

Fazendo uso de Inteligência Artificial para ensinar música para crianças surdas

Cristiano da S. Benites¹, Ismar F. Silveira²

¹ Instituto de Tecnologia e Liderança / Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo –SP – Brazil

² Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo –SP – Brazil.

{benites_silva@hotmail.com, ismarfrango@gmail.com}

Abstract. *This research aims to investigate the inclusion of deaf children in music education using artificial intelligence. The study develops a gesture recognition system that associates musical notes with colors, facilitating learning. The research highlights the importance of inclusive pedagogical practices and the emotional and social benefits of music for deaf children. Practical experiments demonstrate that these technologies make music education more accessible and engaging. The conclusion is that it is possible to create an inclusive educational environment, allowing all children to explore and develop their musical potential.*

Resumo. *Esta pesquisa tem como objetivo investigar a inclusão de crianças surdas na educação musical utilizando inteligência artificial. O estudo desenvolve um sistema de reconhecimento de gestos musicais que associa notas a cores, facilitando o aprendizado. A pesquisa destaca a importância de práticas pedagógicas inclusivas e os benefícios emocionais e sociais da música para crianças surdas. Experimentações práticas demonstram que essas tecnologias tornam o ensino musical mais acessível e envolvente. A conclusão é que é possível criar um ambiente educativo inclusivo, permitindo que todas as crianças explorem e desenvolvam seu potencial musical.*

1. Introdução.

A música desempenha um papel crucial na interpretação da realidade humana, conforme observado por Lima (2015). Ela expressa emoções como alegria, tristeza, perda, triunfo, paz e guerra, influenciando estados emocionais e criando vínculos sociais e culturais. Este estudo foca nas pessoas surdas, explorando como a música, mesmo sem a audição, pode ser uma forma significativa de expressão e apreciação.

A experiência musical das pessoas surdas desafia suposições tradicionais sobre audição e música. Hagiara-Cervellini (2003) e Duarte (2017) indicam que as pessoas surdas podem apreciar a música através de outros sentidos, como vibrações táteis e estímulos visuais, tornando-a um fenômeno multisensorial.

Historicamente, a percepção da surdez moldou a interação entre música e surdos. Foucault (1979) discute como a surdez era vista como incapacidade, reforçando desafios

na valorização das capacidades musicais dos surdos. O médico Girolamo Cardano (1501-1576) desafiou essa visão, propondo métodos educativos para surdos, enquanto Charles-Michel de l'Épée (1712-1789) fundou a primeira escola pública para surdos.

Entre 1789 e 1900, a educação dos surdos ganhou destaque, influenciada por figuras como Thomas Gallaudet e Laurent Clerc (Haguiara-Cervellini, 2003). O Congresso de Milão em 1880 endossou o oralismo, mas a cultura surda e a língua de sinais ganharam importância com o movimento Deaf Power na década de 1980.

Com o fortalecimento da identidade surda, a língua de sinais ganhou significado político e foi integrada à educação formal. Avanços tecnológicos no século XX, como dispositivos de amplificação sonora, permitiram que surdos tivessem novas formas de apreciar a música (Duarte, 2017).

Apesar dos progressos, as pessoas surdas ainda enfrentam limitações impostas pela sociedade, especialmente na música, que é frequentemente tratada mais como ferramenta para desenvolvimento da fala do que como arte (Haguiara-Cervellini, 2003). A música pode ser apreciada de várias maneiras, incluindo vibrações, ritmo visual e expressão corporal (Duarte, 2017).

Atualmente, tecnologias como dispositivos de vibração e software de visualização musical ajudam surdos a engajar-se com a música (Pereira, 2018). Essas tecnologias, integradas a práticas pedagógicas inovadoras, podem transformar a educação musical, tornando-a mais acessível e envolvente, e promovendo uma maior inclusão no mundo da música.

2. As pessoas surdas sentindo a música.

Os deficientes auditivos não podem ouvir, mas podem perceber o som de maneiras alternativas. De acordo com uma experiência conduzida por Shibata (2001), as pessoas surdas podem perceber música através de vibrações. Essas vibrações são equivalentes ao som real, pois a percepção das vibrações é processada na mesma parte do cérebro das pessoas ouvintes. Este achado é significativo, pois ajuda a explicar a presença e a participação de pessoas surdas em concertos e eventos musicais.

Shibata (2001) também examinou os cérebros de 10 voluntários com surdez e 11 voluntários de audição normal utilizando a imagem de ressonância magnética funcional (fMRI). Ambos os grupos mostraram atividade nas áreas do cérebro que processam as vibrações. Além disso, todos os voluntários surdos mostraram atividade no córtex auditivo, que geralmente só é ativo durante a estimulação auditiva. Esta descoberta revela que, mesmo sem audição, o cérebro dos surdos pode ser ativado por estímulos vibracionais, permitindo-lhes experimentar a música de uma forma única.

A pesquisa de Shibata (2001) fornece evidências robustas de que os surdos têm uma área cerebral ativa para fins musicais. A informação processada nesta área é organizada de acordo com as vibrações compreendidas no "cérebro musical". Este termo descreve como diferentes regiões do cérebro colaboram para interpretar e apreciar a música através de estímulos vibracionais. A compreensão dessa dinâmica cerebral é crucial para desenvolver métodos e tecnologias que facilitem a inclusão musical de pessoas surdas.

Além das descobertas de Shibata, Muska (2014) apresenta uma imagem detalhada que facilita a compreensão de como e onde no cérebro ocorre o processamento musical

em pessoas surdas. Esta imagem, ilustrada na Figura 1 – Cérebro Musical, mostra claramente as áreas ativadas durante a percepção de vibrações musicais, destacando a complexidade e a adaptabilidade do cérebro humano.



Figura 1. Cérebro Musical.

Com base nessas pesquisas, fica evidente que a atividade musical mobiliza diversas regiões do cérebro, não apenas nas pessoas ouvintes, mas também nas pessoas surdas. Esta mobilização cerebral destaca a importância de promover a acessibilidade musical para todos, independentemente de suas capacidades auditivas. A música, portanto, não é apenas um privilégio dos ouvintes, mas uma experiência sensorial e emocional acessível através de diferentes formas de percepção.

Exploraremos os aspectos tecnológicos utilizados para auxiliar surdos na música em contextos variados. Serão apresentados dispositivos e métodos inovadores que permitem aos surdos sentirem e interpretar a música através de vibrações e outras formas de estímulos sensoriais. Abordaremos também a aplicação dessas tecnologias em ambientes educacionais para aprendizado de música para surdos e como elas podem transformar a experiência musical para pessoas surdas.

Esses avanços tecnológicos incluem desde dispositivos de vibração corporal, que permitem sentir as batidas e ritmos da música, até aplicativos e softwares que traduzem sons em sinais visuais ou táteis. A integração dessas tecnologias na educação musical pode proporcionar uma experiência inclusiva e enriquecedora, permitindo que crianças e adultos surdos desenvolvam suas habilidades musicais e apreciem a música de maneira plena.

Além disso, discutiremos como esses recursos podem ser implementados em concertos e eventos musicais para tornar esses ambientes mais acessíveis. A instalação de plataformas vibratórias e o uso de fones de ouvido especiais são algumas das soluções que vêm sendo adotadas para incluir pessoas surdas em experiências musicais ao vivo. Estas inovações não apenas aumentam a acessibilidade, mas também promovem a inclusão social e a equidade no acesso à cultura.

Através da análise dessas tecnologias e suas aplicações, esperamos destacar a importância de um esforço contínuo para tornar a música uma experiência verdadeiramente universal. Ao fazer isso, reafirmamos que a música é uma linguagem universal, capaz de transcender barreiras e conectar pessoas de todas as capacidades auditivas.

3. Metodologia.

Nesta etapa, detalhamos a metodologia aplicada para o desenvolvimento do projeto de inclusão musical para crianças surdas utilizando inteligência artificial e outras tecnologias assistivas. Nossa abordagem metodológica combina elementos de teoria musical adaptados para a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), ferramentas tecnológicas inovadoras e práticas pedagógicas inclusivas. Tivemos aprovação do Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Utilizamos como base a apostila de notação musical criada por Elsaby Antunes em 2008, a qual é acessível e direta, facilitando o aprendizado de iniciantes. A clareza e simplicidade do material são ideais para a transição dos alunos surdos para o mundo da música. A teoria musical foi adaptada para incluir representações visuais e táteis, tornando-a compreensível para as crianças surdas.

Planejamos realizar três sessões experimentais com as crianças surdas, introduzindo conceitos fundamentais de teoria musical como a identificação e representação de notas musicais, ritmo e melodia. Utilizaremos recursos visuais e táteis, como gráficos, vibrações e sinais em LIBRAS, para garantir que os alunos possam internalizar esses conceitos de forma significativa.

A tabela abaixo apresenta o perfil das crianças participantes do projeto, todas elas sabem LIBRAS e são surdas.

Tabela 1. Perfil das crianças

<i>Criança</i>	<i>Idade</i>	<i>Sabe LIBRAS?</i>	<i>Surda</i>
<i>Crianças 1</i>	10	Sim	Sim
<i>Crianças 2</i>	11	Sim	Sim
<i>Crianças 3</i>	11	Sim	Sim
<i>Crianças 4</i>	13	Sim	Sim
<i>Crianças 5</i>	13	Sim	Sim
<i>Crianças 6</i>	14	Sim	Sim
<i>Crianças 7</i>	15	Sim	Sim

Recursos Tecnológicos

1. **Robô Educativo:** Integrado com comandos em LIBRAS, o robô educativo será utilizado para executar tarefas musicais simples, como tocar notas ou ritmos específicos. A interação com o robô tornará as aulas mais envolventes e ajudará a consolidar o aprendizado através da prática e repetição.
2. **Dispositivos Móveis com APIs Gestuais:** Equipados com APIs que ativam o modo gestual, esses dispositivos proporcionarão feedback em tempo real, permitindo que as crianças vejam as notas musicais representadas em sinais de LIBRAS enquanto acompanham a música. Essa abordagem multimodal visa atender às diversas necessidades sensoriais das crianças.

Experimentos da Etapa 1

1. **Introdução às Notas Musicais Coloridas:** As notas musicais são introduzidas utilizando cores específicas para cada uma, ajudando as crianças a associarem visualmente cada nota a uma cor distinta.
2. **Uso de Balões Coloridos:** Para tornar a aprendizagem mais interativa e divertida, utilizamos balões nas cores correspondentes às notas musicais. Essa atividade lúdica reforça a associação entre cor e nota musical.
3. **Aplicação no Pentagrama Colorido:** Introduzimos um pentagrama onde as notas são apresentadas nas mesmas cores dos balões. Essa ferramenta ajuda as crianças a entenderem como as notas são organizadas e sequenciadas na música.

Experimentos da Etapa 2 e 3.

1. **Integração do Robô Mbot:** Utilizamos o robô Mbot para aprofundar o aprendizado musical através de cores e movimentos, ajudando as crianças a compreenderem conceitos rítmicos e temporais.
2. **Calibragem e Reconhecimento de Gestos:** Calibramos o sistema para reconhecer os gestos musicais das crianças em tempo real, utilizando a câmera de um iPad. A resposta imediata facilita a correção e o aprimoramento contínuo das habilidades musicais das crianças.

Durante todas as atividades, observamos as interações das crianças e coletamos feedback para adaptar futuras sessões às suas necessidades específicas. Essa observação contínua e coleta de dados são essenciais para refinar o método de ensino e garantir sua eficácia.

A metodologia aplicada não apenas ensina música de forma acessível para crianças surdas, mas também incorpora elementos lúdicos e sensoriais para manter o engajamento dos alunos. A combinação de estímulos visuais, táteis e interativos promove uma experiência educacional rica, onde as crianças podem explorar a música de maneira significativa e divertida. Esta abordagem inovadora contribui para o desenvolvimento cognitivo e emocional das crianças, promovendo a inclusão e igualdade de oportunidades no aprendizado musical.

4. Resultados e discussões.

Os resultados obtidos com os três experimentos realizados mostram uma evolução significativa na compreensão e aplicação de conceitos musicais pelas crianças surdas participantes. A seguir, destacamos as principais conclusões e análises detalhadas dos resultados obtidos em cada experimento, acompanhadas de gráficos que ilustram as médias das notas atribuídas por cada avaliador.

O Primeiro Experimento teve como objetivo avaliar a eficácia do método de associação de notas musicais a cores de balões. As notas variaram entre 70 e 90, com a Criança 3 obtendo a maior nota. O método mostrou-se eficaz para facilitar o aprendizado musical das crianças.

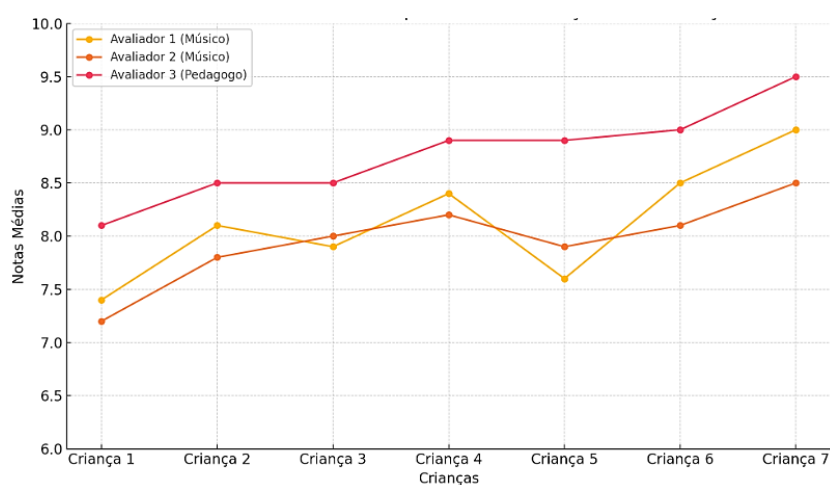


Gráfico 1. Resultados do Primeiro Experimento

O segundo experimento focou na interação das crianças com um robô e a compreensão da teoria musical em relação às cores. As notas variaram entre 74 e 88, indicando que a interação com o robô facilitou a compreensão dos conceitos musicais.

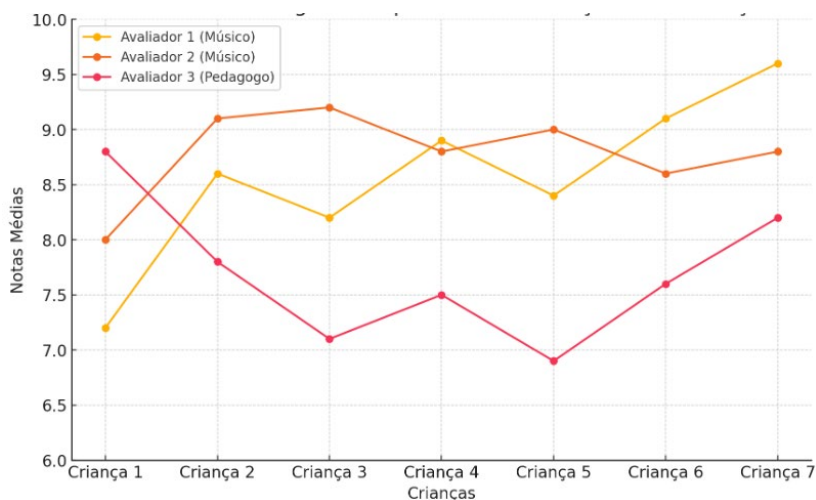


Gráfico 2. Resultados do Segundo Experimento

O terceiro experimento integrou inteligência artificial para o reconhecimento de gestos em Libras, facilitando a compreensão das notas musicais. As notas variaram entre 85 e 93, com a maioria das crianças obtendo notas altas, indicando que a utilização de Libras foi altamente eficaz.

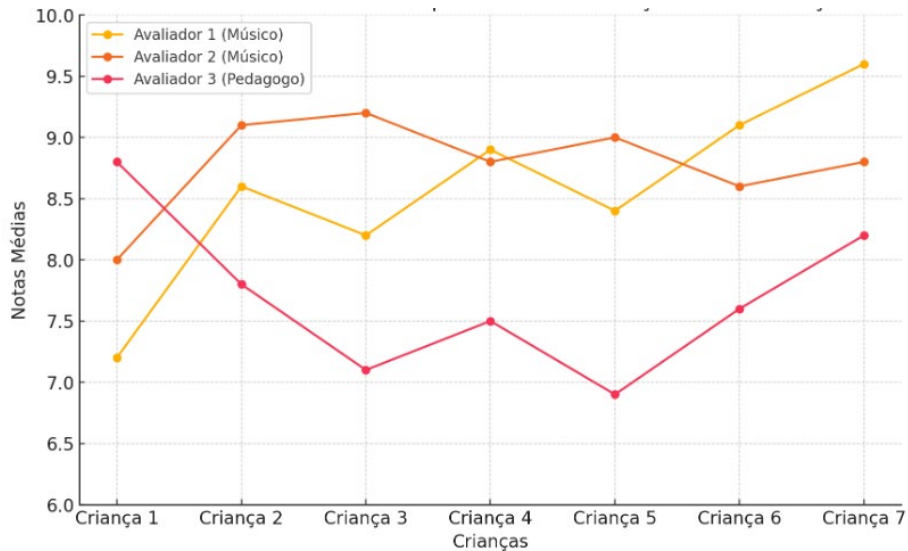
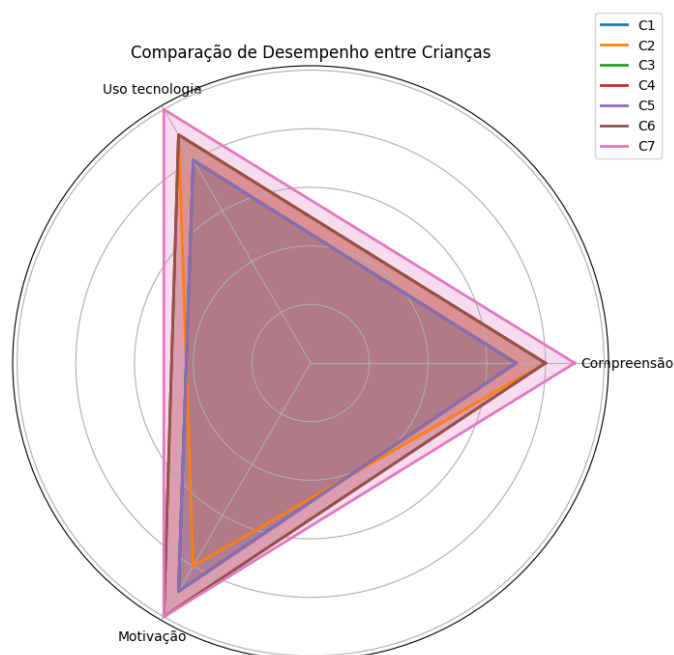


Gráfico 3. Resultados do Terceiro Experimento

A comparação dos três métodos de ensino mostra que diferentes abordagens podem impactar de maneira distinta o desempenho das crianças. A integração de elementos visuais, táteis e interativos é crucial para o aprendizado musical de crianças com deficiência auditiva.

Gráfico 4. Comparação do Desempenho Médio das Crianças para Cada Método.



Além das avaliações quantitativas, foi coletado feedback qualitativo das crianças através de questionários e entrevistas. A nuvem de palavras a seguir destaca as palavras mais frequentemente mencionadas, fornecendo uma visão clara das percepções e experiências das crianças com os métodos de ensino.

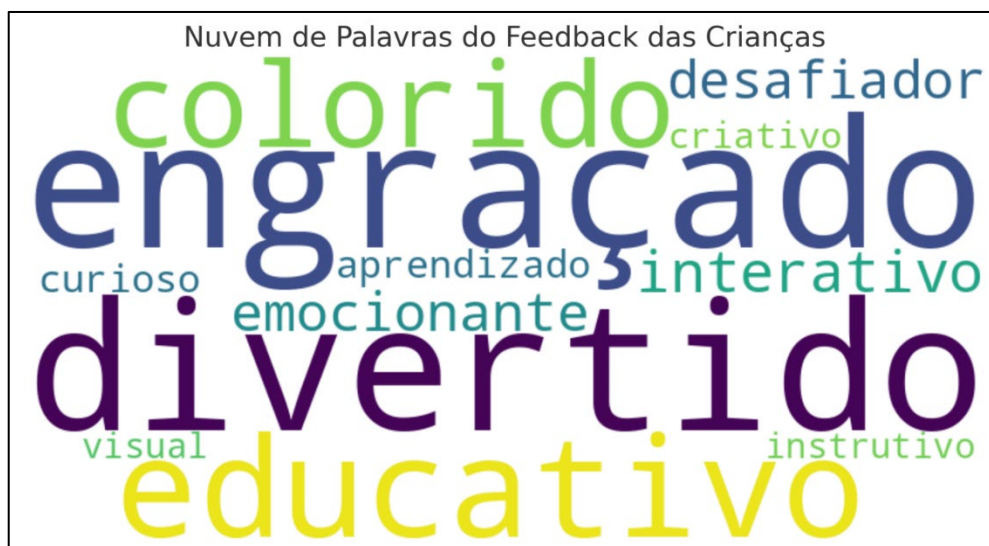


Gráfico 5. Feedback Qualitativo das Crianças

Os resultados demonstram que os métodos inovadores de ensino musical utilizando balões coloridos, robôs e inteligência artificial foram eficazes em facilitar o aprendizado musical entre as crianças surdas. As crianças apresentaram progresso significativo na compreensão e aplicação dos conceitos musicais, destacando-se na adaptação aos métodos propostos e mostrando motivação e engajamento ao longo das atividades.

Esta abordagem multidisciplinar e interativa mostrou-se promissora, promovendo um ambiente de aprendizado inclusivo e eficaz, contribuindo para a inclusão musical de crianças com deficiência auditiva.

5. Considerações finais do projeto piloto.

Esta pesquisa apresenta uma contribuição significativa e inovadora para a inclusão de crianças surdas na educação musical. O trabalho aborda de maneira abrangente os desafios enfrentados por essas crianças e propõe soluções tecnológicas que utilizam inteligência artificial para melhorar a acessibilidade e a qualidade do ensino musical.

A integração da tecnologia com a educação musical, adotada neste estudo, destaca a importância de desenvolver sistemas que facilitem o aprendizado musical para crianças surdas. O sistema desenvolvido é baseado em inteligência artificial, visando reconhecer e interpretar gestos musicais realizados por essas crianças. Utilizando algoritmos avançados de reconhecimento de gestos, o sistema traduz movimentos em sinais visuais, tornando o aprendizado musical mais acessível e intuitivo.

Além dos benefícios emocionais, sociais e cognitivos, a música pode ser uma ferramenta poderosa para a inclusão social e o desenvolvimento pessoal de crianças com deficiência auditiva. Este estudo demonstra que a música pode ser apreciada e aprendida

de maneiras diversas, não se limitando apenas à audição tradicional. Através da percepção de vibrações e estímulos visuais, crianças surdas podem vivenciar e se expressar musicalmente de forma rica e significativa.

Os experimentos práticos realizados com crianças surdas mostraram que o sistema de reconhecimento de gestos é eficaz e bem aceito pelos usuários. As crianças demonstraram grande entusiasmo e envolvimento ao utilizar o sistema, evidenciando que a tecnologia pode tornar a experiência musical mais acessível e prazerosa. Os resultados indicam que, com as ferramentas certas, é possível proporcionar uma educação musical inclusiva e de alta qualidade para crianças com deficiência auditiva.

Além dos benefícios educacionais, a educação musical inclusiva pode ter um impacto positivo na comunidade escolar como um todo, promovendo a compreensão e a aceitação da diversidade. Ao integrar crianças surdas nas atividades musicais, as escolas podem fomentar um ambiente mais inclusivo e empático, onde todos os alunos aprendem a valorizar as diferenças e a colaborar uns com os outros.

Portanto, investir na formação de educadores especializados, no desenvolvimento de recursos tecnológicos acessíveis e na valorização da cultura surda são passos essenciais para a promoção de uma educação musical verdadeiramente inclusiva. Dessa forma, podemos garantir que todas as crianças, independentemente de suas habilidades auditivas, tenham a oportunidade de descobrir e explorar o mundo da música, aproveitando todos os benefícios que essa arte pode oferecer.

Para o futuro, o trabalho sugere diversas direções de desenvolvimento e pesquisa. O aprimoramento do sistema de reconhecimento de gestos é uma prioridade, com foco na melhoria da precisão e usabilidade com base no feedback dos usuários e nos avanços tecnológicos. A investigação da aplicabilidade da tecnologia desenvolvida para outras formas de deficiência também é recomendada, ampliando o alcance e o impacto das soluções propostas.

A integração do sistema com outras tecnologias assistivas, como dispositivos de vibração e software de visualização musical, é vista como um passo necessário para proporcionar uma experiência ainda mais completa e envolvente. A realização de estudos longitudinais para avaliar o impacto a longo prazo da tecnologia na educação musical de crianças surdas também é altamente recomendada. Esses estudos podem incluir a análise do desenvolvimento cognitivo, social e emocional dos alunos ao longo do tempo, proporcionando dados valiosos sobre os benefícios e desafios do uso de tecnologia assistiva na educação musical.

A criação de materiais didáticos e recursos educacionais que utilizem o sistema de reconhecimento de gestos e outras tecnologias assistivas é crucial para facilitar a implementação dessas soluções em contextos educacionais variados. Esses materiais devem ser desenvolvidos em colaboração com educadores, tecnólogos e a comunidade surda para garantir que atendam às necessidades específicas dos usuários finais.

A pesquisa enfatiza a importância de promover colaborações interdisciplinares entre pesquisadores, educadores, tecnólogos e a comunidade surda. Essas colaborações são essenciais para desenvolver novas abordagens e soluções inovadoras para a educação musical inclusiva. A disseminação dos resultados da pesquisa em periódicos acadêmicos e apresentações em conferências é fundamental para aumentar a visibilidade e a adoção

das soluções propostas. Além disso, promover workshops e treinamentos para educadores e profissionais da área facilitará a implementação prática das tecnologias desenvolvidas.

Este estudo representa um avanço significativo na inclusão de crianças surdas na educação musical, oferecendo uma base sólida para futuras pesquisas e desenvolvimentos nesta área vital. A combinação de tecnologia avançada com práticas educacionais inclusivas tem o potencial de transformar a experiência musical para crianças surdas, proporcionando-lhes oportunidades iguais de explorar e desenvolver seu potencial artístico e musical. A inovação tecnológica aliada a uma abordagem educativa inclusiva pode criar um ambiente onde todas as crianças, independentemente de suas capacidades auditivas, possam se beneficiar da música e expressar sua criatividade e talento de maneira plena e significativa..

6. Referências

- Duarte, R. A. S. (2017). A música na surdez: um estudo sobre a percepção musical de pessoas surdas e sua relação com a educação musical. Dissertação (Mestrado em Música) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Foucault, M. (1979). *Discipline and Punish: The Birth of the Prison*. Vintage Books.
- Haguiara-Cervellini, J. M. (2003). Música e surdez: um estudo sobre a acessibilidade musical para pessoas surdas. Dissertação (Mestrado em Artes) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
- Lima, J. M. (2015). A música e a história: reflexões sobre a música no contexto histórico. In *Anais do VII Congresso de Iniciação Científica e Extensão Universitária da UNESP* (pp. 1-10).
- Muska, E. (2014). *Music and the Brain: What Happens When You Listen?*. [online] Available at: <https://www.pbs.org/wgbh/nova/article/music-and-the-brain-what-happens-when-you-listen/> [Accessed 13 Mar. 2023].
- Pereira, L. C. (2018). A música e a surdez: Um estudo sobre as possibilidades de aprendizagem musical para pessoas com deficiência auditiva. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia.
- Shibata, D. K. (2001). The deaf audience: Experiencing music through vibrations. *Music Educators Journal*, 87(2), 43-47.