

FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Gestão do ruído na aquisição de equipamentos de laboratórios de pesquisa microbiológica: uma questão de saúde do trabalhador

Macedo, M. R. V.¹; Silva, S. L. S.¹; Jorge, P. R. L.¹; Gama, A. P.¹; Amaral, M. A.²

¹ Núcleo de Ambiências e Ergonomia (NAE), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ambiencias@fiocruz.br.

² Laboratório de Ensaio Acústicos (Laena), Instituto Nacional de Metrologia, Tecnologia e Qualidade (Inmetro), Duque de Caxias, RJ, Brasil, murilo@eq.ufirj.br.

Resumo

Este trabalho aborda questões relativas à importância do controle de ruído em laboratórios de pesquisa biomédica, a partir da aquisição de equipamentos mais silenciosos. Usualmente, as atividades desenvolvidas nos laboratórios requerem grande concentração e inteligibilidade da palavra. Entretanto, os níveis sonoros geralmente neles encontrados podem acarretar agravos extra auditivos, interferência na comunicação verbal, riscos de acidentes e comprometimento do resultado das pesquisas realizadas. Com objetivo de desenvolver metodologia para avaliação da emissão sonora dos equipamentos e sua contribuição no ambiente sonoro, realizou-se um estudo de caso em um laboratório de pesquisa microbiológica, tendo em vista a legislação e normas nacionais e internacionais. Inicialmente, foram identificadas as fontes sonoras internas e externas e listados os equipamentos mais ruidosos do laboratório em estudo. Posteriormente, pesquisou-se a existência de declarações de emissão sonora dos equipamentos, de normas aplicáveis e de “noise test codes” para desenvolvimento de metodologia de avaliação. Ao total, foram medidos os níveis de pressão sonora em 24 pontos, considerando cinco condições distintas, bem como medição em 9 pontos visando estimar a emissão sonora das cabines de segurança biológica para elaboração de mapa de ruído. Por fim, constatou-se que as principais fontes sonoras no laboratório são as cabines de segurança biológica, as incubadoras B.O.D, freezers, geladeiras, autoclave, ar-condicionado de janela e fontes de ruído externas (trânsito, dutos de exaustão e casas de máquinas de equipamentos). Adicionalmente, foi identificada a carência de declarações de emissão sonora de tais equipamentos, apontando a necessidade de criação do Selo Ruído para essa categoria. Como parte do Projeto Silêncio desenvolvido pela Fiocruz, os resultados encontrados neste estudo permitirão desenvolver um protocolo para a aquisição de equipamentos de laboratórios similares mais silenciosos e propor medidas de controle de ruído para essa tipologia de ambientes.

Palavras-chave: Ambiente Sonoro; Saúde do Trabalhador; Ruído em Laboratórios, Gestão do ruído, Compra silenciosa.

PACS: 43.50.Jh.; 43.50.-x; 43.55.-n; 43.50. Qp.

Abstract

This paper approaches issues related to the importance of noise control in biomedical research laboratories, starting with the acquisition of quieter equipment. Usually, the activities developed in the laboratories require great concentration and intelligibility of the word. However, the sound levels usually found in them can cause extra hearing problems, interference in verbal communication, risk of accidents and compromising the results of the research carried out. In order to develop a methodology for evaluating the sound emission of equipment and its contribution to the sound environment, a case study was carried out in a microbiological research laboratory, in view of national and international legislation and standards. Initially, the internal and external sound sources were identified and the noisiest equipment in the laboratory under study was listed. Subsequently, the existence of equipment noise emission declarations, as well as applicable standards and “noise test codes” were investigated for the development of an evaluation methodology. In total, the sound pressure levels were measured in 24 points, considering five different conditions, as well as measurements in 9 points to estimate the sound emission from the biological safety cabins for the elaboration of a noise map. Finally, it was found that the main sound sources in the laboratory are biological safety cabinets, B.O.D incubators, freezers, refrigerators, autoclave, window air conditioning and external noise sources (traffic, exhaust ducts and equipment engine rooms). Additionally, the lack of sound emission declarations from such equipment was identified, pointing out the need to create the Noise Seal for this category. As part of the Silence Project developed by Fiocruz, the results found in this study will allow the development of a protocol for the acquisition of equipment from similar, quieter laboratories and propose noise control measures for this typology of environments.

Keywords: Sound Environment; Worker's health; Laboratory Noise, Noise Management, Silent Purchase.



1. INTRODUÇÃO

No local de trabalho, o controle de ruído é fundamental, pois a sua presença pode aumentar os riscos de acidentes por mascarar sinais de alerta, ser um fator de estresse, ou potencializar o risco de perda de audição, quando há exposição simultânea com produtos químicos ototóxicos, tais como solventes orgânicos: tolueno, xileno, estireno e o bissulfureno de carbono [1–2]. Além disso, metais, medicamentos e substâncias asfixiantes (por exemplo: monóxido de carbono) podem afetar a audição[3–4].

Em laboratórios, a interferência na comunicação oral decorrente dos níveis elevados de ruído emitidos por equipamentos é uma preocupação crescente [5–6]. Embora, na maioria dos laboratórios, os níveis de ruído estejam abaixo do limite considerado prejudicial à audição (85 dB(A), durante um dia laboral de 8 horas), podem ser bastante elevados, principalmente, quando mais de um equipamento está em uso. Além disso, nestes ambientes é comum o uso de substâncias químicas, algumas das quais ototóxicas.

Adicionalmente, devido ao nível de biossegurança¹ requerido, é necessário o emprego de materiais de revestimento de superfícies de bancadas de trabalho, mobiliário, paredes, divisórias, pisos e teto de fácil limpeza, o que torna o ambiente reverberante e eleva o nível sonoro emitido por equipamentos.

O presente estudo é parte do projeto institucional “Silêncio: Gestão do ruído na Aquisição de Equipamentos de Laboratório”, contemplado no ano de 2021 pelo edital Inova Gestão da Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz. A pesquisa visa fornecer subsídios para a formulação de uma política de Gestão do Ruído na Aquisição de Equipamentos de Laboratórios de Pesquisa Biomédica e de Microbiológica, considerando critérios de qualidade acústica e limites de emissão sonora, a serem adotados pelos gestores, técnicos e profissionais de saúde

¹ Biossegurança é o conjunto de saberes direcionados para ações de prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, as

na Fiocruz. Busca atuar na prevenção de agravos auditivos e extra-auditivos, através da redução da exposição sonora, pois segundo Beraneck [8], a melhor forma de reduzir a exposição sonora é agindo sobre a fonte, através da aquisição de equipamentos mais silenciosos.

Assim sendo, este trabalho apresenta um estudo de caso desenvolvido em um laboratório de pesquisa microbiológica da Fiocruz que abriga a Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), para o qual foi necessário desenvolver metodologia para avaliação da emissão sonora dos equipamentos e sua contribuição no ambiente sonoro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

A pesquisa bibliográfica teve por objetivo buscar referencial teórico para a definição de limites e critérios de emissão sonora dos equipamentos, imissão e exposição sonora no posto de trabalho, e definição de procedimentos de medição de ruído nos laboratórios objeto de avaliação.

Entre 2016 e 2020, foi realizada uma revisão sistemática sobre a exposição ao ruído em ambientes de trabalho, da qual participaram membros da equipe, a convite da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Organização Internacional do Trabalho (OIT), que resultou na publicação dos seguintes artigos: “*The prevalence of occupational exposure to noise: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury*” [9] e “*WHO/ILO work-related burden of disease and injury: Protocol for systematic reviews of exposure to occupational noise and of the effect of exposure to occupational noise on cardiovascular disease*” [10].

A partir dos dados acima mencionados, foram realizadas pesquisas de documentos e normas

quais possam comprometer a saúde do homem, dos animais, das plantas e do meio ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos' [7].

nacionais e internacionais, considerando os critérios de elegibilidade dispostos a seguir.

2.1 Critério de Elegibilidade

Inicialmente, realizou-se a busca utilizando-se os seguintes descritores: “ruído”, “ruído ocupacional”, “acústica”, “ruído no trabalho”, “mapeamento de ruído”, “som”, “ruído ambiental”, “ruído em laboratórios de microbiologia”, “biossegurança em laboratórios”, “*Noise Test Code*” e “declaração de emissão sonora”.

Foram pesquisadas as seguintes bases:

- Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica Universidade de São Paulo – AGUIA;
- Web of Science (1 January 1945 to 30 June 2021);
- Data and Statistics Gateway | NIOSH | CDC;
- Health and Environmental Research Online (HERO) (1 de janeiro de 2001 a 30 junho de 2021);
- Scopus (1 de janeiro de 2001 a 30 junho de 2021).

As pesquisas foram realizadas em português, inglês, francês e espanhol usando a busca estratégica. Também foram pesquisadas outras bases acadêmicas e da literatura cinza² nos últimos 20 anos (2000 a 2021):

- Web sites organizacionais; OpenGrey (<https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:200362>);
- Google (www.google.com/);
- Google Scholar (www.google.com/scholar/).

Realizaram-se buscas nos websites das seguintes organizações e departamentos de governo nacionais e internacionais:

- Organização Internacional do Trabalho – IOT;
- Organização Mundial de Saúde - OMS;
- Agência Europeia para a Saúde e Segurança no Trabalho – EU-OSHA;
- National Institute of Occupational Safety and Health – NIOSH of the United States of America, using the NIOSH data and statistics gateway;
- Institut National de Recherche et de Sécurité – INRS;
- International Standard Organization – ISO;
- Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT.

Finalmente, foram realizadas pesquisas de manuais e catálogos de equipamentos, a fim de verificar a disponibilidade de declaração de emissão de ruído para os equipamentos mais ruidosos encontrados nos laboratórios objeto de estudo, bem como consultas a especialistas visando buscar estudos potencialmente elegíveis.

Entrando com o descritor “*Noise*” na ferramenta de busca do web site da ABNT foram encontradas 513 normas, sendo ABNT (33), ISO (253), IEC (227). Com o descritor “ruído”, foram encontradas 41 normas no web site da ABNT. Através de análise de conteúdo de títulos e resumos não foram encontradas normas da ABNT diretamente ligadas ao assunto em questão.

Após análise preliminar, dentre todas as normas supracitadas, foram priorizadas as seguintes normas para a elaboração de um Protocolo de Medição:

- ISO 11690-1:2020 Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 1: Noise control strategies;

² A Quarta Conferência Internacional sobre Literatura Cinza (GL '99), realizada em Washington, DC, em 1999, definiu literatura cinza como: "Aquela que é produzida por todos os setores governamentais, acadêmicos, de negócios e indústrias, em formatos impressos e eletrônicos, mas que não são controlados por editoras comerciais [11].



- ISO 11690-2:2020 Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 2: Noise control measures;
- ISO 3746:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane;
- ISO 3747:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment.
- ABNT NBR 10151:2019 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral;
- ABNT NBR 10152:2017 Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.

2.2 O conceito “Buy and Sell Quiet”

A principal ideia do conceito “Buy and Sell Quiet” é que a melhor solução para o controle de ruído é a redução na fonte sonora, pois em muitos casos, o uso de produtos mais silenciosos é a única maneira de reduzir o ruído [12].

Considera-se que a redução da emissão sonora de máquinas e equipamentos pode ser obtida através da disponibilização de dados de emissão sonora confiáveis, que permitam a compra de produtos mais silenciosos. A venda e compra silenciosa pressupõe que gestores prefiram adquirir máquinas menos ruidosas para reduzir os custos e esforços associados à gestão dos riscos decorrentes da exposição ao ruído e que os fabricantes obtenham vantagens na sua produção. Tais vantagens estariam associadas à expansão do mercado ou adição desses custos ao valor do produto [13].

Na Comunidade Europeia, os fabricantes devem medir a emissão de ruído de máquinas e equipamentos produzidos, tomando como base as diretivas europeias e normas dos países

membros (se forem mais restritivas) e declarar os níveis de emissão sonora de forma clara. Este procedimento auxilia compradores na escolha de máquinas e equipamentos mais silenciosos, a partir da comparação dos dados fornecidos pelos fabricantes, de modo a reduzir a exposição sonora nos ambientes de trabalho internos e externos. Para tanto, é necessário que a legislação obrigue os fabricantes a fornecerem tais informações de maneira confiável e compreensível aos compradores.

No Brasil, o conceito de compra e venda de máquinas e equipamentos silenciosos ainda se encontra bastante incipiente. O Programa Silêncio do CONAMA, foi instituído em 1990 pela Resolução nº 002 [14], considerando a necessidade de estabelecer normas, métodos e ações para controlar o ruído elevado que interfere na saúde e bem-estar da população.

Com o objetivo de “incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído”, em 1994, a Resolução nº 20 do CONAMA [15] criou o Selo Ruído e tornou-o obrigatório em três tipos de aparelhos eletrodomésticos: secador de cabelo, liquidificador e aspirador de pó. Todavia, até a presente data, não há normas e regulamentações nacionais relativas à emissão sonora de outros equipamentos, inclusive dos utilizados em laboratório, o que dificulta o processo de compra de equipamentos mais silenciosos.

2.3. Controle de ruído em Laboratórios pesquisa microbiológica

Em função dos procedimentos realizados, os laboratórios podem apresentar características completamente diferentes. Contudo, a necessidade de uma boa comunicação verbal é comum a todos eles. Além disso, alguns servem como salas de aula e recebem pesquisadores estrangeiros, cuja língua materna não é o português. Neste sentido, é necessário que as equipes de pesquisa possam se comunicar claramente, dado que a má inteligibilidade da palavra poderá também afetar a segurança, a precisão dos dados da pesquisa e dificultar a cooperação técnico-científica. Assim, o desempenho acústico de um local deve ser

definido em função das necessidades de comunicação e de concentração [16].

Entretanto, agir no controle de ruído requer cuidadosa análise das atividades, pois o ruído pode ser portador de informações úteis ao processo de trabalho, auxiliando na prevenção de um acidente ou incidente. Portanto, é importante que as decisões relativas ao controle de ruído sejam tomadas de comum acordo com os trabalhadores, a fim de evitar a supressão de fontes sonoras importantes.

Segundo a ISO 11.690-1 [17], os objetivos do controle de ruído devem ser baseados em conhecimentos gerais sobre como o ruído afeta a saúde das pessoas e interfere em suas atividades. Ao definir objetivos em relação à qualidade acústica de um posto ou ambiente de trabalho, deve-se estabelecer os níveis de ruído o mais baixo possíveis, bem como o tempo de reverberação adequado e os parâmetros de propagação sonora. Por essa norma, a emissão e/ou níveis de exposição ao ruído devem ser definidos em função do tipo de atividade.

A Norma Francesa NF S31-199 [18], estabelece que o nível de ruído ambiente aceitável em locais onde são exercidas atividades contínuas que implicam processos cognitivos complexos não deve exceder 45 a 55 dB(A), de acordo com a atividade desenvolvida no posto de trabalho, pois as comunicações verbais podem se tornar inaudíveis se o ruído de fundo mascarar a voz humana³ [16].

No Brasil, o limite de exposição é abordado na Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) do Ministério do Trabalho [19], que trata das atividades e operações insalubres e se baseia no nível sonoro em função do tempo de exposição, considerando que o nível sonoro máximo para 8h de exposição sonora é 85 dB(A). Entretanto, a NR 17 [20], que trata da Ergonomia, estabelece que:

- A organização deve adotar medidas de controle do ruído nos ambientes internos com a finalidade de proporcionar conforto acústico nas situações de trabalho.

- O nível de ruído de fundo para o conforto deve respeitar os valores de referência para ambientes internos de acordo com sua finalidade de uso, estabelecidos em normas técnicas oficiais.
- Para as atividades que não possuam equivalência na norma, o nível de ruído aceitável para a condição de conforto é de 65 dBA, nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A e no circuito de resposta Slow (S).

Tendo em vista as atividades desenvolvidas em laboratórios e, com base nas normas supracitadas, neste trabalho foram adotados os valores de referência definidos pela NBR 10.152 [21] para laboratórios de clínicas e hospitais: RL_{Aeq} 45 dB, RL_{ASmax} 50 dB e RL_{NC} 40, ainda que a referida norma não aborde especificamente laboratórios de pesquisa biomédica e de microbiologia.

O controle de ruído em laboratórios deve ter como referência o nível de biossegurança exigido e as propriedades acústicas do ambiente de trabalho. Quase todos os equipamentos utilizados nestes ambientes emitem ruído, cujo nível depende das atividades e processos de trabalho, que poderão exigir a utilização de capelas de exaustão química, cabines de segurança biológica, refrigeradores, geradores de gás nitrogênio, compressores, congeladores, incubadoras, ultracentrífugas, grandes analisadores automatizados, homogeneizadores de tecido, agitadores, autoclaves etc.

Desta forma, requer a identificação das diversas fontes de ruído existentes, internas e externas, do nível de pressão sonora emitido, do tempo de funcionamento de cada equipamento, da frequência sonora e do tipo de ruído (contínuo, intermitente, de impacto ou aéreo). Observa-se que ruídos de impacto e com componentes tonais podem ser mais perigosos e incômodos que ruídos contínuos de banda larga. Assim, o controle destes tipos de fontes sonoras deve ser prioritário [22].

3. METODOLOGIA

Inicialmente, foram identificados os equipamentos utilizados no laboratório que

³ A voz normal, sem falar alto ou gritar, tem um nível de aproximadamente 60 dB(A) [16].



abriga a Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF), os quais foram classificados em três modalidades: Grupo 1: maquinarias e equipamentos de piso; Grupo 2: maquinarias e equipamentos de bancada e Grupo 3: equipamentos de ar-condicionado e exaustão mecânica.

Em seguida, foi realizada extensa busca da potência sonora emitida por cada equipamento, junto aos fabricantes e representantes comerciais.

Posteriormente, optou-se por verificar a viabilidade de utilização da norma ISO 3746 [23] que descreve um método para cálculo do nível de potência sonora produzido por uma fonte no interior de um recinto fechado, a partir do nível de pressão sonora medido numa superfície hipotética que a circunda, chamada de superfície de referência.

A norma descreve as condições e procedimentos para a realização de medições, a fim de obter os níveis de pressão sonora em torno da fonte, partindo das suas dimensões e localização [23, 24]. Define que são necessários três dados para a determinação da potência sonora: o volume que delimita a fonte sonora sob teste, os níveis de pressão sonora medidos em pontos determinados e a superfície de medição, relacionada às dimensões da fonte e à distância entre o microfone e à fonte.

Segundo Probst [25], as medições para a determinação dos valores de emissão sonora para declaração deveriam ser realizadas com método normalizado, sempre que possível. Todavia, os procedimentos de medição para a determinação do Nível de Pressão Sonora (NPS) e Nível de Potência Sonora (NWS) são relativamente complicados, especialmente quando os equipamentos não podem ser movidos facilmente. Nesse contexto, podem ser necessários procedimentos aproximativos. Alguns desses métodos já foram testados e provaram ser úteis, especialmente, durante a medição da emissão sonora de máquinas de grande porte.

Entretanto, deve-se considerar condições nas quais os procedimentos aproximativos podem ser aplicados com a exatidão requerida. É

necessário examinar o tipo de equipamento, para definir se será abordado um procedimento determinado de um modo específico ou se poderá ser adotado um método específico ao tipo de máquina definido na norma-C (código de teste de ruído padronizado) [26], que fornece a presunção de conformidade com os dados requeridos pela Diretiva 2006/42/EC, para o uso típico mais ruidoso da máquina [27].

Uma vez constatada a impossibilidade de se utilizar as normas pesquisadas, inclusive a ISO 3746 [23], e a inexistência de norma-C e *Noise Test Code para* os equipamentos de laboratórios, decidiu-se aplicar os métodos apresentados na subseções 3.1 e 3.2.

3.1. Medição em superfícies de curta distância

Alguns equipamentos são acoplados mecanicamente, eletricamente ou pelo fluxo de material. Nestes casos, o som irradiado na frente ou atrás do mesmo pode resultar numa diferença entre o NPS emitido e o ruído de fundo, quando a superfície de medição está a um metro de distância, não permitindo que seja eliminada a influência desse ruído de fundo.

Segundo Probst [25], nesta e em muitas situações comparáveis, uma medição em distâncias muito curtas de cerca de 10 cm pode resolver o problema, se a influência do ruído de fundo for reduzida a tal ponto, que nenhuma correção seja necessária. Segundo o autor, esta técnica foi testada com máquinas e sistemas de transporte na indústria de envasamento e, na maioria dos casos examinados, foi necessário efetuar uma correção de cerca de 3 dB para retificar o erro de ângulo que ocorre ao medir em distâncias curtas.

3.2. Medição em aberturas

Alguns equipamentos são parcialmente ou completamente cobertos por um gabinete, tais como: Cabine de Segurança Biológica (CBS), Fluxos Laminares e Capelas de Exaustão Química. Nestes casos, a maior parte da energia sonora que determina o nível de pressão sonora ao redor é irradiada de superfícies abertas necessárias para manipulação de material químico ou biológico.

De acordo com Probst [25], se a medição a uma distância de um metro não for possível, devido ao elevado ruído de fundo, pode ser vantajoso medir o nível médio de pressão sonora diretamente nas áreas de superfície abertas. Para cada abertura, o nível de potência sonora parcial é determinado a partir desse nível médio de pressão sonora na área de abertura. A soma energética de todas as contribuições é o NWS da máquina.

3.3 Estudo de Caso

Em uma abordagem experimental, para a avaliação do ambiente sonoro do Laboratório de Micologia da CCFF, situado no *campus* Fiocruz Manguinhos, no Rio de Janeiro, foram seguidos os procedimentos de medição estabelecidos pela NBR 10.152 [21] para posteriormente validar os resultados obtidos pela simulação acústica das condições do laboratório.

As medições seguiram os procedimentos recomendados pela norma, com calibração do microfone dentro dos padrões determinados para o ensaio, posicionamento dos pontos de medição a pelo menos um metro acima do piso, com exceção das superfícies refletoras verticais devido ao grande número de equipamentos e móveis do laboratório. Os níveis sonoros foram registrados a cada um segundo na memória do sonômetro, possibilitando a exclusão de sons intrusivos, na função de cálculo automático para os descritores: $L_{Aeq,T}$, L_{ASmax} , $L_{Zeq,fHz(1/1)}$ e L_{NC} . Além dos descritores definidos pela norma, foram calculados os índices estatísticos L_{10} e L_{90} .

Encontram-se nas dependências do laboratório: dez geladeiras, três equipamentos de ar-condicionado de janela, quatro incubadoras B.O.D (apenas três em uso), três CBS, cinco *Freezers* (apenas dois em uso), uma autoclave e dois liofilizadores (fora de uso).

De modo a mapear a propagação do som no ambiente, identificar e caracterizar a contribuição das principais fontes sonoras (CBS, geladeiras, ar-condicionado e incubadoras B.O.D), 24 pontos de medição foram distribuídos na superfície da sala com área total de 80,35 m² e volume 237,84 m³, procurando atender a um espaçamento de 1,5 m

entre os pontos, conforme a Figura 1. Obteve-se o NPS de fundo do ambiente para cada dia de medição, com todos os equipamentos desligados. Foram, ainda, realizadas medições com equipamentos ligados e desligados, conforme descrito na seção 4.

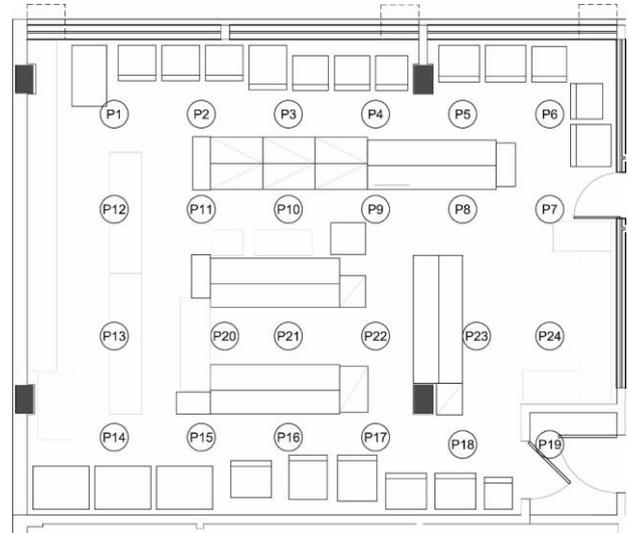


Figura 1: Planta esquemática dos pontos de medição da sala 525, Pav. Rocha Lima. Sem escala.

Para a reprodução dos mesmos pontos de medição em dias diferentes, suas posições foram marcadas no piso da sala em avaliação.

As condições escolhidas para as medições levaram em consideração o relato dos trabalhadores e as observações realizadas *in loco*. Foi mencionado que, em condições normais de funcionamento do laboratório, as CBS são ligadas simultaneamente, gerando incômodo aos trabalhadores que as utilizam e, também, aos que ocupam outros postos de trabalho. Além disso, são equipamentos comuns a todos os laboratórios de pesquisa microbiológica da Fiocruz.

Para caracterizar a emissão sonora de cada CBS, conforme a Figura 2, foram realizadas medições em três pontos a 0,10 m de distância do equipamento e a 0,86 m de altura (ponto médio da abertura frontal), sendo igualmente distribuídas nos 0,965 m de largura da abertura frontal.

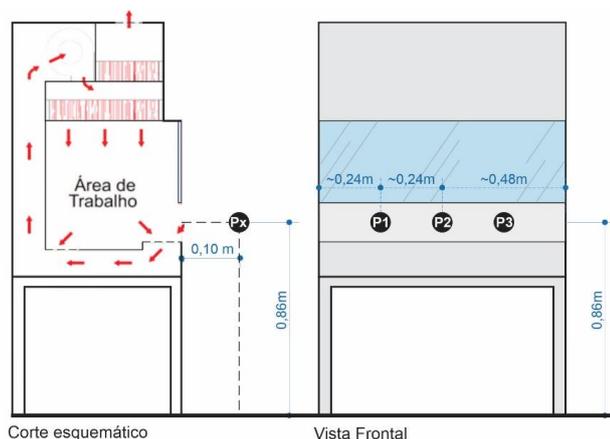


Figura 2: Corte esquemático e Vista Frontal dos pontos de medição da CBS. Sem escala.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Declaração de emissão sonora dos equipamentos

Os dados de emissão sonora relativos aos equipamentos identificados no laboratório são extremamente escassos e incompletos. Após estudo profundo sobre a legislação nacional e internacional, bem como a aplicação do programa *Buy and Sell Quiet* no mundo, verificou-se que há vários bancos de dados relativos à potência sonora emitida por máquinas e equipamentos utilizados em ambientes industriais e externos, mas não foram encontrados bancos de dados e *Noise Test Code* relativos à emissão sonora de equipamentos normalmente utilizados em laboratórios de pesquisa biomédica.

Também não foi possível obter as declarações de emissão sonora correspondentes aos equipamentos identificados, conforme determinam as normas técnicas internacionais vigentes. Em geral, são adotados limites de exposição sonora que visam evitar a perda auditiva ocupacional.

Ao analisar os dados referentes aos equipamentos do laboratório, foram identificados 32 tipos de equipamentos. Destes, somente 9 apresentam algum tipo de informação sobre emissão sonora, dos quais

apenas quatro informam que o nível sonoro foi obtido em dB e cinco em dB(A). Todavia, não é declarado se o dado corresponde ao NPS ou NWS. Não houve qualquer informação sobre a disponibilidade de Declaração de Emissão Sonora. Segundo informado pelo fabricante da CBS o nível de emissão sonora é 70 dB. Os trabalhadores informaram trabalhar, em diversas situações, com a três cabines ligadas ao mesmo tempo, sentados em cadeiras dispostas no centro das cabines, em frente às aberturas.

4.2 Medições de NPS *in loco*

As medições foram realizadas nos dias 23/11/2021, 24/11/2021 e 08/12/2021 entre 9h00 e 13h10, durante período com poucas atividades no laboratório. O tempo total de medição no ambiente foi de 1h29min43s, sendo realizadas medições de NPS com tempo de integração (T) de 30 segundos em cada ponto de medição.

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Sonômetro Larson Davis modelo LxT1, Tipo 1, número de série 0003013; Microfone capacitivo, PCB, modelo 377B02, número de série 116173. N° Certificado de calibração: 4957/21. Data de Calibração: 21/10/2021;
- Calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200, Tipo 1, número de série 8984. N° Certificado de calibração: 4958/21. Data de Calibração: 21/10/2021.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das medições realizadas para a caracterização do ruído ambiente no laboratório e para a da emissão sonora das CBS, respectivamente.

A análise espectral da emissão sonora das CBS permitiu identificar que o mais baixo nível obtido nas principais frequências da fala (entre 250 e 4000 Hz) foi em 4000 Hz (54 dB). O valor máximo (66 dB) foi encontrado em 1000 Hz.

Tabela 1: Resultados de medição para caracterização do ruído ambiente.

Condição de medição	$L_{Aeq,30s,Cx}$ [dB]	$L_{ASeq,30s,Cx}$ [dB]	$L_{NC,Cx}$ [-]	$L_{90,Cx}$ [dB]	$L_{10,Cx}$ [dB]
Condição 1: Geladeiras e Freezers (C1)	55,4 +/- 2,1	61,6 +/- 2,2	50	55,9 +/- 2,1	55,0 +/- 2,2
Condição 2: Incubadoras B.O.D. (C2)	56,3 +/- 2,2	65,1 +/- 2,4	55	56,6 +/- 2,2	55,9 +/- 2,2
Condição 3: Ar-condicionado (C3)	59,8 +/- 2,1	67,8 +/- 2,2	55	60 +/- 2,1	59,5 +/- 2,1
Condição 4: Cabines de Segurança Biológica (C4)	59,0 +/- 2,2	66,0 +/- 2,3	55	59,3 +/- 2,2	58,7 +/- 2,2
Condição 5: Ruído de Fundo (C5)	55 +/- 2,1	60 +/- 2,1	50	55,5 +/- 2,1	54,5 +/- 2,1

Tabela 2: Resultados de medição para caracterização da emissão sonora das cabines de segurança biológica.

Condição	$L_{Aeq,30s,CBSx}$ [dB]	$L_{ASeq,30s,CBSx}$ [dB]	$L_{NC,CBSx}$ [-]	$L_{90,CBSx}$ [dB]	$L_{10,CBSx}$ [dB]
Cabine de Segurança Biológica (CBS1)	70,3 +/- 2	71,7 +/- 2,1	70	70,4 +/- 2	70,2 +/- 2
Cabine de Segurança Biológica 2 (CBS2)	68,2 +/- 2,1	68,9 +/- 2,1	70	68,3 +/- 2,1	68,1 +/- 2
Cabine de Segurança Biológica 3 (CBS3)	69,8 +/- 2,1	70,3 +/- 2,1	70	69,9 +/- 2,1	69,6 +/- 2,1

4.3 Simulações acústicas

Para gerar mapas de ruído de um ambiente, é necessário inserir uma série de dados referentes à área do estudo: parâmetros morfológicos (geometrias e materialidade), da fonte sonora (potência sonora, direcionalidade, posição) e dos receptores (altura e diâmetro).

A geometria e materialidade do ambiente, equipamentos e mobiliário foram modelados diretamente no *software SoundPlan 8.2*, bem como os receptores, cujas posições e alturas correspondem às dos pontos de medições previamente definidos *in loco* (Figura 1).

Posteriormente, no modelo de cálculo baseado nos métodos de traçado de raios “*Sound Particle Diffraction*”, foram determinadas as configurações do mapa de ruído, como: altura

acima do piso (1,4m), número máximo de reflexões acústicas (1000), diâmetro dos receptores (0,50m), descritor acústico (L_{eq}), matriz do mapa (0,5m).

Considerando as CBS como principais fontes de incômodo no ambiente, optou-se por simular o ambiente na Condição 4 (C4), com todas elas ligadas. A Figura 3 apresenta os valores de $L_{Aeq,30s,C4}$ medidos, em dB, nos 24 pontos distribuídos na superfície útil da sala.

A seguir, a Figura 4 apresenta o mapa de ruído, na mesma condição (C4), considerando o espectro sonoro das fontes, determinado pelos resultados das medições apresentados na Tabela 2, bem como o do ruído de fundo medido no mesmo dia apresentado na Tabela 1.



A comparação entre os NPS medidos e os simulados indica que não houve diferença significativa, variando de 0,1 a 3,1 dB. A média

aritmética calculada dessas diferenças é igual a 1,2 dB.

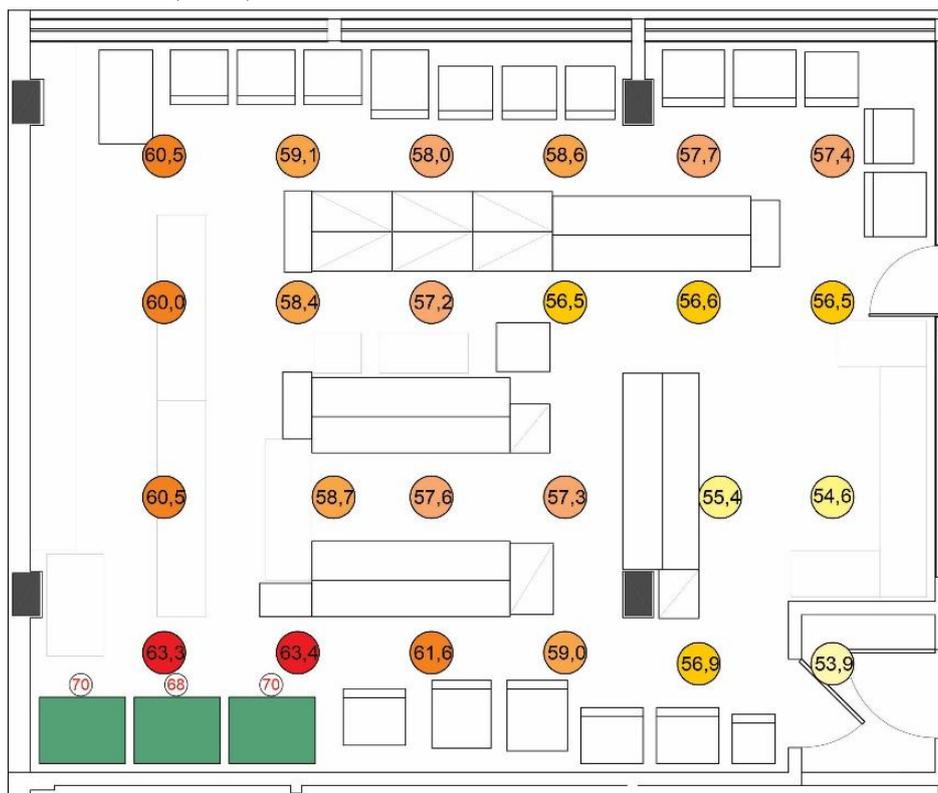


Figura 3: Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 4. Sem escala.

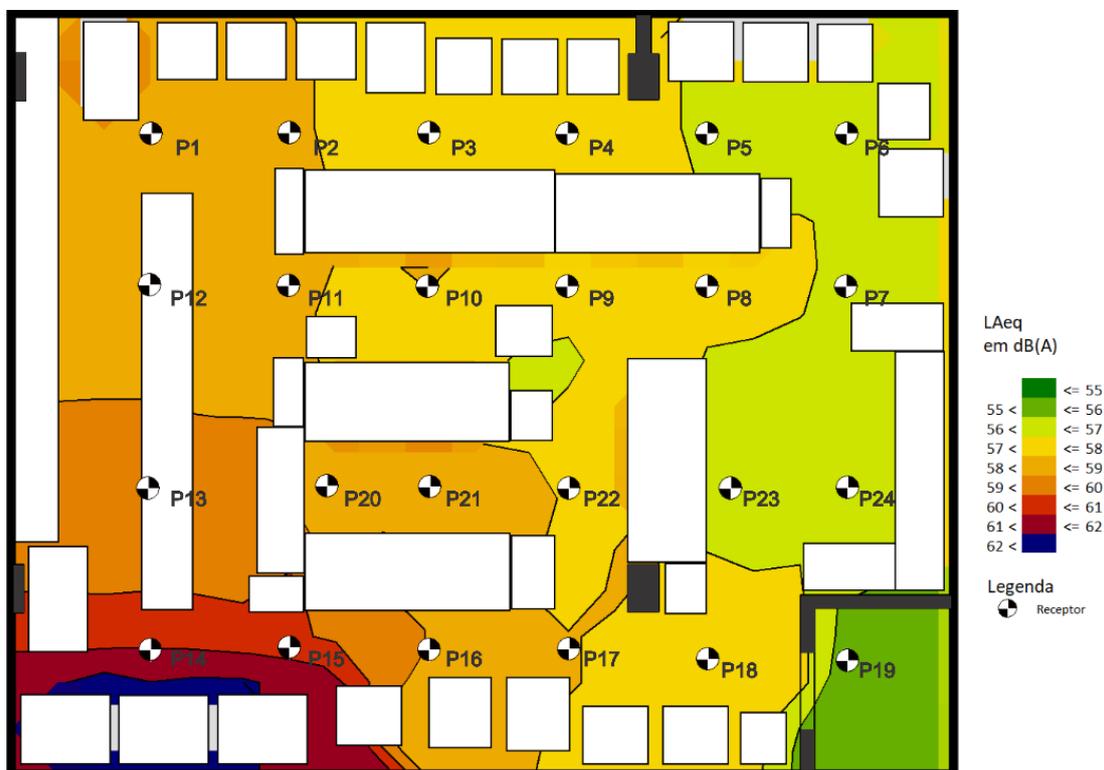


Figura 4: Mapa de ruído gerado pelo *Software SoundPlan* para a condição de todas as Cabines de Segurança Biológica ligadas na Sala 525.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades de trabalho em laboratórios de pesquisa microbiológica requerem exigência intelectual, boa inteligibilidade da fala e cuidados constantes com a biossegurança.

No laboratório da CCFF, embora os níveis medidos se encontrem abaixo dos limites de tolerância previstos na NR 15 [19], superam os valores recomendados pela NBR 10.152 [21], que são: $RLA_{eq} = 45$ dB; $RLA_{Smax} = 50$ dB; $RLNC = 40$. Tal situação explica o constante incômodo sonoro relatado pelos usuários do ambiente.

A interferência na comunicação ocorre quando os sons emitidos durante a fala são mascarados por um outro ruído, reduzindo a inteligibilidade da palavra e a qualidade da comunicação, cujas frequências mais importantes estão no intervalo de 250 a 4000 Hz. Nas frequências mais altas se encontram as principais informações para diferenciar os sons.

Dessa forma, a realização da análise espectral da emissão sonora do principal equipamento utilizado em laboratórios (CBS) confirma interferência na comunicação verbal, pois, o menor nível obtido, em 4000 Hz, foi 54 dB e o maior 66 dB, em 1000 Hz.

As medições de NPS confirmam que a CBS menos ruidosa emite 68dBA, ficando o trabalhador por horas exposto a este nível sonoro. Mesmo os que trabalham na bancada são submetidos a 60 dBA. A simulação reproduz este cenário.

Portanto, no CCFF, embora não haja risco de perda auditiva, os trabalhadores poderão estar sujeitos aos agravos extra-auditivos do ruído, o que ressalta a importância da compra de equipamentos mais silenciosos.

Entretanto, no Brasil, a implementação de um programa de gestão de compra silenciosa, esbarra na ausência de legislação que obrigue o fornecimento de declaração de emissão sonora e de Selo Ruído para equipamentos em geral. A criação de Selo Ruído para freezers, microondas e geladeiras já auxiliaria na melhoria da

qualidade acústica de laboratórios de pesquisa similares.

Vale destacar a necessidade de atuar preventivamente durante a elaboração do projeto de arquitetura, pois a consideração de áreas específicas para os equipamentos mais ruidosos pode auxiliar na redução da exposição sonora nos postos de trabalho.

Este artigo é apenas uma parte do “Projeto Silêncio”, através do qual pretende-se instigar fabricantes e fornecedores de equipamentos, a apresentarem dados de emissão sonora confiáveis para equipamentos de laboratório, a medida que estas informações passarem a ser exigidas nos processos de compras e licitações.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a contribuição da responsável pelo Laboratório de Taxonomia, Bioquímica e Bioprospecção de Fungos, Dra. Áurea Maria Laje que forneceu todas as informações necessárias, participou de discussões e permitiu o acesso aos respectivos laboratórios, bem como o apoio da Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Saúde na aquisição do *software SoundPlan* para a elaboração das simulações acústicas.

7. REFERÊNCIAS

- [1] European Agency for Safety and Health at Work – EU-OSHA. Introduction à la question du bruit au travail [acesso em: 23 Nov 2008]. Facts. 2005; v. 56. Disponível em: <http://osha.europa.eu/en/publications/factsheets/56>.
- [2] Institut National de Recherche et de Sécurité – INRS. Bruit et agents ototoxiques. In: Le point des connaissances sur ... Ed. 5028. 2005 [acesso em 22 Set 2008]. Disponível em: [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/Intranetobject-accesParReference/ED_5028/\\$File/ed5028.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/Intranetobject-accesParReference/ED_5028/$File/ed5028.pdf).
- [3] European Agency for Safety and Health at Work – EU-OSHA. Combined exposure to noise and ototoxic substances. 2009.
- [4] Vyskocil, A. et al. A weight of evidence approach for the assessment of the ototoxic potential of industrial chemicals. Toxicology and industrial health, v. 28, n. 9, p. 796-819, 2012.
- [5] Occupational Safety and Health Administration – OSHA. Laboratory Safety Noise. OSHA FactSheet. Acesso em 27/01/2022. Disponível em: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHAfactsheet-laboratory-safety-noise.pdf>. 2011



- [6] Centers for Disease Control and Prevention – CDC. “Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories”. U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service. National Institutes of Health. 6th Edition, 2020.
- [7] Brasil. Ministério da Saúde. Comissão de Biossegurança da FIOCRUZ. Procedimentos para a manipulação de microorganismos patogênicos e recombinantes na FIOCRUZ. 2005. Rio de Janeiro, 2005, p. 11.
- [8] Beranek, Leo L., 1971, Noise and Vibration Control. New York, Mac Graw Book Company.
- [9] Teixeira, Liliane R. et al. The prevalence of occupational exposure to noise: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environment international*, v. 154, p. 106380, 2021.
- [10] Teixeira, Liliane R. et al. WHO/ILO work-related burden of disease and injury: Protocol for systematic reviews of exposure to occupational noise and of the effect of exposure to occupational noise on cardiovascular disease. *Environment international*, v. 125, p. 567-578, 2019.
- [11] GL'99 Conference Program . Fourth International Conference on Grey Literature: New Frontiers in Grey Literature. GreyNet, Grey Literature Network Service. Washington D.C. USA, 4-5 October 1999.
- [12] Heisterkamp, F. et al. Sell and Buy Quiet – the extended concept to reduce noise (at work and at home). In *Proceedings of Internoise*, 2021.
- [13] Brereton, P., Patel, J. & Wu, T. How to make Sell and Buy Quiet (SBQ) a reality in Britain. In *Proceedings of Internoise* 2021.
- [14] Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 2, de 8 de março de 1990. Dispõe sobre a instituição do Selo Ruído de uso obrigatório para aparelhos eletrodomésticos que geram ruído no seu funcionamento. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=101308>. Acesso em: 12/02/2022.
- [15] Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 20, de 7 de dezembro de 1994. Selo Ruído. Acesso em 12/01/2022. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/autorizacoes/selo-ruído/sobre-selo-ruído>
- [16] Institute National de Recherche et de Sécurité – INRS. Conception des lieux et des situations de travail. Santé et sécurité: démarche, méthodes et connaissances techniques. Ed. 950, 2021
- [17]. International Organization for Standardization – ISO. ISO 11690-1: Acoustics – Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery – Part 1: Noise control strategies. Geneva, Switzerland, 2020
- [18] Association Française de Normalization – AFNOR. NF S 31-199: Acoustique — Performances acoustiques des espaces ouverts de bureaux. Saint-Denis, France, 2016.
- [19] Brasil. Ministério do Trabalho e Previdência. Brasil. Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) – Atividades e Operações Insalubres . 2022.
- [2019] Ministério do Trabalho e Previdência. Brasil. Norma Regulamentadora nº 17 (NR 17) – Ergonomia. 2021.
- [21] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 10152: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.
- [22] Davis, Rickie R. and Clavier, Odile. Impulsive noise: A brief review. *Hearing Research*. Volume 349, June 2017, Pages 34-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2016.10.020>
- [23] International Organization for Standardization – ISO. ISO 3746: Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane. Geneva, Switzerland, 2010.
- [24] Tomozei, Claudia et al. Noise sources characterization inside and outside a factory. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, v. 11, n. 3, 2012.
- [25] Probst, Wolfgang. Checking of Sound Emission Values, Editora Desenvolvimento Econômico. NW, Verlag für Neue Wiss, Edição 851 de Série de publicações do Instituto Federal de Segurança e Saúde Ocupacional / Pesquisa: Pesquisa, Instituto Federal de Segurança e Saúde Ocupacional, 102 p., 1999.
- [26] Canetto, Pierre. Techniques de réduction du bruit en entreprise: quelles solutions, comment choisir. INRS, 2006.
- [27] Parlamento Europeu. Diretiva 2006/42/CE de 17 de maio de 2006, relativa às máquinas e que altera a Diretiva 95/16/CE (reformulação). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/PT/legal-content/summary/machinery-safety.htm>. Acesso em: 15/05/2022.