

Submission: 04/Apr/2025; 1st round notif.: 23/Jun/2025;
Camera ready: 09/Sep/2025; Edition review: 30/Sep/2025;

New version: 23/Jul/yyyy; 2nd round notif.: 27/Aug/2025
Available online: 04/Oct/2025; Published: 04/Oct/2025

Cibertriborgue: ciborgues coletivos apoiando práticas educacionais musicais

Title: *Cibertriborgue: collective cyborgs supporting educational musical practices*

Título: *Cibertriborgue: cyborgs colectivos apoyando prácticas educativas musicales*

Thiago Marcondes Santos
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
(UNIRIO)
ORCID: [0000-0003-0209-3370](https://orcid.org/0000-0003-0209-3370)
thiagomarcondes@hotmail.com

Mariano Pimentel
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
(UNIRIO)
ORCID: [0000-0003-4370-9944](https://orcid.org/0000-0003-4370-9944)
pimentel.mariano@gmail.com

Edmáea Oliveira dos Santos
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
(UFRRJ)
ORCID: [0000-0003-4978-9818](https://orcid.org/0000-0003-4978-9818)
edmeabaiana@gmail.com

Denise Filippo
Escola Superior de Desenho Industrial - Universidade
Estadual Do Rio de Janeiro (UERJ)
ORCID: [0009-0005-3430-7451](https://orcid.org/0009-0005-3430-7451)
prof.denise.filippo@gmail.com

Resumo

Nesta pesquisa, um artefato computacional baseado em Internet das Coisas foi projetado e construído para apoiar a educação musical, o CiberTRIBOrgue. A abordagem epistêmico-metodológica desta pesquisa é a Design Science Research bricolada com a Pesquisa Formação. Foi investigado empiricamente o uso do artefato por 22 estudantes do 6º ano em uma escola particular do Rio de Janeiro. A partir da interpretação dos dados produzidos, foram obtidas três noções subsunçoras, que são teorizações sobre os achados: experiências ciborgues transitentes individuais e coletivas; reconfiguração das relações corporais dos sujeitos aprendentes com os instrumentos sonoros digitais da cibercultura; e o conceito de Professor-Pesquisador-Designer-Maker.

Palavras-Chave: Cibertriborgue, Ciborgues, Internet das Coisas, Computação Ubíqua, Objetos Inteligentes, Design Science Research, Pesquisa-Formação, Educação Musical, Cibercultura.

Abstract

On the research summarized here a computer artifact based on the Internet of Things to support musical education, the CiberTRIBOrgue, was designed and built. The epistemological and methodological approach is a combination of the Design Science Research method and Training-Research. An investigation was made of the use of the artifact by 22 sixth grade students in a private school in Rio de Janeiro. As a result of the analysis of the generated data, three subsuming ideas were obtained which are theorizations about the findings: individual and collective transient cyborg experiences; the reconfiguration of the relationship between the bodies of the learning subjects with cyber culture digital sound instruments; and the concept of Teacher- Researcher-Designer-Maker.

Keywords: Cybertriborg, Cyborgs, Internet of Things, Ubiquitous computing, Smart Objects, Design Science Research, Training-Research, Music Education, Cybersulture.

Resumen

En esta investigación, se diseñó y construyó un artefacto computacional basado en Internet de las Cosas para apoyar la educación musical, el CiberTRIBOrgue. El enfoque epistémico-metodológico de esta investigación es la Design

Cite as: Santos, T. M., Pimentel, M., Santos, E. O. & Filippo, D. (2025). Cibertriborgue: ciborgues coletivos apoiando práticas educacionais musicais. Revista Brasileira de Informática na Educação, 33, 1279-1304.
<https://doi.org/10.5753/rbie.2025.5996>

Science Research entrelazada con la Investigación-Formación. Se investigó empíricamente el uso del artefacto por 22 estudiantes de 6º grado en una escuela privada de Río de Janeiro. A partir de la interpretación de los datos producidos, se obtuvieron tres nociones subsumidoras, que son teorizaciones sobre los hallazgos: experiencias ciborgs transitorias individuales y colectivas; reconfiguración de las relaciones corporales de los sujetos aprendientes con los instrumentos sonoros digitales de la cibercultura; y el concepto de Profesor-Investigador-Diseñador-Maker.

Palabras clave: *Cibertriborgue, Ciborgs, Internet de las Cosas, Computación Ubicua, Objetos Inteligentes, Design Science Research, Investigación-Formación, Educación Musical, Cibercultura.*

1 Introdução

Em seus primórdios, a internet possibilitava a comunicação entre seres humanos, que era mediada por pesados e espaçosos computadores e extensas estruturas de cabos. Os desenvolvimentos ocorridos nas últimas décadas nas redes wi-fi, nos protocolos de comunicação e na Computação Ubíqua (Weiser, 1991) possibilitaram novos tipos de artefatos e novas formas de comunicação entre seres humanos; entre seres humanos e “coisas” com computação embarcada; e até entre essas “coisas” sem necessidade do agenciamento humano (Ashton, 2009). A Internet das Coisas (IoT) nos apresenta novas formas de comunicação e aplicação em diferentes áreas da sociedade (ITU, 2012). Nas escolas, o uso dos celulares e as interações entre os estudantes e professores mediadas pelo digital em rede (Hasan, 2023; Yu, 2023; Yang, 2022) reafirmam a importância de se estudar a cibercultura e seus fenômenos, de maneira a encontrar meios para oferecer aos estudantes experiências educacionais significativas e que se coadunam às condições sóciotécnicas contemporâneas com as quais esses estudantes já estão imersos desde o seu nascimento.

O termo ciborgue foi primeiramente usado por Clynes e Kline (1960) para se referir à junção entre um componente cibernético (no caso, uma máquina na forma de uma bomba de insulina) acoplado a um organismo (um rato). O conceito clássico de ciborgue se expandiu com outros pensadores como Santaella (2007), que trouxe o conceito de Neo-Humanos para explicar as alterações nas relações entre seres humanos e tecnologias que já não permitem pensar o humano do iluminismo. Lemos (2022, 2007) adiciona os Netciborgues nesse espectro de possibilidades, que são fruto da conexão de pessoas em rede pela internet, o que amplia as suas capacidades comunicacionais e criativas no ciberespaço. Nesta pesquisa, o termo ciborgue assume o significado de hibridização entre seres humanos e tecnologias computacionais, como objetos inteligentes conectados na web.

O objetivo desta pesquisa¹, que envolve a IoT aplicada à Educação, é compreender como fazer-pensar a educação musical em nosso tempo. Deste objetivo, derivamos a questão principal de pesquisa: **Como fazer-pensar a educação musical em tempos de cibercultura?** Essa é a questão que buscamos responder ao longo dos últimos 10 anos de pesquisa em Informática na Educação com intersecção em música. Essa questão abrange muitos elementos e, para respondê-la a contento, elaboramos questões mais específicas:

O que, especificamente, queremos investigar desses “tempos de cibercultura”?

A questão de pesquisa leva a uma análise do espírito de nosso tempo (*zeitgeist*) para compreender as condições sociotécnicas da contemporaneidade e seus desdobramentos nas relações entre os sujeitos quando eles fazem uso da ubiquidade e da mobilidade na troca de informações em diferentes modalidades de comunicação pelo digital em rede (Santos, 2009).

Quais são as novas potencialidades do ensino de música em tempos de cibercultura?

Essa segunda questão incita a duas buscas: 1- Buscar o estado da arte da educação musical na cibercultura; 2 - Buscar, em referências teóricas sobre a educação musical, autores que pensaram/pensam formas de ensino-aprendizagem de música adequadas para fazer-pensar a educação musical no tempo presente. A aprendizagem colaborativa (Vygotsky, 1989), a diminuição das barreiras técnicas na produção musical defendida por Orff (Shamrock, 1997), o uso do corpo para a expressão musical (Dalcroze, 1921), a escuta atenta e as paisagens sonoras

¹ Este artigo é um resumo da tese (Santos, 2023) premiada em segundo lugar no Concurso Alexandre Direne de Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso em Informática na Educação (CTD-IE) na categoria Doutorado, realizado no âmbito do XIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação, de 04 a 08 de novembro de 2024.

(Schafer, 1992) e o aspecto criativo da experiência musical (Swanwick, 1986; Paynter, 1970) inspiraram a construção do artefato investigado nesta tese.

O que se tornam/são os sujeitos aprendentes-praticantes culturais da educação musical quando fazem uso de Computação Ubíqua e Internet das Coisas?

Os sujeitos praticantes da cibercultura, ao utilizarem objetos inteligentes conectados em rede, se tornam ciborgues. É preciso compreender-investigar como as subjetividades são afetadas pela hibridização do ser humano com os elementos computacionais, investigando os efeitos das tecnologias na constituição do humano-aprendente.

Como investigar o fazer-pensar a educação musical em tempos de cibercultura?

Partindo dos posicionamentos teóricos e epistêmico-metodológicos decorrentes das questões anteriores, é possível enfrentar a busca por resposta ao dilema docente que disparou essa pesquisa, agora já especificando melhor a questão principal: **Como fazer-pensar a educação musical com apoio da IoT?**

Essa questão está relacionada com o problema de pesquisa inserido no contexto da Educação Básica: as barreiras técnicas na execução sonora dificultam o letramento musical dos estudantes e podem favorecer o isolamento de estudantes durante seu processo de aprendizagem musical. Para buscar solucionar esse problema, desenvolvemos um artefato computacional composto de hardware, software e objetos do cotidiano escolar que se conectam a um *site*, e atividades educacionais musicais. O design do artefato e das atividades educacionais foi direcionado pelas referências de nosso quadro teórico sobre a educação musical.

Para diminuir as barreiras técnicas da produção sonora, esse artefato deve ser um instrumento musical fácil de gerar sons por meio de toques dos estudantes em pontos de acionamento espalhados pela superfície do artefato. Esse requisito demandou o uso da Computação Ubíqua, com sensores de fechamento de circuito, e o uso de um site, para gerenciar e tocar os sons após o acionamento dos sensores.

Para produzir sons com o uso do corpo e seus gestos, o artefato não deve restringir os movimentos dos estudantes pelo ambiente da sala de aula. Assim optamos por criar diferentes configurações (instâncias) que assumem formas de objetos do cotidiano escolar conhecidos pelos estudantes (corrimão, mesa, tapetes e quadro), ao invés de usar a forma de um instrumento musical tradicional e que pode restringir movimentos corporais e criar maiores demandas posturais de seus usuários, como é o caso de um violão.

Para incentivar a colaboração entre estudantes o artefato deve provocar o encontro dos estudantes ao se tocarem para produzir sons, e também permitir que os estudantes possam olhar e perceber como os outros estudantes operam o artefato. A escolha do Arduino como sensor para acionar sons no site atende muito bem essa demanda, pois os corpos dos estudantes e o artefato são os meios para o fechamento do circuito e ativação dos sensores.

As atividades educacionais foram projetadas com o intuito de investigar os usos que os estudantes faziam do artefato, desenvolver uma escuta ativa, e exercitar sua autoria com a criação musical, por meio de gravações de áudios e trilhas sonoras, e seu compartilhamento no ciberespaço e no ambiente da sala de aula.

2 Estado da arte da computação e IoT na educação musical

Silva e Ribeiro (2017) apresentaram um levantamento do estado do conhecimento da música apoiada por tecnologias computacionais entre os anos de 2007 e 2017. Os autores pesquisaram em periódicos da área de música que tivessem Qualis A, encontrando cinco periódicos: Per musi,

Música Hodie, Opus, Revista da ABEM e Debates. Dessa primeira filtragem foram retornados 1025 artigos. Os autores aplicaram como critério de inclusão em seu levantamento títulos que contivessem os termos “música” e “tecnologias digitais” e também analisaram as palavras chaves e resumos. Entre 1025 trabalhos ficam evidenciados 17 que estão relacionados ao critério de inclusão. Os autores dividiram os resultados em categorias: EaD, TICs, Internet, software e Tecnologia digital, não especificada. Apresentam, então, dois movimentos no início dos anos 2000: propostas de softwares para educação musical e investigações sobre a educação musical mediada por AVAs.

Marques (2018) fez uma análise das publicações entre 2013-2017, dos anais da ABEM, da ANPPOM, dos periódicos eletrônicos brasileiros da área da música (conceito A1 e A2) e do catálogo de teses e dissertações da CAPES, utilizando como palavras chaves educação musical online, educação musical + mídias sociais, YouTube. O autor observou os títulos e resumos das publicações a fim de localizar quais trabalhos poderiam ser incluídos em sua filtragem. Foram encontrados 7 trabalhos e criadas as seguintes categorias: mídias sociais em geral, YouTube, Facebook e outros. Nesses 7 trabalhos não foram usadas tecnologias computacionais offline e todos estavam conectados à internet por meio de redes sociais, sem desenvolver uma solução customizada para o ensino de música. Também não usaram nenhuma tecnologia de Internet das Coisas e a internet servia como um meio de distribuição de conteúdo relacionado ao ensino musical, como vídeos e partituras, sem apresentar novas formas de produção sonora.

Analizando os trabalhos apresentados por Silva e Ribeiro (2017) e Marques (2018) podemos perceber que os artefatos apresentados usavam software para apoio da educação musical, sem, no entanto, criarem hardwares. As tecnologias computacionais poderiam estar em rede, mas ainda não contemplavam a conexão de objetos com a internet e usavam computadores para possibilitar o acesso dos usuários ao software de forma *offline* e *online*. Os usuários não tinham a possibilidade de produzir sons coletivamente. Diferentemente, o artefato CiberTRIBOrgue possui software, na forma de um *site*, e hardware, na forma de instâncias de objetos do cotidiano, com computação embarcada, e conectados ao *site*, possibilitando aos usuários usarem laptops, celulares e computadores para conectar os objetos inteligentes ao site e produzirem sons de forma coletiva.

Garcia e colaboradores (2020) realizaram revisão bibliográfica integrativa das publicações disponibilizadas no site da International Society for Music Education (ISME) entre os anos de 2010 e 2018 na área de tecnologias e educação musical. A primeira fase da pesquisa partiu de uma busca em todos os documentos, com as seguintes palavras-chave: educação online/a distância, blended learning, virtual, e-learning, digital, m-learning, networking, media. Os autores encontraram um total de 49 trabalhos na área de interesse, o que representava 3,07% dos trabalhos investigados inicialmente, e criaram as seguintes categorias: (1) criação, difusão e consumo musical no ciberespaço; (2) educação musical online e híbrida; (3) saberes, competências e formação para o século XXI; (4) tecnologias e ensino-aprendizagem musical.

Ao analisar essas revisões de literatura sobre tecnologia e educação musical, tanto em âmbito nacional quanto internacional, fica notório que em tais estudos os resultados obtidos ainda contemplam em sua maioria o uso de TICs para a comunicação de professores e estudantes como apoio à educação musical sem, no entanto, apresentar formas customizadas e adaptadas com a educação musical em foco. São reduzidos os trabalhos onde sites e instrumentos sonoros são desenvolvidos para serem usados no ciberespaço com as peculiaridades e desafios da educação musical como norteadores do processo de design e construção. As investigações são predominantemente sobre os usos de plataformas já consolidadas no ciberespaço, como redes sociais, mas não trazem soluções sob medida para a educação musical, apenas se apoiando nas potencialidades comunicativas de tais redes sociais. Dessa forma concordamos com Garcia e colaboradores (2020) quando afirmam que “*Foi encontrado ainda um bom número de trabalhos com o enfoque sobre o uso de softwares, recursos e ferramentas digitais, no entanto não*

localizamos trabalhos sobre a criação/desenvolvimento de soluções tecnológicas para educação musical.” Tais evidências nos mostram que a educação musical apoiada por tecnologias computacionais contemporâneas, como a Internet das Coisas, é uma área com carência de investigação sobre a criação de novos instrumentos sonoros digitais e práticas que se alinhem à contemporaneidade da cibercultura.

Em vista das lacunas de pesquisa sobre tecnologias digitais mais recentes, como a Internet das Coisas, para apoiar a educação musical, partimos então para uma busca em pedidos de depósitos de patentes. Há a possibilidade de existirem estudos e artefatos dentro de uma área de conhecimento que não estão presentes em bases de conhecimento acadêmicas por se tratarem de tecnologias que estão sendo avaliadas para a concessão de patentes, e por isso, não podem ser publicadas em nenhum meio devido ao sigilo imposto antes da avaliação do pedido da patente. Realizamos um mapeamento sistemático de pedidos de patentes na área de educação musical e tecnologias da internet, que se encontra no Apêndice IV da tese do autor principal deste artigo (Santos, 2023). Para realizar a seleção das patentes (depositadas) neste mapeamento foram realizados 3 filtros. O primeiro filtro foi a aplicação da string de busca (“Internet”OR“web”) AND (“music education” OR “music teaching” OR “music learning”). Foram obtidos um total de 295 resultados utilizando o Patentscope, que é a base de documentos de patentes da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI). O período de buscas foi entre 2010 e 2020.

No segundo filtro foi feita a leitura do título e do resumo da patente utilizando os critérios de seleção, que são compostos pelos Critérios de Inclusão (CI) e Critérios de Exclusão (CE) sendo eles: Critérios de Inclusão: (CI1) Estar disponível na web gratuitamente, (CI2)² Patentes com textos em Inglês ou Português; Critérios de Exclusão: (CE1) Patentes que não abordam o tema do mapeamento, (CE2) Patentes não disponíveis para visualização, (CE3) Patentes duplicadas. No terceiro filtro, as patentes retornadas no segundo filtro foram lidas na íntegra para poder responder a algumas perguntas de qualidade presentes no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Questões de qualidade para a última etapa de filtragem.

Questões de qualidade	Opções de respostas
QQ1 - Patente apresenta referência a conceitos da área da educação musical?	Sim (2,5) - Não (0,0)
QQ2 - Patente foi depositada via PCT ³ ?	Sim (2,5) - Não (1,0)
QQ3 - Patente apresenta intervenção feita na educação musical de forma clara?	Sim (3,0) - Parcialmente (1,5) - Não (0,0)
QQ4 - Patente foi depositada por empresa ou Instituição de Ensino-Pesquisas?	Sim (2,0) - Não (0,0)

² O CI2 utilizou os idiomas Inglês e Português na base Patentscope, pois esta base tem a disponibilidade de uso de muitos idiomas para se fazer buscas. No caso das buscas feitas na base do INPI existe apenas a possibilidade de se usar o idioma Português.

³ PCT - Patent Cooperation Treaty (Tratado de Cooperação em matéria de patentes). Mediante a apresentação de um pedido de patente na modalidade PCT, os requerentes podem procurar simultaneamente a proteção de uma invenção em vários países.

A pontuação da avaliação de qualidade é resultado da soma dos pontos de cada pergunta, podendo chegar a um valor máximo de 10 pontos. Foi usada uma nota de corte maior ou igual a 7,0 pontos para fazer a seleção dos artigos que foram aprovados na segunda etapa de filtragem.

Ao analisar os estudos retornados, 79 documentos de patentes apresentaram correlação com o tema do mapeamento e passaram pelos critérios de inclusão e perguntas de qualidade, sendo que apenas 4 apresentavam tecnologias de IoT apoiando a educação musical, porém sem especificar o artefato e com poucas informações disponíveis.

Realizamos uma análise sobre as tecnologias computacionais presentes nos softwares e nos hardwares presentes nos trabalhos retornados. As tecnologias presentes nos hardwares se dividem em sensores tácteis, gestuais (visuais), sonoros e atuador (visual). Qualquer interface gráfica tecnicamente pode ser considerada um atuador visual para o usuário, mas aqui nesta classificação, atuadores visuais são considerados aqueles que influenciam o usuário durante o processo educacional, por exemplo, luzes que são orientadas (piscando) a guiar a execução do usuário. A Tabela 1 detalha a distribuição das patentes selecionadas por essas categorias, em relação ao total de documentos de patentes que desenvolveram algum tipo de hardware (15 estudos) e que representavam 19% de todos os trabalhos retornados no mapeamento.

Tabela 1: Distribuição de tecnologias de hardware.

Artigos sobre hardware	Sensor táctil	Sensor gestual	Sensor sonoro	Atuador Visual
15	53%	13%	27%	7%

Em relação ao desenvolvimento de softwares é possível constatar a presença de diferentes tecnologias computacionais que são conjugadas com a internet para apoiar a educação musical: Computação Ubíqua; Streaming de Áudio e Vídeo; Síntese e Análise de Áudio; Captação de Gestos e Reconhecimento de Imagens; Sistemas de Recomendação; Sistemas de Busca. A Tabela 2 apresenta os estudos e as tecnologias computacionais utilizadas nos softwares desenvolvidos. A soma das porcentagens não é 100 porque alguns trabalhos pertencem a mais de uma categoria.

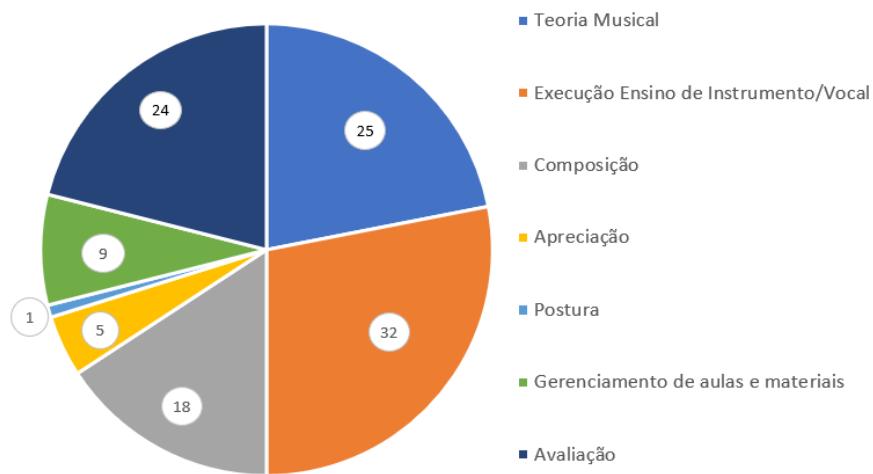
Tabela 2: Distribuição de tecnologias de software.

Tecnologias de software	%
Computação Ubíqua	20
Streaming	14
Síntese e Análise de Áudio	53
Captação de Gestos e Reconhecimento de Imagens	6
Sistemas de Recomendação	16
Sistemas de Busca	3

A análise dos documentos de patentes selecionados em nosso estudo indica que os artefatos desenvolvidos apoiam a educação musical em 7 áreas: Teoria Musical (referentes a leitura, percepção musical, formação de escalas e acordes); Execução Musical (apoiam a execução musical vocal, e em instrumentos reais, ou virtuais); Composição (apoiam a criação de música pelo usuário ou automaticamente); Apreciação (apoiam a escuta de músicas pelos usuários); Postura (apoiam o monitoramento do uso do corpo para tocar um instrumento musical (Piano); Gerenciamento de Aulas (apresentam alguma forma de manipulação e gerenciamento de material didático como lições, tutoria, músicas, partituras, vídeos); Avaliação (comparam a execução musical do estudante com referências armazenadas em banco de dados para análise e feedback ao usuário). O Gráfico 1 apresenta a distribuição das áreas educacionais musicais pelos trabalhos

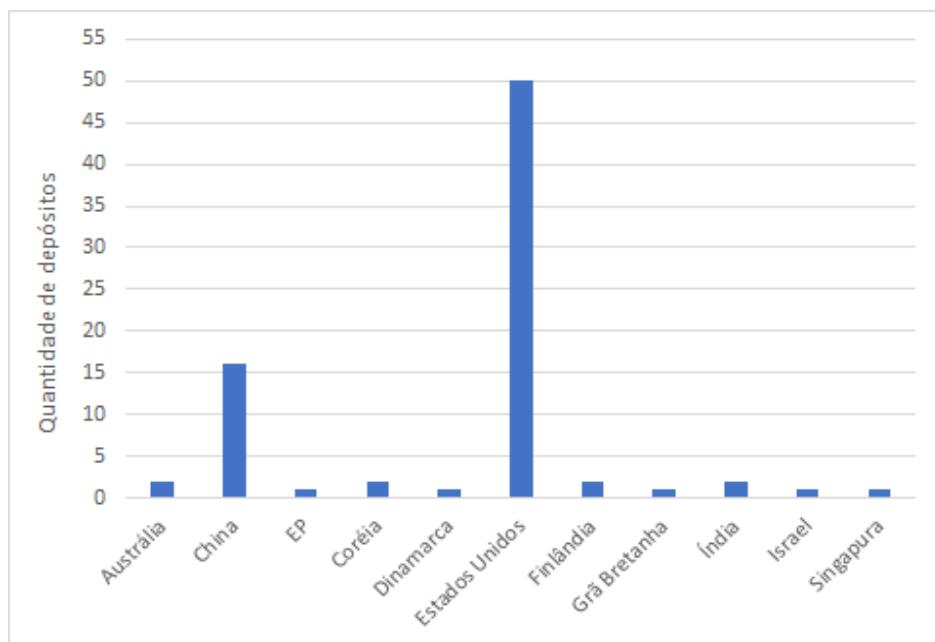
retornados. É possível observar que a área com maior número é a de Execução e Ensino de Instrumentos/Vocal (32%), havendo também destaque para Teoria (25%) e Avaliação (24%). A área de Composição apresenta números relevantes (18%) se comparada a Gerenciamento de Aulas (9%), Apreciação (5%) e Postura (1%), mas não está no mesmo patamar que as três áreas mais presentes nos estudos.

Gráfico 1: Distribuição de porcentagens por área da educação musical.



O Gráfico 2 apresenta a distribuição das patentes por países. Os países com maior número de depósitos de patentes relacionadas à educação musical com apoio da internet são Estados Unidos e China. A informação sobre em que país foi depositada a patente é importante para se entender em que local estão sendo protegidas determinadas tecnologias. O país escolhido para se fazer o depósito atrai os desenvolvedores de tecnologia por ser um lugar de destaque no setor.

Gráfico 2: Distribuição por países de documentos de patentes analisados.

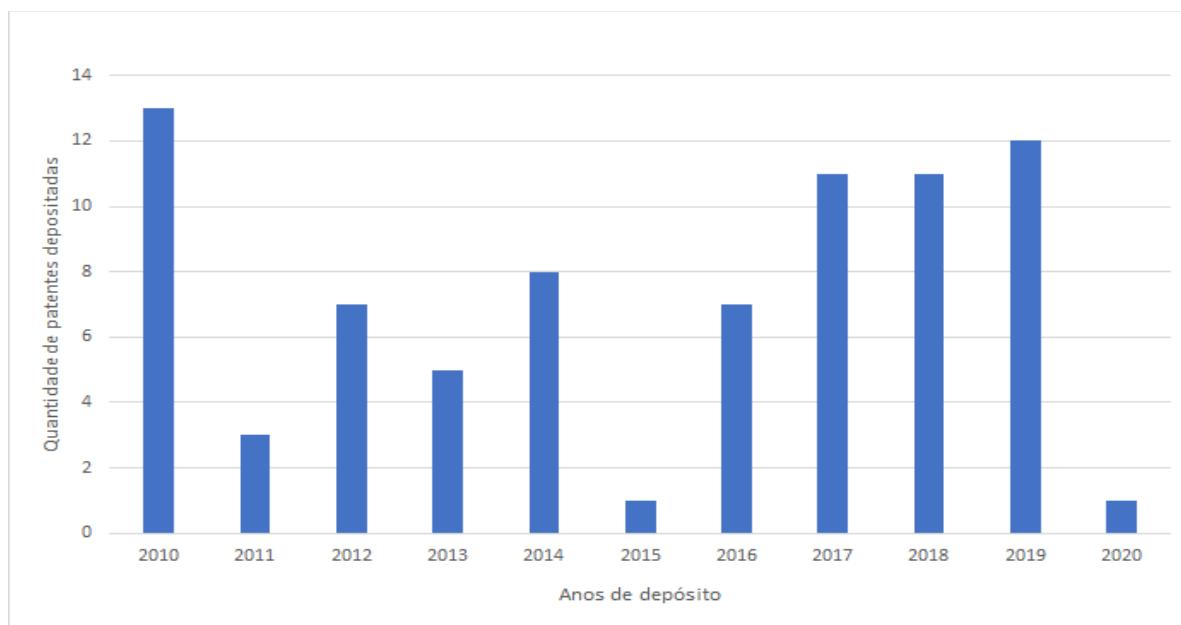


A distribuição por ano de depósito das patentes analisadas está no Gráfico 3. É possível perceber que a partir de 2011 há uma tendência de crescimento no número de patentes depositadas na área de interesse deste mapeamento. Há uma queda brusca entre 2014 e 2015 e a tendência de crescimento retorna entre os anos de 2015 a 2019 e aparece outra queda brusca no ano de 2020, o que pode ser atribuído à pandemia. Também é importante ressaltar que, em virtude do período de

sigilo de 18 meses que os depósitos de patentes têm entre o depósito e sua publicação, existem diferenças no cálculo dos totais de publicações do último ano e meio da janela de busca.

Analizando os pedidos de patentes é possível observar que a maior quantidade de artefatos desenvolvidos para apoiar a educação musical com tecnologias da internet está nas áreas de avaliação, ensino de instrumentos tradicionais/vocal e teoria, enquanto uma parcela menor se encontra em composição musical. Esses artefatos também não contemplam objetos do cotidiano conectados à internet e são usados de forma individual por seus praticantes e com limitações gestuais que dependem em alguns casos de posturas e usos de instrumentos musicais tradicionais como também apresentado nos trabalhos de Zhang (2022) e Hasan (2023). O Cibertriborgue foi projetado para apoiar a educação musical por meio da composição em sala de aula e da criação sonora coletiva com ênfase no uso do corpo e seus gestos. É, assim, um novo tipo de instrumento sonoro digital e coletivo,

Gráfico 3: Distribuição por ano de depósitos de patentes analisadas.

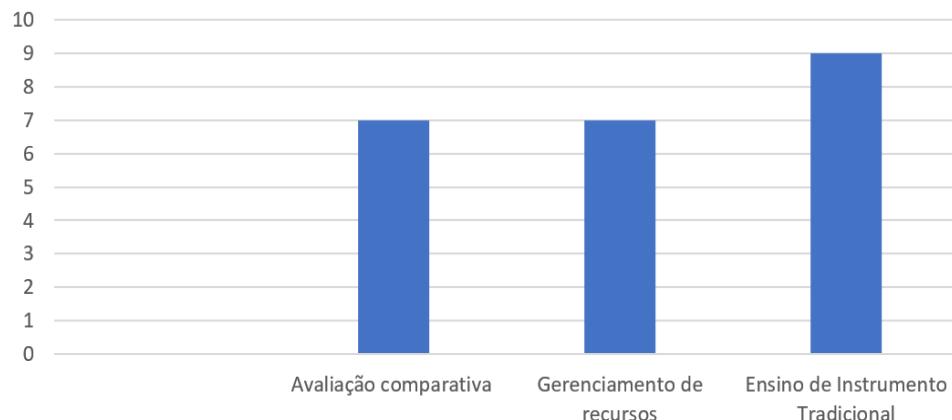


Também realizamos um mapeamento da literatura sobre IoT apoiando a Educação Musical na base de periódicos da CAPES. Foi utilizado o termo de busca (Educação Musical) AND (Internet das Coisas), mas nenhum trabalho foi encontrado. Tal fato demonstra que, ao menos no Brasil, o tema de educação musical apoiada pela Internet das Coisas é uma área carente de investigações. Modificando o termo de busca para o inglês, (Music Education) AND (Internet of Things), foram obtidos 17 trabalhos, todos sendo de autores chineses. Após a leitura dos artigos, identificamos que, nos últimos anos, a China tem promovido políticas públicas e diretrizes de pesquisas na área da Educação Musical, principalmente nas universidades. Além disso, foi possível constatar que, a partir de 2021, trabalhos sobre IoT apoiando a Educação Musical começam a surgir.

Ao analisar os trabalhos retornados neste mapeamento, percebemos 3 categorias principais (Gráfico 4) de apoio à educação com as tecnologias de Internet das Coisas: *avaliação comparativa*, como o trabalho de Yu (2023) onde o sistema avalia por meio de imagens a postura do estudante ao tocar um piano juntamente das notas tocadas em comparação a um gabarito; *ensino de instrumentos musicais tradicionais*, como na pesquisa de Zhang (2022), que desenvolve um sistema que apoia o desenvolvimento de técnicas de violino; e *gerenciamento de recursos online*, como a pesquisa de Yang (2022), que desenvolveu um sistema de recomendação de

informações sobre música ocidental para os estudantes de uma classe baseado em análise de dados coletados por sensores na sala de aula.

Gráfico 4: Número de trabalhos em IoT por área de apoio à educação musical.



Posteriormente ao mapeamento realizado, foi publicado um trabalho de IoT apoiando a educação musical (Hasan, 2023), em que o autor criou uma plataforma de IoT onde sensores são usados para capturar nuances técnicas na execução de instrumentos de arco e prática vocal para dar *feedbacks* sobre a qualidade técnica do executante. Esse trabalho é classificado na categoria *avaliações comparativas* e também em *ensino de instrumentos tradicionais*.

A análise sobre estes trabalhos nos indica fortes indícios de que, mesmo em um conjunto de trabalhos que começam a contemplar as tecnologias da Internet das Coisas para apoiar a educação musical, ainda não temos investigações de artefatos digitais que sirvam de alternativa aos instrumentos musicais tradicionais e estejam conectados com a internet e possibilitem a produção coletiva de sons por seus usuários. O que observamos até o presente é que há pesquisas onde são usadas novas tecnologias computacionais, mas que ainda são baseadas em antigas formas de se ensinar.

Diante de tudo o que foi exposto consideramos que o CiberTRIBOrgue vem preencher uma lacuna de pesquisa na área de Informática na Educação. O artefato possui hardware e software desenvolvidos sob medida para apoiar a educação musical e possibilita a criação de novos instrumentos sonoros que contemplam a produção de som coletivamente, usando tecnologias que se alinham ao contexto sociotécnico da cibercultura, e que também possibilitam novas formas de uso dos corpos dos estudantes e suas relações com instrumentos sonoros digitais em rede, com o espaço físico, o ciberespaço e os aspectos sonoros nas aulas de música. Tais características indicam a relevância, a originalidade e o pioneirismo do artefato criado e investigado nesta pesquisa junto às atividades educacionais feitas com os estudantes.

3 Artefato CiberTRIBOrgue

Nesta pesquisa, desenvolvemos o artefato que nomeamos de CiberTRIBOrgue. Esse artefato é composto de objetos do cotidiano escolar — tapetes, mesa, quadro e corrimão — nos quais foram acoplados um hardware controlado por software, tornando-os “coisas” da Internet das Coisas.

3.1 Hardware

O hardware do CiberTRIBOrgue é composto por fios que ligam os objetos a uma placa Arduino Leonardo (MAKEY MAKEY⁴) que, por sua vez, está ligada a um *smartphone* (Figura 1).

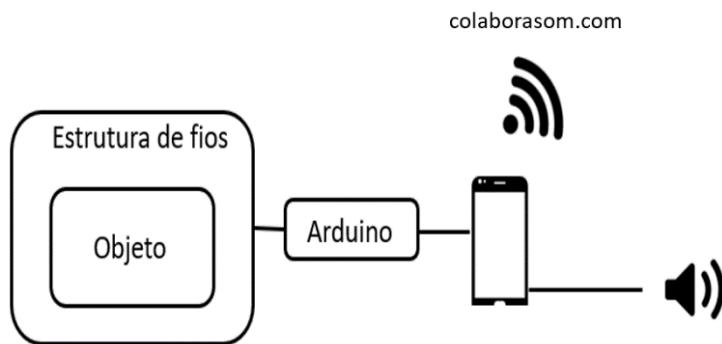


Figura 1: Esquema do CiberTRIBOrgue.

Esta placa foi escolhida porque possibilita duas possibilidades de configuração de sensoriamento:

Sensoriamento por resistência elétrica e fechamento de circuitos - configuração do artefato em que o simples contato de um estudante no corpo de outro estudante fecha um contato elétrico (Figura 2) que dispara uma ação de gerar um som (por exemplo, quando um estudante bate sua palma na mão do outro estudante).

Sensoriamento capacitivo onde o contato de uma parte do corpo de um estudante em um ponto de acionamento no artefato já é percebido pela placa (Figura 3) e realizado o acionamento de sons no site, não precisando fechar contatos elétricos entre estudantes.

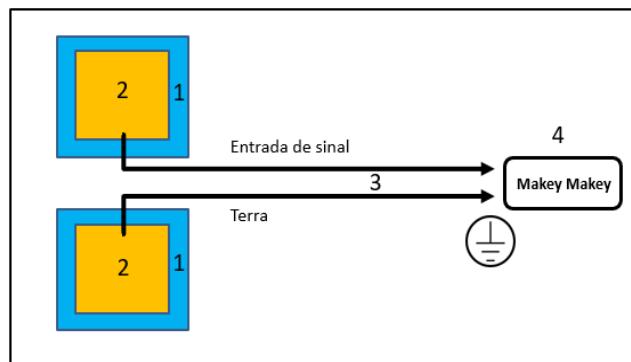


Figura 2: Sensoriamento por resistência elétrica

⁴ <http://www.makeymakey.com/>

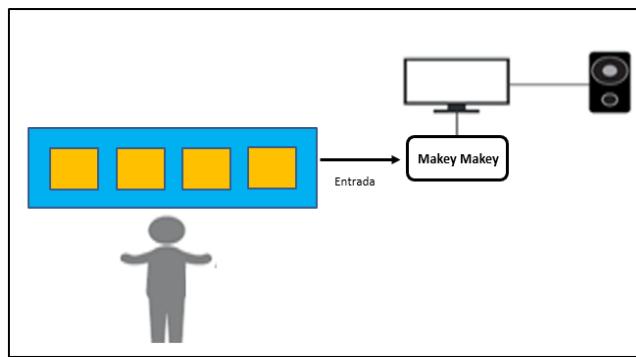


Figura 3: Sensoriamento capacitivo.

3.2 Software

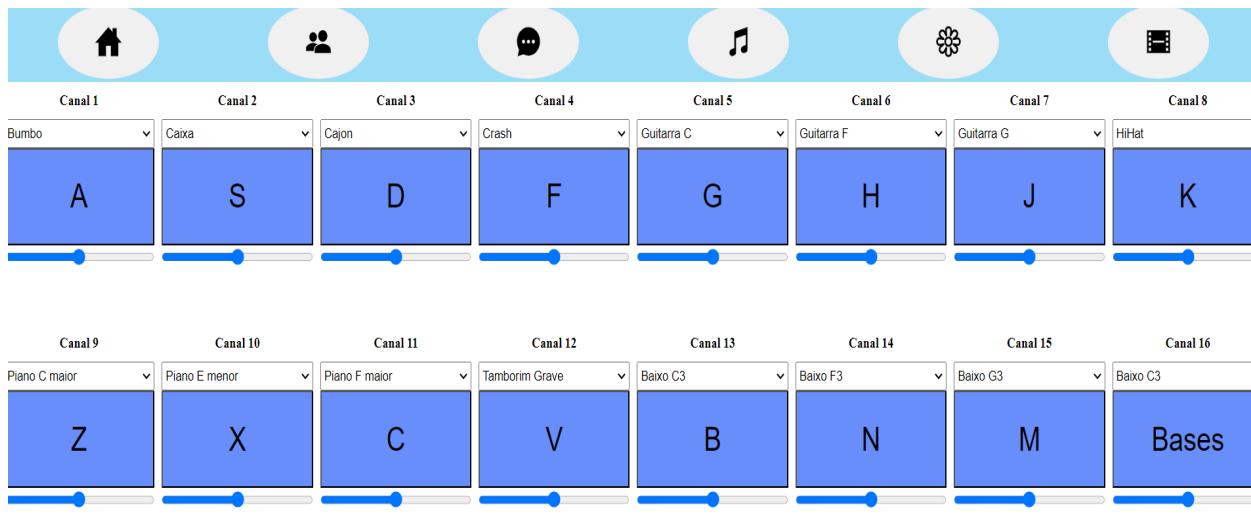
Em relação ao software, o CiberTRIBOrgue é composto pelo programa na placa Arduino e de um *site* (Figura 4) desenvolvido nesta pesquisa, que denominamos colaborasom⁵.



Figura 4: Site colaborasom.com

Ao entrar no site e escolher alguma das combinações de artefatos possíveis o usuário se depara com 16 canais independentes de áudio (Figura 5) que podem se comunicar com pontos de acionamentos de sinais provenientes da placa Makey Makey.

⁵ <https://colaborasom.com/>



Artefato 1



Figura 5: Canais de áudio do site.

Os sons disparados por cada canal podem ser gravados em camadas para posterior apreciação dos usuários. Há uma barra de transporte na pare inferior onde botões de parar, gravar e salvar a sessão estão disponíveis.

Em uma outra área do site (Figura 6) trilhas sonoras podem ser gravadas pelos estudantes ao escolherem vídeos ou animações, em um menu, sendo então sobrepostas com sons acionados pelo artefato.

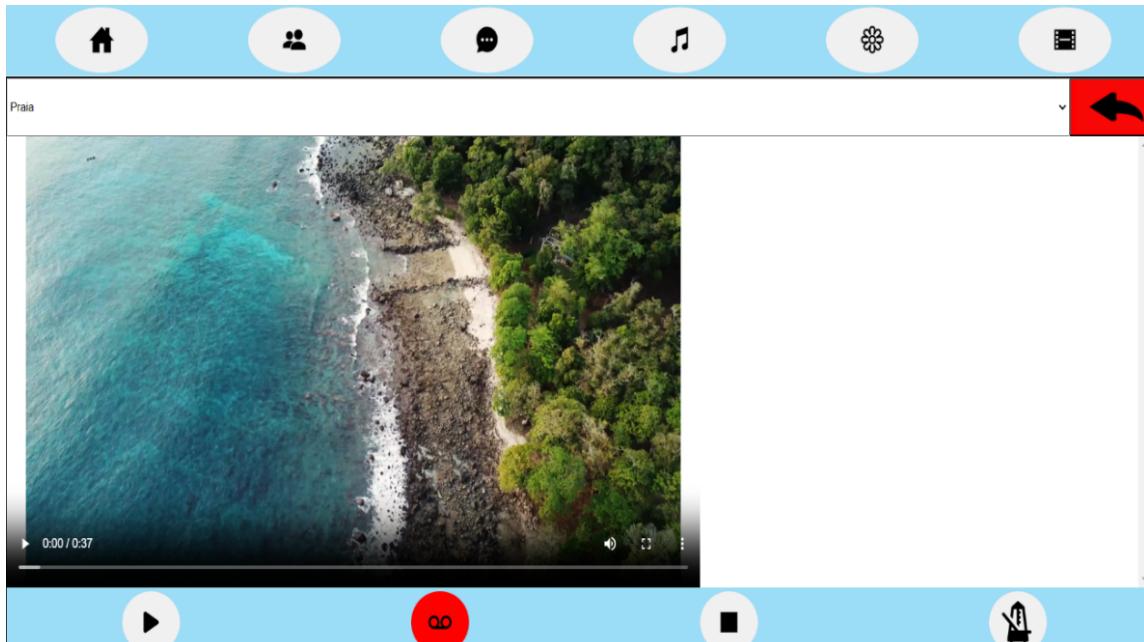


Figura 6: Área de trilhas sonoras.

O conjunto hardware-objeto é responsável por detectar as interações dos estudantes com o objeto e com os demais estudantes e, por meio de uma conexão de laptops e smartphones à

internet, disparar ações no *site* colaborasom. Assim, para cada ação do estudante, o site responde enviando um som pré-configurado para um alto-falante que está na sala de aula.

Foram desenvolvidas 4 instâncias de objetos - *tapetes*, *corrimão*, *mesa* e *quadro* - que, dependendo das interações dos estudantes com eles, reproduzem na sala de aula determinados sons previamente configurados no site colaborasom.com (Figura 7).

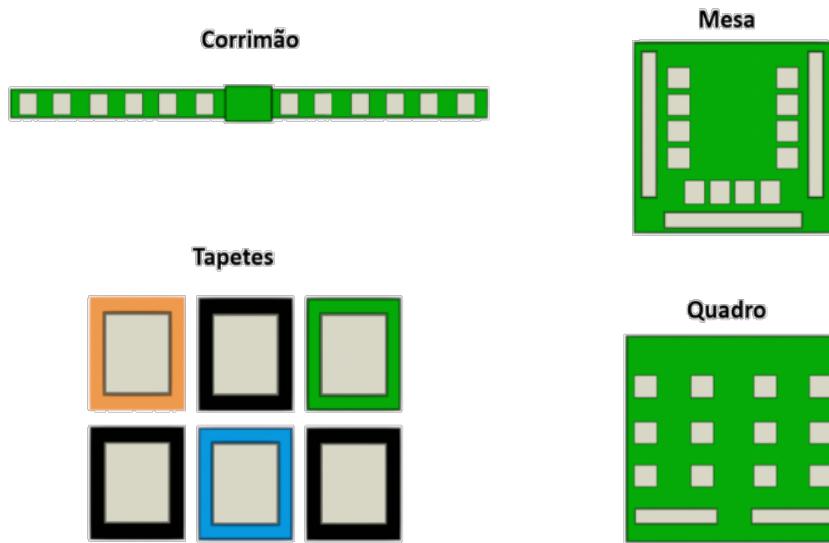


Figura 7: Instâncias do artefato.

Todas as instâncias do artefato tiveram seu projeto orientado para possibilitar resolver o problema de pesquisa, privilegiando a facilidade de se produzir sons com o uso dos movimentos corporais e da colaboração entre estudantes utilizando objetos do cotidiano escolar.

3.3 Formas de produção sonora

O artefato pode oferecer diferentes configurações quanto à forma de produção sonora, podendo assumir uma abordagem coletiva ou individual. Antes de apresentar como o artefato produz sons analisemos como se pode produzir sons em instrumentos acústicos. Imaginemos um estudante, André, tocando um tambor juntamente com outros estudantes e seus tambores. A sua *produção sonora* é individual e sua *produção musical* é coletiva. A produção sonora depende apenas de si, sua mão e seu instrumento sonoro, mas a criação tem a combinação do resultado sonoro de cada criador. Criadores estão provocando e respondendo a provocações sonoras de outros criadores ao seu redor em seu ambiente. Em uma outra situação poderíamos ter dois estudantes combinando suas estratégias de movimentos para tocar um instrumento musical como um triângulo. Imagine que um estudante, Bernardo, esteja segurando o triângulo com uma de suas mãos, e outra estudante, Maria, esteja segurando a haste de metal usada para percutir o triângulo. Podemos imaginar a situação de Maria percutindo a haste no triângulo que Bernardo empunha. Para essa situação ocorrer os dois estudantes precisam levar em conta a presença física de cada corpo bem como seus movimentos. Os estudantes conseguem produzir sons no triângulo com uma conjugação de movimentos e combinações gestuais-sonoras. Aqui existe, além do ritmo criado por eles, outra dimensão coletiva que está ligada a como fazer o som se manifestar no ambiente. Essa manifestação, arranjo gestual-sonoro continua coletiva mesmo que não estejam criando sequências sonoras que trazem algum sentido ou expressão artística.

3.2.1 Produção sonora coletiva

Na configuração para produção sonora coletiva foi usado um programa na placa Makey Makey para permitir o sensoriamento elétrico resistivo e de fechamento de circuitos. Assim, mais de um

usuário, ao tocarem uns nos corpos dos outros, acionam os sons por meio dos sensores elétricos. Para oferecer essa experiência foi projetada a instância dos tapetes inteligentes.

3.2.2 Produção sonora individual

Na configuração individual de produção sonora um estudante pode produzir sons sem precisar tocar em outro estudante de duas formas:

1. Caso a placa Makey Makey esteja em modo de sensoriamento resistivo elétrico e de fechamento de circuitos, o estudante deve usar partes diferentes de seu corpo para fechar os circuitos tocando nos pontos de acionamento do artefato, terra e sinal

2. Caso a placa Makey Makey esteja em modo de sensoriamento capacitivo o estudante apenas precisa tocar em qualquer ponto de acionamento do artefato e a mudança de capacidade já dispara sinais para a placa acionar os sons.

As instâncias do artefato projetadas nessa configuração individual de produção sonora foram o corrimão inteligente, a mesa inteligente e o quadro inteligente.

4 Metodologia

Ao apresentar o paradigma das Ciências do Artificial, Simon (1981) chama a atenção da comunidade científica para o fato de que é possível criar conhecimento científico ao longo de processos de construção de artefatos que visam à solucionar problemas. Até então os paradigmas de pesquisa científica existentes estavam relacionados aos estudos das relações entre elementos e fenômenos da natureza (Ciências Naturais) e sociais (Ciência Sociais). O paradigma da Ciência do Artificial dialoga com esses dois anteriores uma vez que os artefatos que são construídos pelo homem alteram a natureza e impactam a sociedade. No Quadro 2 apresentamos um resumo sobre as características entre estes três paradigmas de pesquisa.

Quadro 2: Comparativo entre os diferentes (meta)paradigmas de pesquisa científica adaptado-modificado de Vaishnavi e Kuehler Jr (2015)

Paradigmas de Pesquisa			
Crença Básica	Positivista (objetivo)	Interpretativo (subjetivo)	Design (projeto)
Ontologia	Uma única realidade. Conhecível, probabilística	Múltiplas realidades socialmente construídas	Múltiplas alternativas de estados do mundo contextualmente situadas, possibilitadas sóciotecnicaamente
Axiologia qual é o valor (ética)	Verdade: universal e bonita; predição	Compreensão: situada e descrição	Controle; criação; progresso (melhoria, aperfeiçoamento); compreensão
Epistemologia	Objetiva, imparcial. Observador separado da verdade (neutro)	Subjetiva, i.e., valores e conhecimento emergem da interação pesquisador-participante.	Conhecimento pelo fazer: construção objetivamente restrita dentro de um contexto. A circunscrição iterativa revela significados.
Abordagens Métodos de Pesquisa	Experimento; Survey	Etnografia	DSR; Pesquisa-Ação;
	Estudo de caso		Pesquisa-formação na Cibercultura

A abordagem epistêmico-metodológica desta pesquisa é Design Science Research (DSR) (Pimentel e colaboradores, 2020; Hevner; Chatterjee, 2010) bricolada à Pesquisa-Formação (Santos, 2019).

Em DSR, um problema num dado contexto é um ponto de partida para se projetar um artefato que altera a realidade sociotécnica e provoca o surgimento de comportamentos que emergem da interação entre o artefato, seus usuários e o ambiente (Havner; Chatterjee, 2010). Uma pesquisa em DSR tem duplo objetivo: desenvolver um artefato para solucionar um problema em contexto; e dar contribuições teóricas à base de conhecimentos científicos sobre os comportamentos dos usuários do artefato (Figura 8). Como afirmam Vaishnavi e Kuechler (2004/2019), em uma pesquisa em DSR, os “*artefatos projetados devem ser analisados em relação à sua performance e ao seu uso como possíveis explicações para mudanças (que possam trazer melhorias) no comportamento de sistemas, pessoas ou organizações*”.

Na Pesquisa Formação, o pesquisador, que está em formação contínua, investiga em sua prática docente um **dilema** que enfrenta em seu caminho de formação. Tal dilema se apresenta no ambiente da sala de aula e faz despertar **questões de estudo**.

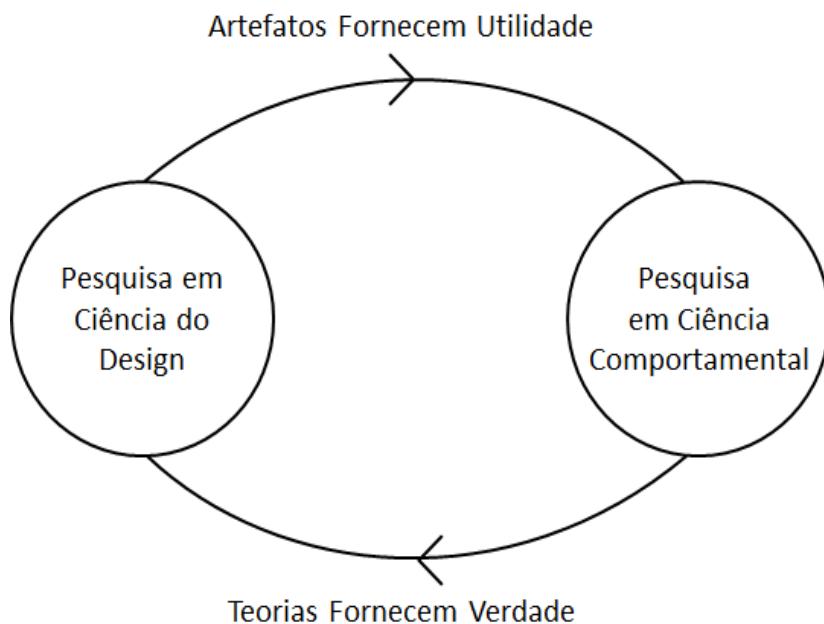


Figura 8: Separação-e-Relação entre Artefato e Teoria. Figura baseada em (HEVNER; CHATTERJEE, 2010, p.11)

O estudo deve se basear em um quadro teórico e também na experiência e em conhecimentos multireferenciais que possibilitem lidar e refletir sobre as diferentes situações que emergem no cotidiano escolar. Para possibilitar tais investigações, **dispositivos**, compostos por artefatos e atividades pedagógicas, são usados. Intencionamos investigar um dilema e também teorizar sobre os fenômenos que surgem no processo educacional. Os achados teóricos emergem na forma das **noções subsunçoras**, que são derivadas das compreensões provenientes das interpretações dos dados produzidos na interface composta pela sala de aula e pelo ciberespaço. Optamos pela abordagem Pesquisa-Formação para *fazer-pensar* (Alves, 2001, p.13) esta pesquisa porque o primeiro autor desta pesquisa é professor de música e, no ambiente da sala de aula onde atua, estão acontecendo os fenômenos que desejamos compreender por meio de pesquisa científica. Nessa abordagem, investigamos nossas próprias práticas, realizamos a pesquisa enquanto formamos os alunos, e nesse movimento também nos formamos como pesquisadores da informática na educação. A Pesquisa-Formação contempla a possibilidade da mudança das práticas, bem como dos sujeitos em formação (Santos, 2019, p.104). O detalhamento de uma Pesquisa-Formação está na Figura 20 da tese do primeiro autor deste artigo (Santos, 2023).

Nesta pesquisa qualitativa, com um posicionamento interpretativo-projetivista, produzimos dados no ambiente físico da sala de aula e no ambiente virtual do site colaborasom.com. Essa pesquisa baseou-se no Modelo DSR e uma instância aplicada a esta pesquisa se encontra na Figura 9.

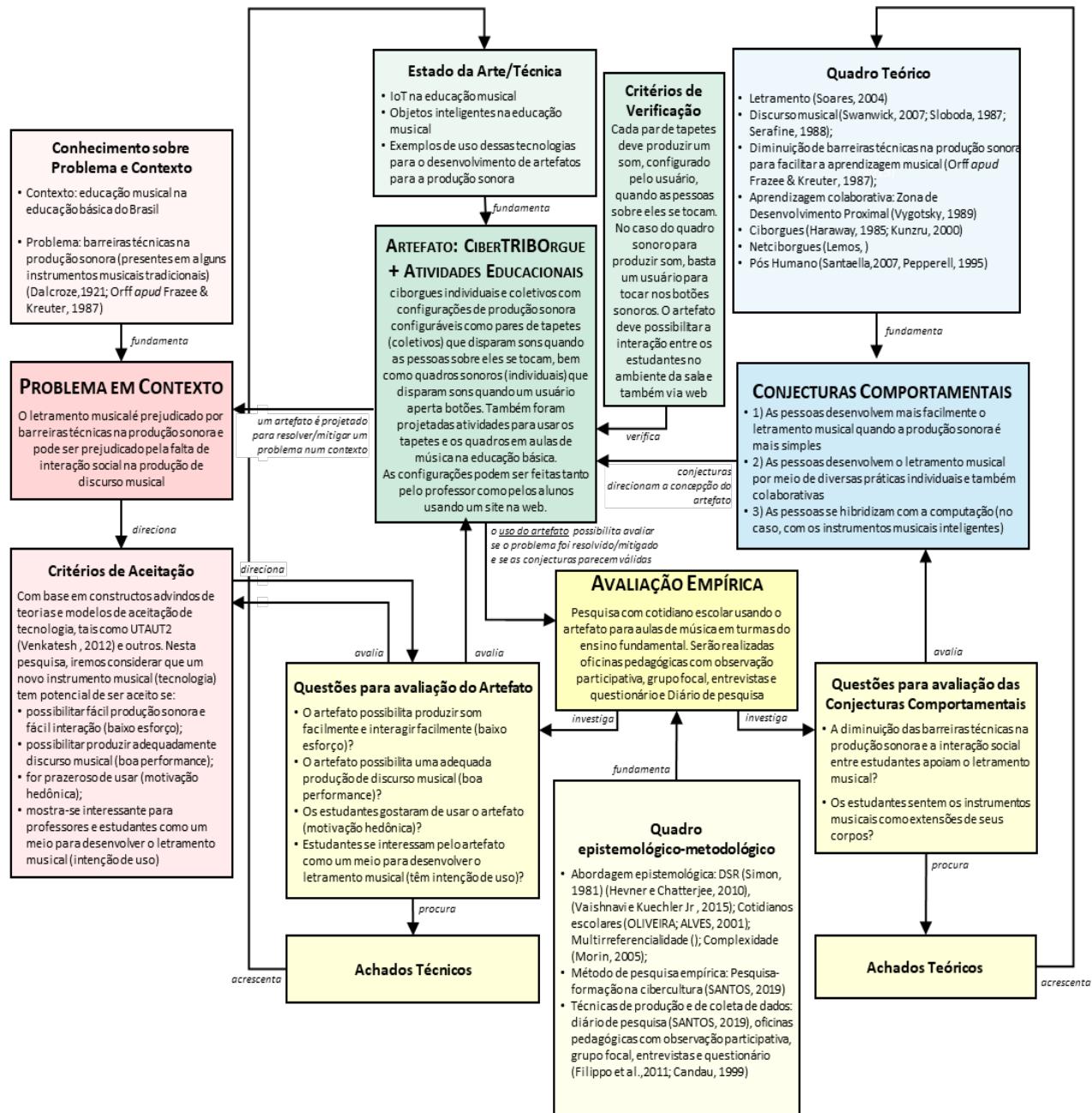


Figura 9: Modelo DSR instanciado para esta pesquisa.

A investigação dos usos do artefato pelos estudantes ocorreu em oficinas pedagógicas onde três atividades educacionais musicais foram realizadas. Foram projetadas quatro instâncias do Ciborgue para serem usadas na oficina pedagógica que, por sua vez, tinha 3 atividades educacionais musicais. A oficina teve início em agosto de 2022 com uma turma de 6º ano do ensino fundamental com 22 estudantes e prosseguiu até abril de 2023. No total foram feitas 8 aulas de 45 minutos com os estudantes, sendo que essas aulas foram espalhadas ao longo do período da pesquisa de maneira a não interferir no cotidiano e nas demandas escolares.

A produção de dados ocorreu por meio de gravações de vídeos das atividades, mensagens de *chat* trocadas pelos estudantes no site, gravações de áudios das composições musicais dos

estudantes armazenadas no servidor do *site*, entrevistas com os estudantes, questionário e o diário de pesquisa do primeiro autor. Essa pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da UNIRIO com o parecer de número 5.076.236.

Além de investigar a resolução do problema de pesquisa pelo uso do artefato desenvolvido, também investigamos se os estudantes aceitam o artefato. Para essa investigação, com base no modelo de aceitação de tecnologia UTAUT2, destacamos os constructos que eram mais condizentes com o contexto desta pesquisa: expectativa de performance, expectativa de esforço, motivação hedônica e intenção de uso. Utilizamos tais constructos para investigarmos a aceitação do artefato pelos estudantes.

Também projetamos atividades didáticas para usar os artefatos. Tais atividades foram baseadas em requisitos provenientes do interesse de investigação do problema de pesquisa e estavam alinhadas com a Base Nacional Curricular Comum (Brasil, 2018) para o componente Música.

Atividade 1 - Composição musical:

A atividade 1 trabalhou a noção de composição musical. Foram disponibilizadas para os alunos configurações coletivas tapetes⁶), como na Figura 10, e individuais (corrimão⁷, mesa⁸, e quadro⁹), para a produção de som. Os estudantes tinham 5 minutos para negociarem suas táticas de construção do discurso musical utilizando os artefatos. Em seguida, criam e executam seus ritmos ou melodias junto aos artefatos e sua produção sonora é gravada para posterior escuta, apreciação e crítica. Essa atividade possui uma variação com o uso dos tapetes onde foi usada uma abordagem individual e os estudantes tinham, cada um, um tempo sozinhos para explorar os tapetes usando seu corpo para acionar os sons e explorar gestos e posições de corpo para criar seu discurso musical sobre uma base pré-gravada que serviu de condutora da composição.



Figura 10: Estudantes usando a instância dos tapetes na atividade 1.

Atividade 2 - Imitação musical:

A atividade 2 trabalhou a reprodução de padrões rítmicos e melódicos, com a intenção de familiarizar os estudantes com o artefato e suas possibilidades de produção sonora e gestual. Consistiu em um tipo de ditado onde misturam-se a criação e a reprodução de ritmos. Os alunos

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=wJa0lumxWeA>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=HrKGzzUxk5o>

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=diQN9wEEFXU>

⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=5YnWws4t9ds>

se organizaram em pares para operar o artefato. Neste primeiro momento da atividade o professor configurou os sons a serem utilizados pelos alunos. O número de sons é reduzido para evitar uma complexidade alta e consequentemente um maior esforço cognitivo dos participantes. Essa atividade também trabalhou uma escuta ativa no discurso musical uma vez que é preciso estar atento ao que seu par executa para poder criar um sentido para o ritmo executado e guardar na memória para a posterior execução.

Para essa atividade foi usada apenas a configuração de produção sonora individual, uma vez que o processo se tornaria mais complicado e mais demorado se tivéssemos duplas de compositores e duplas de intérpretes negociando entre si a produção sonora. Os estudantes foram chamados (em duplas e posteriormente em quartetos¹⁰) para se posicionar na frente do corrimão (Figura 11). Em cada rodada um estudante (ou dupla) era o compositor e o outro o intérprete. Os compositores criaram um pequeno discurso musical para ser executado posteriormente pelos intérpretes. Quanto maior a acurácia dos intérpretes maior sua pontuação. Criamos uma escala de pontuação de 3 níveis: ótimo, regular e não satisfatório. Cada dupla teve duas rodadas para que seus componentes possam estar na posição de compositor e de intérprete.



Figura 11: Estudantes na instância do corrimão na atividade 2.

Atividade 3 – Criação de trilhas sonoras:

Nesta Atividade 3 foi usada uma configuração de produção sonora, a mesa, e 3 estudantes podem participar a cada rodada. Os estudantes tinham, cada um, quatro pontos de acionamento sonoro e eles combinaram suas escolhas para criar a sonoplastia ou a trilha sonora. Cada grupo, por meio do site, usou seus celulares para escolher e assistir um vídeo curto, e sem som, dentre algumas opções presentes em um menu. Após assistirem o vídeo escolhido os estudantes conversam, por 5 minutos, sobre suas escolhas para adicionar sons ao vídeo escolhido pelo trio. Eles podiam operar o notebook do professor ou usar seus celulares para escolher os sons no site e endereçar os mesmos aos 12 pontos de acionamento sonoro disponíveis na mesa¹¹. A escolha dos sons e o momento de acionamento dos mesmos coube aos alunos. O objetivo da atividade foi trazer a consciência dos estudantes para as diferentes emoções que o som e a música podem trazer para a linguagem audiovisual (Figura 12). Trabalhou-se a expressão artística e a sensibilidade para o emprego de materiais sonoros em serviço da narrativa cinematográfica. Os próprios estudantes avaliaram os trabalhos de seus colegas exercitando também sua autonomia e senso crítico perante

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=FC18q62NgLA>

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=XzOUoeItkdo>

a arte e suas manifestações. O resultado de suas trilhas era armazenado no site e os estudantes, após a etapa criativa, foram capazes de apreciar o resultado de seu trabalho e de tecer críticas ao que foi produzido¹².



Figura 12: Estudantes escolhendo os sons para criarem suas trilhas na atividade 3.

5 Resultados

As observações do uso do artefato e os dados obtidos sobre a aceitação do artefato pelos estudantes indicam que, em relação ao constructo *Expectativa de Performance*, os estudantes conseguiram performar como desejavam, produziram sons e música com o encadeamento desses sons. Realizaram isso coletivamente em termos da estruturação dos sons e de forma individual e coletivamente (dependendo da instância do artefato) acionando os sons que desejavam estruturar. Em uma das perguntas do questionário sobre o que eles mais gostaram das atividades realizadas com as instâncias do artefato, um estudante respondeu que foi poder “*Criar músicas*”. Um outro estudante afirmou que as atividades foram “*Muito legais e extrovertidas para ter um tempo livre e de aprendizado*”. Essa fala é interessante, na medida em que o estudante relata aprender em um tempo “livre”. Interpretamos essa fala considerando que a novidade na forma de acionar sons e construir música em um ambiente já conhecido como a sala de aula deu a esse participante a impressão de nem estar na escola, ou ainda, de estar em outro tipo de escola que o remete à liberdade, mas ainda assim estar aprendendo. Outro estudante relatou que “*Eu gostei da forma como eles funcionam*”. Ainda outro estudante respondeu “*gostei de absolutamente tudo*” e um outro estudante relatou que “*Eles usam a energia do nosso corpo para funcionar*”. Tais relatos demonstram que os estudantes conseguiam se expressar sonoramente com as instâncias do artefato e também percebiam aprendizagens ocorrendo durante o processo.

Em relação ao constructo *Expectativa de esforço*, pode ser observado, logo nas primeiras interações dos estudantes com todas as quatro instâncias do artefato, que era fácil produzir os sons. Nas respostas dos estudantes no questionário (Gráfico 5), 35,3% acharam muito fácil produzir sons no artefato, 29,4% fácil e 35,3% nem difícil nem fácil. Com essas respostas e o que

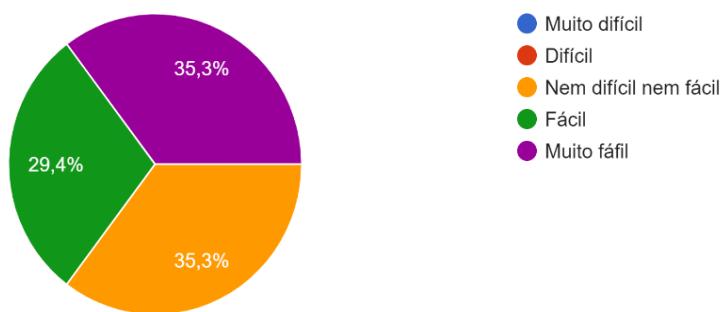
¹² <https://www.youtube.com/watch?v=fI-BxjMxIJAA>

foi observado em sala de aula, concluímos que não houve dificuldades na operação dos artefatos pelos estudantes.

Gráfico 5: Respostas do questionário.

O que você achou sobre produzir sons ao usar os artefatos computacionais nas aulas de música?

17 respostas

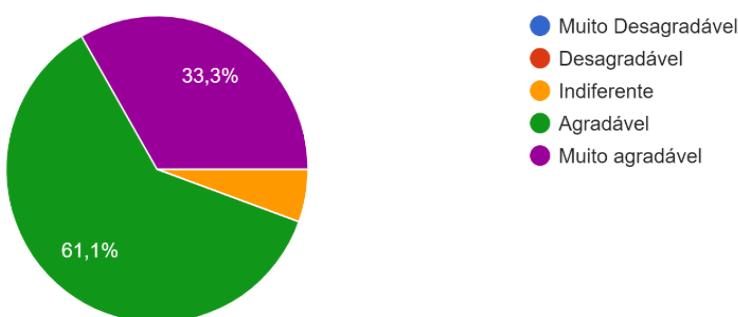


Quanto ao constructo *Motivação Hedônica*, as instâncias do artefato parecem ter agradado aos estudantes (Gráfico 6). Nenhum estudante achou as atividades com o artefato desagradável. A maioria achou agradável (61,1%) ou muito agradável (33,3%). Apenas 1 estudante (5,6%) disse ser indiferente em relação às atividades com o artefato serem agradáveis ou desagradáveis. Vários estudantes teceram comentários que nos levaram a concluir que eles realmente gostaram do artefato e das atividades realizadas: “*São muito diferentes e são bem legais pois não são que nem os instrumentos tradicionais e são bem agradáveis*”; “*Eu gostei da diversidade e da diferença dos instrumentos normais*”; “*Eu gostei da forma que eles funcionam*”; “*É uma atividade diferente das outras aulas*”; “*Eu gostei de absolutamente tudo*.”

Gráfico 6: Respostas do questionário.

1- O que você achou sobre usar os artefatos computacionais nas aulas de música?

18 respostas

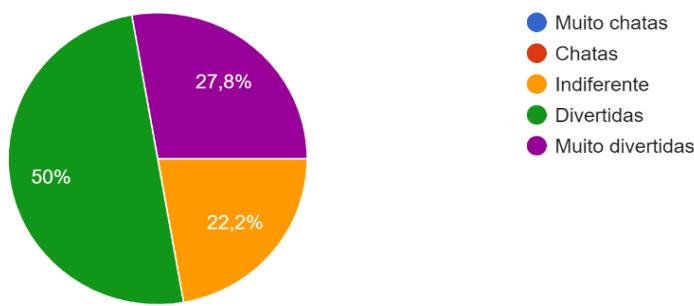


Algumas falas dos participantes também corroboram com a percepção do divertimento nas experiências das atividades em sala (Gráfico 7): “*achei algo revolucionário e bem divertido*”; “*Eles são bem legais e divertidos*”; “*É muito divertido usar eles nas aulas*.” Quando questionados sobre os artefatos que usaram, a surpresa com a novidade foi a coisa mais comentada: “*acho todos legais e incomuns*”; “*Muito legal e diferente*”; “*eu achei todos muito interessantes*”. No questionário, a maioria dos participantes declarou ter gostado de todas as instâncias. Quatro estudantes (22% do total entrevistado) acharam que os tapetes foram a instância

do artefato que gostaram mais de usar: “os tapetes foram os mais legais porque a gente fazia vários movimentos, os outros foram legais mas não tão legais que nem o tapete”; “Tapete, pois pode escolher pulando no som que você quer”. Os dados produzidos pelos estudantes levam a concluir que a *Motivação Hedônica* é uma característica marcante do artefato.

Gráfico 7: Respostas do questionário.

2 - O que você achou das atividades musicais realizadas com os artefatos?
18 respostas

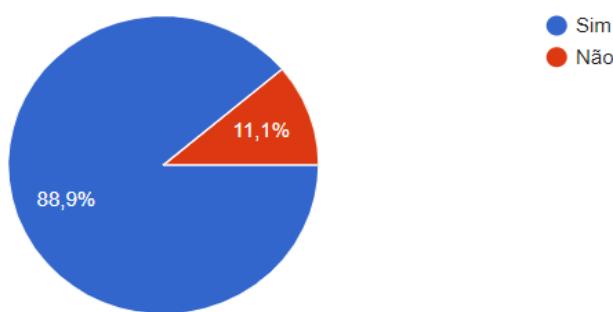


Os dados também indicaram que os estudantes têm *Intenção de Uso* do artefato (Gráfico 8), sendo que 88,9% dos participantes mostraram interesse em usar o artefato em outras atividades musicais. Esse resultado se alinha com as conclusões relacionadas aos demais constructos investigados — *Expectativa de Esforço*, *Expectativa de Performance* e *Motivação Hedônica*. Concluímos que, para os estudantes desta pesquisa, o artefato se mostrou aceitável porque conseguiu apoiar a realização das ações pedagógicas musicais, foi fácil, agradável e divertido de usar, e eles gostariam de continuar utilizando o artefato em outras aulas de música.

Gráfico 8: Respostas do questionário.

Você gostaria de fazer mais atividades musicais usando o artefato?

18 respostas



Além de investigarmos a aceitação do artefato, buscamos também responder às questões de pesquisa:

O que, especificamente, queremos investigar desses “tempos de cibercultura?”

Investigamos as relações dos estudantes e os usos de seus corpos, a colaboração e as possibilidades criativas de composição musical e trilhas sonoras com o apoio de um artefato inserido na Internet das Coisas.

Quais são as novas potencialidades do ensino de música em tempos de cibercultura?

Como resultado da investigação, concluímos que é possível produzir e aprender música em um novo tipo de instrumento sonoro digital e em rede. Diferentes gestos e usos de seus corpos acionaram sons a serviço da música de uma forma em que seus movimentos não eram restringidos pelas demandas técnicas de se empunhar um instrumento musical tradicional que requer determinadas posturas que, em muitos casos, não são naturais ou confortáveis para o instrumentista. Movimentos de raspagem de mãos sobre superfícies de objetos¹³ pular ou caminhar pelo ambiente da sala¹⁴, bater palmas com o colega à sua frente¹⁵ e até se transformar em um roqueiro ao interagir com um quadro preso à parede¹⁶, assumem outras significações para os estudantes em seu processo criativo musical. O corpo deixa de ter que se moldar a um violão, flauta, entre outros instrumentos musicais tradicionais, e passa a usar gestos conhecidos de seus praticantes na construção do discurso musical.

Outro aspecto que resultou da investigação é que o conjunto de linguagens possíveis no ciberespaço (sons, imagens, vídeos, textos) apresenta variadas possibilidades de expressão musical no processo criativo dos estudantes, bem como uma imersão em uma realidade sociotécnica onde eles se sentem confortáveis e podem exercer sua autoria de forma ativa e potente.

O que se tornam os sujeitos aprendentes-praticantes culturais da educação musical quando fazem uso de computação ubíqua e internet das coisas?

Da hibridização de seres humanos e tecnologias digitais em rede espalhadas na forma de objetos do cotidiano escolar conectados à internet, observamos o surgimento de diferentes experiências ciborgues. Ciborgues emergiram na sala de aula quando um estudante caminhava por tapetes conectados a um site e produzia sons com outros estudantes que estavam a 2 metros de distância usando instrumentos sonoros tradicionais. Alguns desses ciborgues, ao mudar de posição no ambiente da sala de aula, deixavam de portar suas capacidades estendidas de produção sonora digital em rede e assumiam diferentes papéis no discurso musical ao utilizar um pandeiro ou reco-reco.

A colaboração na produção sonora faz emergir um tipo de ciborgue coletivo. Reconfigurações e plasticidade caracterizam os fluxos de experiências e de potencialidades expressivas comunicacionais e estéticas que esses estudantes criaram. Autorias presentes em invenções posturais e gestuais entre os estudantes mostraram que, além de usarem um novo tipo de instrumento sonoro digital em rede, os estudantes ressignificaram os usos que fazem de um instrumento conhecido por eles desde que nasceram, o próprio corpo, em formas outras de relação consigo e com os outros corpos e objetos presentes no mesmo ambiente. Esses estudantes aprenderam música construindo seus discursos musicais e aprenderam sobre seus corpos e suas interações.

Como investigar o fazer-pensar a educação musical em tempos de cibercultura?

Nesta pesquisa não se assumiu um posicionamento positivista que separa o pesquisador de seus sujeitos e objetos de pesquisa. São as percepções derivadas dessa imersão com todos os sentidos na sala de aula e das ações dos estudantes que nos fazem refletir e buscar ações outras para compreender melhor os complexos fenômenos que brotam das interações possíveis na sala de aula. Fazer e pensar se retroalimentam em um ciclo que molda as práticas cotidianas com os estudantes. O caminho metodológico criado, bricolando Design Science Research com Pesquisa-

¹³ <https://www.youtube.com/watch?v=tyGJ3YkkbwC>

¹⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=ijTB2XFN1bI>

¹⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=qjGDVQddizQ>

¹⁶ https://www.youtube.com/watch?v=Z8hjC_WdyRg

Formação, possibilitou estruturar o desenvolvimento e a investigação do CiberTRIBOrgue no cotidiano da sala de aula.

Por fim, uma nova questão emergiu: **como eu, primeiro autor deste artigo e professor em campo nesta pesquisa, percebo a mim mesmo ao final desse percurso?** Tornei-me um **professor-pesquisador** na medida em que busco investigar, analisar e reconstruir minha prática docente, que aposta na curiosidade epistemológica como força motriz das ações na/para a educação: não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino (Freire, 2022). Tornei-me um **professor-designer** de experiências de aprendizagem (Martins, 2016) na medida em que, para ir além das limitações ou problemas percebidos por mim em minha experiência docente, preciso projetar e articular ideias que possam ser testadas no cotidiano escolar. Tornei-me um **professor-maker** porque crio artefatos para apoiar a tecedura de conhecimentos, não me contento mais em apenas ser um consumidor passivo que não imprime sua autoria aos artefatos e dispositivos de sua docência e pesquisa.

6 Conclusão

Esta pesquisa apresentou, por meio de uma bricolagem entre a Design Science Research e a Pesquisa Formação, o artefato CiberTRIBOrgue, criado e investigado para aulas de música no ambiente da sala de aula e no ciberespaço. O CiberTRIBOrgue é a nossa contribuição técnica. O artefato apoia a aprendizagem colaborativa e está inserido na realidade sociotécnica dos estudantes ao conectar objetos do cotidiano com a internet. Como contribuições teóricas, apresentamos as **noções subsunçoras de experiências ciborgues transientes individuais e coletivas; reconfiguração das relações corporais dos sujeitos aprendentes com os instrumentos sonoros digitais da cibercultura; e o conceito de Professor-Pesquisador-Designer-Maker**. A relevância deste trabalho está no artefato original desenvolvido para apoiar as aulas de música na Educação Básica trazendo aos estudantes possibilidades de experiências musicais criativas com ênfase nos movimentos corporais e na colaboração entre participantes com tecnologias da Internet das Coisas.

Como limitações deste trabalho, reconhecemos o fato de termos investigado o uso do artefato em uma única turma de um segmento escolar da Educação Básica específico; uma proposta de trabalho futuro é investigar o artefato em turmas de diferentes segmentos da Educação Básica e também em cursos de licenciatura para a formação de professores de Música. Outra limitação está no fato de as instâncias do artefato terem sido investigadas em sala de aula e não terem sido realizadas investigações quando elas estão dispersas em diferentes localidades; em trabalhos futuros, podemos entregar instâncias a diferentes estudantes para que as usem em casa conectando-se ao *site*, o que possibilitará investigar o uso remoto de instâncias ciborgues por diferentes usuários.

Referencias

- Alves, N. (2001). Decifrando o pergaminho: o cotidiano das escolas nas lógicas das redes cotidianas. Pesquisa no/do cotidiano das escolas: sobre redes de saberes. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Ashton, K. (2009). That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, 22(7), 97-114. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- BRASIL (2018) Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. [\[Link\]](#)

- Clynes, M. E. (1960). Cyborgs and space, astronautics. The Cyborg Handbook. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- DALCROZE, E.J. (1921) Rhythm music and Education. G.P.Putnam's Sons New York. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Freire, P. (1996). Pedagogia da autonomia. [\[Link\]](#)
- Garcia, M. da R., Beltrame, J. A., Araújo, J. M. de M., & Marques, G. de L. (2020). A temática das tecnologias e a educação musical: uma revisão integrativa das publicações de eventos internacionais da ISME entre 2010 e 2018. Revista da ABEM, 28, 28–45. Disponível em: <https://doi.org/10.33054/ABEM20202802> [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Hasan, F. (2023). Pervasive computing in music education: Creating an IoT-connected interactive music learning and practice platform. ResearchGate. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). Design research in information systems: theory and practice (Vol. 22). Springer Science & Business Media. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- ITU (2012) – Overview of the Internet of things. ITU-T Y.4000/Y.2060 (06/2012), International Telecommunication Union, junho de 2012. [\[Link\]](#) Acesso em: 30 aug 2021.
- Lemos, A. (1999). Bodynet e netcyborgs. Novas tecnologias e sociabilidade na cultura contemporânea. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#) Arquivo capturado em, 15/01/22.
- Li, Q., Liu, H., & Zhao, X. (2023). IoT Networks-Aided Perception Vocal Music Singing Learning System and Piano Teaching with Edge Computing. Mobile Information Systems, 2023, 2074890. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2023/2074890> [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- MAKEY MAKEY (2023) [\[Link\]](#) último acesso em 20/06/2023.
- Marques, G. de L. (2018). Mídias sociais audiovisuais: uma possibilidade de ensino aprendizagem online na educação musical? In: XVIII Encontro Regional Sul da Associação Brasileira de Educação Musical, 18., 2018, Santa Maria/RS. Anais eletrônicos. Universidade Federal de Santa Maria. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Martins, B. M. R. (2016). O professor-designer de experiências de aprendizagem: tecendo uma epistemologia para a inserção do design na escola [The teacher-designer of learning experiences: weaving an epistemology for the insertion of design in schools]. Tese de doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Paynter, J., & Aston, P. (1970). Sound and silence: Classroom projects in creative music. (No Title). [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Pimentel, M., Filippo, D., Santos, T. M. (2020). Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. RE@D - Revista de Educação a Distância e eLearning, 3(1), 37–61. <https://doi.org/10.34627/vol3iss1pp37-61> [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Santaella, L. (2007). Pós-humano: por quê?. Revista Usp, (74), 126-137. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Santos, E. (2019). Pesquisa-formação na cibercultura [Formation-research in cybersculture]. Teresina, Brasil: EDUFPI. [\[GS Search\]](#)
- Santos, E. (2009). Educação online para além da EAD: um fenômeno da cibercultura. In Actas do X congresso internacional galego-português de psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho (pp. 5658-5671). [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Santos, T. M. (2023). *Cibertriborgue: Experiências ciborgues apoiando a educação musical* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro]. PPGI-UNIRIO. [\[Link\]](#)

- Schafer, R. M. (1992). O Ouvido Pensante. 1^a Edição. São Paulo. Editora da Unesp. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Shamrock, M. (1997). Orff-Schulwerk: An Integrated Foundation: This article on the methodologies and practices of Orff-Schulwerk was first published in the Music Educators Journal in February 1986. *Music Educators Journal*, 83(6), 41-44. <https://doi.org/10.2307/3399024> [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Silva, G. A. M., & Ribeiro, G. M. (2017). Tecnologia e educação musical: um estado do conhecimento dos periódicos no período de 2007 a 2017. *Anais do 1º Congresso Internacional de Educação Musical da ISME – Brasil*, 1, 1–13. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Simon, H. (1981). As ciências do artificial, 2^a edição. Arménio Amado, 26. [\[GS Search\]](#)
- Swanwick, K., & Tillman, J. (1986). The sequence of musical development: a study of children's composition. *British journal of music education*, 3(3), 305-339. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21 st Century. *Scientific American*, 265(3), 94–105. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Vaishnavi, V., Kuechler, W., and Petter, S. (Eds.) (2004/19). “Design Science Research in Information Systems” January 20, 2004 (created in 2004 and updated until 2015 by Vaishnavi, V. and Kuechler, W.); last updated (by Vaishnavi, V. and Petter, S.), June 30, 2019. [\[Link\]](#)
- Vaishnavi, V. K., & Kuechler, W. (2015). Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology. [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157–178. <https://doi.org/10.2307/41410412> [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Vygotsky, L. (1989) Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes. [\[Link\]](#)
- Yang, Z. (2022). Data analysis and personalized recommendation of western music history information using deep learning under Internet of Things. *PLOS ONE*, 17(1), e0262697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262697> [\[GS Search\]](#) [\[Link\]](#)
- Yu, J. (2021). Automatic evaluation system for piano performance based on the Internet of Things technology under the background of artificial intelligence. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 8501960. Disponível em: [\[Link\]](#) <https://doi.org/10.1155/2021/8501960> [\[GS Search\]](#)
- Zhang, Y., & Jan, N. (2022). Violin teaching improvement strategy in the context of intelligent Internet of Things. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 3627113. [\[Link\]](#) <https://doi.org/10.1155/2022/3627113> [\[GS Search\]](#)