

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE ACÚSTICA DE AMBIENTES DE UM SALA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ.

Mateus Nossa Lecchi (mateus.lecchi@hotmail.com)

Aluno de graduação do curso de Engenharia Civil da FAACZ.

Harerton Oliveira Dourado (harerton@fsjb.edu.br)

Professor do curso de Engenharia Mecânica

RESUMO

O presente trabalho calculou as propriedades acústicas de uma sala de aula do curso de engenharia civil da FAACZ utilizando simulação numérica. Os resultados foram comparados com dados experimentais obtidos através de medições acústicas prévias.

PALAVRAS-CHAVE: acústica, sala de aula, simulação numérica.

1 – INTRODUÇÃO

A acústica de uma sala de aula tem influência direta no aproveitamento escolar dos alunos (Sodsri, 2013). A acústica de ambientes pode ser caracterizada por propriedades como tempo de reverberação (RT60, EDT, T20 e T30) e outros parâmetros, como clareza e definição de fala (C50, D50) (Svensson e Nilsson, 2008). Esses parâmetros são comumente obtidos através de medições acústicas realizadas no ambiente objeto de estudo. Entretanto, outra maneira de obtê-los é através de simulações computacionais. Este método pode ser vantajoso devido à sua maior flexibilidade e possibilidade de visualização dos resultados. O presente trabalho tem por objetivo a determinação dos parâmetros acústicos de uma sala utilizada no curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ) através de simulação computacional. Os resultados serão comparados à dados experimentais obtidos com medições acústicas realizadas por Cruz, Teixeira e Dourado (2016).

2 –REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA ACÚSTICA DE AMBIENTES

O presente trabalho empregou o software de código aberto i-Simpa (Picaut, Judicaël, e Nicolas Fortin. 2012a) a fim de simular as propriedades acústicas de um ambiente. O método utilizado no presente trabalho foi a Simulação da Propagação de Partículas Sonoras (SPPS) (Picaut, Judicaël, e Nicolas Fortin. 2012b) que se baseia no rastreamento de partículas sonoras emitidas à partir de uma fonte sonora que se propagam em um espaço tridimensional. Ao colidirem umas com as outras ou com obstáculos físicos, as partículas ganham ou perdem energia e podem ser absorvidas, refletidas, espalhadas, difundidas ou transmitidas, dependendo da natureza do obstáculo.

2.2 – OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo do presente trabalho se baseou na pesquisa desenvolvida por Cruz, Teixeira e Dourado (2016), que determinaram propriedades acústicas de uma sala de aula da FAACZ através de medições acústicas. A sala em estudo, anteriormente utilizada pelo Curso de Engenharia de Produção, em 2017 e 2018 foi utilizada pelo Curso de Engenharia Civil. Os autores apresentaram dados de tempo de reverberação, clareza e definição.

3 – METODOLOGIA

3.1 – SALA ESTUDADA

Foi analisada uma sala da FAACZ (Faculdades Integradas de Aracruz) com as características expressas no Quadro 1.

Quadro 1: características da sala de aula estudada

Dimensões (comprimento x largura x altura) (m)	8,6 x 6,8 x 3
Volume (m^3)	175,44
Porta (altura x largura) (m)	2,1 x 0,9
Janela (largura x altura x distância do chão) (m)	5,9 x 1,3 x 0,9
Quantidade de cadeiras	40

A sala analisada foi escolhida por possuir revestimento com painéis de lã de vidro no teto e paredes de gesso acartonado, materiais que, possivelmente contribuirão para o controle do tempo de reverberação da sala.

3.2 – MODELAGEM DA SALA EM AMBIENTE 3D

A sala foi modelada no software SketchUp 2016. Conforme as dimensões apresentadas na Tabela 01, a sala modelada está representada na FIGURA 1.

Figura 1: representação tridimensional da sala estudada.



3.3 – CONFIGURAÇÃO DO I-SIMPA

No software de simulação, foi importado o modelo da sala de aula feito no SketchUp 2016 e, então, foi possível atribuir à cada superfície, o tipo de material utilizado. Foi designado uma fonte de emissão som e também uma fonte de recepção de som, de acordo com o executado no trabalho usado como base e simulados em três pontos distintos da sala para análise dos parâmetros Definição (D_{50}), Clareza (C_{30}), Tempo de Reverberação com base em decaimento de 30 dB (RT_{30}) e Tempo de Decaimento Inicial (EDT).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

4.1 – TEMPO DE REVERBERAÇÃO

O tempo de reverberação (RT_{60}) fornecido pela simulação para a faixa de frequência de 500 Hz foi de 1,429s, valor que está fora da faixa recomendada para sala de conferências conforme a NBR 12179 (ABNT, 1992). O valor encontrado foi mais alto do que o obtido experimentalmente (0,46 s). Entretanto, é possível que os resultados experimentais tenham sido comprometidos pela resposta de frequência da caixa de som utilizada por Cruz, Teixeira e Dourado (2016). Os demais valores de RT_{60} são mostrados na TABELA 1. Os resultados obtidos para o tempo de reverberação baseados em decaimento de 30 dB (RT_{30}) são mostrados na FIGURA 2.

4.2 – CLAREZA

Os resultados de Clareza (C_{50}) calculados pela simulação mostrados na FIGURA 3. Todos os valores obtidos estão acima de 0 dB, indicando boa inteligibilidade de fala (BALLOU, 2013). Os valores

discrepantes em relação às medidas experimentais podem ser explicados pela provável influência da caixa de som utilizada por Cruz, Teixeira e Dourado (2016).

Tabela 01: tempo de reverberação obtido pela simulação numérica.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
RT₃₀ (s)	1,56	1,609	1,429	1,358	1,369	1,140

Figura 2: tempo de reverberação baseados em decaimento de 30 dB (RT₃₀)

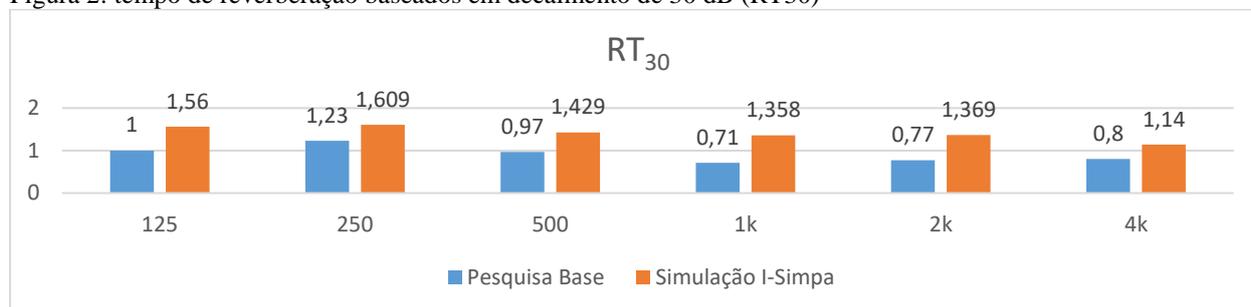
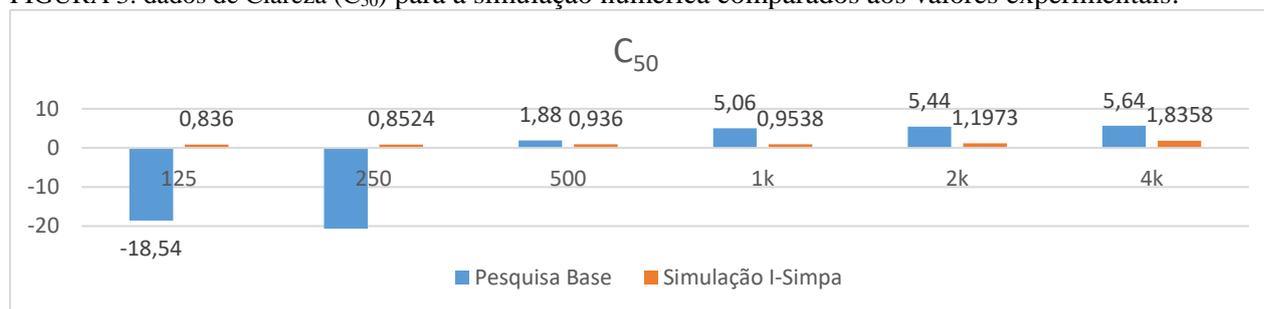


FIGURA 3: dados de Clareza (C₅₀) para a simulação numérica comparados aos valores experimentais.



4.3 – DEFINIÇÃO

Os resultados para o parâmetro definição (D₅₀) obtidos na simulação se mantiveram praticamente constantes em todas as frequências, como mostrados na FIGURA 4. A comparação com os dados experimentais mostra uma grande discrepância para as frequências mais graves, o que pode ser explicado pela deficiência de resposta, nessa faixa de frequência, da caixa de som utilizada nas medições experimentais. De maneira semelhante, para as frequências mais agudas, os valores experimentais resultaram maiores que os simulados pelo fato da fonte sonora utilizada na modelagem numérica ser do tipo omnidirecional, ao passo que a fonte sonora utilizada nas medições acústicas era direcional para essas frequências.

4.4 – TEMPO DE DECAIMENTO INICIAL

Os resultados obtidos para o tempo de decaimento inicial (EDT) (FIGURA 5) apresentaram comportamento semelhante aos resultados experimentais, especialmente para as faixas de 250 e 500 Hz. Os valores de EDT observados experimentalmente para as frequências mais agudas são resultados da direcionalidade da fonte sonora utilizada para as medições.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou a comparação de resultados obtidos após a simulação numérica da acústica em uma sala de aula da Engenharia Civil da FAACZ utilizando o software i-Simpa. Apesar dos resultados obtidos apresentarem tendências semelhantes aos dados experimentais, foram observadas algumas discrepâncias. O tempo de reverberação para a frequência de 500Hz esteve fora do padrão estabelecido pela NBR 12179 (ABNT, 1992), podendo indicar a necessidade de realização de tratamento acústico para a sala. Recomenda-se a realização de novas medições acústicas a fim de serem dados mais consistentes para possibilitar a validação da simulação numérica.

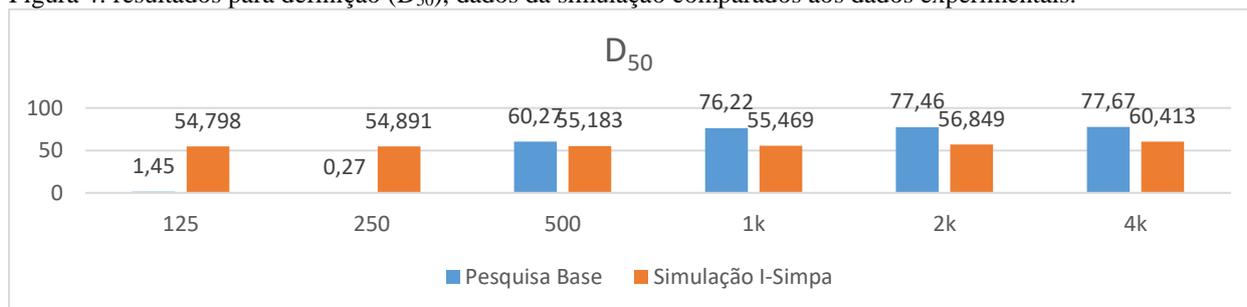
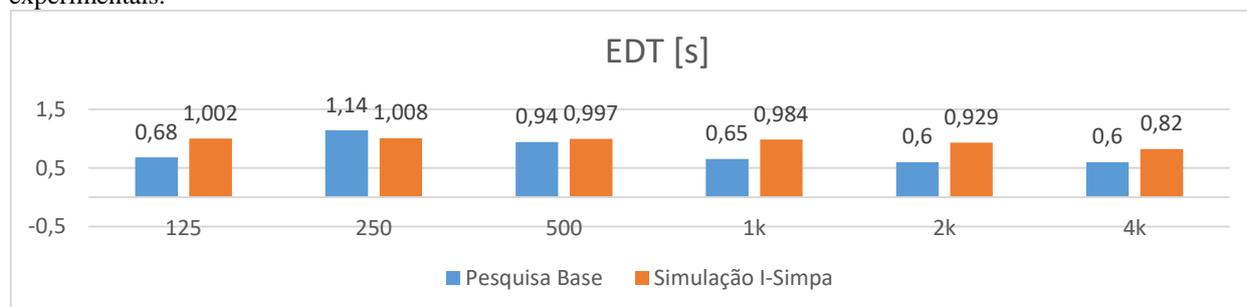
Figura 4: resultados para definição (D_{50}), dados da simulação comparados aos dados experimentais.

Figura 5: resultados de tempo de decaimento inicial (EDT) para a simulação numérica comparados aos dados experimentais.



6 – REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Tratamento acústico em recintos fechados: NBR 12179**. [s.l.] ABNT, 1992.

CRUZ, C. W. N.; TEIXEIRA, R. S.; DOURADO, H. O. **Avaliação acústica de uma sala de aula do curso de Engenharia de Produção na FAACZ** In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FAACZ 2016, 2016, Aracruz.

LOG, ACÚSTICA; **Nesta página encontra uma compilação de coeficientes de absorção sonora "alfa" de materiais e soluções construtivas correntes usados na construção**. Fonte: LogAcústica: <https://logacustica.com/coeficientes-de-absorcao-sonora-sound-absorption-coefficients/> acesso em 13 de agosto de 2018.

BALANCIN, OSCAR; **Fundamentos de Simulação Numérica:**

<http://www.dema.ufscar.br/termomec/index.php/simulacao-numerica/fundamentos-de-simulacao-numerica> acesso em 13 de agosto de 2018.

SODSRI, C. A Study of Classroom Acoustics and Its Effects of Listeners' Locations on Speech Intelligibility. ECTI TRANSACTIONS ON COMPUTER AND INFORMATION TECHNOLOGY, v. 7, n. 1, 2013.

SVENSSON, C.; NILSSON, E. Optimum Room Acoustic Comfort [TM] (RAC [TM]) can be achieved by using a selection of appropriate acoustic descriptors. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 123, n. 5, p. 3498–3498, maio 2008

Picaut, Judicaël, and Nicolas Fortin. 2012. « I-Simpa, a Graphical User Interface Devoted to Host 3D Sound Propagation Numerical Codes ». In Acoustics 2012 Nantes, édité par Société Française d'Acoustique. Nantes, France. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00810893>.

Picaut, Judicaël, and Nicolas Fortin. 2012. « SPPS, a Particle-Tracing Numerical Code for Indoor and Outdoor Sound Propagation Prediction ». In Acoustics 2012 Nantes, 1417?1422. Nantes, France: Société Française d'Acoustique. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00810894>