



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Propostas para adequação acústica em restaurante universitário

Paim, F. B.¹; Gonçalves, L. N. F.²; Santana, K.³; Araújo, L. A. P.⁴; Santos, I. R. C.⁵; Fernandez, L. C. R.⁶; Seixas, Q. F.⁷; Bomfim, A. L. da C.⁸; Silva, I. L. R.⁹; Brito, L. N.¹⁰

⁽¹⁻¹⁰⁾ Laboratório de Conforto Ambiental, Universidade Católica do Salvador, Salvador, BA, Brasil, felipe.paim@pro.ucs.br, {leila.goncalves, karyna.santana, lucca.araujo, ilana.santos, lara.fernandez, queila.seixas, anac.bomfim, isa.silva, laira.brito}@ucs.br

Resumo

Este artigo apresenta como objeto de estudo o restaurante da Universidade Católica do Salvador, na cidade de Salvador/BA. O ambiente com capacidade para 126 pessoas não apresenta nenhuma estratégia para controle da reverberação, com todas as superfícies reflexivas ao som, tornando o espaço muito ruidoso durante as refeições. Primeiramente foi realizada uma análise qualitativa por meio da aplicação de questionários aos usuários acerca da qualidade da comunicação e dos ruídos que mais proporcionavam incômodo. Em seguida foi realizada uma análise quantitativa com medições de nível de pressão sonora durante os períodos de maior movimentação no restaurante universitário. Os resultados das medições mostraram um aumento gradativo do nível de ruído à medida que a taxa de ocupação das mesas crescia. Os valores obtidos foram aplicados em equações de predição de nível de ruído e esforço vocal para análise da relação sinal-ruído. Visando a elaboração de propostas de cunho criativo para a adequação acústica do restaurante, foram realizadas simulações no software EASE de dois cenários de intervenção com uso de baffles e nuvens absorventes suspensos. Por fim, foram comparados os resultados simulados com os medidos e o reflexo disso no esforço vocal e na qualidade da comunicação entre os usuários.

Palavras-chave: restaurante, nuvens acústicas, baffles, ruído

PACS: 43.55.Ka

Proposals for acoustic adaptation in a university restaurant

Abstract

This article presents as object of study the restaurant of Universidade Católica do Salvador, in the city of Salvador/BA. The room with capacity for 126 people does not present any strategy to control the reverberation, with all the surfaces reflective to the sound, making the space very noisy during meals. Firstly, a qualitative analysis was carried out through the application of questionnaires to users about the quality of communication and the noise that caused the most discomfort. Then, a quantitative analysis was performed with sound pressure level measurements during the busiest periods in the university restaurant. The measurement results showed a gradual increase in the noise level as the occupancy rate of the tables increased. The values obtained were applied to noise level and vocal effort prediction equations for the analysis of the signal-to-noise ratio. Aiming at the elaboration of creative proposals for the acoustic adequacy of the restaurant, simulations were carried out in the EASE software of two intervention scenarios using baffles and suspended absorbent clouds. Finally, the simulated results were compared with the measured ones and the reflection of this on the vocal effort and on the quality of communication between users.

Keywords: restaurant, acoustic clouds, baffles, noise



1. INTRODUÇÃO

A carência na adequação acústica dos ambientes gastronômicos é responsável por alguns efeitos negativos na vivência do espaço tais como baixa inteligibilidade da fala, desconforto, perda de privacidade entre mesas, mudanças comportamentais, elevação do tom da voz para comunicação e, em alguns casos, até mesmo a variação na percepção do paladar dos usuários, conforme demonstrado por Woods et al. [1].

Além disso, tendo em vista o cenário atual de pandemia, a premissa de que o aumento do esforço vocal é proporcional ao risco de transmissão de doenças respiratórias, conforme exposto por Jones et al. [2], reforça-se a relevância da qualidade acústica em restaurantes, por motivos tanto de conforto como de saúde.

Neste contexto, foram realizados estudos a respeito da qualidade acústica no restaurante universitário da Universidade Católica do Salvador (UCSAL), na cidade de Salvador/BA, que possui uma capacidade para 126 pessoas e com grande rotatividade na utilização do ambiente na hora do almoço.

Esta pesquisa foi feita com base nas equações apresentadas por Rindel [3] e incluiu a aplicação de questionários para avaliação qualitativa, simulações acústicas no software EASE 4.4 – *Enhanced Acoustic Simulator for Engineers* – e medições de nível de pressão sonora para avaliação quantitativa.

2. FUNDAMENTOS

Durante a fase de pesquisa bibliográfica, alguns trabalhos com temas semelhantes se destacaram por sua metodologia e objetivos.

Mojolla et al. [4] realizaram a avaliação acústica em um restaurante universitário, na cidade de Campinas/SP, também adotando avaliações subjetivas, por meio de questionário, e objetivas, com medições de níveis de pressão sonora e de tempo de reverberação, com destaque para as médias frequências na faixa entre 500Hz e 1KHz.

Zelem et al. [5] avaliaram um restaurante universitário em Bratislava, Eslováquia, por meio de medições sonoras com o objetivo de correlacionar o número de ocupantes com os níveis de ruído registrados no interior do local.

Santos e Oiticica [6] estudaram as condições acústicas de 3 restaurantes com caracterizações distintas na cidade de Maceió/AL, onde foi verificado que a introdução de superfícies absorvedoras seria uma possível solução para amenizar o nível de ruído e diminuir o esforço vocal dos usuários.

Quando conversamos em um ambiente muito ruidoso, temos a tendência comportamental de elevar o volume da nossa voz para que a mensagem seja transmitida ao ouvinte com definição (efeito Lombard). Em um restaurante com reverberação excessiva, sem o tratamento acústico adequado, torna-se necessário concentrar a atenção auditiva no interlocutor e, ao mesmo tempo, filtrar os sons alheios indesejados (efeito coquetel).

3. DESENVOLVIMENTO

O restaurante universitário da UCSAL tem como público exclusivo professores, funcionários e estudantes da instituição. O local possui um volume de 570,95m³ e dispõe de 126 lugares distribuídos em mesas retangulares para até 6 pessoas. Todas as superfícies do ambiente são constituídas de materiais rígidos, reflexivos ao som: laje de teto com vigas e instalações aparentes, paredes com pintura sobre reboco liso, revestimento em azulejo polido, janela lateral em vidro e alumínio, piso cerâmico, mesas com tampo em madeira e cadeiras com assento e encosto de plástico (Figuras 1 e 2).



Figura 1: Perspectiva interna do restaurante universitário.

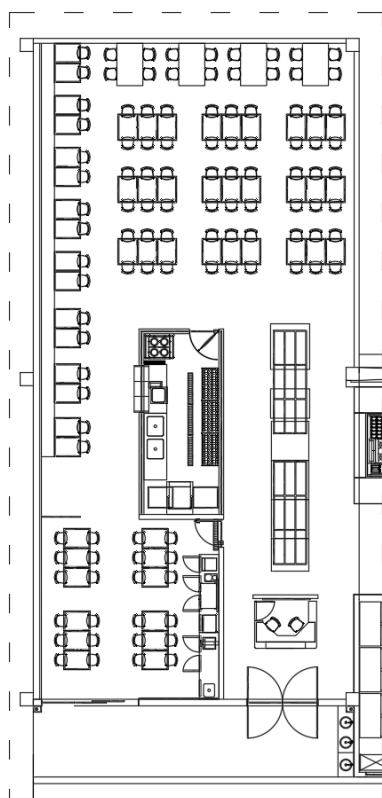


Figura 2: Planta baixa do restaurante universitário com layout.

3.1 Análise qualitativa

Para a análise qualitativa foi aplicado um questionário on-line, elaborado com a ferramenta digital Google Forms, entre os alunos, professores e funcionários, usuários do restaurante universitário. Para controle da pesquisa, o questionário foi submetido apenas para endereços eletrônicos com domínio da UCSAL. A primeira pergunta era de caráter exclusivo e questionava se a pessoa tinha o costume de frequentar o restaurante universitário. Em caso de resposta positiva, o questionário seguia frente. Já em caso de resposta negativa, o formulário agradecia a participação e encerrava a pesquisa. Foram obtidas, no total, 104 respostas, sendo 76 válidas.

Dentre as perguntas realizadas, uma de resposta aberta questionava se era possível identificar qual tipo de barulho mais incomodava no momento da refeição no objeto de estudo. 53% dos respondentes se queixaram do ruído de conversas paralelas. Em segundo lugar estão ruídos de manuseio dos talheres, com 21% das respostas (Figura 3).

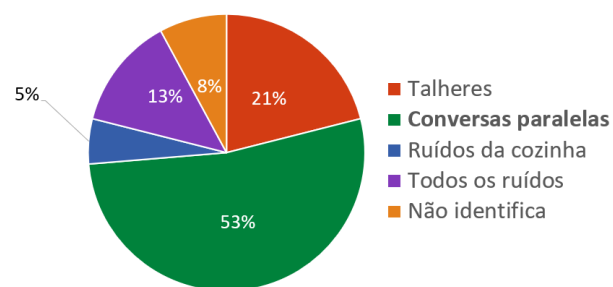


Figura 3: Respostas dos usuários quanto ao tipo de ruído que mais incomodava no momento da refeição no restaurante universitário.

A aplicação do questionário revelou ainda os seguintes dados:

- Dois terços dos usuários responderam que costumam almoçar em grupos, a maioria de 3 a 4 pessoas;
- 52,6% já sentiram a necessidade de elevar o volume da voz para serem melhor compreendidos durante as conversas;
- 47,3% já sentiram a necessidade de se inclinar para ouvir melhor quem estava à sua frente ou ao seu lado na mesma mesa;
- 68,4% dos usuários afirmaram que costumavam frequentar o restaurante universitário entre 12:30h e 13:00h, durante os dias úteis da semana (Figura 4). Este foi, portanto, o intervalo escolhido para realizar as medições sonoras em campo.

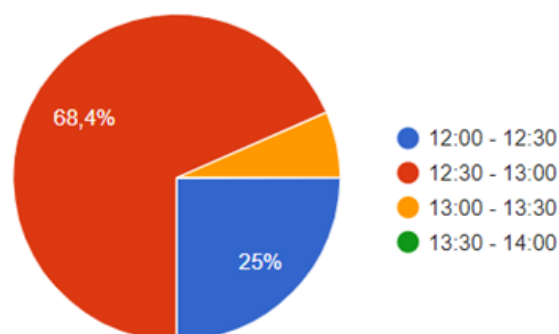


Figura 4: Respostas dos usuários quanto ao intervalo de horário que costumavam realizar as refeições no restaurante universitário.



3.2 Análise quantitativa

Para a análise quantitativa foram realizadas medições de nível de pressão sonora em campo, durante três dias consecutivos, durante dias úteis do semestre letivo, com o restaurante em funcionamento normal, entre 12:30h e 13:00h. Foram evitados finais de semana e datas próximas de feriados comemorativos. Cabe salientar que essas medições ocorreram no ano de 2019, antes da declaração de pandemia do novo Coronavírus e, portanto, não havia a adoção de medidas preventivas, como o uso de máscara por parte dos usuários.

As medições de nível de pressão sonora foram executadas com o equipamento: Medidor integrador de pressão sonora, modelo LxT2, fabricante Larson Davis, classe de precisão 2, seguindo as condições gerais estabelecidas em norma e legislação referente a medições em ambientes internos. O sonômetro foi calibrado antes e após o período das medições. O ruído foi analisado nas faixas de frequência que variam de 20Hz – 20KHz, com a escala de compensação “A” e respostas de leitura rápida (*Fast*). Sendo o ruído intermitente, variando com o tempo, foi determinado o Nível Sonora Equivalente (Leq). Cada medição teve duração de 10 minutos. Os dois pontos de registro foram situados entre as áreas das mesas. Como o restaurante universitário apresenta uma grande rotatividade de frequentadores, foi adotada a seguinte estratégia com revezamento entre os coautores da pesquisa:

- 1 pessoa na porta de entrada e outra na saída do restaurante, munidas de contador digital, registrando o número de pessoas que acessaram o recinto e quantas deixaram o ambiente durante o período do registro sonoro (Figura 5a);
- 1 pessoa dentro da área do refeitório, munida de planta baixa com layout para cadastrar a taxa de ocupação das mesas;
- 1 pessoa dentro da área do refeitório, munida de cronômetro e folha de anotações para registrar eventos sonoros intrusivos, tais como: gritos, queda de objetos, toque de celular;
- 1 pessoa dentro da área do refeitório, operando o sonômetro com uso de tripé, para realizar o registro dos níveis de pressão sonora em dB(A) (Figura 5b).



(a) Contador digital.

(b) Sonômetro.

Figura 5: Equipamentos utilizados durante as medições sonoras em campo.

Os resultados das medições mostraram um aumento gradativo do nível de ruído ambiente à medida que a taxa de ocupação das mesas crescia, conforme exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Taxa de ocupação do restaurante universitário versus nível de pressão sonora.

Taxa de Ocupação	NPS Registrado
30%	70dB(A)
37%	73dB(A)
40%	75dB(A)

Os valores obtidos foram utilizados para calibrar a Equação (1) de predição de nível de ruído ambiente, proposta por Rindel [3]:

$$L_n = 93 - 20 \cdot \log \left(\frac{A \cdot g}{N} \right), \quad (1)$$

Onde “g” é o tamanho do grupo e “N” é a ocupação do restaurante. Rindel [7] considera que a adoção de uma taxa de ocupação de 80% é mais realística para as predições acústicas em um cenário de uso mais intenso do estabelecimento. Para o cálculo da absorção

equivalente da sala foi considerada a Equação (2):

$$A_{Sala} = \frac{0,161.V}{T} + A_p.N + A_{obj} + A_{ar}, \quad (2)$$

Com a aplicação das equações anteriores, foi calculado que o nível de ruído no restaurante universitário, com 80% de ocupação (101 pessoas), nas condições atuais, será de 82dB(A), o que gera, segundo a Equação (3), proposta por Rindel [3], um esforço vocal de 73dB(A).

$$L_{S,1m} = 55 + 0,5 \cdot (L_n - 45), \quad (3)$$

De acordo com a ISO 9921-1:2003, um esforço vocal de 73dB(A) é considerado alto, o que torna a qualidade da comunicação difícil, segundo os critérios de Webster apud Kinsler et al. [8], conforme exposto no Quadro 1:

Quadro 1: Esforço vocal e qualidade da comunicação.

Esforço Vocal (Ls,1m)	Nível da voz	Comunicação
Até 57dB(A)	Relaxada	Excelente
Entre 58 e 64dB(A)	Normal	Satisfatória
Entre 65 e 72dB(A)	Pouco Alta	Razoável
Entre 73 e 77dB(A)	Alta	Difícil
Maior que 78dB(A)	Muito Alta	Impossível

3.3 Soluções propostas

Diante dos resultados obtidos, visando uma adequação acústica do restaurante, foram elaboradas duas propostas de cunho criativo, que fossem simples e rápidas de instalar e que evitassem grandes reformas no ambiente para que o mesmo não tivesse as suas atividades interrompidas. Ambas as propostas visavam a inserção de materiais sonoabsorventes para reduzir o tempo de reverberação e, consequentemente, o nível de ruído ambiente e

o esforço vocal dos usuários, considerando uma taxa de 80% de ocupação do refeitório.

Primeiro foi desenvolvido um modelo 3D do volume interno do refeitório no software SketchUP. O modelo foi então exportado para o EASE (Figura 6) para recalcular os resultados com as intervenções propostas.

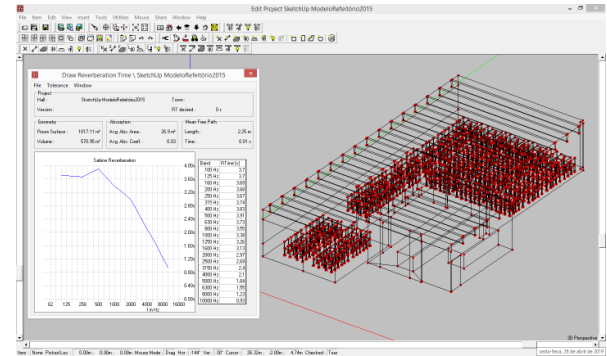


Figura 6: Modelagem acústica no EASE para cálculo do tempo de reverberação.

A primeira proposta de intervenção adotou o uso de baffles trapezoidais suspensos (Figura 7), com NRC=0,76. A segunda utilizou nuvens acústicas quadradas e retangulares, com NRC=0,74, fixadas em alturas distintas (Figura 8).



Figura 7: Proposta de intervenção com baffles trapezoidais.

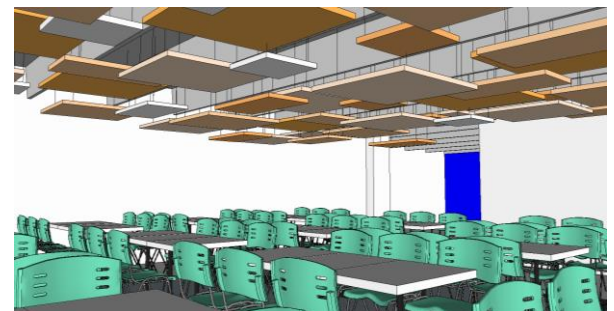


Figura 8: Proposta de intervenção com nuvens acústicas quadradas e retangulares.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tanto para os baffles quanto para as nuvens acústicas foram adotados os valores de coeficiente de absorção entre 500Hz e 1KHz, de acordo com o descrito nos laudos de laboratório dos produtos adotados. O novo tempo de reverberação projetado (TR60) promoveu uma queda de 3,4s para 0,72s, nas médias frequências. Em ambas as propostas de adequação acústica foi simulado que o nível de ruído no restaurante universitário, considerando uma taxa de ocupação de 80%, será de 76dB(A), o que gera, segundo a Equação (3), um esforço vocal de 70dB(A).

De acordo com a ISO 9921-1:2003, um esforço vocal de 70dB(A) é considerado pouco alto, o que torna a qualidade da comunicação razoável, segundo os critérios de Webster apud Kinsler et al. [8], conforme exposto no Quadro 1.

Durante a análise dos dados mensurados e dos dados obtidos por meio de cálculos e simulações, percebeu-se que um ponto chave para a assertividade dos resultados é o valor adotado para o tamanho do grupo “g”, na Equação (1). No caso das simulações foi adotado $g=4$, por conta das respostas obtidas no questionário de avaliação qualitativa.

Entretanto, durante as medições em campo, observou-se que, à medida que a taxa de ocupação do restaurante universitário aumentava, ficava mais difícil o mesmo grupo achar lugares vagos próximos, o que causava a segregação em grupos de conversas menores, levando ao aumento de falantes simultâneos e, consequentemente, à elevação do ruído ambiente, o que só reforça a necessidade da adequação acústica do refeitório.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas medições em campo e nas simulações acústicas do restaurante manifestaram uma compatibilidade com as respostas obtidas por meio do questionário acerca da percepção subjetiva dos usuários em relação à qualidade acústica do ambiente avaliado, onde nota-se condições de conforto inadequadas.

A inserção de materiais absorventes ao som nas frequências entre 500Hz e 1KHz, resultou em queda no tempo de reverberação e consequente redução do nível de ruído ambiente, do esforço vocal do usuário e do risco de transmissão de doenças respiratórias. As propostas de intervenção desenvolvidas e simuladas mostraram que é possível aliar a técnica com a estética para promover a adequação acústica do restaurante universitário.

6. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à empresa Audium, que cedeu o uso do sonômetro para as atividades do Laboratório de Conforto Ambiental da UCSAL, e à empresa Trisoft, que forneceu os laudos detalhados de absorção sonora dos baffles e das nuvens acústicas, utilizados na elaboração das propostas de adequação do restaurante universitário.

REFERÊNCIAS

- [1] Woods, A. T., et al. Effect of background noise on food perception. *Food Quality and Preference*, 22, p. 42-47, 2011.
- [2] Jones, N. R., et al. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? *BMJ*, 2020;370:m3223.
- [3] Rindel, J. H. Acoustical capacity as a means of noise control in eating establishments. *BNAM*, 2012, Odense, Denmark.
- [4] Mojolla, R., et al. Conforto acústico em um restaurante universitário. *XII ENCAC, VIII ELACAC*, Brasília, 2013.
- [5] Zelem, L., et al. Analysis of the acoustic conditions in the student restaurant. *Euronoise*, Maastricht, 2015.
- [6] Santos, K. M. de M, Oiticica, M. L. G. da R. Qualidade acústica em ambientes gastronômicos. *XXVIII SOBRAC*, Porto Alegre, 2018.
- [7] Rindel, J. H. Suggested acoustical requirements for restaurants, canteens and cafeterias. *BNAM*, 2018, Harpa, Reykjavik, Iceland.
- [8] Kinsler, L. E., et al. *Fundamentals of Acoustics*. Third Edition. USA, Wiley, 1982.