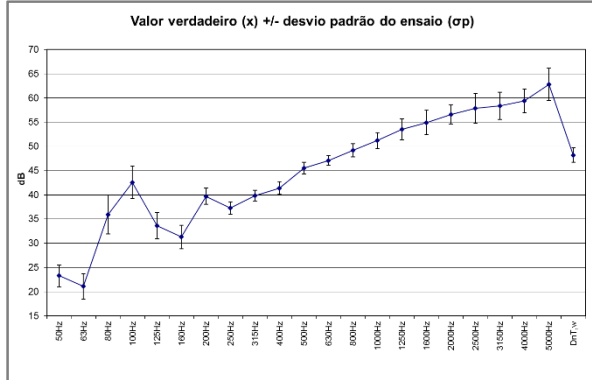


Figura 1: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σ_p)

Figura 2: Z-Score $D_{nT,w}$

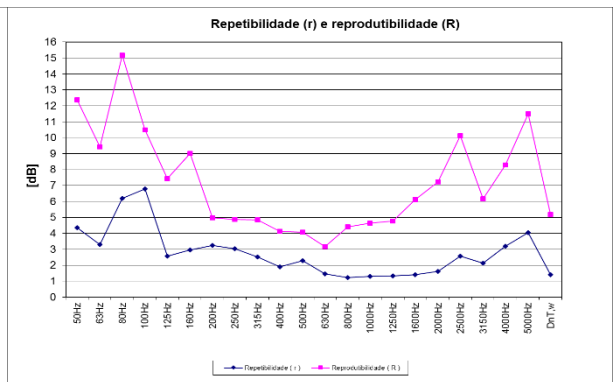
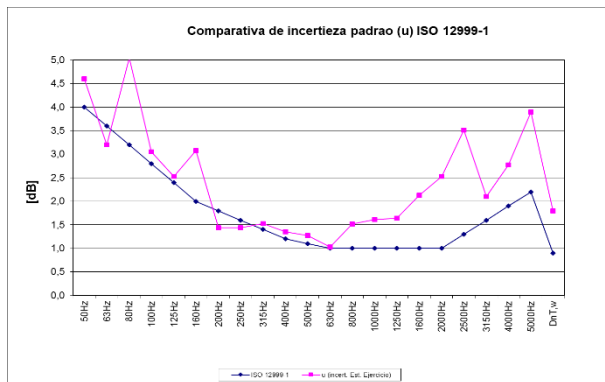


Figura 3: Comparativo incerteza padrão (u) ISO 12999-1

Figura 4: Repetibilidade e reprodutibilidade

5.1.2. Método de controle ISO 10.052:2014 (10 laboratórios)

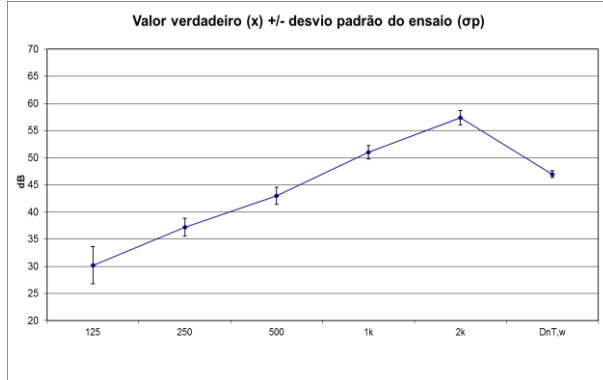


Figura 5: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σ_p)

Figura 6: Z'-Score $D_{nT,w}$

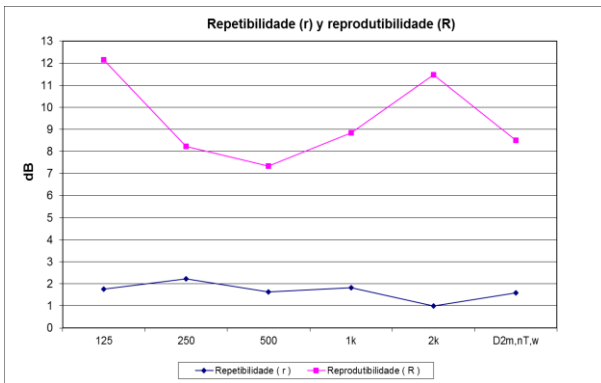


Figura 7: Repetibilidade e reprodutibilidade

5.2 Isolamento ao ruído de impacto de sistemas de piso – $L'_{nT,w}$

5.2.1. Método de engenharia ISO 16283-2:2015 (19 laboratórios)

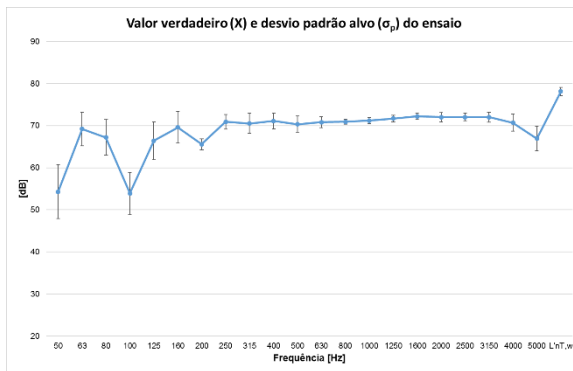


Figura 8: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σ_p)

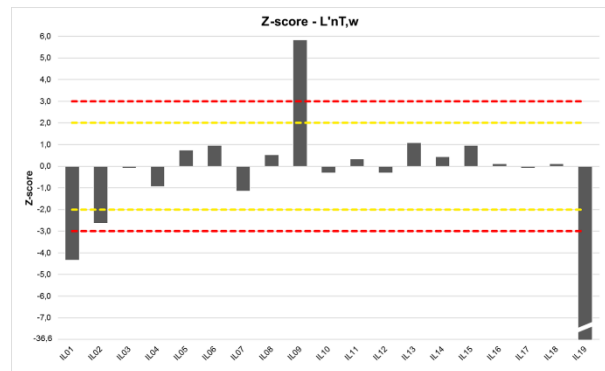


Figura 9: Z-Score $L'_{nT,w}$

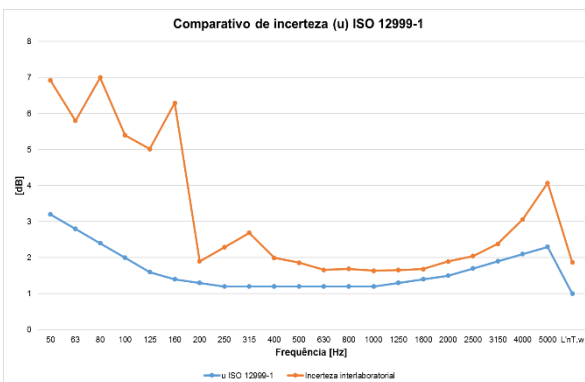


Figura 10: Comparativo incerteza padrão (u) ISO 12999-1

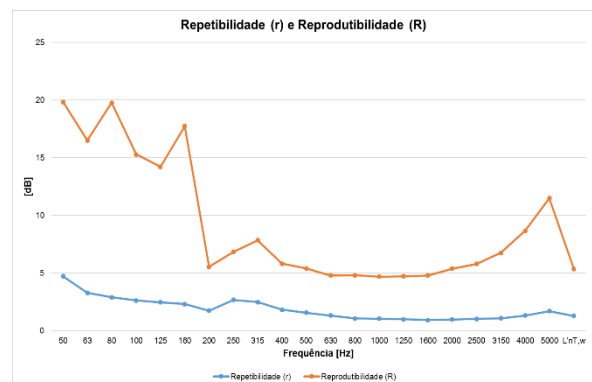


Figura 11: Repetibilidade e reprodutibilidade

5.2.2. Método de controle ISO 10.052:2014 (10 laboratórios)

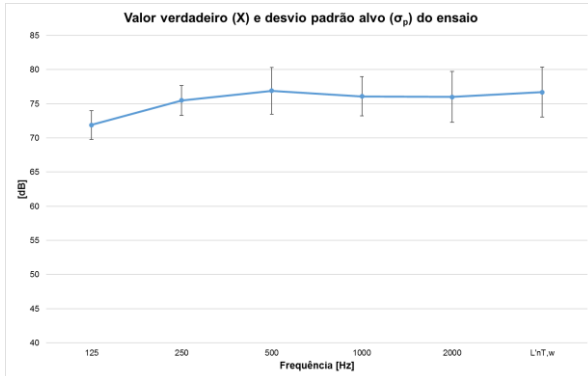


Figura 12: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σ_p)

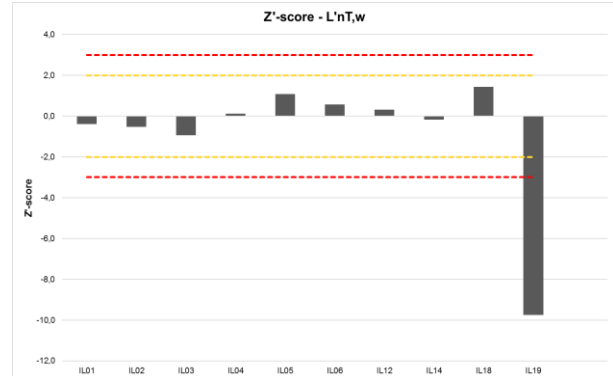


Figura 13: Z'-Score $D_{nT,w}$

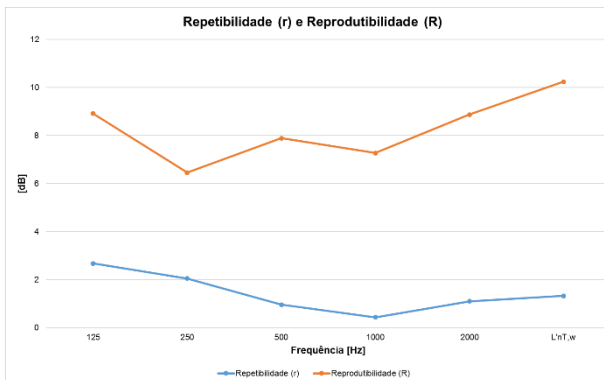


Figura 14: Repetibilidade e reprodutibilidade

5.3 Isolamento ao ruído aéreo de fachadas – $D_{2m,nT,w}$

5.3.1. Método de engenharia ISO 16283-3:2016 (17 laboratórios)

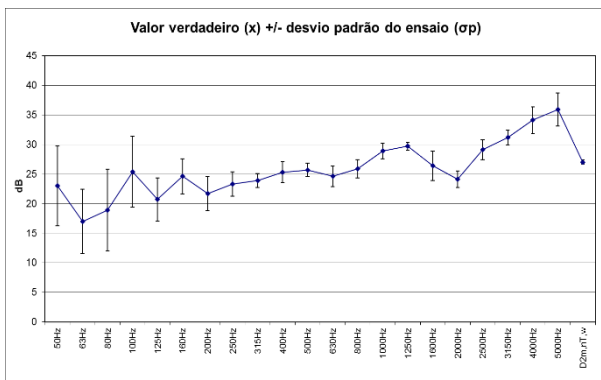


Figura 15: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σ_p)

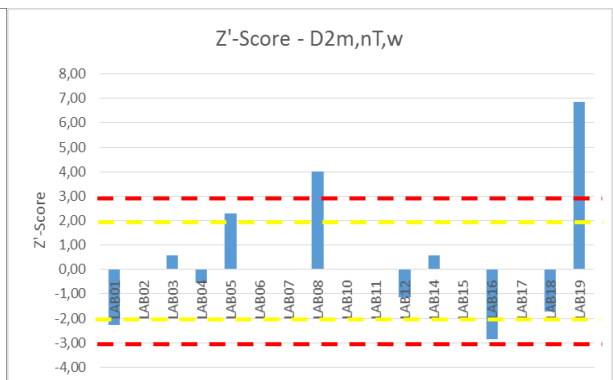


Figura 16: Z'-Score $D_{2m,nT,w}$



Figura 17: Incerteza padrão (u)

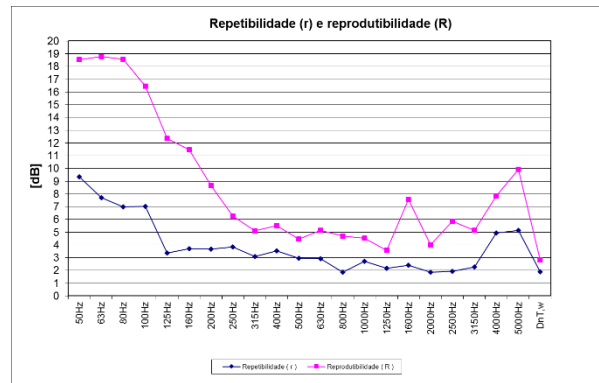


Figura 18: Repetibilidade e reprodutibilidade

5.3.2. Método de controle ISO 10.052:2014 (10 laboratórios)

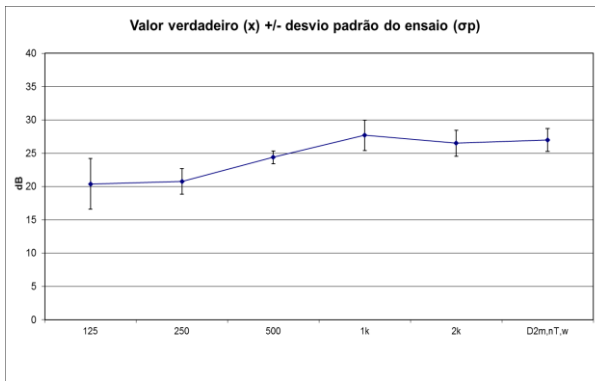


Figura 19: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σp)

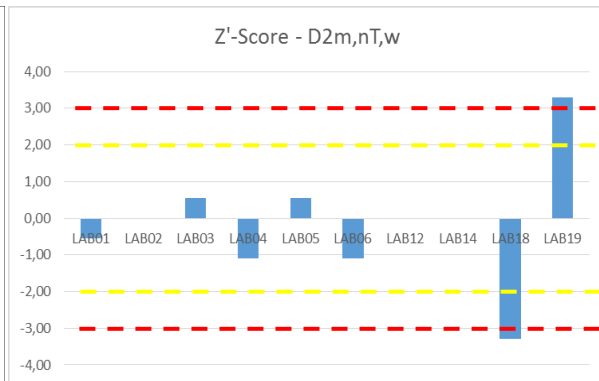


Figura 20: Z'-Score D_{nT,w}

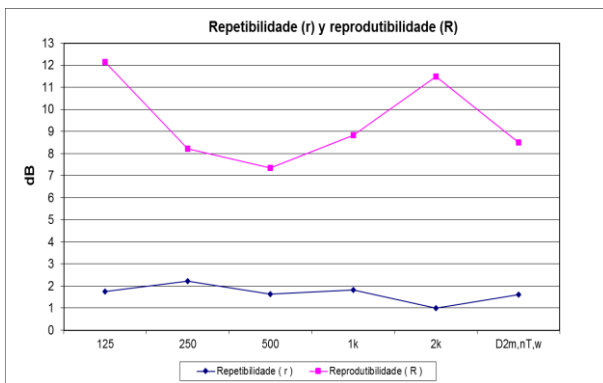


Figura 21: Repetibilidade e reprodutibilidade

5.4 Níveis de sonoros de instalações e equipamentos – $L_{Aeq,nT}$, $L_{ASmax,nT}$

5.4.1. Método de engenharia ISO 16032:2004 (13 laboratórios)

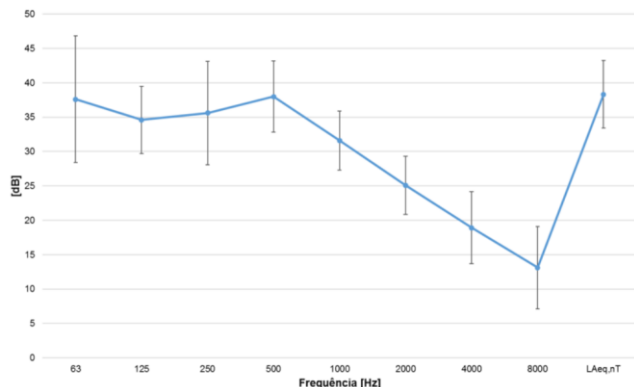


Figura 22: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σ_p) $L_{Aeq,nT}$

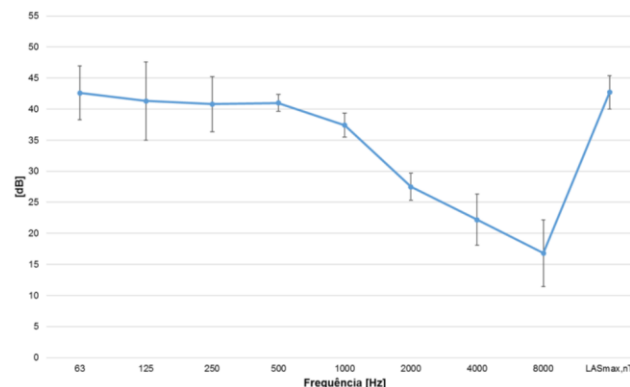


Figura 23: Valor verdadeiro (X) e desvio padrão (σ_p) $L_{ASmax,nT}$



Figura 24: Z'Score $L_{Aeq,nT}$

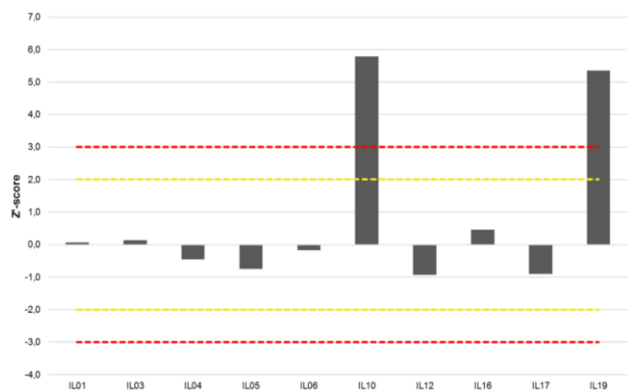


Figura 25: Z'Score $L_{ASmax,nT}$

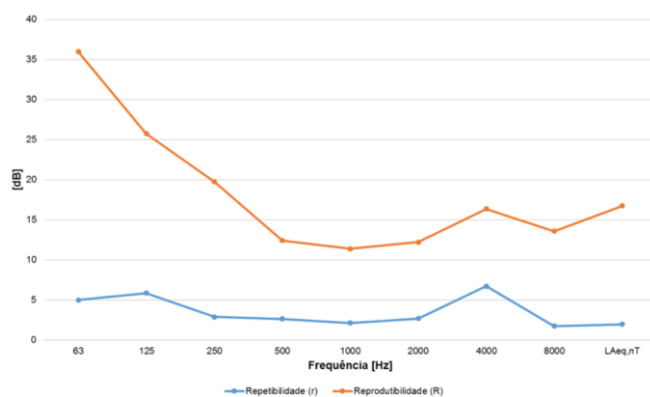


Figura 26: Repetibilidade e reprodutibilidade $L_{Aeq,nT}$

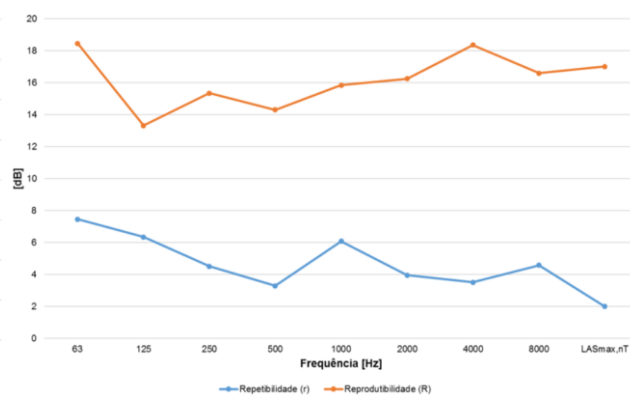
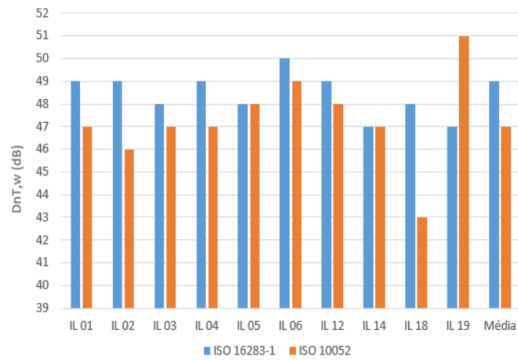


Figura 27: Repetibilidade e reprodutibilidade $L_{ASmax,nT}$

6. COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE ENGENHARIA E MÉTODO SIMPLIFICADO

A seguir se apresentam os resultados dos níveis globais obtidos pelos métodos de engenharia (ISO 16283-1 e ISO 16283-2) e o método simplificado conforme ISO 10052.

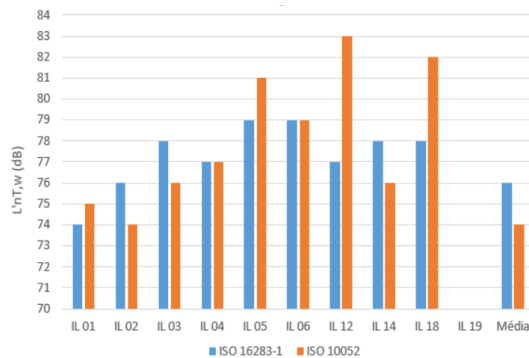
6.1. Isolamento ao ruído aéreo entre recintos (ISO 16.283-1 vs. ISO 10.052)



$D_{nT,w}$ (dB)	ISO 16283-1	ISO 10052
Média	49	47
Desv. Pad.	0,96	2,05
Valor verd	48	47
σ_p	1,5	0,7
Média geral	48	47
u	1,8	2,21
r	1,4	1,5
R	5,2	6,3

Figura 28: Comparação para $D_{nT,w}$

6.2. Isolamento ao ruído de impacto (ISO 16.283-2 vs. ISO 10.052)



$L'_{nT,w}$ (dB)	ISO 16283-1	ISO 10052
Média	76	74
Desv. Pad.	10,96	11,05
Valor verd	78	77
σ_p	0,9	3,7
Média geral	78	78
u	1,9	3,63
r	1,3	1,3
R	5,3	10,2

Figura 29: Comparação para $L'_{nT,w}$

7. COMPARAÇÃO ENTRE O PROGRAMA 2017 E O PROGRAMA 2014

A seguir se apresentam os resultados comparativos obtidos pelos métodos de engenharia dos programas 2014 (ISO 140-4 e ISO 140-7) e 2017 (ISO 16283-1 e ISO 16283-2).

7.1. Isolamento ao ruído aéreo entre recintos 2017 (19 laboratórios) vs. 2014 (7 laboratórios)

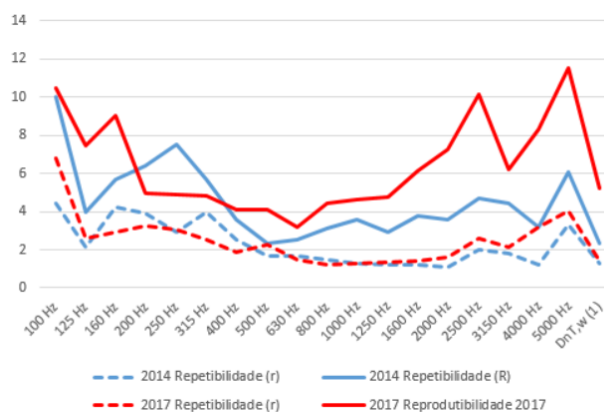


Figura 30: Comparação para os resultados de repetibilidade e reprodutibilidade

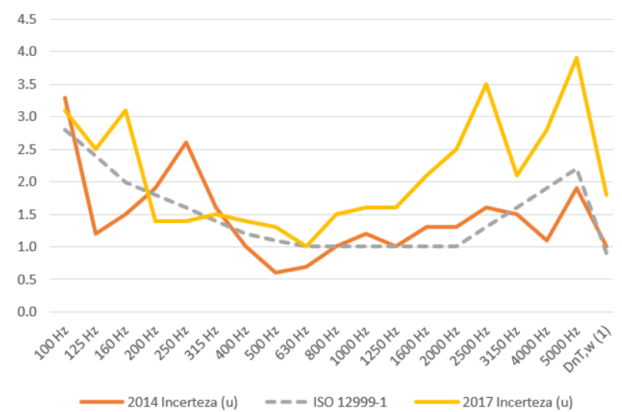


Figura 31: Comparação para os resultados de incerteza

7.2. Isolamento ao ruído aéreo entre recintos 2017 (19 laboratórios) vs. 2014 (7 laboratórios)

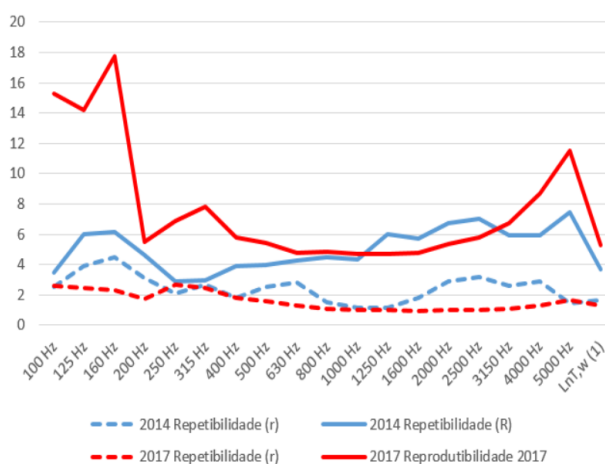


Figura 32: Comparativo de repetibilidade e reprodutibilidade

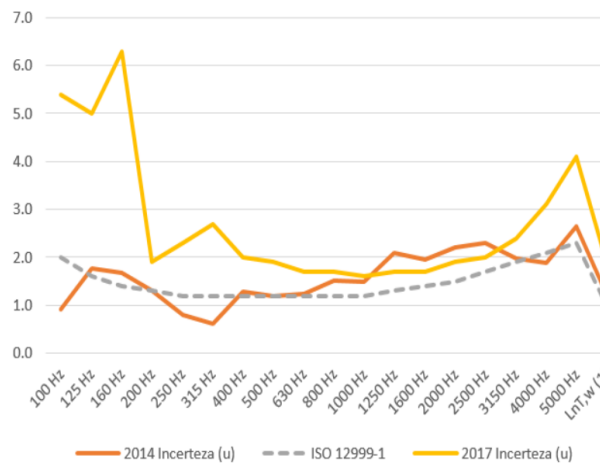


Figura 33: Comparativo de incerteza

8. CONCLUSÕES

- Observando o número de participantes, o interesse em participar em ensaios de proficiência aumentou muito na última edição, revelando um crescimento do mercado.
- Nos ensaios de isolamento, as incertezas pelo método de controle são mais elevadas que no método de engenharia. Para o ensaio de isolamento a ruído aéreo entre recintos se observa a tendência de que os valores dos resultados conforme o método de engenharia são mais elevados.
- As incertezas de medição dos ensaios de isolamento a ruído aéreo e de impacto ultrapassam os valores de referência apresentados na ISO 12999-1.
- Os ensaios de ruído de instalações apresentam incertezas mais elevadas.
- As incertezas interlaboratoriais de medição aumentaram em relação ao anterior programa interlaboratorial de 2014, devendo ser analisadas as causas.

9. REFERÊNCIAS

- [1] Programa de ensaios interlaboratoriais 2012 e 2014. XXV Encontro SOBRAC, Sociedade Brasileira de Acústica. Campinas, 2014.
- [2] ABNT ISO 17043:2014 Avaliação da conformidade - Requisitos gerais para ensaios de proficiência.
- [3] ISO 13528:2015 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- [4] ISO 5725-1:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 1: General principles and definitions.
- [5] ISO 5725-2:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- [6] ISO 12999-1:2014 Acoustics - Determination and application of measurement uncertainties in building acoustics - Part 1: Sound insulation