

Dispositivos táteis para o ensino de música para pessoas com deficiência visual

Ott, Ellen Carolina¹, Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro², Negrelli, Leônia Gabardo³, Miguel, Vinícius Luiz Lisboa⁴, Santos, André Vitkoski Diogo dos⁵, Teixeira, Vanessa⁶, Cusatis, Piter Pauvelz⁷, Bento Junior, Álvaro Ricardo Ferreira⁸

1 - Centro Acadêmico de Atividades Artísticas, UTFPR, ellen@utfpr.edu.br

2 - Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR, lucia.demec@ufpr.br

3 - Departamento Acadêmico de Matemática, UTFPR, negrelli@utfpr.edu.br

4 - Curso de Engenharia Mecânica, UFPR, luiz2@ufpr.br

5 - Curso de Engenharia Mecânica, UFPR, andre.vitkoski@ufpr.br

6 - Curso de Engenharia Mecânica, UFPR, vanessateixeira@ufpr.br

7 - Curso de Engenharia Mecânica, UFPR, piter.cusatis@ufpr.br

8 - Curso de Engenharia Mecânica, UFPR, alvaro.ricardo@ufpr.br

* - Correspondência: UFPR-DEMEC-LABERG| Av. Cel Francisco H. dos Santos, 230- Centro Politécnico, Bloco IV|CEP 81531-980

DOI 10.52050/9788579177132-30

RESUMO

Este relato apresenta o desenvolvimento de um dispositivo tátil modular de baixo custo e de acessórios táteis de posicionamento que favorecem o manuseio de instrumentos de corda, em especial o violino, por pessoas cegas ou com baixa visão. O referido dispositivo permite a tradução de informações auditivas e teóricas em estímulos táteis e a abordagem metodológica está baseada em design inclusivo e feedback háptico. Resultados preliminares indicam que tais ferramentas potencializam a autonomia no aprendizado musical, reduzindo a dependência de instrutores ou adaptações complexas, democratizam o acesso à educação musical, além de incentivar políticas de inclusão.

Palavras-chave: Deficiência visual. Educação musical. Tecnologia assistiva. Tátil.

ABSTRACT

This report presents the development of a low-cost modular tactile device and tactile positioning accessories that facilitate the handling of string instruments, especially the violin, by blind or visually impaired individuals. The device allows the translation of auditory and theoretical information into tactile stimuli, and

the methodological approach is based on inclusive design and haptic feedback. Preliminary results indicate that such tools enhance autonomy in musical learning, reducing dependence on instructors or complex adaptations, democratizing access to music education, and encouraging inclusion policies.

Keywords: Accessibility. Visual impairment. Music education. Assistive technology. Haptic.

1. INTRODUÇÃO

A educação musical para pessoas com deficiência visual enfrenta desafios estruturais devido à predominância de métodos pedagógicos baseados em recursos visuais, como partituras convencionais e demonstrações gestuais. Durante as investigações iniciais desta pesquisa, verificou-se não apenas a escassez de ferramentas automatizadas para esse público, mas também a ausência de sistemas integrados que combinem aprendizado teórico e suporte instrumental tátil.

O contato com crianças, jovens e adultos, usuários em potencial das tecnologias desenvolvidas, foi possível a partir de atividades extensionistas desenvolvidas pelo Centro Acadêmico de Atividades Artísticas (CAART) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) investigadas em parceria com o Laboratório de Ergonomia, Acessibilidade e Usabilidade (LABERG) dos Departamentos de Engenharia Mecânica e Design da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Este trabalho organizou-se em cinco eixos principais: identificação da demanda por dispositivos táteis que auxiliem no ensino de música, desenvolvimento do produto principal (dividido em eletrônica e modelagem), estudo de acessórios complementares a partir da interação do protótipo com um potencial usuário e análise de viabilidade econômica. Na frente eletrônica, desenvolveu-se um protótipo baseado em Arduino UNO R3 com sensores capacitivos, enquanto a modelagem focou na fabricação de teclas em ABS condutivo por manufatura aditiva. Paralelamente, investigaram-se acessórios táteis como guias para arco de violino, com marcadores de posição ergonômicos.

O diferencial desta pesquisa reside na abordagem integrada, que une um sistema principal para ensino teórico a ferramentas auxiliares para prática instrumental, preenchendo uma lacuna crítica no ecossistema de acessibilidade musical. Alinha-se tanto à Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) quanto ao critério de baixo custo, com viabilidade comprovada abaixo de R\$150,00 por unidade. Os resultados demonstram que essa solução combinada potencializa a autonomia no aprendizado, reduzindo a dependência de adaptações caseiras ou instrutores especializados.

2. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do dispositivo multimodal tátil seguiu uma abordagem interdisciplinar, integrando conhecimentos de eletrônica, design de produto e educação musical inclusiva.

2.1 Desenvolvimento dos acessórios

As adaptações feitas ao violino para deixá-lo mais acessível e com intuito de facilitar o aprendizado, foi feita a impressão em PLA de moldes para as cravelhas de violino com a identificação das cordas como apresenta a Figura 1.

Figura 1 - Moldes para as cravelhas de violino



Fonte: Os Autores

Também foi desenvolvida a impressão de uma peça em PLA que auxilia no encontro de notas musicais devido a marcas táteis para o usuário localizar a posição de sua mão ao longo do braço do violino (Figura 2 e 3).

Figuras 02 e 03 - apoio para localização de notas musicais no braço do violino



Fonte: Os Autores

Em paralelo, buscamos medidas de adaptar um apoio para fixar no violino na frente do cavalete, para deslizar o arco sobre as cordas em paralelo ao cavalete. As peças de mercado são importadas e com elevado preço, a decisão pela modelagem em 3D do arco aparentou ser a mais viável, com baixo custo então manufaturados alguns modelos de arco para avaliação estrutural e aplicabilidade.

Figura 04 - Apoio para situar o arco do violino em relação às cordas



2.2 Desenvolvimento do produto

O desenvolvimento do produto se deu em duas frentes, uma focada nos componentes elétricos e outra no desenvolvimento dos modelos 3D que comportam todo o sistema eletrônico, o foco do desenvolvimento foi trazer praticidade para o usuário utilizar, carregar e manusear o dispositivo.

2.2.1 Componentes Eletrônicos

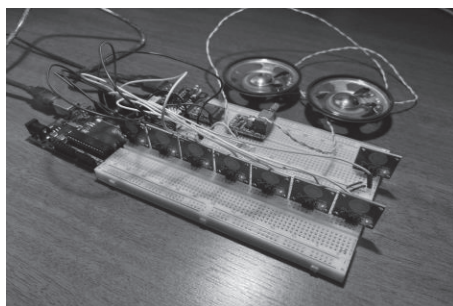
Para a validação das demandas do projeto, contou-se com a colaboração da professora Ellen Carolina Ott, especialista em ensino de música para estudantes cegos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Esse suporte permitiu definir a estrutura ideal para o painel e analisar as melhorias necessárias nos projetos já existentes. Como repertório musical, selecionou-se a canção “Lightly Row”, do livro Suzuki Violin School, por seu nível iniciante. O áudio foi segmentado em partes utilizando o software Audacity, facilitando a leitura da partitura em etapas, método mais adequado para o estudo inicial do violino. Os arquivos de áudio foram armazenados em um cartão de memória Micro SD.

O sistema eletrônico foi gerenciado pelo microcontrolador Arduino UNO R3, escolhido por sua versatilidade. A detecção do toque do usuário foi realizada por meio de sensores capacitivos, que garantem precisão na resposta do sistema. A programação foi desenvolvida no software IDE Arduino, utilizando linguagem

C++, com bibliotecas e funções específicas para integração e funcionamento adequado do projeto.

Com base nos testes preliminares realizados com estudantes cegos de violino, planejam-se ajustes no protótipo, incluindo otimizações na quantidade de sensores e no modo de acionamento. Após a finalização do painel áudio tátil funcional, serão conduzidos novos testes com os estudantes para validação do dispositivo.

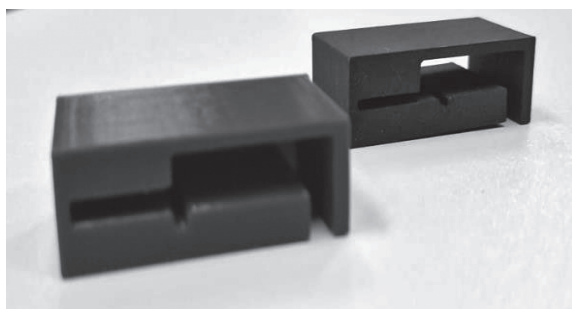
Figura 05 - Circuito elaborado para compor módulo musical tátil



2.2.2 Projeto estrutura

Inicialmente o foco foi em encontrar o formato ideal para as teclas que comportam os sensores, também foi feita uma pesquisa para encontrarmos o material ideal que fosse sensível ao toque e de baixo custo. As nossas opções foram testes com PLA condutivo e ABS (Figura 6).

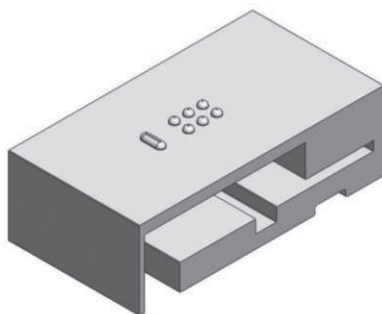
Figura 06 - Teclas em diferentes cores azul PLA condutivo e em preto ABS



Notamos que o ABS possui uma melhor resposta que o PLA condutivo, entretanto escolhemos no teste inicial apresentar ambas as teclas aos usuários em busca de uma resposta mais concreta em resposta à diferente textura dos dois materiais. Após os testes iniciais, aprimoramos as teclas adicionando

identificações em cada uma, variando entre dos números 1 ao 4, para que o usuário pudesse identificar qual a posição do quarto da música gostaria de escutar (Figura 7).

Figura 07 - Modelo CAD da tecla com identificação



Uma vez desenvolvida a tecla, o próximo passo foi o desenvolvimento e construção do compartimento que comportaria os demais componentes eletrônicos, então foi desenvolvido o modelo em caixa que no momento não pode ser apresentado devido ao pedido de patente em andamento do dispositivo.

Todos os modelos 3D então foram então manufaturados no LABERG (Laboratório de Ergonomia e Usabilidade da UFPR) utilizando a impressora K1 max, todos os modelos até agora foram modelados utilizando o software SOLIDWORKS. Pela falta de alguns filamentos, fizemos o protótipo da caixa de cores variadas que tínhamos disponível, entretanto posteriormente o revestimos com papel filme para ficar com uma cor e evitar confundir pessoas com baixa visão.

Visto que após a primeira visita os usuários requisitaram teclas distintas para passagem de músicas ou a sequência de uma mesma, adicionamos duas teclas em PLA com texturas diferentes para cumprir esta necessidade, entretanto é necessário seguir o trabalho para configurar estas opções.

3. RESULTADOS

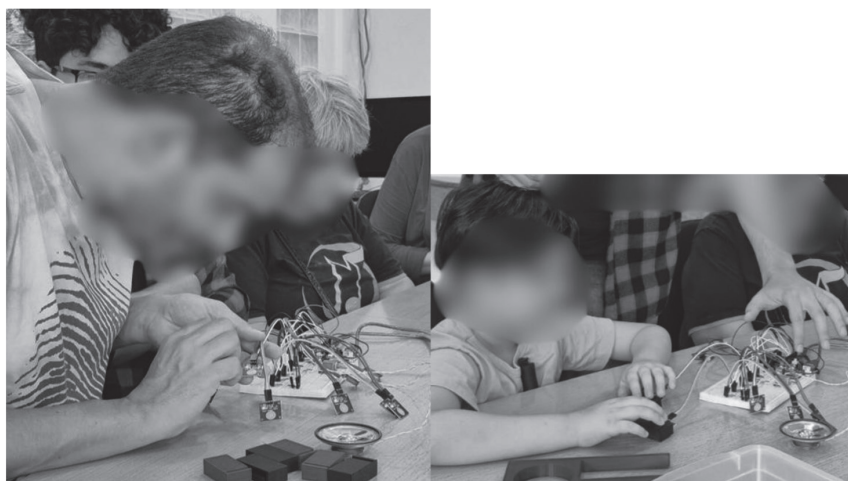
Nos testes feitos, os usuários reportaram que o molde na cravelha facilita muito mais o processo de afinação do instrumento para iniciantes, o apoio ao longo do braço precisa de uma referência para ser encaixado no ponto certo no braço do violino então necessita de alguma forma de referência e um trabalho de pós processamento para deixar o apoio menos abrasivo. Já o apoio para o arco do violino, apesar de, ao ser encaixado, cumprir bem sua função, não teve sucesso nos modelos apresentados, o encaixe não é consistente, o formato dificulta o posicionamento correto por parte do usuário.

Figura 08 e 09- Usuários testando apoio para arco e moldes da cravelha



Com os testes conduzidos com estudantes cegos, verificou-se a necessidade de ajustes na dinâmica de acionamento dos sensores. Assim, estão sendo realizadas modificações no código de programação do microcontrolador, permitindo a reprodução dos quartetos musicais por meio de um duplo clique. Além disso, a estrutura do circuito eletrônico foi ajustada para comportar quatro sensores de toque, possibilitando a reprodução de quatro quartetos musicais. Essa mudança visa reduzir a complexidade do protótipo, uma vez que a presença de oito sensores dificultava seu uso.

Figura 10 e 11 - Testes dos sensores sem(Direita) e com(Esquerda) as teclas táteis



Fonte: Os Autores

O conjunto impresso 3D foi bem recebido, apresentou melhor sensibilidade, os usuários reportaram ser confortável e convidativo ao toque e de fácil uso. Entretanto ainda apresenta a necessidade de ser otimizado para melhor

organização do painel elétrico no interior da caixa. Atualmente os componentes se apresentam “soltos” dentro da caixa (Figura 12), isto pode gerar mal funcionamento dos sensores.

Figura 12 - Posicionamento dos componentes elétricos contidos na caixa

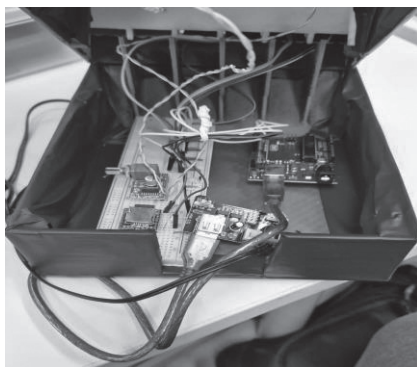


Figura 13 - Protótipo utilizado para os últimos testes



4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste projeto apresentou resultados satisfatórios, com avanços significativos em sua execução. O protótipo demonstrou aspectos positivos, como seu formato físico, o tempo de resposta do painel eletrônico e o funcionamento adequado dos componentes dentro da estrutura.

No entanto, verificou-se a necessidade de otimizações em algumas etapas, como a análise da viabilidade da guia de apoio para o arco do violino, que deverá ser discutida pela equipe para possível reformulação ou remoção.

Os resultados obtidos foram considerados promissores, motivando a continuidade dos trabalhos para os próximos passos do projeto, com foco no refinamento das funcionalidades e na validação final do dispositivo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária, CNPq e UFPR pelos suportes de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

BONILHA, F. *Do toque ao som: o ensino da musicografia Braille como um caminho para a educação musical inclusiva*. 2010. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

CORCIOLI, R.; VENTURA, F. Design inclusivo: pauta musical eletrônica para o ensino de pessoas com deficiência visual. *Fatecnológica*, Jaú, Vol. 16, no. 1, p. 21-35. 2022.

MUNIZ, J. P. S. *Proposta de diretrizes de imagens audiotáteis: uma aplicação acessível para o ensino de artes*. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

PINO, A.; VILADOT, L. Teaching-learning resources and supports in the music classroom: key aspects for the inclusion of visually impaired students. *British Journal of Visual Impairment*, Barcelona, Vol. 37, no. 1 p. 17-28. 2019.

PRITCHARD, D.; ENGLISH, A.; RAVENSCROFT, J. Extended cognition, assistive technology and education. *Synthese*, Edinburgh, Vol. 199 no. 3, p. 1-23. 2021.

ROCHA, C. *Acessibilidade: práticas culturais e tecnologia assistiva para a cidadania*. Centro Nacional Referência em Tecnologia assistiva – CNRTA, Campinas, 2017.

SANCHES, E. C. P. *Artefato de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D a educação inclusiva de cegos*. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

SANTOS, A. V. D., OKIMOTO, M. L. R. Microcontroladores no desenvolvimento de tecnologias assistivas para o aprendizado de instrumentos musicais. *Anais do 4º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva*, Florianópolis, Vol. 1, no. 1, p. 1108-1112, 2023.

SUZUKI, S. *Suzuki violin school*. Volume 1. Miami, Florida: Summy-Birchard Inc., 1978.