

Editorial

A Comissão Editorial da **Revista Acústica & Vibrações** apresenta com grande satisfação a edição número 52, contendo uma série de novidades. Começamos elaborando sobre a estruturação da própria comissão, sendo que já neste número contamos com o apoio dos Editores Associados Ranny Michalski e Olavo Silva, profissionais com ampla experiência nos temas de A&V, que chegam para apoiar o crescimento da revista. Temos também, neste número, o apoio do Editor Convidado Paulo Mareze, professor do Curso de Engenharia Acústica da UFSM.

No caminho da internacionalização e buscando a qualidade, junta-se também ao time da A&V o revisor profissional de inglês Joseph Lacey, norte-americano nativo, com vasta experiência em traduções e revisões em língua inglesa. Isso significa que todos os *titles*, *abstracts* e *keywords* dos artigos já deste número passaram por sua revisão. É importante salientar que cada autor deve cobrir os custos do serviço para seu próprio artigo.

Diante do cenário atual de pandemia pelo novo Coronavírus, responsável pela doença Covid-19, passamos todos por mudanças e adaptações. Voltamos aos nossos lares, lugar de refúgio e segurança, mudamos nossos locais de trabalho, nossa jornada de trabalho, adaptamos nossas casas ao teletrabalho, tentamos continuar dando aulas, pesquisando e fazendo ciência, apesar das dificuldades. É importante destacar que nos solidarizamos com aqueles que sofrem os efeitos da doença, e com familiares e amigos daqueles que se foram. Reforçamos também que o leitor mantenha o isolamento social mesmo diante da flexibilização. Fique em casa se puder e, caso necessite sair, o faça apenas em caso de extrema necessidade e cumpra rigorosamente as medidas de proteção. Saúde em primeiro lugar. Em breve e com o esforço de todos, vamos superar esse momento difícil pelo qual estamos passando.

Temos diversas chamadas neste número: atualização dos detalhes da chamada para publicação de artigos; associe-se à Sobrac; detalhes sobre as atividades do INAD 2020 e do Ano Internacional do Som 2020-2021; atualização de informações acerca do congresso FIA-Sobrac 2020 e do V Seminário Gaúcho de Acústica e Vibrações; assim como a atualização da seção de *congressos de acústica pelo mundo* (que teve grande impacto devido às adequações necessárias impostas pela pandemia).

Na seção *News & Reviews* temos uma novidade: inauguramos as resenhas de livros (ou *book reviews*) com pequenos resumos do conteúdo de quatro livros, de forma a provocar o leitor a conhecer essas obras. A seção conta também com dois pequenos artigos muito interessantes. No primeiro, Fernando Diaz e Denison Oliveira nos apresentam a descrição do novo sonômetro Brüel & Kjaer, modelo 2245, um equipamento de uso intuitivo e fácil manuseio para medições de ruído ambiental. No segundo, Ranny Michalski conta um pouco sobre como foi o “Primeiro Seminário FAU USP sobre Mapeamento Sonoro”, realizado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP e pela Sobrac São Paulo.

Nesta edição de número 52 temos sete artigos publicados. Diversos temas da área de Acústica e Vibrações foram abordados, como por exemplo metamateriais, silenciadores, dinâmica da orelha média humana, vibração ocupacional, acústica de salas, percepção de qualidade acústica e regulamentação de ruído de aeronaves elétricas. Para facilitar o leitor na busca pelos temas de maior interesse, uma breve apresentação sobre cada artigo pode ser contemplada a seguir.

Gildean Almeida, Felipe Vergara, Leandro Barbosa e Linconl Farias, da UFSC, propõem uma geometria de metamaterial acústico que contém micro perfurações cilíndricas acopladas às cavidades de espaços enrolados. O dispositivo foi otimizado para atuar em baixa frequência (100 Hz–300 Hz) como um absorvedor de sub-comprimento de onda: a espessura do conjunto é muito menor do que o comprimento de onda da frequência de atuação. Alexandre Piccini, Paulo Mareze, Mário Martins e William D’A. Fonseca, da UFSM, expõem a metodologia empregada para o desenvolvimento e otimização de

um silenciador acústico focado para a equipe Formula UFSM, na qual as técnicas de matrizes de transferência, elementos finitos e algoritmos genéticos são adotadas ao longo do projeto. O trabalho resulta em um silenciador que atinge seguramente os limites regulamentados pela *Formula SAE*.

Lucas Lobato, Igor Bavaresco, Stephan Paul e Júlio Cordioli, da UFSC, apresentam resultados do ajuste de um modelo de parâmetros concentrados da orelha média, obtidos por meio de um algoritmo de otimização multi-objetivo (erros associados são discutidos). Cibele Flores, auditora fiscal do trabalho do Ministério da Economia, e Erasmo Vergara, professor da UFSC, avaliam o risco ocupacional da aceleração resultante da exposição do sistema mão-braço de trabalhadores que operam lixadeiras orbitais em atividades de marcenaria (observando ainda detalhes sobre os procedimentos de medição e as normativas vigentes).

O artigo de Guilherme Fagerlande, Maria Lygia Niemeyer e Júlio Torres, da UFRJ, apresenta resultados de simulações computacionais (utilizando o *software* BRASS) e medições acústicas para avaliar a qualidade acústica e propor adequações no Teatro Armando Gonzaga, projetado pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy e único equipamento cultural no bairro de Marechal Hermes, na cidade do Rio de Janeiro, RJ. O artigo de Eduardo Henrique Silva e Maria Lucia Oiticica, da UFAL, tem por objetivo analisar a evolução da percepção das características acústicas de ambientes por estudantes de graduação em diferentes períodos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e de Design de Interiores, submetidos a testes sonoros com fones de ouvido.

Por fim, Stephan Paul, Matheus de Lorenzo e Júlio Cordioli, da UFSC, apresentam o estado atual da regulamentação de ruído para aeronaves elétricas de pequeno porte com capacidade de decolagem e pouso na vertical (eVTOL), incluindo uma análise crítica considerando as principais características de projeto de tais aeronaves.

Gostaríamos também de aproveitar a oportunidade para convidar o leitor para o 12º Congresso Iberoamericano de Acústica (FIA) em conjunto com o XXIX Encontro da Sobrac, que será realizado em Florianópolis, de 23 a 26 de maio de 2021, devidamente reagendado por conta da pandemia. A programação incluirá palestras de especialistas mundialmente renomados, bem como apresentações de trabalhos e pôsteres sobre temas relacionados às áreas de Acústica e Vibrações. Uma exposição técnica com os últimos avanços em produtos e equipamentos ocorrerá em paralelo ao Congresso. Além disso, no dia 14 de agosto de 2020 ocorrerá o V Seminário Gaúcho de Acústica e Vibrações, batizado de V SeGAV-e por ter sido convertido na versão eletrônica-online. A novidade desse ano para o evento é que trabalhos inéditos poderão ser enviados em formato de *short paper*. Veja as chamadas com mais detalhes dentro da revista.

É interessante lembrar ao leitor que acompanha a Revista A&V que temos uma *versão livre* da revista, que contém a primeira página de cada artigo e as seções de Chamadas e *News & Reviews* na íntegra. A partir deste número começamos a atualizar (ainda internamente) o modelo (*template*) de artigo, contemplando detalhes requeridos pelos autores de 2018 a 2020. Na próxima edição ele deverá ser publicado.

Esperamos, a cada edição, publicar trabalhos dos mais variados ramos da área de acústica e vibrações. Para tanto, estamos investindo no aumento da atratividade da revista com a criação de novas seções, com mais espaço dedicado para a divulgação de ferramentas e eventos, e com a ampliação da publicidade nos meios acadêmicos. Queremos ainda agradecer à Sobrac, aos autores e ao grupo de pareceristas-revisores, pelo árduo e dedicado trabalho, imprescindíveis para tornar realidade esta publicação.

Aproveite a leitura!

Cordialmente, Editores Revista A&V n° 52, julho de 2020.

Editorial in English

It is with great satisfaction that the Editorial Committee of Acoustic & Vibrations Journal (*Revista Acústica & Vibrações*) presents issue number 52, containing a series of novelties. We started by elaborating on the commission structure itself. Already in this issue, we have the assistance of Associate Editors Ranny Michalski and Olavo Silva, professionals with extensive experience in A&V topics. Their contribution furthers the journal's growth. In this issue, we have also counted upon Guest Editor Paulo Mareze, professor in the Acoustical Engineering Program at UFSM.

On the road to an increased international readership, highlighting the scientific quality of our publication, the English professional proofreader Joseph Lacey, native from the United States, with great expertise in English translations and revisions, also joins the A&V team. This means that all titles, abstracts, and keywords of the articles in this issue have been professionally reviewed. It is important to highlight that each author covers the costs for this service for their own article.

In view of the current pandemic scenario due to the new coronavirus, responsible for the disease Covid-19, we have gone through changes and adaptations. We have remained in our homes, places of refuge, and security. We have changed our homes into workplaces in order to continue teaching, researching, and practicing science to further our field. It is important to note that we sympathize with those who have already suffered from the effects of the disease and with family members and friends of those who have passed. We also reinforce that our readers maintain social isolation even in the face of flexibility. Stay at home if you can. If you need to leave, only do so in case of extreme need, strictly complying with protective measures. Health first. Soon and with joint effort, we will overcome this difficult moment that we are going through.

We have several Calls in this number: to update details for the call for publication of articles; to become an associate of Sobrac; to provide details on INAD 2020 activities and the International Year of Sound 2020-2021; to update information about the FIA-Sobrac 2020 conference and the V Southern Acoustic & Vibration Seminar; as well as to update the section on acoustics conferences around the world (which has been greatly impacted due to necessary adjustments imposed by the pandemic).

In the *News & Reviews* section, we have a novelty: book reviews containing short summaries of four books in order to invite the reader to explore these excellent works. The section also has two very interesting technical articles. In the first, Fernando Diaz and Denison Oliveira present us the description of the new Brüel & Kjaer Sound Level Meter, Type 2245, an intuitive and easy-to-use equipment for measuring environmental noise. In the second, Ranny Michalski tells a little about the "First FAU USP Seminar on Sound Mapping", held by the Faculty of Architecture and Urbanism at USP and by Sobrac São Paulo.

In this issue number 52, we have published seven articles. Several topics in the area of Acoustics & Vibrations were addressed, such as metamaterials, silencers, dynamics of the human middle ear, occupational vibration, room acoustics, perception of acoustic quality, and noise regulation of electric aircraft. To facilitate the reader in the search for the topics of major interest, a brief presentation of each article is contemplated below.

Gildean Almeida, Felipe Vergara, Leandro Barbosa, and Linconl Farias, from UFSC, propose an acoustic metamaterial geometry that contains cylindrical micro-perforations attached to cavities in coiled spaces. The device has been optimized to operate at low-frequency (100 Hz–300 Hz) as a sub-wavelength absorber – the thickness of the device is much less than the wavelength of the actuation frequency. Alexandre Piccini, Paulo Mareze, Mário Martins, and William D'A. Fonseca, from UFSM, expose the methodology used for the development and optimization of an acoustic silencer designed

for the Formula UFSM team, in which the transfer matrix techniques, finite elements, and genetic algorithms were adopted throughout the project. The study results in a silencer that safely meets the limits established by *Formula SAE* regulation.

Lucas Lobato, Igor Bavaresco, Stephan Paul, and Júlio Cordioli, from UFSC, present their results on adjusting a model for concentrated parameters of the middle ear, obtained through a multi-objective optimization algorithm (associated errors are discussed accordingly). Cibele Flores, labor inspector at the Ministry of Economy, and Erasmo Vergara, professor at UFSC, assess the occupational risk of acceleration resulting from exposure to the hand-arm system of workers who operate orbital sanders in joinery activities (details about the measurement procedures and current regulations are also observed).

The article by Guilherme Fagerlande, Maria Lygia Niemeyer, and Júlio Torres, from UFRJ, presents their results on computational simulations (using BRASS software) and acoustic measurements to assess acoustic quality and propose adaptations to the Teatro Armando Gonzaga – designed by the architect Affonso Eduardo Reidy and the only cultural installation in the neighborhood of Marechal Hermes, in the city of Rio de Janeiro, RJ. The article by Eduardo Henrique Silva and Maria Lucia Oiticica, from UFAL, aims to evaluate the evolution among students of perception of environmental acoustic characteristics (in two periods of the Architecture and Urbanism, and Interior Design courses), submitted to sound evaluations with headphones.

Finally, Stephan Paul, Matheus de Lorenzo, and Júlio Cordioli, from UFSC, present the current state of noise regulation for small electric aircraft with vertical takeoff and landing capability (eVTOL), including a critical analysis considering the main characteristic designs of such aircraft.

We take the opportunity to invite the reader to the 12th Ibero-American Acoustic Congress (FIA) together with the XXIX Sobrac Meeting, which will be held in Florianópolis, from May 23 to 26, 2021, duly rescheduled due to the pandemic. The program will include lectures by world-renowned experts, as well as presentations and posters on topics related to Acoustics and Vibrations. A technical exhibition with the latest advances in products and equipment will take place in parallel to the Congress. In addition, on August 14, 2020, the V Southern Seminar on Acoustics and Vibrations will take place, named V SeGAV-e for having been converted into the electronic-online version. The novelty of this year for the event is that unpublished works may be sent in *short paper* format. See the calls in more detail inside this issue.

It is important to remind the reader who accompanies A&V Journal that we have a free version of this issue, which contains the first page of each article and the sections of Calls and News & Reviews in full details. From this issue, we have begun to update (still internally) the article template, including details required by the authors from 2018 to 2020. In our next edition, it should be published.

We hope, with each edition, to publish works from the most varied branches of acoustics and vibrations. To this end, we are investing in increasing the journal's attractiveness with the creation of new sections, with more space dedicated to the dissemination of tools and events, and with the expansion of advertising in academic circles. We would also like to thank Sobrac, the authors and the group of peer-reviewers for their hard and dedicated work, which were essential to transform this publication into reality.

Enjoy reading!

Cordially, Editors A&V n° 52, July 2020.

Acústica e Vibrações

Sociedade Brasileira de Acústica - Sobrac

Julho de 2020 - Vol. 35 ▶ N° 52

Otimização de um metamaterial acústico labiríntico para absorção sonora na faixa de frequências de 100–300 Hz

Desenvolvimento e otimização de silenciador automotivo orientado a protótipos Formula Student

Ajuste de um modelo de parâmetros concentrados da orelha média usando diferentes funções objetivo

Exposição do risco ocupacional às vibrações mão-braço na operação de lixadeiras orbitais em marcenarias

Adequação acústica do Teatro Armando Gonzaga por meio de simulação computacional

Percepção da qualidade acústica de ambientes por alunos dos cursos de Arquitetura e Design de Interiores

Considerações iniciais sobre a regulamentação de ruído para aeronaves eVTOL

Chamadas: Publique na A&V, Escrevendo artigo em LaTeX/Overleaf, Associe-se à Sobrac, INAD Brasil 2020, Ano Internacional do Som 2020–2021, Congresso FIA/Sobrac 2020, V SeGAV, Congressos de acústica pelo mundo e Proceedings online

News & Reviews: Resenhas de livros, Novo sonômetro B&K 2245 e Seminário FAU USP sobre Mapeamento Sonoro

Acústica & Vibrações

<https://revista.acustica.org.br>

ISSN: 2764-3611 (e) | 1983-442X (i)



Comissão Editorial

Editor-Chefe

William D'Andrea Fonseca | ✉

Editores Associados

Ranny L. X. N. Michalski | ✉

Olavo M. Silva | ✉

Editor Convidado n. 52

Paulo Henrique Mareze | ✉

English Proofreader

Joseph Lacey | ✉

Capa e Diagramação

William D'Andrea Fonseca

Endereços

UFSM – Centro Tecnológico – Sala 212
Av. Roraima no 1000, Camobi
Santa Maria, RS, Brasil - 97105-900
www.acustica.org.br
sobrac@acustica.org.br

Diretoria Sobrac 2019/2020

Presidente: Stelamaris Rolla Bertoli | ✉

Vice-pres.: Krisdany S. M. Cavalcante | ✉

1º Sec.: Débora Miranda Barretto | ✉

2º Sec.: Maria Lygia Alves de Niemeyer | ✉

1º Tesoureiro: Roberto Jordan | ✉

2º Tesoureiro: Gustavo S. V. Melo | ✉

Conselhos

Deliberativo 2019/2022

Aline Lisot, Cândida de Almeida Maciel, Daniel Fernando Zajarkiewicz, Dinara Xavier da Paixão e José Augusto Mannis.

Deliberativo 2017/2020

Newton Sure Soeiro, Ricardo Eduardo Musafir, Julio Cordioli, Márcio H. Avelar Gomes e Bianca Dantas de Araujo.

Fiscal 2019/2020

Maria Lucia G. da Rosa Oiticica, Ranny L. X. N. Michalski e Viviane Suzey G. Melo.

Regionais 2019/2020

Região Norte, Região Nordeste, Região Centro Oeste, Regional São Paulo e Regional Rio Grande do Sul.

Informações

Todos os artigos publicados passam por um sistema de revisão-parecer duplo-cego antes da aceitação. Os pareceristas são profissionais com conhecimento notável no assunto. Os conteúdos dos artigos são de responsabilidade dos autores.

Sumário

Editorial	3
<i>Editorial in English</i>	5

Artigos

Otimização de um metamaterial acústico labiríntico para absorção sonora na faixa de frequências de 100–300 Hz .	7
Desenvolvimento e otimização de silenciador automotivo orientado a protótipos Formula Student	23
Ajuste de um modelo de parâmetros concentrados da orelha média usando diferentes funções objetivo	45
Exposição do risco ocupacional às vibrações mão-braço na operação de lixadeiras orbitais em marcenarias	59
Adequação acústica do Teatro Armando Gonzaga por meio de simulação computacional	73
Percepção da qualidade acústica de ambientes por alunos dos cursos de Arquitetura e Design de Interiores	89
Considerações iniciais sobre a regulamentação de ruído para aeronaves eVTOL.....	101

Chamadas

Publique seu artigo na A&V	129
Introdução ao L ^A T _E X e como iniciar um novo projeto no Overleaf	133
Associe-se à Sobrac	141
Regionais da Sobrac.....	142
Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído – INAD Brasil 2020	143
International Year of Sound 2020 & 2021 – IYS'20	147
12º Congresso Iberoamericano de Acústica – FIA 2020 & XXIX Encontro da Sobrac	149
V Seminário Gaúcho de Acústica e Vibrações (V SeGAV-e)	151
Congressos de acústica pelo mundo	153
Proceedings online.....	163

News & Reviews

Resenhas de livros	165
Novo moderno sonômetro Brüel & Kjær modelo 2245	171
1º Seminário FAU USP sobre Mapeamento Sonoro.....	177

