Computação ubíqua para apoiar a educação musical: explorações com Tapetes Musicais Inteligentes

Thiago Marcondes Santos[1], Denise Filippo[2], Mariano Pimentel[3]

[1,3] PPGI-Programa de Pós-Graduação em Informática – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) Av. Pasteur 458, Térreo, Urca, 22290-240, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

[2] Escola Superior de Desenho Industrial (ESDI) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj) R. Evaristo da Veiga, 95, Centro, 20031-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

{thiago.marcondes, pimentel}@uniriotec.br, dfilippo@esdi.uerj.br

Resumo *A aprendizagem musical geralmente está associada ao conhecimento do discurso musical através do uso de instrumentos tradicionais ou do canto. No entanto, o aprendizado dos instrumentos musicais está associado a horas de prática para aperfeiçoamento técnico e evolução musical do estudante, deixando de fora desse processo muitos interessados que não podem se dedicar com tanto afinco. O grande esforço se deve às características físicas de cada instrumento e sua maneira particular de gerar o som. Com as novas tecnologias computacionais ubíquas, outras formas de produção sonora se apresentam aos estudantes e professores de música. Este artigo descreve uma investigação do uso da computação ubíqua no contexto de sala de aula do ensino fundamental com intuito de promover a aprendizagem e a vivência de conceitos musicais. Num estudo de caso exploratório, o ambiente escolar de 2 escolas municipais do Rio de Janeiro foi transformado em um espaço de oficina sonora, cujos sons foram ativados a partir de contatos corporais já conhecidos dos estudantes, como o bater de palmas. Desta forma, a sala de aula se apresenta como instrumento musical coletivo e corporal, diminuindo as barreiras técnicas necessárias à execução da música, apoiando assim o letramento dos estudantes no discurso musical.*

Abstract *The learning of music is usually associated with the knowledge of musical discourse through the use of traditional instruments or of singing. However, the learning of a musical instrument is associated with hours of practice for the technical improvement and the musical evolution of the student, leaving out of this process many people who are interested in it, but cannot dedicate themselves so much to it. This process involves a great effort due to the physical characteristics of each instrument and their particular way of generating sound. With ubiquitous computing, other means of sound production have presented themselves to music students and music teachers. This article describes an investigation of the use of ubiquitous computing within the context of an elementary school classroom with the intention of promoting the learning and experiencing of musical concepts. In an exploratory case study, the environment of two municipal schools in Rio de Janeiro was turned into a sound laboratory, whose sounds were activated through physical contacts with which students were already familiar, such as*

DOI: 10.5753/cbie.wcbie.2016.61

clapping. With this, the schoolroom becomes a collective and physical musical instrument, lessening the technical barriers that are necessary to musical execution and helping students develop music literacy in the musical discourse.

1. Introdução

A sociedade contemporânea está na terceira era da computação, caracterizada pela situação em que cada pessoa possui vários dispositivos computacionais (Weiser, 1991). O cenário visualizado por Weiser é de um mundo com dispositivos eletrônicos em todos os lugares (ubíquos), em grande quantidade, baratos, conectados em rede e que podem ser fixos ou móveis, embutidos em objetos que cercam a vida cotidiana, como fogões, geladeiras, telefones, bicicletas, entre outros (Filippo *et al.*, 2011).

Na presente pesquisa, investigamos como a escola pode fazer uso das novas tecnologias computacionais para apoiar o ensino de música neste cenário da terceira era da computação. Alguns trabalhos relevantes na área de educação musical que utilizam novas tecnologias computacionais estão discutidos na Seção 2.

Elaboramos um artefato baseado em computação ubíqua e projetamos atividades educacionais para a utilização do artefato (Santos, 2015), apresentados na Seção 3, com o objetivo de investigar se a diminuição das barreiras de execução técnica dos instrumentos tradicionais, a colaboração entre estudantes e o uso do corpo e seus movimentos apoiam a aprendizagem musical.

A metodologia de pesquisa e as etapas realizadas para a produção de dados estão descritas na Seção 4. Na Seção 5 são apresentadas as análises dos resultados obtidos com os estudos de caso realizados. Na Seção 6 apresentamos a conclusão e apontamos alguns trabalhos futuros sobre o tema.

2. Ensino musical e computação ubíqua

O ensino de música voltou a ser obrigatório pela lei 11.769/08, o que aumentou a demanda por profissionais da educação musical e também por estratégias e instrumentos didáticos que respaldem esse processo. É neste contexto que desenvolvemos a presente pesquisa: investigamos o uso da computação ubíqua para apoiar o professor em seu trabalho de intermediador entre o estudante e o conhecimento musical.

O artefato que propomos nesse trabalho tem potencial de atender a uma expressiva parcela da população estudantil brasileira, tanto em valores absolutos quanto relativos. O resumo técnico do censo escolar da educação básica de 2013 mostra que naquele ano o Brasil teve 29.069.281 matrículas no ensino fundamental (Censo, 2013). Em relação à presença de computadores e internet nas escolas, os dados apresentados indicam que na rede pública, 82,3% dos estudantes têm acesso à internet e 80,6% têm acesso a laboratórios de informática. Na rede particular, os índices são 96,8% e 75,6% respectivamente (Censo, 2013). São muitos usuários em potencial que podem se beneficiar dos Tapetes Musicais Inteligentes, artefato elaborado nesta pesquisa, considerando que a grande maioria das escolas já tem computadores.

2.1 Aprendizagem musical

Esta pesquisa teve como quadro teórico as ideias de Dalcroze (1921), que defende o uso do corpo como intermediador entre o discurso musical e seu aprendizado; Vigotsky (1989), que aborda a natureza social do aprendizado; Orff (Frazze e Kreuter, 1997) que facilita a aprendizagem musical através da produção de instrumentos adaptados para baixar as demandas técnicas dos estudantes à execução sonora, e pelo uso da tradição

oral e folclórica dos estudantes como ferramenta de aprendizagem (Frazee et al, 1997); Swanwick (2007), que defende a ideia de que o aprendizado musical ocorre em etapas complementares e que o contato do estudante com a música deve ser feito concretamente, através de experimentações e utilização dos materiais sonoros (notas, timbres, ritmos musicais), que aos poucos vão adquirindo sentido para quem os manipula. Desta forma o estudante vai aprendendo o discurso musical e se torna capaz tanto de executar o discurso musical como também interpretá-lo.

Com base neste quadro teórico, conjecturamos que o letramento no discurso musical é facilitado pela **diminuição das barreiras técnicas** na produção sonora, pelo **uso de movimentos corporais** e pela **colaboração entre estudantes**.

2.2 Computação ubíqua e música

Existem diferentes pesquisas para a utilização de tecnologias envolvendo dispositivos móveis e objetos inteligentes para dar apoio à produção sonora e também à educação musical. Zhang e colaboradores (2011) propõem o uso de um artefato para simular um instrumento tradicional como a guitarra elétrica ou o violão através de sensores e de um microprocessador fixados em uma vassoura. Volpe e colaboradores (2012) desenvolveram uma plataforma para a utilização de gestos como manipuladores do ambiente sonoro através de captação de imagens da movimentação de crianças. Rhen e colaboradores (2012) desenvolveram uma mesa *multitouch* para que mais de um usuário interaja para a obtenção de sons sintetizados através de algoritmos que emulam instrumentos percussivos. No trabalho de Zhou e colaboradores (2011) é proposto um sistema que integra professor e alunos via smartphones com fones de ouvido, possibilitando diferentes configurações entre os estudantes para se produzir música, seja dividindo a sala em grupos que podem tocar isoladamente ou juntos, seja em modo de apresentação de toda a turma.

O artefato "Tapetes Musicais Inteligentes", desenvolvido no contexto da presente pesquisa, difere-se de todos os demais: seu objetivo é educacional, ao contrário de Zhang et al (2011), Volpe et al (2012) e Rhen et al (2012), que são voltados para a execução de música. Diferentemente de Zhou et al. (2011), que supõe que os alunos tenham smartphones, nesse trabalho é concebido e desenvolvido um artefato que se caracteriza como um objeto inteligente (os tapetes musicais) que utiliza materiais facilmente encontrados no mercado e que possui baixo custo para que possa ser adquirido pelo professor ou pela escola. Adicionalmente, o artefato proposto busca evitar a necessidade de longo aprendizado técnico para a produção dos sons e está associado a atividades que utilizam o corpo para a produção sonora. A possibilidade de produção sonora em grupo também possibilita atividades que seguem os princípios da aprendizagem colaborativa (Castro e Menezes, 2011).

3. O artefato

Nesta seção apresentamos o artefato elaborado para atender aos requisitos das atividades educacionais de música considerando o quadro teórico desta pesquisa.

3.1 Requisitos das atividades educacionais

As atividades educacionais a serem realizadas com o artefato a ser desenvolvido tinham os seguintes requisitos:

- Possibilidade de abordar elementos do discurso musical e de oferecer um espectro abrangente de sonoridades

- Maior facilidade de produzir e acionar sons em comparação aos instrumentos musicais tradicionais
- Criação de uma alternativa sonora não excludente aos instrumentos musicais tradicionais
- Possibilidade de instigar a participação dos estudantes
- Uso do corpo e gestos para o acionamento sonoro
- Colaboração entre os participantes
- Facilidade de reprodução da atividade por um professor com pouco conhecimento de computação e com recursos financeiros reduzidos

Foram pesquisadas e testadas diferentes tecnologias computacionais ubíquas para atender aos requisitos elencados. A solução desenvolvida conjuga o hardware *Makey Makey* (2015), o software *soundplant* (2015) e pisos emborrachados, que atende aos requisitos de facilidade de reprodução e baixo custo e promove um cenário potencialmente instigante para os estudantes usarem as tecnologias computacionais.

3.2 O artefato Tapetes Musicais Inteligentes

O artefato proposto é composto de um software e um hardware que, combinados, possibilitam a produção sonora de forma simples e sem as demandas técnicas características dos instrumentos musicais tradicionais.

Os Tapetes musicais Inteligentes possibilitam que as atividades educacionais sejam realizadas a partir do toque do estudante no corpo dos colegas. É através da configuração de contatos elétricos em pisos no ambiente da sala de aula que os estudantes produzem um som. Quando um estudante em pé sobre um piso que possui um contato elétrico associado a um som (sinal) toca a mão de um estudante ligado ao contato elétrico terra, o circuito é fechado (como um botão de liga e desliga) e o comando para a execução do som armazenado no computador é acionado, como representado na Figura 1.

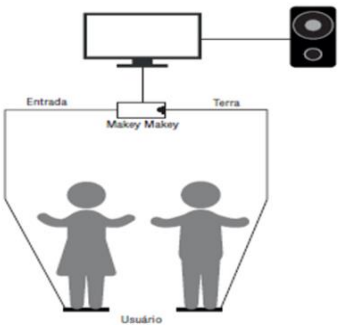

Figura 1. Tapetes Musicais Inteligentes

O processamento dos sons e seu gerenciamento são feitos em um computador na mesa do professor. Os sons gravados tocam em uma caixa de som ligada à saída de áudio do computador para que o professor e os estudantes possam ouvir as composições e performances coletivas. O acionamento dos sons depende da estrutura de contatos que será instalada para possibilitar, através do Makey Makey, que os estudantes possam usar seus corpos para interagir com o software.

3.3 O Hardware "Makey Makey"

O Makey Makey tem como característica inovadora fechar contato com materiais pouco condutivos como massa de modelar, frutas e o corpo humano. O Makey Makey possui

18 entradas digitais diferentes que funcionam como 18 botões. Ao se fechar o circuito entre uma entrada e o terra com um material minimamente condutivo, um sinal referente à entrada associada à determinada tecla ou ao controle do mouse é enviado para o computador como, por exemplo, barra de espaço ou click do botão direito do mouse. Dessa forma, o comando associado a cada tecla ou ao mouse é executado.

3.4 O software "soundplant"

Este software possibilita endereçar arquivos de áudio para diferentes teclas do computador. Uma vez preparados os arquivos .wav, é só arrastá-los para as teclas desejadas. A partir desta configuração, toda vez que a tecla for acionada o som será executado. O software também tem uma versão gratuita, o que diminui os custos para ser implantado em qualquer escola.

3.5 O piso

Para evitar prender os estudantes a qualquer fio ou pedir que eles o segurem, projetamos um artefato em que o contato é estabelecido pelo chão: o estudante deve estar descalço (ou de meias) e pisar em um dos pisos que, distribuídos no chão da sala de aula, estão ligados aos fios que levam o sinal até o Makey Makey (Figura 2). O material escolhido para os pisos foi a placa EVA no formato quadrado. É importante que os pisos sejam de material isolante para evitar fechamento de circuito entre o piso e o chão, disparando assim o comando quando não há interação entre os estudantes. Cada piso é ligado por meio de um fio que segue pelo chão da sala sob fitas adesivas até uma entrada da placa Makey Makey (entrada de sinal ou terra).

Figura 2. Atividade com os tapetes musicais inteligentes

4. Atividades Educacionais com o uso do artefato

Projetamos uma oficina pedagógica e atividades educacionais baseadas no uso do artefato, tendo fundamentado as atividades nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do MEC para a área de Educação Musical. Todas as atividades foram planejadas para conter três etapas: Imitação, Apreciação e Composição (que são parâmetros dos PCNs do MEC).

Atividade Rítmica: aborda o pulso e seus múltiplos na composição de ritmos e a apreciação de sons característicos (timbres) de diferentes instrumentos usados no acompanhamento rítmico da bateria (bumbo, caixa e contra tempo). A atividade rítmica utiliza 3 pares de pisos com um som de bateria para cada par (bumbo, caixa e contratempo). Os estudantes se revezam nos pares e toda a turma pode experimentar o artefato e produzir os sons solicitados (Execução). Três linhas rítmicas são apresentadas aos estudantes apenas com o bater de palmas para, em seguida, elas serem executadas por meio dos tapetes musicais inteligentes (Apreciação). As três linhas rítmicas são construídas (Composição) para acompanhar 2 músicas que já tenham sido trabalhadas pelos professores com as turmas em aulas anteriores. Também é solicitado que a turma use o artefato para acompanhar o professor tocando um violão. Enquanto metade da turma canta a música, a outra metade toca o artefato e depois é feito um revezamento.

Atividade Melódica: aborda a escuta de diferentes instrumentos musicais (contrabaixo e violino) e a percepção da escala maior acompanhada da execução de melodias cíclicas (ostinatos) entre grupos de estudantes. Nesta atividade são distribuídos 10 pares de pisos referentes a 10 notas de violino (C3 a E4). Primeiramente é solicitado aos estudantes que toquem as notas, na sequência da mais grave a mais aguda, acompanhando o pulso dado por palmas feitas pelo pesquisador. Em seguida, 2 grupos, cada um com 5 pares de pisos, ficam encarregados de criar sequências melódicas (Composição) para que a turma possa apreciar suas composições (Apreciação). As sequências são executadas seguindo a pulsação feita pelo professor e com as palmas para depois ser dada maior liberdade rítmica aos estudantes (Execução).

A**tividade de Acordes**: aborda a percepção da diferença entre nota musical e acorde, o conceito de acorde tocado com suas notas simultaneamente em sequência (arpejo) e o acompanhamento harmônico de melodias (Apreciação). Os pares de pisos são dispostos de maneira a conter as notas que compõem um acorde separadamente e ao final, o último par de pisos contém som do acorde completo. Para esta atividade, são usados sons de piano. Primeiramente o ritmo segue precisamente a pulsação e posteriormente é dada maior liberdade aos estudantes. Em um segundo momento dessa atividade, muda-se os sons dos pares de pisos. Um grupo de pisos passa a conter 3 sons de acordes (C tríade, F tríade e G tríade) distribuídos em 3 pares. Dois dos cinco pares não são utilizados nessa variação da atividade 3. O outro grupo de 5 pares passa a ter 5 sons de vibrafone contendo as notas da escala pentatônica de C (C3,D3,E3,G3,A3). Os estudantes de cada grupo criam suas sequências livremente em relação às notas, acordes e ritmos (Composição) para que todos na turma possam ouvir uma melodia acompanhada de acordes.

Atividade Orquestra: é uma síntese das 3 atividades descritas anteriormente, onde são distribuídos pelos pares de pisos diferentes sons de instrumentos como o baixo, piano, acordes e sons da bateria, para que os estudantes usem o artefato para acompanhar o resto da turma cantando uma música trabalhada por seus professores.

5. Metodologia de pesquisa

A presente pesquisa foi pensada a partir do paradigma Design Science Research (DSR), que concebe a pesquisa científica a partir da construção do artificial, isto é, artefatos criados e projetados pelo homem (Simon, 1969). Em DSR, é necessário desenvolver um artefato com base em conjecturas teóricas (HEVNER e CHATERJEE, 2010). Para avaliar o uso do artefato, seguimos o método de pesquisa empírica Estudo de Caso Exploratório com abordagem qualitativa.

Conjecturamos que o letramento no discurso musical é facilitado pela diminuição das barreiras técnicas na produção sonora, pelo uso de movimentos corporais e pela colaboração entre estudantes. Estas conjecturas estão fundamentadas no campo do comportamento humano sobre como os sujeitos aprendem, e especificamente como aprendem música. Também definimos requisitos advindos da área de design de tecnologia com base no modelo de aceitação de tecnologia UTAUT2, dos quais consideramos os constructos: ***expectativa de performance***, ***expectativa de esforço***, ***motivação hedônica*** e ***custo***.

Os estudos foram realizados com estudantes de 2 escolas municipais do Rio de Janeiro: Ginásio Experimental Olímpico Juan Antonio Samaranch, situada em Santa Teresa; e Operário Vicente Mariano, situada no complexo da Maré. O estudo consistiu na realização de 2 oficinas pedagógicas, uma em cada escola, compostas de 4 atividades musicais – sobre ritmo, melodia e acordes – de forma a avaliar o artefato quanto aos 6 requisitos elencados na seção 3.1. As atividades foram realizadas ao longo de 8 aulas e, a cada aula, o pesquisador apresentava as novas atividades e seus exercícios e revia as atividades já trabalhadas. O professor da turma participou das atividades como assistente do pesquisador. Antes da oficina, o pesquisador assistiu uma aula dada pelo professor de cada escola para adequar o conteúdo das atividades aos temas estudados, ao espaço das salas e ao tamanho das turmas.

A avaliação do artefato nas atividades com os estudantes foi baseada na observação da desenvoltura que os estudantes tinham em experimentar o artefato. Foi realizada a observação direta do pesquisador. As atividades foram gravadas em 2 câmeras, uma fixa e uma móvel, para posterior análise dos dados buscando avaliar se os estudantes conseguiam produzir sons facilmente e se concentrar nas atividades propostas. Os estudantes também preencheram questionários, e foram realizados grupos focais com os alunos e entrevistas com os professores de música para apoiar a avaliação do uso e da aceitação do artefato.

6. Resultados: análises das observações, do grupo focal com os estudantes e das entrevistas com os professores

Os registros obtidos nas entrevistas com os professores, o grupo focal e as respostas dos estudantes para o questionário e as observações participativas, feitas pelo pesquisador durante as oficinas pedagógicas com o uso dos tapetes musicais inteligentes, possibilitaram a triangulação dos dados que aumenta a precisão das análises feitas.

6.1 Observações das atividades

A avaliação do artefato durante as 4 atividades mostra que foram atendidos os 6 requisitos citados na seção 3.1, alvo deste estudo de caso. Ao término das 4 atividades, todos os participantes já haviam aprendido a produzir sons sem dificuldades, podendo concentrar-se no discurso musical que era criado pela turma. Eles aprenderam quais pares de piso geravam sons, a pisar sobre o papel alumínio, a tirar som por contato no corpo do colega ou sozinhos (caso um pé fosse colocado no chão e o outro no piso).

Foi observado que os estudantes da escola de Santa Teresa interagiam mais intensamente entre aqueles que usavam o artefato e os que aguardavam sua vez de usar. Na escola da Maré, os estudantes que usavam o artefato colaboravam menos com os que aguardavam e eram mais tímidos. Conversando com o professor, foi revelado que naquela escola havia estudantes que tinham problemas com contato físico e eram agressivos. Isto pode ser uma resposta para a menor colaboração e timidez entre os estudantes ao usarem o artefato.

Ao longo das 4 atividades, observamos que a configuração do artefato em termos de quantidade e posicionamento dos pisos possibilita a troca rápida de estudantes nas atividades: em 1 minuto foi possível alternar 20 estudantes de cada vez nas atividades 2 e 3. A escolha da configuração com dois pisos produzindo um som também proporcionou para o melhor aproveitamento do tempo e da quantidade de estudantes em sala de aula, além de intensificar a colaboração entre os estudantes.

6.2 Grupo focal com estudantes e entrevistas com os professores

Os estudantes e professores apresentaram considerações sobre o uso do artefato em sala de aula, apresentadas a seguir.

Diminuição das barreiras técnicas

O professor da escola localizada em Santa Teresa disse, em sua entrevista, que e a dificuldade para tocar o artefato se equivale a aprender um instrumento qualquer: "*Acho que eles tiveram as dificuldades normais de se aprender um instrumento novo. Eles têm aquela trava no começo e depois vão desenvolvendo com mais facilidade*". No entanto, os estudantes apresentaram uma opinião diferente, consideraram o artefato mais fácil de tocar do que os instrumentos musicais tradicionais: *"Eu gostei porque é um instrumento tecnológico e mais fácil de tocar. Antes para aprender um instrumento é meio difícil, você tem que treinar. Eu gostei de participar de um experimento desses"; "Eu achei legal porque eu achei mais fácil de tocar e mais fácil de aprender. É mais fácil de prestar atenção porque os outros, os instrumentos tradicionais, a gente demora muito para aprender"; "A gente tem de usar as mãos e é mais fácil do que os outros (instrumentos tradicionais), que a gente precisa de mais aprendizado."*

Uso do corpo

Com relação ao uso do corpo no aprendizado musical, o professor de Santa Teresa indicou que os estudantes estavam utilizando seus corpos e gestos para apoiar a aprendizagem musical. *"Usando o corpo, trabalhando junto, você desenvolve outras coisas além da musicalidade: a questão da própria coordenação motora, o tempo que também acaba refletindo em outras áreas do desenvolvimento deles, não só no esporte como um aluno falou, mas em outras áreas de diversas maneiras"*. Os relatos dos estudantes corroboram com esta visão: *"Eu aprendi os ritmos com movimentos do corpo"*; "*Eu aprendi que eu posso fazer música com as mãos e eu aprendi novos instrumentos*".

Colaboração entre os estudantes

O professor da escola localizada em Santa Teresa observou a colaboração entre estudantes: *"Eu vi os estudantes colaborando bastante!"*. O professor da escola da Maré também fez esta observação: *"Eu vi que eles realmente esperavam um e outro começarem para eles montarem o arranjo."*

Condições facilitadoras

Com reação às condições para os professores usarem o equipamento, suas impressões variaram. O professor de Santa Teresa não achava ser capaz de montar o equipamento sozinho: *"Eu achei na parte da montagem é que pra mim é a grande questão*" ou ainda *"acho que eu ficaria um pouco sem saber o que fazer".*

O professor da Maré não se intimidou com o artefato, mas ficou cauteloso quanto à infraestrutura da sua escola para poder montá-lo. *" É um equipamento bom por um lado e complicado por outro lado. É bom por um lado porque ele é um equipamento*

compacto que eu posso utilizar diferentes timbres, trabalhar a harmonia, trabalhar a melodia, trabalhar outros aspectos, trabalhar dinâmica na sala. A questão complexa é a questão da instituição que eu trabalho, se ela consegue acompanhar essa tecnologia porque temos problemas na energia elétrica por exemplo."

Apesar das melhorias realizadas ao longo das 8 aulas, cabe ressaltar que o artefato é um protótipo. Nesta pesquisa não objetivamos investigar soluções de design que facilitassem ao professor a montagem, desmontagem e transporte do artefato, nem a melhor qualidade no uso do produto, sendo esses aspectos de interesse para pesquisas futuras.

6.3. Aceitação da tecnologia segundo o modelo UTAUT2

Em relação aos constructos utilizados na avaliação da aceitação de tecnologia, **expectativa de performance**, **expectativa de esforço**, **motivação hedônica** e **custo**, os dados produzidos no questionário e no grupo focal com os estudantes indicam que os estudantes aceitaram a tecnologia e se mostraram motivados a realizar novas atividades com o artefato. Com relação ao custo, o artefato envolve materiais de baixo custo e fáceis de serem encontrados no mercado, como por exemplo: Papel laminado (R$ 8,00), pisos EVA de 0,5 m (R$ 8,00/piso), fios para contato entre o Makey Makey e os pisos (R$ 0,50/m), software soundplant (versão gratuita), Makey Makey (R$ 349,00/kit com placa e cabos). O professor da escola da Maré percebeu que o artefato é uma alternativa, a baixo custo, para os instrumentos tradicionais que a escola não tem: *"às vezes eu não tenho um teclado na sala de aula, mas com o computador a gente pode baixar esse recurso ai eu posso colocar o som desse timbre para podermos trabalhar."*

7. Conclusão

Nesse trabalho apresentamos o artefato Tapetes Musicais Inteligentes para apoiar as aulas de música no contexto do ensino fundamental. O artefato foi avaliado por meio de um estudo de caso onde foram realizadas oficinas pedagógicas constituídas de 4 atividades ao longo de 8 aulas em 2 turmas de 7º ano, totalizando 75 estudantes. O estudo mostrou que este artefato de computação ubíqua pode oferecer alternativas para reduzir as barreiras de execução sonora para os estudantes de música possibilitando um maior foco na aprendizagem dos conceitos do discurso musical a serem trabalhados na aula. O artefato também se mostrou como uma alternativa *não excludente* aos instrumentos musicais tradicionais na aula de música. O engajamento dos estudantes na atividade indica que a busca por soluções de ensino com novas tecnologias computacionais é válida e pode contribuir na dinâmica da sala de aula, integrando professores e estudantes em um ambiente de exploração e busca de conhecimento.

Trabalhos futuros incluem investigar o uso do artefato pelo professor, ampliar a faixa etária do perfil dos estudantes, e usar comunicação Bluetooth para reduzir a quantidade de fios. Novas avaliações do artefato já estão sendo realizadas em outras escolas.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPERJ (projeto E-26/203.446/2015 - BBP) pelo apoio financeiro. Agradecemos, também, às Escolas Municipais Ginásio Experimental Olímpico Juan Antonio Samaranch e Operário Vicente Mariano e aos seus respectivos professores de música, Felipe Miranda e Klaus Grunwald, bem como aos alunos que realizaram o estudo de caso e seus responsáveis. Agradeço ao prof. Fernando Reiszel Pereira (ESDI/UERJ) pela colaboração a este projeto e seus estagiários de Iniciação Científica.

Referências bibliográficas

Castro, Alberto; Menezes, Crediné. (2011) Aprendizagem Colaborativa com Suporte Computacional. Capítulo 9. Sistemas Colaborativos. Pimentel, Mariano, Fuks Hugo. (Organizadores) Ed. Elsevier/Campus, Rio de Janeiro.

Censo da educação básica: 2013 – resumo técnico. – Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2014.

Dalcroze, E.J. (1921) Rhythm music and Education.G.P.Putnam's Sons New York.

Filippo, D.; Viterbo, J.; Endler, M.; Fuks, H. Mobilidade e ubiquidade para colaboração, 2011. Sistemas Colaborativos, Cap. 18, Pimentel, M. e Fuks, H. (orgs), Ed. Campus/Elsevier, 2011, ISBN 978-85-352-4669-8

Frazee, Jane; Kreuter, Kent (1997) Discovering Orff: A Curriculum for Music Teachers (Schott) Paperback – January 1997.

Hevner, Alan; Chatterjee, Samir (2010) Design Research in Information Systems. Ed. Springer New York 2010

Lei Federal 11.796/ 2008, de 18 de agosto de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 159, p. 1, 19 ago. 2008.

Makey Makey (2016) http://www.makeymakey.com/ último acesso em 20/06/2016

Rhen, Zhimin; Mehra, Ravish; Coposky, Jason; Lin, Ming. (2012)Tabletop ensemble: touch-enabled virtual percussion instruments.I3D Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games.

Robocore (2016) http://www.robocore.net último acesso em 20/06/2016

Santos, T. (2015) Computação Ubíqua para apoiar a Educação Musical: Explorações com Tapetes Musicais Inteligentes. 212 pgs. Dissertação de mestrado - Programa de Pós Graduação em Informática (PPGI), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro. 2015.

Simon, H. A. (1969) The Sciences of the Artificial (1st ed.), Cambridge, MA: MIT Press.

Swanwick, Keith. (2007) *Teaching music musically***.** Mar 14, Kindle edition.

Volpe, G., Varni, G., Mazzarino, B., Addessi, Anna.(2012)BeSound: Embodied Reflexion for Music Education in Childhood. IDC 2012 SHORT PAPERS 12th-15th June, Bremen, Germany

Vygotsky, Lev. (1989) *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

Weiser, M. (1991) The computer for the twenty-first century. Scientific American, 65(3):94-104.

Zhang, C.; Shen, Li.;Wang D.; Tian, F.; Wang, H.(2011) CoolMag: A Tangible Interaction Tool to Customize Instruments for Children in Music Education.UbiComp'11 / Beijing, China

Zhou,Y., Percival,G, Wang,X., Wang., Zhao,S. (2011) - MOGCLASS: Evaluation of a Collaborative System of Mobile Devices for Classroom Music Education of Young Children School of Computing (SoC), National University of Singapore– CHI-2011