

ACÚSTICA E RECICLAGEM DE EDIFÍCIOS: ESTUDO DA CAPELA SANTA MARIA EM CURITIBA

Aloísio Leoni Schmid¹, Leticia de Sá Rocha², Marcia Ferreira Prestes², Scheila Simone Winck²

¹ Aloísio Leoni Schmid
Departamento de Arquitetura e Urbanismo e
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR,
CP 19011, Curitiba, PR, 81531-990, Brasil
iso@ufpr.br

²Mestranda Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR

Resumo

Um estudo de caso foi realizado a respeito de adequação acústica de espaços para a música, com o fator complicador da reciclagem de edifícios. Trata-se da Capela Santa Maria, novo espaço para música de câmara e canto coral em Curitiba, Brasil, reinaugurado em janeiro de 2008. Tal estudo de caso permite avaliar em situações práticas as simulações computacionais na adequação acústica de espaços para música. Um primeiro objetivo é avaliar os resultados fornecidos pelo sistema Mestre, desenvolvido por um dos autores, através da comparação com medições. Outro é explorar o processo de análise, identificando situações de relevante influência sobre a confiabilidade dos resultados. Foi mensurado o tempo de reverberação para diferentes bandas de oitava e comparado com resultados de simulação. Similaridades e diferenças são interpretadas e comentadas, conduzindo a uma prática mais segura da modelagem e simulação dos ambientes.

Palavras-chave: acústica, simulação, música, reciclagem e arquitetura

Abstract

A case study was conducted on room acoustics, with complicating circumstances of an architectural recycling. The venue is Santa Maria Chapel, in Curitiba, Brazil. After going through a long restoration, the building was reopened in January, 2008. It is intended for the chamber and choir repertoires. Such case study allows an evaluation, in a practical context, of the reliability of computer simulations in room acoustics. The first objective is to evaluate the results obtained from Mestre simulation system, developed by one of the authors, by comparing measured values. The other objective is to explore the analysis process, by identifying situations which could relevantly influence the reliability of the results. The reverberation time was measured at different octave bands and compared with the simulation results. Similarities and discrepancies are interpreted and commented. Contributions towards a safer modeling and simulation practice are presented.

Keywords: room acoustics, simulation, music, recycling and architecture

1 Introdução

A documentação e caracterização arquitetônica do edifício Capela Santa Maria se faz importante devido à reciclagem que esse edifício sofreu. O novo uso passa a ser uma sala para música de câmara notadamente medieval, renascentista e barroca. Dessa forma, questões técnicas foram avaliadas para verificar se o projeto acústico atendia esse novo uso. Para tanto, foi utilizado um programa para avaliação acústica, o Mestre, desenvolvido por um dos pesquisadores desse artigo[3], que permitiu a simulação do local através de modelagem dentro do programa, e também foram realizadas medições *in situ* para que se pudesse verificar a validade da simulação computacional. Sendo esta experiência relativamente rara no meio arquitetônico do Brasil, torna-se oportunidade de um aprendizado a respeito do processo de simulação acústica de salas para a música, num contexto prático.

Histórico da capela

O projeto da capela foi desenvolvido pelo arquiteto Eduardo Fernando Chaves em 1938, e a construção executada por João de Mio e concluída em 1939 [1].

Durante o período de construção da capela, havia no município um Plano de Urbanização, que previa edifícios em estilo *Art Déco*. No entanto, contrária a esta tendência, a capela do Instituto Santa Maria incorporou em sua composição elementos arquitetônicos de estilo neoclássico, com janelas emolduradas por arco pleno e diversos ornamentos [1].

A capela fazia parte do antigo Liceu Santa Maria, localizado na esquina da Rua Marechal Deodoro com Conselheiro Laurindo, no coração da cidade de Curitiba. O imóvel estava abandonado desde 1983, quando o Colégio Santa Maria se mudou para o bairro São Lourenço. Em 1998, o espaço foi doado à Prefeitura, que a inseriu no Programa Marco Zero, que fomenta investimentos para aplicação exclusiva de recursos na região central com o objetivo de dinamizar sua ocupação. Como o imóvel está situado em meio a outras edificações como o Teatro Guaíra e o Conjunto Cultural da Caixa Econômica Federal [1] a opção foi pela reciclagem da edificação, transformando-a em espaço cultural.

Enquanto paredes e teto foram recuperados em sua pintura mural, rebaixou-se o piso em direção ao antigo subsolo, aumentando o pé-direito, e conseqüentemente o volume interno.

Durante o processo de projeto da reciclagem, o isolamento acústico dos vitrais originais, defronte a uma rua movimentada, constituiu um primeiro desafio. O outro surgiu das proporções da nova volumetria, da ordem de 5200m³ para um público de 300 pessoas, considerando-se a abrangência do repertório pretendido: sede simultânea da Camerata Antiqua e da Orquestra de Câmara de Curitiba.

O repertório do primeiro conjunto pede espaços por vezes muito reverberantes (na música coral da Renascença). O segundo conjunto pede ora mais clareza (repertório não sinfônico do séc. XVII e XX), ora mais brilho e calor (romantismo, séc. XIX). Embora o domínio sobre a clareza seja fundamental, a beleza de timbre na orquestra de cordas constitui importante preocupação, evitando exagerada absorção de graves.

Buscou-se, portanto uma acústica variável, mediante uso de longas cortinas que contrastassem com as superfícies reflexivas por elas encobertas, e observando-se as restrições devidas ao caráter histórico do espaço.

Desta forma, com a medição *in situ* obteve-se o resultado acústico desta reciclagem, bem como, com a simulação no Mestre, foi possível a comparação das similaridades e diferenças entre estes resultados.

2 Desenvolvimento do estudo

Para a medição do tempo de reverberação *in situ*, foi utilizada uma fonte dodecaédrica, apoiada num tripé para medições, que ligada a um computador portátil emitia o ruído rosa. Esse sistema foi instalado no centro do palco (figura 1) e a medição da emissão do ruído ruído rosa se deu ao centro da platéia pelo analisador Acoustilyzer (figura 2). Foram realizados 4 ciclos de medição, (gráficos 1 e 2), as portas do ambiente estavam totalmente fechadas e a platéia manteve-se vazia durante o trabalho.



Figura 1 – Medição *in situ*

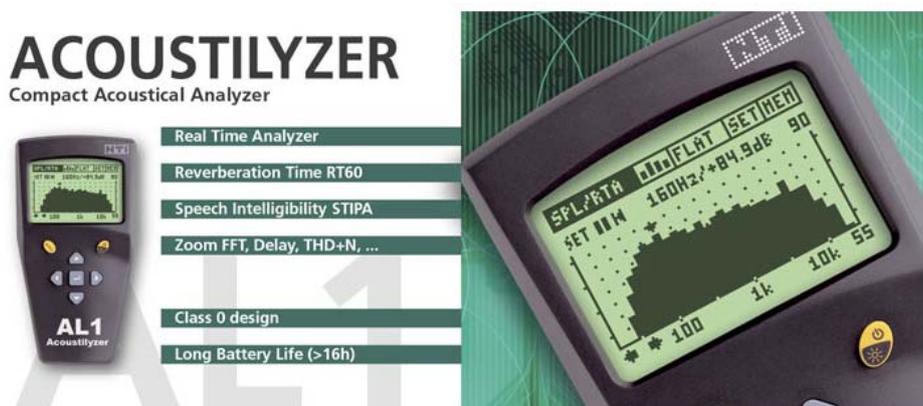


Figura 2 – Analisador

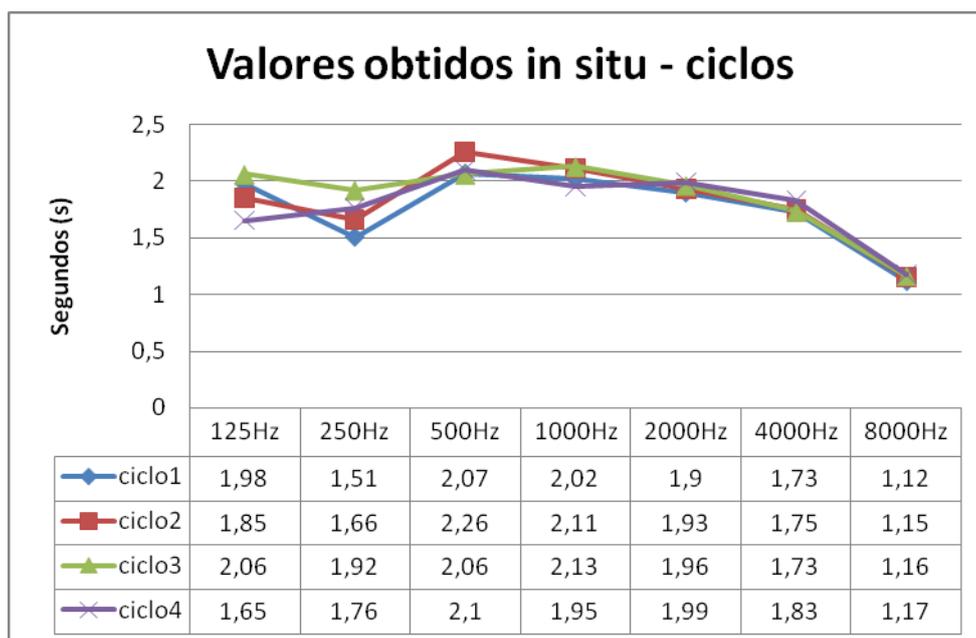


Gráfico 1 – Resultados obtidos da medição de 4 ciclos – RT60

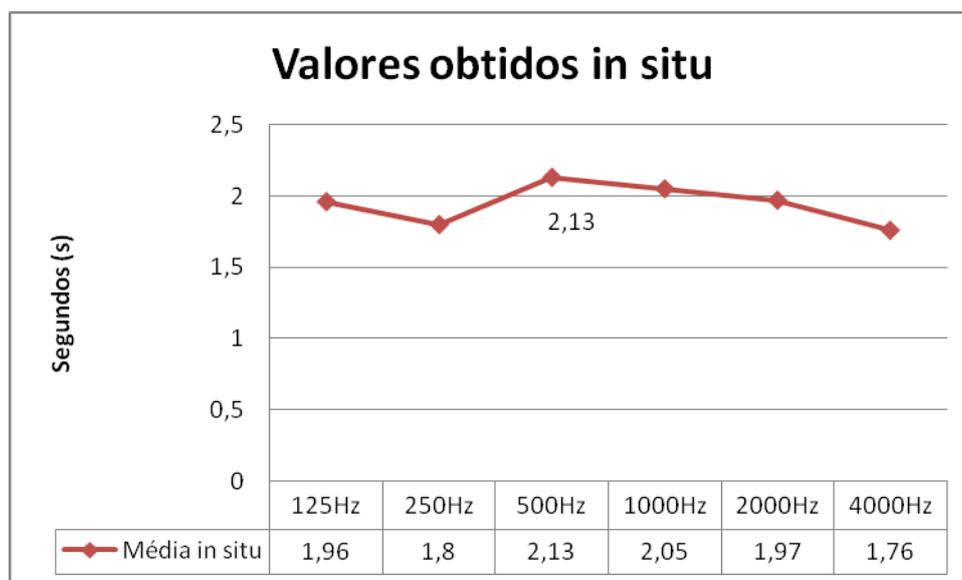


Gráfico 2 – Resultados obtidos da média dos ciclos de medição – RT60

Materiais de revestimento interno considerados no interior da Capela

Para análise acústica do interior da capela foram considerados os seguintes materiais (figuras 3 e 4): assoalho flutuante (piso de madeira); painel de compensado de madeira compensada 3mm, afastada de 50 mm da parede (área da cambota); alvenaria; superfície de concreto; vidros (vidraça de janela); cadeira estofada chata, com tecido vazia; cortina veludo (ciclorama); porta de madeira fechada; assoalho sobre laje; compensado sobre laje; estuque (teto) e músicos.

Os coeficientes de absorção sonora destes materiais foram utilizados de acordo com o indicado na norma brasileira NBR12179 de 1988 – tratamento acústico em recintos fechados [2]. A norma utiliza a tabela de Hans W. Bobran, conforme observado na figura 3, que ilustra um segmento do arquivo de dados que contém o modelo físico do edifício. Para alguns materiais, a norma não apresenta valores para todas as bandas. Neste caso adotaram-se valores intermediários. A figura 4 mostra o interior da capela, durante as medições.

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz						
0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0	0	0	0.0	2	(1) assoalho flutuante(piso de madeira nbr)
0.20	0.25	0.20	0.10	0.03	0.02	0.02	0	0	0	0.01	2	(2) painel de compensado
0.20	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.05	0	0	0	0.0	1	(3) madeira compensada 3mm, afast 50mm da parede (nbr)
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06	0	0	0	0.0	8	(4) alvenaria (nbr)
0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0	0	0	0.0	1	(5) superf. concreto (nbr)
0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0.01	1	(6) vidros (vidraça de janela nbr)
0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0	0	0	0.0	1	(7) teto suspenso gesso (nbr)
0.13	0.13	0.15	0.20	0.23	0.25	0.27	0	0	0	0.0	1	(8) cadeira estofada chata, c tecido vazia (nbr)
0.10	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65	0	0	0	0.0	24	(9) cortina veludo
0.10	0.14	0.10	0.06	0.06	0.10	0.10	0	0	0	0.0	24	(10) Porta de madeira fechada
0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.06	0.07	0	0	0	0.0	22	(11) assoalho sobre laje
0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.06	0.07	0	0	0	0.0	2	(12) compensado sobre laje
0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0.07	0.07	0	0	0	0.0	2	(13) estuque (nbr)
0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.50	0	0	0	0.0	8	(14) músicos

Figura 3 – Segmento do arquivo de dados do programa Mestre, com materiais e seus coeficientes de absorção sonora utilizados

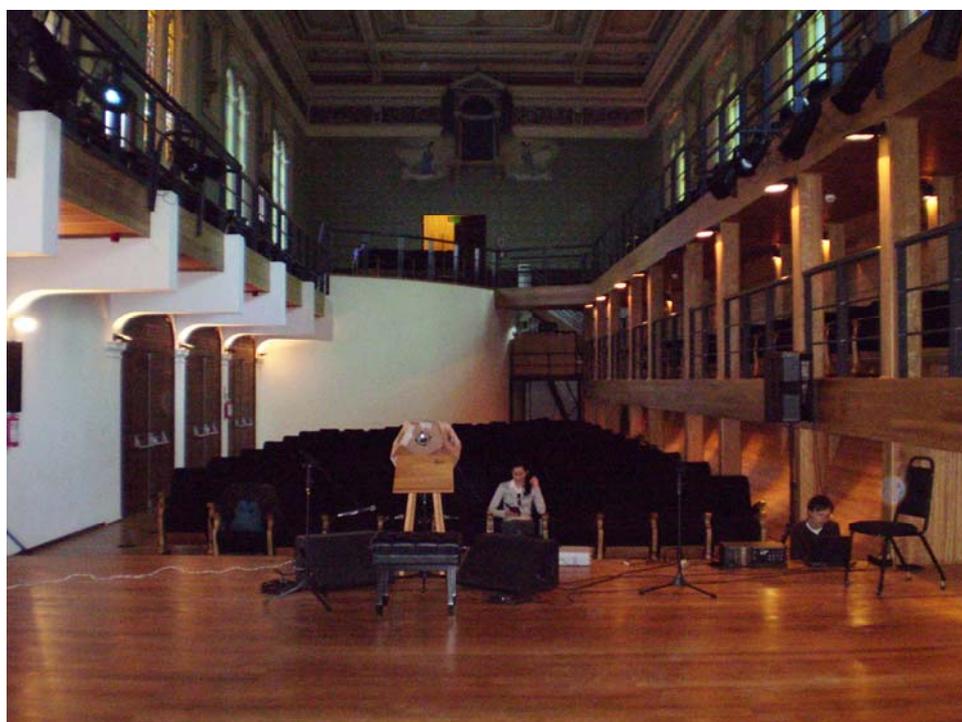


Figura 4 – Interior da capela

2.1 Programa Mestre

Segundo Schmid (2006), os módulos de acústica arquitetônica e auralização do sistema Mestre foram desenvolvidos entre meados de 2005 e 2006 com a finalidade da predição da acústica de ambientes para música. Sobre a mesma plataforma de modelagem de sólidos já existente no Sistema Mestre para análise do desempenho térmico e da iluminação em edifícios, implementaram-se diferentes classes, num primeiro módulo destinado à análise acústica. A base foi um algoritmo do tipo *image-source* (domínio vetorial da propagação do som) combinado a uma extrapolação mediante consideração da energia difusa (domínio escalar da propagação do som). Este módulo permite cálculo de respostas impulsivas de ambientes, do tempo de reverberação, dos coeficientes de clareza (C080) e *initial time delay gap*, para qualquer par de localizações fonte/ouvinte. Um módulo posterior associa mediante convolução as respostas impulsivas e os registros sonoros anecóicos, ambos tomados no domínio da frequência (após transformação de Fourier). Com a transformação inversa, obtêm-se registros sonoros modificados, reproduzindo em estéreo a acústica prevista para o ambiente, permitindo correções de materiais e geometria [3].

2.1.1 Resultados obtidos pelo programa e comparação com os valores medidos *in situ*

De acordo com o Gráfico 4 e a Tabela 1, observa-se que, comparando os valores medidos *in situ* com os valores obtidos através da simulação no Mestre (ver gráfico 3), há uma aproximação de resultados que varia entre 105,95% e 87,13%, com uma média geral de 96,23%. A figura 5 é um modelo ilustrativo da capela gerado pelo Mestre.

Para as frequências graves (125, 250 e 500Hz), os valores se aproximam de 100%, e para a frequências agudas (100, 2000 e 4000Hz) os valores se afastam dos 100%.

Analisando os gráficos (*in situ* e simulação), observou-se que para a frequência de 250Hz há um decaimento no tempo de reverberação, que pode ser explicado por um efeito de armadilha acústica. O material madeira compensada de 3mm, a 50mm da parede, espaço vazio (material 3), conforme a figura 3, tem um pico de absorção para esta frequência, o que pode explicar este efeito.

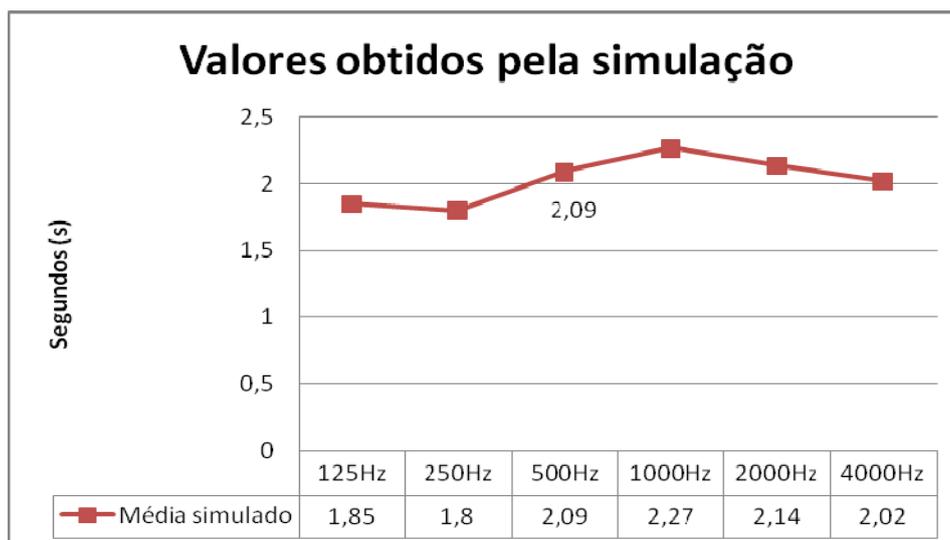


Gráfico 3 – Resultados obtidos pela simulação no Mestre – RT60

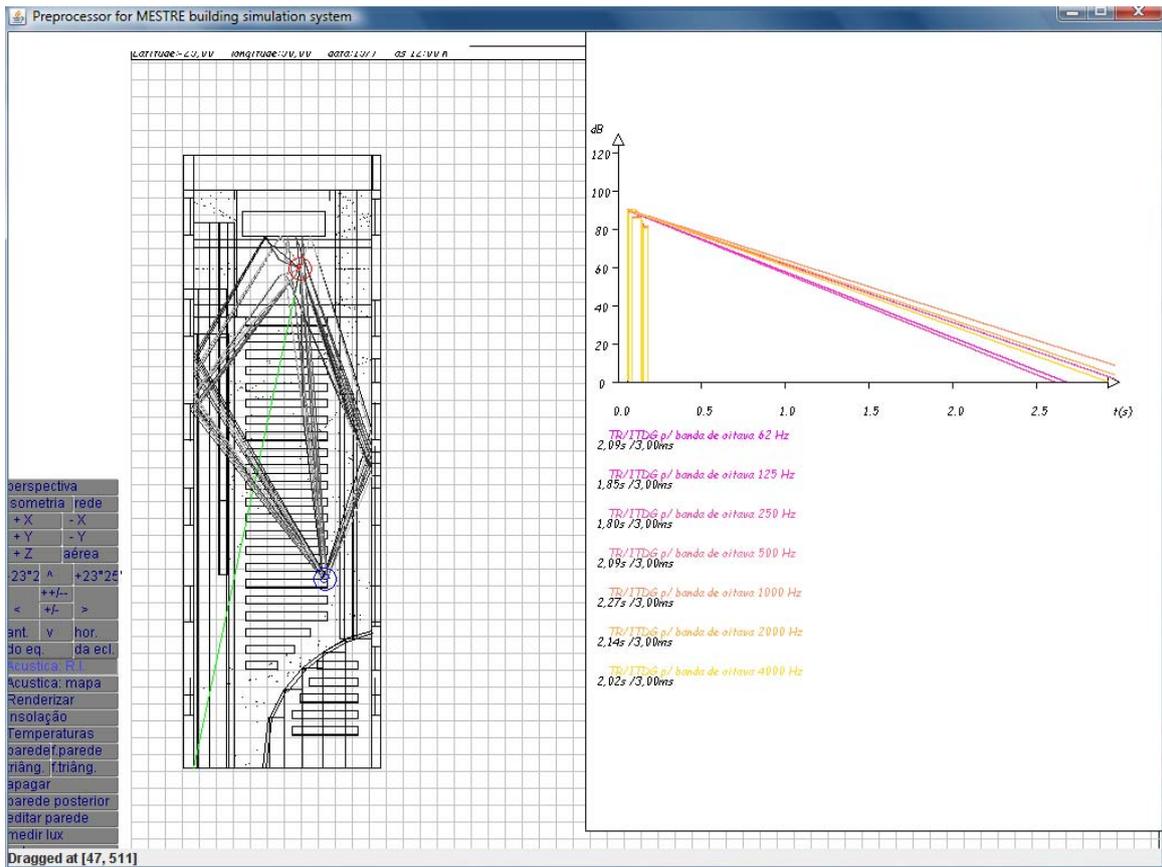


Figura 5 – Modelo ilustrativo da capela (vista em planta). À direita, gráfico da reverberação

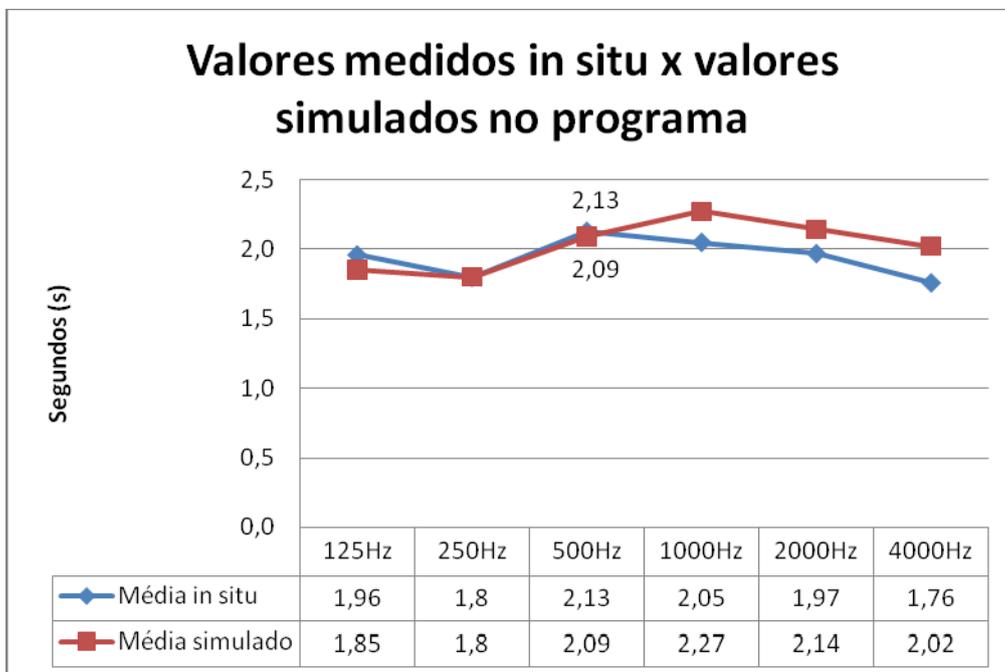


Gráfico 4 – Comparação dos resultados obtidos *in situ* x simulação no Mestre – RT60

Nível	VALORES MEDIDOS <i>in situ</i>	VALORES obtidos pela simulação Mestre	Aproximação entre os valores medidos x simulação (%)
	RT60		
125Hz	1,96	1,85	105,95%
250Hz	1,8	1,8	100,00%
500Hz	2,13	2,09	101,91%
1000Hz	2,05	2,27	90,31%
2000Hz	1,97	2,14	92,06%
4000Hz	1,76	2,02	87,13%
8000Hz	1,15	não obtido	não considerado
Média de aproximação:			96,23%

Tabela 1 – Tempos de Reverberação RT60 medidos e simulados e comparação

3 Conclusões

Ainda que exista uma boa aproximação entre os valores estimados no programa Mestre e os valores finais medidos *in situ*, pensam os autores que as principais diferenças são fruto de uma indefinição ou incerteza dos coeficientes de absorção sonora considerados para os diversos materiais utilizados nos revestimentos. Isto se dá diante da impossibilidade de uma modelagem perfeita da situação geométrica real aplicada em obra e a delimitação e generalização dos materiais previstos na Norma Técnica utilizada. Também se mencione tratar de uma ferramenta de software ainda em processo de avaliação.

Referências

- [1] Boletim Casa Romário Martins. Música na Capela do Santa Maria: história, arquitetura e revitalização/ textos por Rosianne Pazinato da Silva, Ivilyn Weigert, Nancy Valente e Miguel Gaissler. - Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, v. 31, n. 136, dez. 2007.
- [2] Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 12179**: tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1988.
- [3] Schmid, A. L. Acústica arquitetônica e auralização no sistema Mestre de simulação de edifícios. Sobrac, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 51-59, 2006.