

Flexibilidade e adaptação: instrumentos musicais digitais para ampliar a participação ativa de pessoas surdas na música

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO EM SIMPÓSIO

SIMPÓSIO: Educação Musical Especial em contextos diversificados

Thiago Augusto Eugênio Guedes Reis
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
guedesthiago4@gmail.com

Sérgio Freire
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
sfreire@musica.ufmg.br

Resumo. Este artigo aborda a criação de dois protótipos de instrumentos musicais digitais que consideram os princípios do Desenho Universal (D.U.) e fundamentos neurocientíficos da percepção musical de indivíduos surdos. Por meio de elementos visuais, táteis e vibrotáteis, busca-se proporcionar uma experiência musical inclusiva e significativa para estas pessoas. A abordagem visa aplicar os princípios do Desenho Universal, garantindo a acessibilidade e usabilidade do instrumento para todos os usuários, levando em conta suas diferentes necessidades e habilidades (MACE, HARDIE e PLACE, 1991). Embora ainda não tenhamos testado o projeto com pessoas surdas, a revisão bibliográfica realizada foi essencial para a prototipagem dos instrumentos e contribui efetivamente para as próximas etapas deste estudo.

Palavras-chave. Música e tecnologia, Música e surdez, Desenho universal, Plasticidade cerebral compensatória, Práticas musicais inclusivas

Title. Flexibility and Adaptation: Digital Musical Instruments to Expand the Active Participation of Deaf People in Music

Abstract. This article discusses the creation of two prototypes of digital musical instruments that consider the principles of Universal Design (UD) and neuroscientific foundations of musical perception of deaf individuals. Through visual, tactile and vibrotactile elements, we seek to provide an inclusive and meaningful musical experience for these people. The approach aims to apply the principles of Universal Design, ensuring the accessibility and usability of the instrument for all users, taking into account their different needs and abilities (MACE, HARDIE and PLACE, 1991). Although we have not yet tested the project with deaf people, the literature review carried out was essential for prototyping the instruments and effectively contributes to the next stages of this study.

Keywords. Music and Technology, Music and Deafness, Universal Design, Compensatory Brain Plasticity, Inclusive Musical Practices

Introdução

Nos últimos anos, a música tem figurado como importante objeto de estudos devido aos benefícios que é capaz de proporcionar no desenvolvimento cognitivo, emocional e social do ser humano. No entanto, é importante ressaltar que, por muitos anos, as composições e abordagens relacionadas ao desenvolvimento de instrumentos e práticas de produção musical foram, em grande parte, direcionadas a um público específico: aqueles que possuem audição plena. Cervellini (1986) faz uma crítica a este fato com a seguinte colocação:

"ouvir e fazer música" é uma possibilidade humana que traz alegria pessoal, enriquecimento do mundo interior e uma nova forma de comunicação. No entanto, isso tem sido um privilégio dos ouvintes..."(CERVellini, 1986, p.14).

Adotando uma abordagem mais inclusiva, Pereira e Silva (2014) apresentam, em seu estudo intitulado "Performance da Banda Ab'Surdos: desafios e possibilidades", a experiência do ensino e prática musical com a banda Ab'Surdos, um grupo que surgiu a partir de um programa de ensino de música flexível e adaptado para a prática de pessoas surdas no Conservatório Estadual de Música Cora Pavan Capparelli, na cidade de Uberlândia, em Minas Gerais.

A banda com seu caráter inclusivo é composta por onze alunos surdos e quatro ouvintes que tocam percussão e harmonia e é formada basicamente por adolescentes, alguns adultos surdos ou deficientes auditivos. Quanto às cantoras, a banda também se diferencia, pois consta com duas: uma ouvinte e outra surda que interpreta as letras das músicas por meio da Libras. Além dos alunos, a equipe da banda conta com dois intérpretes em Libras e três professores.

Para os alunos surdos, no primeiro contato com os instrumentos, já são trabalhados diversos aspectos relacionados ao fazer musical. Inicialmente na prática de conjunto, o professor de percussão deixa os alunos à vontade para explorarem os instrumentos de forma "lúdica"; em seguida, ensina alguns padrões rítmicos pelo processo de imitação, depois de reforçar bem o treino, mostra como se dá a escrita na partitura. Além da prática musical especificamente, são trabalhados conteúdos de notação musical. Normalmente, as aulas teóricas são realizadas separadamente das aulas práticas. (PEREIRA e SILVA, 2014, p. 5 e 6)

Para além da entrega de um produto musical, as autoras também destacam outros objetivos buscados pelo grupo através da performance, pontuando a necessidade de seus alunos desenvolverem uma maior autonomia criativa e crítica através da música.

A excelência na performance é possível e deve ser buscada, todavia a banda Ab'Surdos não deve visar apenas o produto musical, deve possibilitar novas significações e experiências. Precisam ser trabalhadas a criatividade, a crítica e a reflexão para que os surdos construam seus próprios significados, estabeleçam suas próprias conexões. Não há por que resumir a prática de conjunto a uma atividade de imitação sem sentido e sem significações para seus integrantes. (PEREIRA e SILVA, 2014, p. 8)

A partir dessas considerações, no 1º semestre de 2023 criamos 2 protótipos de instrumentos musicais digitais portáteis, que visam ampliar a experiência musical de pessoas surdas, proporcionando-lhes maior autonomia criativa. Além disso, pesquisamos formas de incentivar a exploração de novas estéticas musicais e fomentar o desenvolvimento de uma cadeia produtiva de música que seja inclusiva com particularidades da cultura surda. Nesse contexto, cabe ressaltar a relevância de outra citação de Cervellini:

O sujeito surdo deve ter todas as chances de uma vivência musical ampla que garanta o desenvolvimento de sua sensibilidade musical, lhe possibilite expressar sua musicalidade, lhe dê condições de descobrir, explorar e se apossar dos elementos musicais como recursos para citar e resgatar a prática natural e fazer a própria música. (CERVELLINI, 2003, p.85- 86)

Fundamentos neurocientíficos da percepção musical de pessoas surdas

Enquanto para muitos a audição é considerada o único sentido capaz de proporcionar a apreciação sonora, é fundamental reconhecer que, para pessoas surdas, o sentido do tato desempenha um papel igualmente significativo. Glennie (2015), reforça essa ideia ao afirmar que a audição é, em essência, uma forma especializada de toque. O som nada mais é do que a vibração do ar que é captada pelo ouvido e convertida em sinais elétricos, os quais são interpretados pelo cérebro.

¹Se você está de pé na estrada e um grande caminhão passa, você ouve ou sente a vibração? A resposta é ambas. Com vibrações de frequências muito baixas, o ouvido começa a se tornar ineficiente e o restante do tato do corpo passa a assumir o controle. Por alguma razão, tendemos a fazer uma distinção entre ouvir um som e sentir uma vibração, mas na realidade são a mesma coisa [...] Surdez não significa que você não pode ouvir, apenas que há algo

¹ If you are standing on the road and a large truck passes by, do you hear or feel the vibration? The answer is both. With very low frequency vibrations, the ear begins to become inefficient and the rest of the body's sense of touch begins to take over. For some reason, we tend to make a distinction between hearing a sound and feeling a vibration, but in reality they are the same thing [...] Deafness doesn't mean you can't hear, just that there is something wrong with your ears. Even someone who is completely deaf can still hear/feel sounds.

errado com os ouvidos. Mesmo alguém que é totalmente surdo ainda pode ouvir/sentir sons. (GLENNIE, 2015 - tradução nossa)

Esse fato nos motivou a aprofundar ainda mais em pesquisas sobre o sentido do tato, buscando compreender como a pele capta as vibrações e como esse conhecimento pode ser aplicado em contextos musicais. É fundamental levar em consideração algumas características específicas dos canais de recepção sensorial presentes na pele, em especial os mecanorreceptores, como os corpúsculos de Pacini e os corpúsculos não Pacinianos, que desempenham um papel importante na detecção de pressão e de outros estímulos mecânicos associados à vibração.

Cada um desses canais responde a uma faixa de frequências específica e essas informações destacam a complexidade do sistema sensorial tátil e a importância de considerá-lo de forma abrangente para uma compreensão mais completa da percepção musical em pessoas surdas.

"Os corpúsculos Pacinianos exibem uma faixa de sensibilidade de frequência que abrange de 40 a 500 Hz, com um pico de sensibilidade atingido em torno de 250 Hz." (BIRNBAUM, WANDERLEY, 2007, p.401). Essa faixa específica pode ser direcionada para explorar questões relacionadas ao "*Pitch*" vibrotátil, fato que se considerado, poderá oferecer uma experiência mais significativa em relação à percepção da melodia através do tato. Por outro lado, na faixa de 20 a 40 Hz, o limiar de percepção da vibração permanece independente da frequência, tornando essa faixa mais adequada para abordar elementos relacionados ao ritmo.

Além da detecção dos estímulos, os mecanorreceptores também são responsáveis por transmitir as informações sensoriais ao sistema nervoso e há indícios de que eles têm uma função biomecânica semelhante às células ciliadas da cóclea.

²Os receptores vibrotáteis da pele são biomecanicamente semelhantes às células ciliadas da cóclea. No entanto, os receptores na pele não processam a mesma faixa de frequências que as células ciliadas da cóclea; em vez disso, diferentes classes de receptores respondem a diferentes faixas de frequência.

(GOOD, REED e RUSSO, 2014, p.566 - tradução nossa)

² The vibrotactile receptors in the skin are biomechanically similar to the cochlear hair cells. However, receptors in the skin do not process the same range of frequencies as the cochlear hair cells; instead different classes of receptors respond to different frequency ranges.

Ao analisar os dados apresentados até o momento, estabelecemos conexões significativas com o fenômeno da Plasticidade Compensatória no cérebro de pessoas surdas, como demonstrado por Good, Reed e Russo, (2014). Esse fenômeno refere-se à notável capacidade do sistema nervoso central de se reorganizar diante da ausência de uma modalidade sensorial específica, resultando na otimização do processamento de outras modalidades sensoriais como forma de compensação.

No contexto da surdez, a perda da audição leva a uma reorganização das áreas cerebrais responsáveis pelo processamento auditivo, permitindo que elas processem informações visuais ou táteis. Neste ponto, há um paralelo com um relato do poeta surdo David Wright, que fala sobre como ele ‘ouve’ objetos, ou melhor, movimentos que, muitas vezes, pessoas ouvintes tomam como silenciosos:

Suponho que o vôo da maioria dos pássaros, pelo menos à distância, deve ser silencioso...No entanto aparenta ser audível, cada espécie criando sua própria 'música para os olhos', da melancolia indiferente das gaivotas ao rápido *staccato* dos pássaros. (Wright 1990:12, *apud* INGOLD, 2008, p.29)

Com base no estudo mencionado e no relato de Wright, sugere-se que a experiência visual de pessoas surdas é mais alerta e aprimorada do que em indivíduos ouvintes colocados em situações semelhantes. Considerar esses dados pode resultar em uma experiência sensorial única, especialmente no que diz respeito à maneira como a música é percebida.

Tecnologia Musical e Surdez

À medida que a tecnologia da informação avança, novas possibilidades surgem para permitir que pessoas surdas se aproximem da música. O estudo *Audio-Tactile Rendering: A Review on Technology and Methods to Convey Musical Information through the Sense of Touch* (REMACHE et al., 2021) apresenta uma visão abrangente dos métodos utilizados para transmitir informações musicais por meio do sentido do tato, incluindo dispositivos desenvolvidos entre 1992 e 2020, com o objetivo de promover a interação de pessoas surdas com a música. Essa análise detalhada oferece um panorama relevante sobre os diferentes mecanismos de contato, variedade de atuadores, estímulos utilizados e características musicais

exploradas através desses mecanismos. Entretanto, no mesmo estudo, nota-se a escassez de abordagens que investiguem a percepção do "Pitch" em conjunto com outros elementos musicais.

Outro ponto a ser destacado é que algumas propostas enfrentam desafios de acessibilidade em termos de portabilidade e mobilidade, como é o caso da instalação multissensorial apresentada por Frid e Lindetorp, (2020) em *Haptic Music - Exploring Whole-Body Vibrations and Tactile Sound for a Multisensory Music Installation*.

Embora essa instalação ofereça uma experiência musical multissensorial, sua implementação pode envolver requisitos logísticos desafiadores, o que pode limitar sua aplicação em diversos contextos.

Nesse sentido, o conceito do Desenho Universal surge como uma abordagem fundamental para impulsionar o processo criativo na confecção de dispositivos acessíveis e portáteis em nosso laboratório de pesquisa.

Desenho Universal

O termo Desenho Universal surgiu em meados da década de 1980 como resultado das reivindicações de dois segmentos sociais. O primeiro grupo é composto por pessoas com deficiência que não sentiam contempladas as suas necessidades nos espaços projetados e construídos. Já o segundo é formado por arquitetos, engenheiros, urbanistas e designers que buscavam uma maior democratização do uso dos espaços e tinham uma visão mais abrangente no desenvolvimento de seus projetos.

³O Desenho Universal significa simplesmente projetar todos os produtos, edifícios e espaços exteriores para serem utilizáveis por todas as pessoas, na maior medida possível.(MACE, HARDIE e PLACE, 1991, p.2 - tradução nossa)

Os princípios incluem:

³ Universal design means simply designing all products, buildings and exterior spaces to be usable by all people to the greatest extent possible. It is advanced here as a sensible and economical way to reconcile the artistic integrity of a design with human needs in the environment.

- 1 - Equidade de uso:** Garantir que o projeto seja acessível e utilizável por todas as pessoas, independentemente de suas habilidades e características individuais.
- 2 - Flexibilidade no uso:** Oferecer opções e adaptações para atender às diferentes necessidades e preferências dos usuários, permitindo que eles interajam com o design de maneiras que sejam mais adequadas para eles.
- 3 - Simplicidade e clareza na operação:** Tornar o design intuitivo e de fácil compreensão, para que as pessoas possam utilizar o produto ou ambiente sem a necessidade de instruções complexas ou habilidades específicas.
- 4- Informação perceptível:** Comunicar informações importantes de maneira eficaz, por meio de diferentes modalidades sensoriais, como som, texto, imagens ou gestos, para garantir que todas as pessoas possam acessar as informações necessárias.
- 5 - Tolerância ao erro:** Minimizar as consequências de ações acidentais ou mal interpretadas, permitindo que as pessoas possam corrigir ou reverter suas ações sem impactos significativos.
- 6 - Baixo esforço físico:** Reduzir a fadiga e o esforço necessários para utilizar o design, tornando-o ergonomicamente confortável e evitando demandas físicas excessivas.
- 7 - Tamanho e espaço para aproximação e uso:** Proporcionar espaço suficiente para que pessoas com diferentes habilidades e dispositivos de assistência possam interagir de forma confortável, permitindo uma aproximação adequada e garantindo que o design seja adaptável a diferentes contextos.

Incorporando esses princípios aos fundamentos neurocientíficos da percepção musical de pessoas surdas, desenvolvemos dois protótipos de instrumentos que visam proporcionar uma experiência musical inclusiva e adaptável, permitindo que pessoas surdas, com e sem experiência musical prévia, explorem e expressem sua criatividade musical de maneira significativa.

Desenvolvimento dos protótipos

Com base na revisão bibliográfica realizada até o momento, demos início ao processo de criação dos nossos protótipos, com o objetivo de desenvolver um instrumento musical digital que ofereça uma experiência significativa para um público diversificado de pessoas surdas. É

importante ressaltar que a surdez engloba uma ampla variedade de níveis de perda auditiva (Clark, 1981). Indivíduos com surdez parcial que utilizam próteses auditivas ainda mantêm resíduos auditivos e podem se beneficiar de uma abordagem que priorize a apresentação tátil dos elementos musicais. Por outro lado, pessoas com níveis mais profundos de surdez podem necessitar de uma representação multimodal dos elementos musicais, combinando estímulos táteis e visuais, para obter uma compreensão mais completa da música.

Considerando o fenômeno da Plasticidade Compensatória no cérebro de pessoas surdas e os princípios 2 e 4 do Desenho Universal, que enfatizam a importância da informação perceptível por diferentes modalidades sensoriais e a necessidade de oferecer opções de adaptação para atender às preferências do usuário, estabelecemos em nosso projeto a opção de *feedback* tátil e visual para os elementos musicais.

Implementação com o uso de softwares

Para a produção sonora e recursos de *feedback* visual, seguimos uma metodologia que envolve o uso de softwares de código aberto, como PD (Pure Data) e MobMuPlat.

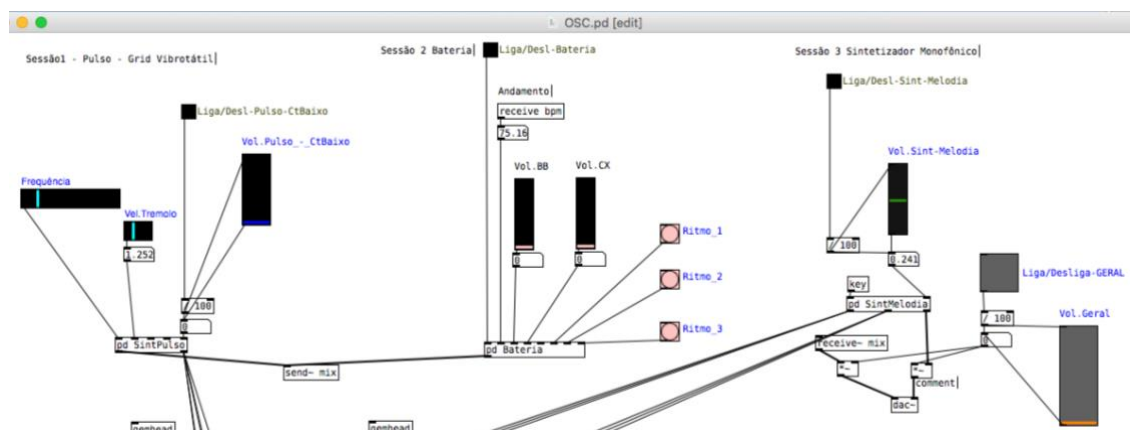
O Pure Data (PD) é um ambiente de programação gráfica, concebido na década de 1990 pelo músico e pesquisador Miller Puckette. Com ampla utilização na música eletrônica, o PD fornece uma plataforma versátil para a criação de instrumentos musicais por meio da síntese e processamento de áudio em tempo real. Além disso, há a possibilidade de desenvolvimento de interfaces interativas e personalizadas, o que oferece flexibilidade e adaptabilidade ao usuário. Portanto o PD, tornou-se a plataforma principal para a programação computacional deste projeto.

Já o MobMuPlat é uma plataforma para desenvolvimento de interfaces gráficas interativas para instrumentos musicais criados no Pure Data. Produzida pela Igreja Intermedia, a ferramenta possui compatibilidade para dispositivos móveis Android e iOS, fato que julgamos essencial para promover a acessibilidade destes instrumentos musicais digitais.

O 1º protótipo

Iniciamos o uso das plataformas citadas no tópico anterior aproveitando o Pure Data para criar um sintetizador que combina 3 seções, onde exploraremos o uso de frequências mais baixas para ampliar a percepção musical de usuários surdos em 3 instrumentos: um contrabaixo, uma bateria e um sintetizador monofônico.

Figura 1 - Patch de desenvolvimento do sintetizador no PD.



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Na disposição da interface, da esquerda para a direita, a primeira seção nomeada como Pulso - Grid Vibrotátil, representa uma linha de contrabaixo responsável por marcar o pulso rítmico. Com a implementação do efeito tremolo, o usuário tem o controle para ajustar o andamento desse pulso de forma personalizada. Além disso, é possível ajustar faixas de frequência, que variam de 40 Hz a 80 Hz, onde o usuário pode fazer a seleção das frequências em acordo com as suas preferências.

Na segunda seção, dedicamos atenção aos sons percussivos de uma bateria eletrônica, composta pelos instrumentos Bumbo e Caixa. Para proporcionar maior controle e personalização, disponibilizamos controles de volumes individuais, permitindo ao usuário ajustá-los de acordo com suas preferências e necessidades sensoriais.

No caso do Bumbo, tomamos como referência dados apontados em nossa revisão bibliográfica, os quais indicam que abaixo de 40 Hz os elementos rítmicos podem ser mais

destacados na percepção tátil. Com base nisso, optamos por limitar o alcance de frequências desse instrumento a 40 Hz, buscando potencializar sua percepção através do tato.

Já em relação à Caixa, que possui frequências fundamentais acima dessa faixa, decidimos mantê-la com sua sonoridade tradicional. Com essa abordagem, pretendemos avaliar se mesmo em frequências mais altas é possível evidenciar a percepção tátil dos sons para os usuários.

Vale destacar que essa bateria eletrônica possui três padrões de ritmos que são reprogramáveis, oferecendo ao usuário a opção de escolher o estilo que mais lhe agrada e envolver na criação melódica utilizando um sintetizador monofônico presente na terceira seção, o qual objetiva proporcionar uma experiência musical mais ativa e participativa.

Para o desenvolvimento da 3ª seção, que é onde se encontra o sintetizador monofônico, aprofundamos ainda mais em questões sensoriais táteis, mais especificamente, no limiar de percepção de intervalos musicais. Em *Haptic Display of Melodic Intervals for Musical Applications* Egloff, Wanderley e Frissen, (2018) abordam a capacidade humana de discriminar intervalos melódicos exclusivamente por meio da estimulação vibrotátil. Os resultados deste estudo revelaram que, recebendo estímulos vibrotáteis na ponta do dedo, os participantes foram capazes de identificar intervalos melódicos de segunda maior, a partir da frequência fundamental 65Hz.

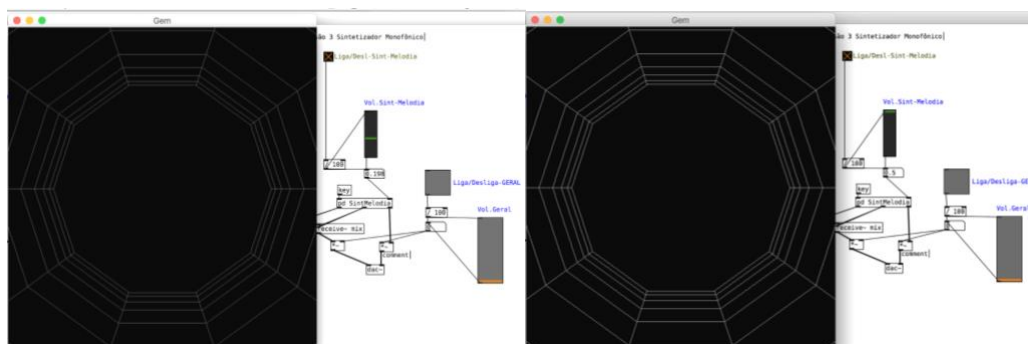
Com base nesses dados, incorporamos ao nosso sintetizador monofônico uma escala de tons inteiros a partir da nota Dó1 com frequência de 65,4 Hz. Em sequência, definimos as notas Ré 1 = 73,4 Hz, Mí 1 = 82,4 Hz, Fá# 1 = 92,5 Hz, Sol # 1 = 103,8 Hz, Lá# 1 = 116,5 Hz e Dó2 = 130,8 Hz.

Nesta seção, nosso objetivo também é oferecer ao usuário um elemento que permita experimentar a criação de melodias combinadas aos sons dos outros dois instrumentos: o contrabaixo e a bateria. Para enriquecer essa experiência e considerando os dados sobre Plasticidade Compensatória, incorporamos ao protótipo um recurso visual utilizando o objeto

GEM, uma biblioteca gráfica presente no Pure Data que permite a criação e interação de elementos visuais, como gráficos e imagens, associados aos eventos sonoros.

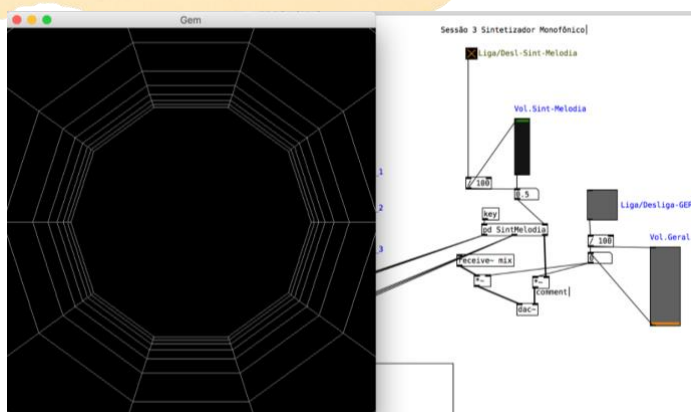
Com a utilização deste recurso, incorporamos uma imagem que reage à variação da amplitude e da frequência fundamental. Dessa forma, o usuário poderá realizar uma performance com o sintetizador monofônico, acionando as notas musicais da escala e observando a resposta visual da imagem na tela do computador, à medida que os níveis de amplitude e frequência variam.

Figura 2 - Interação da amplitude do som do sintetizador com a imagem gerada pelo objeto GEM
a) amplitude baixa (linhas com pouco destaque) b) amplitude alta (linhas com mais destaque)



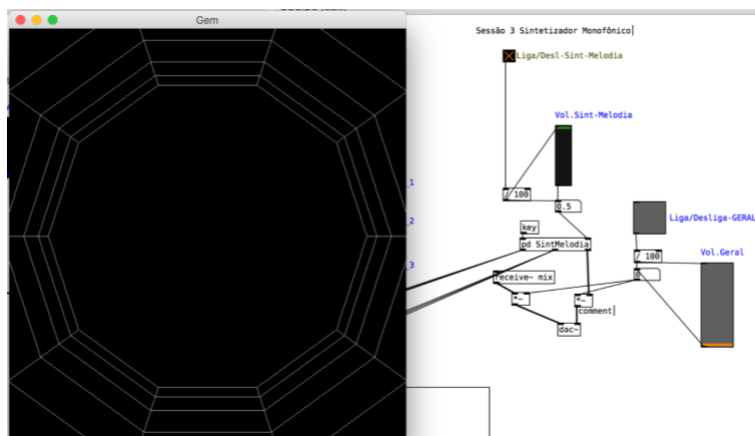
Fonte: Acervo dos autores (2023)

Figura 3 - Interação da frequência 65,4 Hz - Dó 1 com a imagem gerada pelo objeto GEM
Nota mais grave, arestas mais próximas, dando a sensação de uma figura mais "fechada"



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Figura 4 - Interação da frequência 130,8 Hz - Dó 2 com a imagem gerada pelo objeto GEM
Nota mais aguda, com arestas um pouco mais distantes, dando a sensação de uma imagem mais "aberta"



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Além disso, buscando ampliar a percepção dos intervalos melódicos por meio tátil, criamos uma superfície de controle que se conecta ao Pure Data, permitindo a especialização do som do sintetizador monofônico até a ponta de um dos dedos do usuário. Essa superfície é composta por um teclado de computador que se conecta via *Bluetooth*, possibilitando tocar as notas musicais com uma das mãos e, com a outra, sentir a vibração das notas através da ponta

de um dos dedos, acoplada à bobina de um alto-falante amplificado de 3 *Watts* de potência e impedância de 4 *Ohms*.

Essa abordagem tem como objetivo proporcionar uma experiência multimodal, permitindo que usuários com diferentes níveis de surdez possam experimentar a música de forma tátil e visual.

Fotografia 5 - Superfície de controle do sintetizador monofônico

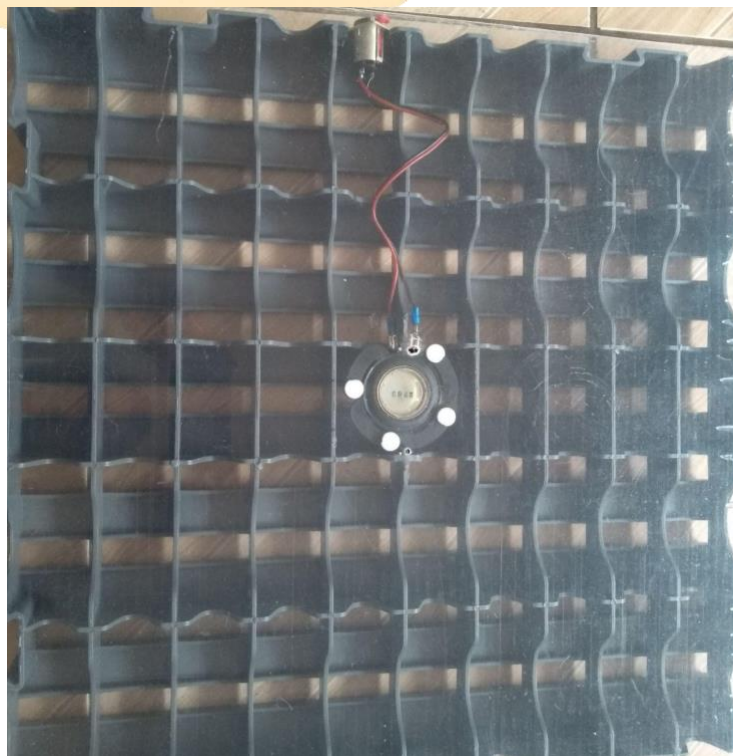


Fonte: Acervo dos autores (2023)

Plataforma de *Feedback* Tátil

Para ampliar o *feedback* tátil do usuário, desenvolvemos uma plataforma com uma estrutura composta por um palete de plástico de 50x50 cm, com piso de acrílico de 2 mm de espessura. Nesse piso, acoplamos um transdutor de contato portátil da marca *Dayton Audio*, modelo DAEX32QMB-4 *Quad Feet Mega Bass*, com um diâmetro de 32 mm, potência de 40W e impedância de 4 Ohm.

Fotografia 6 - Plataforma de *feedback* tátil



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Esse atuador foi selecionado com base nas faixas de frequência mencionadas anteriormente no tópico “Fundamentos neurocientíficos da percepção musical de pessoas surdas” e também, através do estudo *Qualidade da Percepção Sonora em Sala de Música para Surdos* (PIRES, J. L. G. *et al.*, 2022).

Através de um amplificador também portátil, a plataforma é amplificada e recebe o sinal de áudio dos instrumentos desenvolvidos no Pure Data.

Quando o sintetizador monofônico é utilizado em conjunto com o teclado controlador mostrado na fotografia 5, o sistema requer duas saídas de áudio para espacializar o som dos instrumentos. A primeira saída recebe exclusivamente o sinal do sintetizador e o envia para o alto-falante que o usuário irá posicionar na ponta de um dos dedos para sentir a vibração. Já a segunda saída é direcionada aos sinais de áudio do contrabaixo e da bateria, os quais são enviados para o transdutor de contato presente na plataforma feita sobre o palete de plástico. Dessa forma, o usuário poderá posicionar-se sobre essa plataforma e sentir a vibração desses

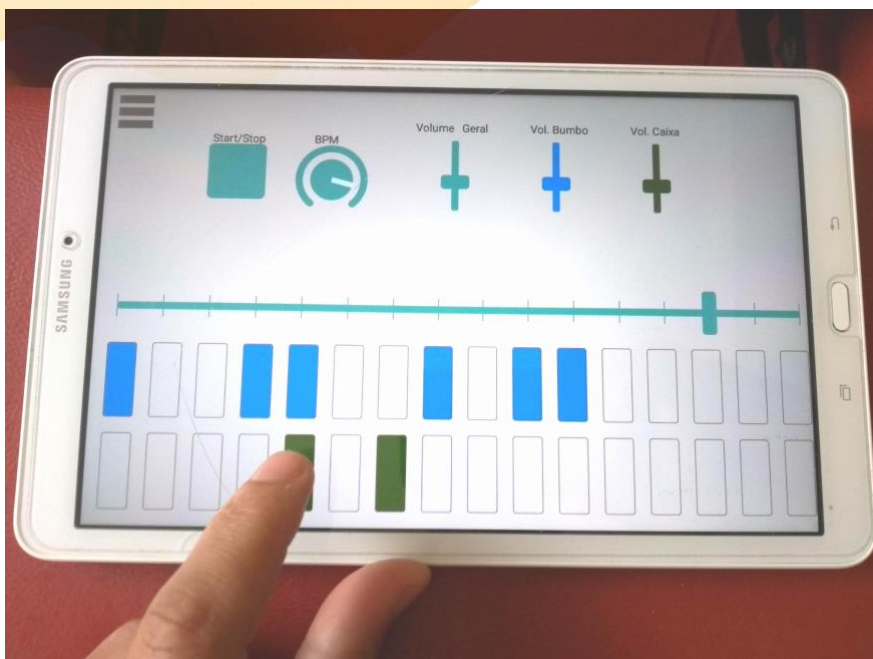
dois instrumentos com a sola dos pés, e com a ponta de um dos dedos da mão esquerda, sentir a vibração das notas tocadas no sintetizador monofônico. Esse procedimento foi desenvolvido para proporcionar ao usuário uma experiência tátil significativa ao interagir com diferentes elementos musicais através do sistema.

O 2º protótipo

O segundo protótipo foi desenvolvido com base nas sugestões de um colaborador que nos auxilia nas questões relacionadas à inclusão de pessoas surdas por meio da prática musical. Nosso primeiro contato ocorreu em 2018, durante uma oficina sobre musicalização para surdos. Esse colaborador, filho de pais surdos e com profundo envolvimento na comunidade surda, atualmente coordena diversos projetos de acessibilidade. Sua experiência e conhecimento foram fundamentais para nos orientar na criação deste segundo protótipo, que oferece uma opção mais simplificada, dispondo somente de recursos rítmicos de forma intuitiva com elementos táteis e visuais para agregar nas práticas musicais.

No design, aprimoramos a bateria eletrônica, unificando-a em um único patch do Pd (*Pure Data*) e desenvolvendo uma interface gráfica mais funcional no *Mobmuplat*, possibilitando o uso do instrumento em um tablet, o que o torna mais prático e facilmente transportável.

Fotografia 7 - O segundo protótipo instalado em um tablet Android



Fonte: Acervo dos autores (2023)

No aprimoramento do instrumento, além dos controles de *Start/Stop*, Bpm e volumes gerais e individuais para o Bumbo e a Caixa, acrescentamos a visualização de uma linha do tempo com 16 passos. Isso permite ao usuário posicionar os sons do Bumbo e da Caixa ao longo dessa linha, possibilitando a criação de diversas células rítmicas com um simples toque na tela.

Por se tratar de um instrumento que possui apenas uma saída de áudio, nesta proposta optamos por não limitar as frequências do bumbo a 40 Hz como fizemos no 1º protótipo, dessa forma, o som do instrumento será perceptível em dois tipos de transdutores: o da plataforma vibrotátil e o alto-falante do tablet.

Considerações finais

Ao longo deste trabalho, nosso objetivo principal foi desenvolver dois protótipos de instrumentos musicais digitais com o propósito de proporcionar uma experiência musical mais inclusiva e ativa para pessoas surdas. Buscamos criar dispositivos que oferecessem recursos para a composição, contemplando elementos melódicos e rítmicos de forma intuitiva, ao incorporar elementos táteis e visuais para tornar a prática musical mais acessível.

É importante levar em conta que a diversidade dos perfis de pessoas surdas pode exigir adaptações específicas nos dispositivos. Por isso, optamos por criar mais de um protótipo, contando com a colaboração de um especialista que possui envolvimento diário com pessoas surdas, proporcionando uma abordagem ainda mais sensível às demandas desse público.

Durante o processo de desenvolvimento dos protótipos, adotamos o conceito do Desenho Universal, que busca criar produtos e ambientes acessíveis para todas as pessoas, independentemente de suas habilidades ou características individuais. A partir disso, conhecemos o Desenho Universal para Aprendizagem (D.U.A.), uma extensão do conceito aplicada à área pedagógica. Nossa intenção é avaliar os princípios do D.U.A. e implementá-los nas práticas musicais em conjunto com os participantes surdos, que ocorrerá na próxima etapa deste estudo. Esse processo nos permitirá observar como os participantes interagem com os protótipos, identificar quais funcionalidades são mais bem recebidas e quais podem ser aprimoradas. Além disso, estaremos atentos aos aspectos sociais e culturais que envolvem a comunidade surda, buscando sempre promover uma abordagem musical mais inclusiva. Dessa forma, este trabalho marca o ponto de partida em uma jornada contínua em busca de estratégias que ampliem a interação de pessoas surdas com práticas musicais ativas.

Referências

BIRNBAUM, D. M.; WANDERLEI, M. M.. A Systematic Approach to Musical Vibrotactile Feedback. **Proceedings of the International Computer Music Conference**, Copenhagen, Denmark, p. 397-404, ago. 2007 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/239931382_A_systematic_approach_to_musical_vibrotactile_feedback. Acesso em: 8 jan. 2023.

CERVELLINI, N. H. **A criança deficiente auditiva e suas reações à música**. São Paulo: Editora Moraes, 1986.

CERVELLINI, N. H. **A musicalidade do surdo**: representação e estigma. São Paulo: Plexus, 2003.

CLARK, J. G;. Uses and abuses of hearing loss classification. **Asha**: a journal of the American Speech-Language-Hearing Association, [s. l.], p. 493-500, ago. 1981 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/16145943_Uses_and_abuses_of_hearing_loss_classification . Acesso em: 5 jul. 2023.

EGLOFF, Deborah C.; WANDERLEY, Marcelo M.; FRISSEN, Ilja. Haptic display of melodic intervals for musical applications. **IEE: Haptics Symposium (HAPTICS)**, San Francisco, p. 284-289, mar. 2018 DOI: <https://doi.org/10.1109/HAPTICS.2018.8357189>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8357189>. Acesso em: 24 abr. 2023.

EVELYN GLENNIE. **Evelyn Glennie**. [S.l.]. Evelyn Glennie, 2015. Disponível em: <https://www.evelyn.co.uk/hearing-essay/?fbclid=IwAR0vSOz->. Acesso em: 10 jan. 2023.

FRID, E.; LINDETORP, H. Haptic Music: Exploring Whole-Body Vibrations and Tactile Sound for a Multisensory Music Installation. **In Proceedings of the Sound and Music Computing Conference**, Torino, Italy, p. 68-75, jun. 2020 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343600888_Haptic_Music_-_Exploring_Whole-Body_Vibrations_and_Tactile_Sound_for_a_Multisensory_Music_Installation. Acesso em: 5 jun. 2023.

GOOD, Arla; REED, Maureen J.; RUSSO, Frank A.. Compensatory Plasticity in the Deaf Brain:: Effects on Perception of Music. **Brain Sciences**, Toronto, Canadá., 28 out. 2014 DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/brainsci4040560>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4279142/>. Acesso em: 13 out. 2022.

INGOLD, Tim. Pare, Olhe, Escute! Visão, Audição e Movimento Humano. **Ponto Urbe: Revista do núcleo de antropologia urbana da USP**, São Paulo, v. 3, 2008. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/pontourbe.1925>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/pontourbe/1925>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MACE, R. L.; HARDIE, G. J.; PLACE, J. P. **Accessible environments toward Universal Design**. Reinhold, NY: Van Nostrand, 1991.

MOBMUPLAT: Mobile Music Platform. 0.39. USA: Iglesia Intermedia, 2013. Software de desenvolvimento de interfaces para aplicativos. Disponível em: <https://danieliglesia.com/mobmuplat/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

PEREIRA, S. A.; SILVA, G. S. Performance da Banda Ab'Surdos:: desafios e possibilidades. **IX Encontro Regional Sudeste da ABEM: Educação musical: formação humana, ética e produção de conhecimento**, Vitória, ES, 2014. Disponível em: http://abemeducacaomusical.com.br/anais_ersd/v1/papers/925/public/925-2724-1-PB.pdf. Acesso em: 12 out. 2022.

PIRES, J. L. G. *et al.* Qualidade da percepção sonora em sala de música para surdos. **XII Congresso Iberoamericano de Acústica**, Florianópolis, SC, ago. 2022. Disponível em: <https://fia2020.com.br/arearestrita/apresentacoes/9027.pdf> . Acesso em: 9 set. 2022

PURE Data. 0.49. USA: Miller Puckette , 1996. Plataforma de desenvolvimento e linguagem de programação visual de código aberto. Disponível em: <https://puredata.info/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

REMACHE-VINUEZA, B. *et al.* Audio-Tactile Rendering: A Review on Technology and Methods to Convey Musical Information through the Sense of Touch. **Sensors**, [s. l.], v. 21, set. 2021 DOI: <https://doi.org/10.3390/s21196575>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/19/6575>. Acesso em: 12 out. 2022.