



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Qualidade da percepção sonora em sala de música para surdos

Pires, J.L.G.¹; Falcão, D. B.²; Coelho, F.C.³; Sales, G. O.⁴; Luz, S. L.⁵

(1, 2, 3, 4, 5) Síntese Acústica Arquitetônica, Brasília, DF, Brasil, jhennyfer, debora, fabiana, guilherme, samara@sintesearquitectura.com.br

Resumo

O trabalho aborda, por meio de uma avaliação qualitativa, a necessidade de um grupo de surdos de ter uma sala de música adequada em uma igreja localizada no Distrito Federal - DF. Reforçando a ideia de que a música pode ser apreciada e percebida não somente pelo sentido da audição, mas também pelo que ela promove a nível de sensibilidade, a busca foi por um espaço que proporcionasse uma qualidade da percepção musical que atendesse as suas particularidades sensitivas e com adequado isolamento, de forma a não interferir nas atividades executadas nos ambientes adjacentes. O estudo contemplou aplicação de entrevistas ao grupo com o objetivo de melhor entender suas necessidades, particularidades e formas de percepção do som. Posteriormente, foi determinado equipamento de amplificação de emissão sonora dos instrumentos musicais, seguido do estudo de materiais por meio de simulações matemáticas embasadas na ISO 12354-1:2017 *Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements*, partes 1 a 6 e nas normas técnicas NBR 10152:2017 Níveis de ruído para conforto acústico e NBR 10151:2019 Avaliação do ruído em áreas habitadas, além de experimento de mobiliários com o grupo. Como resultado, devido aos testes práticos realizados com o grupo de surdos e deficientes auditivos, percebeu-se que a utilização de um transdutor tátil se mostrou mais eficiente do que um amplificador sonoro convencional para a função fim, de modo a desmistificar que a intensidade sonora é um determinante para a percepção do som para um grupo com estas características auditivas, podendo até causar sensações negativas quando em excesso. Além disso, o estudo demonstrou que a definição dos mobiliários e revestimentos impactam diretamente na qualidade e forma de percepção do som.

Palavras-chave: percepção sonora, acústica arquitetônica

PACS: 43.38.Ew, 43.55.-n, 43.40.Dx

Quality of sound perception in a music room for deaf people.

Abstract

The work addresses, through a qualitative evaluation, the need of a group of deaf people to have an adequate music room in a church located in the Federal District - DF. Reinforcing the idea that music can be appreciated and perceived not only by the sense of hearing, but also by what it promotes at the level of sensitivity, the search was for a space that would provide a quality of musical perception that would meet their particular sensory and appropriate isolation, so as not to interfere with activities performed in adjacent environments. The study included applying a questionnaire to the group in order to better understand their needs, peculiarities and ways of perceiving sound. Subsequently, sound emission amplification equipment was determined for the musical instruments, followed by the study of materials through mathematical simulations based on ISO 12354-1:2017 (*Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements*, parts 1 to 6) and the technical standards NBR 10152:2017 (Noise levels for acoustic comfort) and NBR 10151:2019 (Evaluation of noise in inhabited areas), in addition to experimenting with furniture with the group. As a result, due to the practical tests performed with the group of deaf and hearing impaired people, it was realized that the use of a transducer proved to be more efficient than a conventional sound amplifier for the end function, in order to demystify that sound intensity is a determinant for the perception of sound for a group with these hearing characteristics, and can even cause negative sensations when in excess. In addition, the study showed that the definition of furniture and coatings directly impact the quality and form of sound perception.

Keywords: sound perception, architectural acoustics



1. INTRODUÇÃO

A relação entre a música e pessoas surdas pode ser muito forte, uma vez que a música pode ser sentida a partir do tato ou partes do corpo. O interesse nessa relação costuma surgir de quem gostaria de se conectar com a música, mas possui um alto grau de perda auditiva. No estudo de caso do qual se trata esse artigo, o interesse surgiu de um grupo religioso composto por surdos, de uma igreja localizada no Distrito Federal. Para este grupo, a música tem extrema importância na prática religiosa, e garantir uma boa percepção musical a todos os integrantes do grupo fomentou a necessidade de desenvolver um espaço adequado às suas particularidades.

Comumente, a música é colocada como algo que somente ouvintes podem apreciar, porém ela não é somente feita de letras, que poderiam ser traduzidas na linguagem de sinais. O ritmo, harmonia das frequências, dentre outros aspectos, são os componentes mais potentes em relação à sensibilidade. Como qualquer outro som, a música é uma onda mecânica que pode se propagar em outros materiais além do ar, de forma a potencializar a percepção tátil destas vibrações. Esta é uma das alternativas encontradas para diversificar a forma com que pessoas surdas sentem a música, melhorando assim a qualidade da percepção sonora dos usuários.

O principal objetivo deste estudo é analisar as soluções desenvolvidas para melhorar a qualidade da percepção musical deste grupo de surdos e assim possibilitar a aplicação das soluções ao ambiente destinado. As soluções de projeto aqui apresentadas foram desenvolvidas através do método da cartografia para a produção do conhecimento por meio da pesquisa ativa participativa.

2. SURDEZ E PERCEÇÃO SONORA

A depender da área de conhecimento, legislação, saúde ou educação, existem

definições variadas para o termo surdo. No entanto, todas as áreas fazem referências às pessoas com total ausência de audição sendo congênita ou não, e a pessoas com diferentes graus de perda auditiva. Também há referência às pessoas que fizeram cirurgia de implante coclear uni ou bilateral e fazem tratamento para ouvir. [1]

Segundo Finck (2009) [1] sobre a convenção da Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos - FENEIS, desconsidera-se a denominação “deficiente auditivo” e aplica-se o termo “surdo”, uma vez que a Convenção sobre o Direito das Pessoas com Deficiências define que estas pessoas possuem impedimentos que impossibilitam suas participações plena e efetiva na sociedade, o que não se aplica ao indivíduo com surdez, segundo a FENEIS. Com base nessa referência, neste trabalho será utilizado o termo surdo para se referir às pessoas com perda total ou parcial da audição e que utilizam a Língua brasileira de sinais - LIBRAS como língua principal.

A LIBRAS, trazida com influência dos franceses no século XVIII, se tornou língua oficial de acordo com a Lei nº 10.436¹ a partir de uma mobilização feita pelos surdos em busca dos seus direitos. A LIBRAS pertence à modalidade gestual-visual e possui sua organização gramatical própria, regras, estruturas, sintaxe, semântica e pragmática bem definidas.

O senso comum da maioria da população, seja de ouvintes ou de surdos, considera que música é um evento auditivo e que, portanto, não é acessível a pessoas surdas. No entanto, com base nos estudos de Hagiara-Cervellini, Finck (2009) [1] argumenta que o sentido da audição, mesmo tendo um papel valioso, não é uma condição *sine qua non* para expressão da musicalidade do ser humano.

Como apresenta Ilari (2003) [2] o cérebro além de controlar nossas ações e pensamentos, também controla as nossas atividades musicais e de acordo com a teoria das inteligências

¹ BRASIL. Lei nº 10.436, de 24 de Abril de 2002, dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS e outras providências.

múltiplas, todos temos uma inteligência musical em um certo grau e que pode ser modificada. A autora define que a inteligência musical está relacionada à capacidade de perceber e identificar diferentes sons, intensidades, melodias, ritmos, frequências, entre outros. Estas percepções da também são vivenciadas, em menor ou maior grau, por pessoas surdas.

O toque e a visão são os dois sentidos utilizados pelos surdos para ouvir/sentir a música. Glennie, percussionista que desenvolveu uma forma de detectar vibrações com partes de seu corpo, afirma que “Por alguma razão nós tendemos a fazer uma distinção entre ouvir um som e sentir uma vibração, que na realidade são a mesma coisa[...]Os sons graves eu sinto principalmente em minhas pernas e pés e sons agudos podem ser sentidos em partes particulares da minha face, pescoço e caixa torácica” (Glennie, 2008 *apud* FINCK, 2009 p. 178) [1].

Em seu trabalho, Finck (2009) [1] várias vezes se refere a necessidade de um espaço físico adaptado para ensino de música para surdos. Brevemente a autora cita a possibilidade de um estrado e na sua ausência, a utilização de pisos de madeira. Este recurso visa proporcionar estímulos vibrotáteis aos alunos. Outra característica mencionada é a necessidade de isolamento acústico deste espaço, questão não detalhada pela autora. Compreendeu-se que essa característica se faz necessária devido à utilização de altos níveis de intensidade sonora praticadas nestes ambientes com a intenção de incrementar a intensidade dos estímulos vibrotáteis.

Um transdutor tátil é um dispositivo capaz de transmitir vibrações para superfícies e objetos, que passam a assumir o papel de alto-falantes. Geralmente utilizado como excitador de graves, o transdutor é acionado a partir de um sinal de áudio gerado em um amplificador, traduzindo este sinal em vibração e o transmitindo para a superfície de contato. A partir dessa transmissão, essas superfícies transformam-se em meios para que pessoas sintam e percebam o som a partir do sentido tátil.

Os transdutores táteis possuem uma gama de aplicações, como em sistemas de som

automotivo ou no meio do entretenimento, geralmente utilizados em cadeiras de fliperamas, parques de diversões, pisos e poltronas de *home theaters* e cinemas. No contexto da percepção sonora artística e musical, o uso de transdutores acontece em obras de expoentes como Lynn Pooks, artista plástica franco-germânica e David Tudor, pianista norte-americano e compositor experimental (VAN ECK, 2017) [3]. Pode-se citar também os trabalhos de Sabrina Schoeder e obras como *Doppelbelichtung*, de Carola Bauckholt, artistas essas que utilizam transdutores acoplados a violinos e bumbos de bateria, respectivamente, trazendo inovações ao campo da música experimental.

Na instalação *Aptium* (2004) de Pooks, representada pela Figura 1, o participante, deitado sobre uma rede com os olhos vendados e protetores auriculares, é submetido a catorze transdutores táteis distribuídos por diferentes partes de seu corpo. As partes do corpo aplicadas à vibração apresentam respostas distintas a depender da região de frequência sonora, que se torna audível devido à condução do som pelos ossos até o crânio, que o transfere diretamente ao ouvido interno (VAN ECK, 2017, p.120) [3]. Este tipo de instalação experimenta a capacidade do corpo humano em perceber e processar o som. A depender do estímulo, esta interação pode gerar percepções muito diferentes daquelas obtidas apenas pela audição.

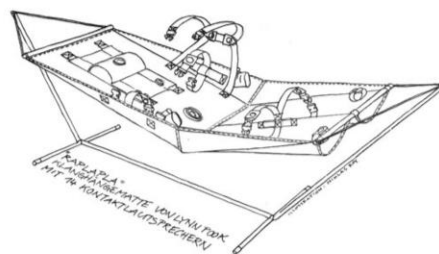


Figura 1: Desenho esquemático da maca em *Aptium*, por Niklas Roy (POOKS, 2004)

Já na obra de David Tudor, o corpo humano dá lugar aos objetos como ressonadores de vibração. Em sua obra musical *Rainforest* (1968), Tudor utiliza sucata como objetos



ressonadores, que se tornam instrumentos musicais ao receberem um transdutor acoplado, emitindo ruídos inusitados parecidos com sons da natureza. Diferentes vibrações e sons podem ser produzidos conforme as características de ressonância do material escolhido, além da qualidade de excitação enviada ao transdutor.

Anos mais tarde, em *Rainforest IV* (1978), a obra de Tudor se transforma em uma instalação sonora visitável, ganhando ares de experiência sensorial e de percepção sonora a partir da interação física entre pessoas e esculturas, como mostra a Figura 2. Logo, as obras de artistas como Pook e Tudor nos mostram que a percepção do som pelo corpo humano está relacionada não apenas com o sentido da audição, mas também com o sentido tátil, que se faz um dos protagonistas desse tipo de arte (VAN ECK, 2017, p. 119-121) [3].

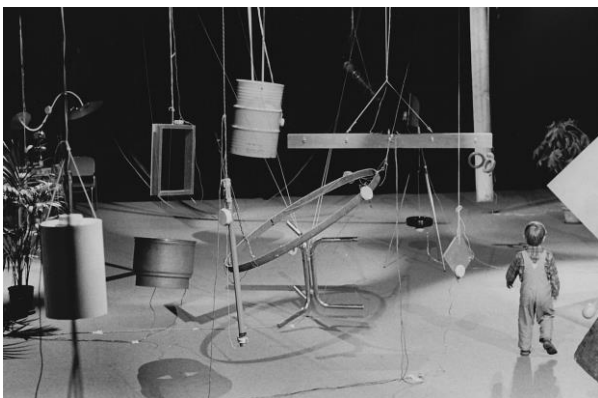


Figura 2: *Rainforest IV*, exposta em L'espace Pierre Cardin, Paris, França. (Foto de Ralph Jones, 1976) [4]

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ACÚSTICO

Este projeto acústico tem a particularidade de promover a melhoria da percepção musical para um grupo de surdos. Algo inédito para o grupo de projetistas responsáveis, que possui experiência na elaboração de projetos de acústica de salas destinadas a ensaio musical, estúdios, auditório e igrejas. A partir destas características, optou-se por desenvolver um projeto colaborativo, a fim de compreender melhor a necessidade dos usuários e validar com

eles as soluções propostas. Para tanto, utilizou-se o método da cartografia para a pesquisa ativa e participativa.

3.1 Cartografia como método de pesquisa

Enquanto método de pesquisa, a cartografia propõe o estudo de objetos subjetivos e que exigem que o pesquisador permeie por diversas vertentes para produção de conhecimento. Esta produção se dá por meio de pesquisas participativas do tipo pesquisa-intervenção, diferenciando-se dos métodos tradicionais que defendem a neutralidade e o distanciamento entre pesquisador e objeto e exigindo que o sujeito e o objeto da pesquisa estejam juntos na mesma experiência. Neste método o conhecimento é tido como “criação” e a pesquisa é compreendida sempre como uma “intervenção” (ROMAGNOLI, 2009) [5].

Segundo PASSOS e BARROS (2009) [6], a cartografia é uma estratégia da pesquisa participativa-ativa que trabalha sob uma perspectiva não determinada, porém não é um método sem direção. O processo de pesquisa é que traça suas metas e considera os efeitos sobre o objeto estudado, o pesquisador e seus resultados. A sua precisão está no compromisso e interesse em conhecer, como estudo da realidade para sua transformação.

No Brasil, o método da cartografia tem sido amplamente adotado nos últimos anos no campo da psicologia, sugerindo fortes conexões do método com as pesquisas qualitativas. Um grupo de pesquisadores do departamento de psicologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, elaborou pistas para o método da cartografia:

- intervenção como método;
- funcionamento da atenção;
- acompanhar processos;
- relatos e produção coletiva;
- experimentações;

- dissolução do ponto de vista do observador;
- compartilhar um território;
- redundância e desmontagem.

As pistas deram origem ao livro *Pistas do Método da Cartografia - Pesquisa-intervenção e produção de subjetividade* (PASSOS, KASTRUP e TEDESCO, 2014) [7] e não vem com o intuito de endurecer o processo e trazer regras, mas para norteá-lo, não tendo uma ordem de aplicação e nem regras de retorno nas pistas para continuidade dos resultados.

Desta forma, a cartografia surge como um método de múltiplas entradas de dados, considerando e dando importância para os efeitos do processo do pesquisar sobre o objeto da pesquisa, o pesquisador e seus resultados. Retira a figura do sujeito-autor para ser coautor de mundos e de práticas, nos fazendo parte daquilo que nos faz pensar, experimentar e produzir conhecimento mútuo, propondo a inseparabilidade entre conhecer e fazer (PASSOS e BARROS, 2009) [6].

3.2 Estudo de caso

Há uma década, os projetistas responsáveis por este estudo desenvolvem projetos de acústica de salas para a igreja da qual o grupo de surdos faz parte. Foi a partir desta longa parceria que o grupo de surdos decidiu apresentar esta demanda peculiar para estes projetistas, que aceitaram o desafio com a condição da construção coletiva das soluções de projeto.

3.2.1 Projetistas, Usuários e Colaboradores

Os projetistas envolvidos neste trabalho integram uma empresa de projetos, consultorias e ensaios acústicos com experiência de 15 anos de mercado. A equipe técnica da empresa atua principalmente em projetos de acústica de salas e de desempenho de edificações.

Os usuários a quem se destina o projeto fazem parte de um grupo de prática religiosa composto exclusivamente por surdos. Nos seus encontros, as atividades de explanação, conversação e execução musical são desenvolvidas na língua

LIBRAS. A música é essencial na religiosidade deste grupo composto por líderes religiosos, músicos, cantores-intérpretes e fiéis.

O grupo de aplicação da cartografia foi composto por 10 pessoas, entre projetistas e usuários, sendo eles:

- 1 arquiteta sênior;
- 1 arquiteta pleno;
- 2 arquitetos júnior;
- 1 estagiária de arquitetura;
- 1 músico surdo;
- 1 cantora/intérprete surda;
- 1 líder religioso surdo;
- 1 fiel surdo;
- 1 tradutor de libras.

Para além destes, contou-se com a colaboração de um engenheiro acústico e de um DJ especialista em eventos para surdos.

3.2.2 Histórico de desenvolvimento e entrevistas

Como parte do método de pesquisa, foram realizadas diversas ações práticas de encontros e entrevistas, pois uma intervenção se realiza por meio de uma imersão na experiência que interliga a realidade do sujeito e do objeto, da teoria e da prática.

Estimulando o funcionamento da atenção, uma das ações-pistas da cartografia, realizou-se uma primeira entrevista com os projetistas, surdos e tradutores para levantamento de informações e observação do campo de trabalho. Nesta entrevista foi possível compreender a importância da música e de sua percepção para estes surdos e as tentativas de solucionar a demanda, além de utilizar da ação de observação para identificar desejos e desafios.

Dentre os desafios observados, um teve forte destaque: a ausência de uma língua comum a todos os membros do grupo. Para muitos



falantes de LIBRAS a língua portuguesa escrita é de difícil compreensão, uma vez que suas estruturas gramaticais são completamente diferentes. Sendo assim, o grupo dependeu do auxílio de um tradutor para mediar a comunicação entre os membros falantes de diferentes línguas. Outra dificuldade observada foi em desenvolver no projeto a gestão dos altos níveis de emissão sonora necessários para promover a percepção musical dos usuários.

Um dos desejos relatados, e unânime, foi de um ambiente funcional com uma estética agradável: a beleza não deveria ser preterida em relação a função. Outro desejo observado foi que o de que os níveis de emissão sonora não ultrapassassem o limite do conforto dos usuários. Isto ficou claro na fala da cantora-intérprete que relatou que altos níveis de pressão sonora provocavam “coceira no nariz”, o que na discussão do grupo foi atribuído às vibrações indesejadas das estruturas das narinas e septo nasal.

Com os relatos da primeira ação, os projetistas passaram para o processo de produção coletiva, trazendo a intervenção como foco para o processo e solução para os desafios observados.

O grupo de surdos já possuía um tablado individual para proporcionar a percepção sonora do músico surdo nos momentos de louvor, e uma ação-intervenção pensada pelos projetistas foi possibilitar o aumento de superfícies vibrantes, inicialmente pensado em um mobiliário que replicasse e ampliasse a função do tablado de estímulo vibrotátil. Para tanto, desenvolveu-se o projeto de uma cadeira inspirada em um *cajon*, instrumento musical de percussão. A Figura 3 apresenta o protótipo desenvolvido pela equipe de projetistas.



Figura 3: Protótipo de mobiliário vibrante (retirado de arquivo pessoal)

Outra solução trabalhada foi o projeto de isolamento da sala para reduzir interferências com outros ambientes adjacentes da própria igreja e também de vizinhos, propiciando a utilização de altos níveis de emissão sonora necessários para a percepção musical pela vibração do ar.

Como sugerido na pista da cartografia que aborda a dissolução do ponto de vista do observador, o grupo buscou contribuições do DJ especialista em eventos para surdos, que foi convidado a relatar suas experiências sobre a promoção de percepção musical para surdos no segundo encontro do grupo. Ele explicou que sempre necessitou de níveis de intensidade sonora altíssimos para a realização de eventos musicais, tais que exigiam que ele, portador de implante coclear², utilizasse protetores auriculares, bem como alguns participantes dos eventos que possuíam certa capacidade auditiva.

Também neste encontro, aplicou-se uma outra pista da cartografia, experimentações e compartilhamento de território, quando os projetistas apresentaram ao grupo de surdos o protótipo de mobiliário, explicando os aspectos analisados e que motivou a sua concepção. Em seguida foram realizados testes com os surdos e não surdos na utilização do mobiliário com emissão de músicas. Como resultado, observou-

² O implante coclear é uma prótese eletrônica que faz a captação dos estímulos sonoros e encaminham para o

nervo coclear como impulso elétrico com o objetivo de melhorar o desempenho auditivo de quem o utiliza. [7]

se que o mobiliário proporcionou vibrações em um pequeno range de frequências, sendo necessárias outras ações para ampliar o range. Uma dificuldade percebida neste processo foi a de quebrar o paradigma de emissão de níveis sonoros extremamente altos para melhorar a percepção.

Voltando à pista da cartografia que aborda a dissolução do ponto de vista do observador, o grupo buscou contribuições de um engenheiro acústico, tentando compreender como aprimorar o estímulo vibrotátil. Com o auxílio do engenheiro acústico, foi sugerido a utilização de um transdutor tátil. Segundo Nicolas (2006) [8], o equipamento sonoro transmite vibrações em um range maior de frequências fixado em superfícies e que podem ser sentidas pelas pessoas, podendo ser chamado de som tátil.

Para a realização do estudo, foi utilizado o transdutor modelo DAEX32EP-4 Thruster 32mm Exciter, da fabricante Dayton Audio, com 40 *watts* de potência e *range* de frequência entre 70 Hz e 20kHz, com melhores respostas nas faixas entre 100 Hz e 1kHz.



Figura 4: Transdutor tátil DaytonAudio (fotografia disponível em

<https://www.daytonaudio.com/product/1180/daex32ep-4-thruster-32mm-exciter-40w-4-ohm>. Acesso em 17 de Jun. 2022)

A redundância e desmontagem fazem parte do processo da pesquisa da cartografia, onde os procedimentos narrativos organizam o que é abundante, as demandas e desafios encontrados, e neste processo organizacional é preciso desmontar e até destrinchar as ações para obter novos resultados, mesmo que as ações tragam resultados redundantes de experimentações.

Em um novo encontro, o grupo experimentou os estímulos do transdutor tátil. Para tanto, utilizou-se o tablado individual existente. Este tablado possui dimensões aproximadas de 1x1m

executado em madeira compensada (espessura desconhecida) e revestido em feltro. Na parte inferior do tablado está instalado um alto-falante passivo (especificação desconhecida), ligado a um amplificador que também atendia à caixa de som acima do tablado. O transdutor foi instalado no tablado e ligado a um amplificador próprio, que não pôde ser ligado à caixa de som externa ao tablado. Por isso, enquanto o transdutor estava em funcionamento, não foi possível ter o aumento da intensidade sonora proporcionada pela caixa. No entanto, optou-se por prosseguir com o teste. Foi possível a observação e comparação das sensações físicas obtidas com os dois sistemas instalados no tablado.

Os membros do grupo que possuíam maior treinamento em percepção musical vibrotátil identificaram que os estímulos produzidos pelo transdutor eram mais ricos do que os produzidos pelo alto-falante instalado no tablado, mesmo com a ausência do estímulo vibrotátil recebido pelo ar. Durante as experimentações houve um momento marcante, quando um fiel surdo, que não é músico, ao adentrar na reunião tardiamente, não compreendeu o que estava acontecendo, uma vez que ele não estava tendo nenhuma percepção sonora. Sem explicações prévias, o fiel foi convidado a subir no tablado no qual o transdutor tátil estava ligado. Ao subir no tablado, o mesmo se demonstrou maravilhado e prontamente identificou qual música e versão estava sendo reproduzida.

As novas experimentações fizeram uma linha de análise transversal entre as percepções sonoras de todos do grupo por meio de trocas de equipamentos sonoros e de mobiliários. Compreendendo que a vibração poderia ser transmitida do tablado para o mobiliário nele apoiado, procedeu-se a experimentações de diferentes tipos de cadeira, a fim de verificar qual modelo ou material apresentaria a melhor transmissão dos estímulos vibrotáteis.

As experimentações do terceiro encontro apontaram quais os caminhos deveriam ser tomados no desenvolvimento do projeto.

Este último encontro ocorreu no final de 2019, quando foi acordado que as próximas atividades



seriam realizadas, em fevereiro de 2020, junto à direção geral da igreja. Neste período, retomaram-se as comunicações dos membros do grupo, e em março foi decretado o início do isolamento social no Distrito Federal devido à pandemia mundial de Covid-19.

3.2.4 Premissas de projeto

A sala utilizada pelos surdos possui formato retangular, com volume igual a 175 metros cúbicos (m^3), aproximadamente, e é composta predominantemente por superfícies reflexivas ao som, como forro de gesso acartonado, esquadrias envidraçadas, piso cerâmico e alvenaria pintada. O ambiente adotado possui fachadas para a área externa à sala que são voltadas para um hospital, além de proximidade com um auditório e depósito da igreja.



Figura 5: Fundos da sala (Arquivo pessoal)



Figura 6: Fachadas da sala (Arquivo pessoal)

Após processos de investigação por meio da pesquisa participativa-ativa, o grupo definiu ações de intervenção final que seriam contempladas em projeto de acústica arquitetônica e sonorização, permeando os

aspectos de isolamento acústico e melhoria da percepção do som tátil.

Para o desenvolvimento do projeto de sonorização, foram estabelecidas duas premissas. A primeira premissa foi proporcionar um campo sonoro de alta intensidade homogêneo na sala, especificando quais níveis sonoros seriam praticados no ambiente. A segunda premissa foi o desenvolvimento do tablado vibrotátil com definição do material, piso, travamentos máximos permitidos para sua estrutura e determinação da quantidade e localização dos transdutores táteis.

Para o desenvolvimento do projeto de acústica arquitetônica foram estabelecidas as seguintes premissas: isolamento sonoro adequado aos níveis de pressão determinados pela sonorização; desconexão de vibração do tablado, adequação das reverberações do ambiente a fim de garantir os níveis sonoros homogêneos projetados pela sonorização.

O desenvolvimento do projeto de acústica arquitetônica deve adequar o isolamento acústico da sala para atender aos níveis sonoros permitidos para os espaços adjacentes conforme referências estabelecidas pela ABNT NBR 10.152:2017 Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações [7]. Para tanto, a partir dos valores de níveis sonoros projetados na sonorização, calcula-se o isolamento adequado para a parede de divisa com o auditório, conforme metodologia detalhada na ISO 12354-1: 2017 *Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 1: Airborne sound insulation between rooms* [8]. As fachadas, cegas ou com esquadrias, devem apresentar isolamento sonoro adequado para atender aos níveis sonoros de referência estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas [9], para “Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas” [9] (ABNT NBR 10.151:2019, página 14). Para tanto, deve ser utilizada a metodologia de cálculo da ISO 12354-4:2017 *Building acoustics — Estimation*

of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 4: Transmission of indoor sound to the outside [10].

O estudo de adequação da reverberação para viabilizar os níveis sonoros homogêneos de cada banda de frequência, projetado pela sonorização, deve ser desenvolvido no *software* EASE-AFMG que permite boa integração entre o projeto de sonorização e o de acústica arquitetônica.

Devido às adversidades decorrentes da Pandemia do Coronavírus, a direção da igreja suspendeu o desenvolvimento do projeto da sala dos surdos. O projeto de sonorização não foi desenvolvido, acarretando na ausência de dados de entrada para o desenvolvimento do projeto de acústica arquitetônica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa-ativa, método que permeia os campos de observação, análise e intervenção, proporcionou uma imersão no território do grupo de surdos que trouxe a demanda, com o reconhecimento dos aspectos de interferência nos resultados, com a missão de que o produto final atendesse amplamente às expectativas do grupo de surdos.

Apesar da não experiência com eletroacústica, o grupo de projetistas pôde identificar, por meio de experimentações e contribuições técnicas externas, que os transdutores podem facilitar a percepção tátil do som sem exigir altos níveis de som aéreo, o que possibilita que as pessoas surdas tenham uma percepção sonora de qualidade, sem os incômodos físicos provocados pelos altos níveis de intensidade sonora. As soluções encontradas também viabilizam um isolamento sonoro exequível, uma vez que trata-se da adequação de uma sala existente a restrições de níveis sonoros permitidos na vizinhança. Além disso, além de cumprirem sua função principal, os mobiliários como meios de transmissão de vibração para percepção sonora podem ser elementos de grande importância quando tratamos de som tátil.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo de melhorar a qualidade de percepção musical de um grupo de surdos, avaliamos que as soluções desenvolvidas a partir do método da cartografia são eficientes e exequíveis.

Como o estudo foi feito apenas com transdutor tátil acoplado ao tablado, sem a presença de caixas de som, para trabalhos futuros sugere-se a integração com sistema de alto-falantes para avaliar a percepção sonora do grupo de surdos quando estimulados pelo som tátil e som aéreo, em conjunto.

Desse modo, para continuação deste projeto, vislumbra-se a aplicação de ações pístas da cartografia a fim de investigar os níveis de intensidade sonora adequados e confortáveis a serem praticados juntamente com o transdutor tátil. Este passo tem o objetivo de detalhar a premissa do projeto de sonorização, que poderá alimentar os dados de entrada do projeto de acústica arquitetônica.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao engenheiro acústico Luis Hermida, pelo apoio na pesquisa e contribuição técnica para garantir a melhora na percepção do som tátil, aos tradutores que acompanharam o desenvolvimento do processo com o grupo de surdos e ao grupo pela confiança e participação ativa em todo o processo de desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] FINCK, Regina. Ensinando Música ao aluno surdo: perspectivas para a ação pedagógica inclusiva. Tese de Doutorado, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/18266#:~:text=Verificou%2Dse%20tamb%C3%A9m%2C%20que%20a.em%20contexto%20inclusivo.%20...>. Acesso em: 17 de Jun. de 2022.

[2] ILARI, Beatriz. A música e o cérebro: algumas implicações do neurodesenvolvimento para a educação musical. Revista da ABEM, Porto Alegre, V. 9, 7-16, set. 2003. Disponível em: <http://www.abemeducaomusical.com.br/revistas/revistaabem/index.php/revistaabem/article/view/395>. Acesso em: 17 de Jun. de 2022.



- [3] VAN ECK, Cathy. *Between air and electricity: Microphones and Loudspeakers as Musical Instruments*. Nova York. 2017. <https://www.revistas.usp.br/jhgd/article/view/38580/41427>.
- [4] JANEVSKI, Ana; JOSEPH, Martha. The Evolution of David Tudor's Rainforest. MoMA Magazine, Nova York. 15 Out. 2019. Disponível em: <https://www.moma.org/magazine/articles/16>. Acesso em 17 de Jun. 2022.
- [5] ROMAGNOLI, R. C. A cartografia e a relação pesquisa e vida. *Psicol. Soc.*, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 166-173, maio/ago. 2009.
- [6] PASSOS, E.; BARROS, R. D. B. A cartografia como método de pesquisa-intervenção. In: PASSOS, E.; KASTRUP, V.; ESCÓSSIA, L. (Org.). *Pistas do método da cartografia: pesquisa intervenção e produção de subjetividade*. Porto Alegre: Sulina, 2009.
- [7] PASSOS, E.; KASTRUP, V.; TEDESCO, S. (Org.). *Pistas do método da cartografia: a experiência da pesquisa e o plano comum*. Porto Alegre: Sulina, 2014. v. 2.
- [8] CAPOVILLA, F. C. O Implante Coclear como Ferramenta de Desenvolvimento Linguístico da Criança Surda. *Rev. Bras. Cres. Desenv. Hum.*, São Paulo, 8 (1/2), 1998. Disponível em:
- [9] NICOLAS, COLLINS. *Música eletrônica artesanal: a arte de hackear hardware (segunda edição)*. Nova York. ISBN 9780415998734.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- [12] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 12354-1 – *Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Building from the Performance of Elements. Part 1: Airborne Sound Insulation Between Rooms*. 2017.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.