

Desenvolvimento do protótipo Gambiarrádio Educacional:

dispositivo para transmissão de áudio via ondas de rádio FM baseado em Raspberry Pi

Estêvão da Fontoura Haeser
Mestrado em Informática na Educação
IFRS – Campus Porto Alegre
Porto Alegre, Brasil
estevao.haeser@osorio.ifrs.edu.br

Evandro Manara Miletto
Diretoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação
IFRS – Campus Porto Alegre
Porto Alegre, Brasil
evandro.miletto@poa.ifrs.edu.br

Abstract— Audio transmission in restricted area can bring different possibilities and be explored for education, arts and entertainment purposes. This paper presents an ongoing project that has developed an open-based technology device prototype to broadcast audio to portable devices such as smart phones and tablets called *Gambiarrádio Educacional*. The goal of this project is to take advantage of low-cost equipment based on free software philosophy, as Raspberry Pi, and make it available to be used in education, providing inclusion of visual impairment students, by transmitting audiodescription when working with audiovisual material. The main features of the project, the prototype characteristics and the next steps of the research are as detailed as possible in this article.

Keywords— ICT. FM transmission. Free Hardware and Software. Inclusion. Education.

I. INTRODUÇÃO

Num contexto de crescente conectividade e convergência [1], onde smartphones, computadores e tablets são muito presentes no dia a dia de grande parte da população, principalmente entre os jovens, estão dentre os desafios na educação brasileira contemporânea a atração e a manutenção da atenção dos estudantes para os conteúdos disciplinares trabalhados na escola. Neste panorama, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) são imprescindíveis e têm sido exploradas no enfrentamento de outro grande desafio: a inclusão das pessoas com deficiência [2], [3].

Gambiarrádio Educacional (GEduc) é o nome do projeto sobre o qual este texto versa, com o objetivo de enfrentar estes dois desafios, ao desenvolver um equipamento capaz de transmitir áudio em ondas de rádio FM utilizando um minicomputador, o *Raspberry Pi* (RPi). Proposta pela *Raspberry Foundation*, uma fundação ligada ao Laboratório de Computação da Universidade de Cambridge (UK), essa ferramenta foi criada com o intuito de “contribuir na formação dos estudantes ingleses no sentido de preencher uma lacuna em relação ao pensamento computacional e às habilidades relacionadas à programação, entendidas como fundamentais para atuar na sociedade atual” [4].

Uma das premissas fundamentais do projeto é o desenvolvimento a partir de uma plataforma aberta e livre, visando à criação de uma ferramenta educacional tecnológica de baixo custo, revertendo a lógica de altos custos das tecnologias assistivas e retribuindo à sociedade brasileira a oportunidade de realizar estudos de pós-graduação em uma instituição pública, gratuita e de qualidade.

A idéia surgiu da realização de uma performance artística chamada *Gambiarrádio* (2013), durante os eventos da 9ª Bienal do Mercosul, em Porto Alegre/RS, Brasil. Nesta ação, os músicos improvisam livremente, com instrumentos elétricos plugados em um mixer com um transmissor FM conectado na saída de áudio, ao invés de caixas de som. Assim, o resultado foi uma performance musical silenciosa, em que o público precisou usar seus *smartphones* como receptores FM para ouvir a música que estava sendo executada ao vivo. A partir disso, percebeu-se a possibilidade de utilização de procedimento semelhante no contexto da Educação para diversos fins. A pesquisa bibliográfica reconheceu a possibilidade de programar um RPi para transmitir FM e testes preliminares confirmaram isso.

Considerando o alto custo das licenças para uso de software proprietário, é possível inferir que o acesso a esse tipo de programa dificilmente será universal, o que justifica o objetivo de pesquisar e desenvolver alternativas que atendam a necessidade de democratização do acesso à ferramentas livres para a educação, visando a inclusão de pessoas com deficiência [5].

Diante destas considerações, surge a questão: sabendo-se que o *Raspberry Pi* pode ser programado para transmitir FM, como utilizá-lo para minimizar as barreiras comunicacionais entre estudantes e professores videntes e estudantes com deficiência visual?

Propõe-se, então, a *Gambiarrádio* como dispositivo de tecnologia assistiva, capaz de promover a inclusão educacional de estudantes com deficiência visual em situação de sala de aula com colegas e professores videntes.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um dispositivo de baixo custo para transmissão de áudio via ondas de rádio FM para dispositivos móveis, em área restrita, para uso educacional, com foco na promoção da inclusão de estudantes com deficiência visual, baseado em um minicomputador RPi.

Este artigo apresenta, portanto, a variante GEduc, protótipo que é parte da pesquisa em andamento, descrevendo suas principais características, alguns detalhes sobre a arquitetura do equipamento proposto, os resultados parciais encontrados e os próximos passos a serem alcançados para um experimento pleno e teste de avaliação com usuários reais em um contexto real de uso. Na próxima seção, apresentam-se características básicas do projeto seguido da metodologia básica e próximas etapas.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa está sendo desenvolvida em quatro etapas: (1) Exploratória; (2) Campo; (3) Análise e tratamento do dados; e (4) Final. A metodologia inclui pesquisa exploratória numa perspectiva qualitativa envolvendo desenvolvimento de software, fabricação digital, testes e experimentos para validação do produto em contexto real de uso.

Os processos e metodologias que estão guiando a criação do protótipo da GEduc se baseiam nas propostas de design de interação apresentadas por Rogers, Sharp e Preece no livro *Design de Interação: além da interação humano-computador* [6], que trata do design a partir do ponto de vista da experiência do usuário. Assim, um dos primeiros passos para a criação de um bom design de interação é fazer um levantamento dos requisitos para o dispositivo, levando em consideração os usuários e os objetivos do produto/protótipo. Assim, é necessário definir quem são os usuários e quais são os requisitos.

Os requisitos de um protótipo são as necessidades, as aspirações e as expectativas dos usuários, que podem ser classificados como primários, secundários e terciários. No caso da GEduc, os usuários primários são professoras e professores que têm, dentre suas turmas, estudantes com deficiência visual incluídos em turmas formadas majoritariamente por estudantes videntes. Nos testes em situação real de uso, estes professores irão utilizar a GEduc para transmitir audiodescrição em atividades com audiovisual em sala de aula. Os usuários secundários são os estudantes com deficiência visual que, durante os testes, utilizarão seus próprios dispositivos móveis ubíquos, como *smartphones* e *tablets* e seus respectivos fones de ouvido, para acessarem a transmissão da audiodescrição, feita a partir da GEduc. Teremos ainda, como usuários terciários, com participação indireta, os demais estudantes.

Definidos quem são os usuários, passa-se à definição dos requisitos, que são o que se espera do produto. Testes preliminares realizados durante a confecção de um protótipo de baixa fidelidade, possibilitaram o levantamento de três requisitos iniciais: (1) possibilitar a transmissão de áudio via ondas de rádio FM dentro de uma sala de aula; (2) design compacto e portátil; (3) fácil manuseio.

O atual sistema da GEduc é baseado na filosofia de *software* e *hardware* livres. A versão inicial, criada para a performance em 2013, era constituída por muitas partes díspares, incluindo mixador e *laptop*, equipamentos grandes e pesados que tinham cabos de energia ligados à tomada demandavam a utilização de uma mesa como base de operação, ocupando grande espaço, tornando a estação de trabalho da Gambiarrádio algo fixo. Com o atual protótipo alcançou-se uma estrutura modular e portátil, com um módulo base para fornecer a energia (bateria) e módulos subsequentes anexados por demanda, como minicomputador (RPi) programado para transmitir em FM e ou enviar o áudio via streaming. Futuramente pretende-se desenvolver outros módulos, como mixador, pré-amplificador e equalizador, por exemplo, dependendo da funcionalidade desejada para o equipamento num determinado momento. O RPi¹ possui um processador ARM11 32 bits 700 MHz, 512 MB de memória RAM, cartão micro SD e o Sistema Operacional Raspbian (baseado em Linux); bem como, possibilita conexões *General Purpose Input/Output* (GPIO), portas programáveis de entrada e saída de dados, utilizadas para prover interface entre periféricos [7] e é por meio da programação destas que se realiza a transmissão FM.

Em sua dissertação de mestrado, Maria Teresa A. M. Vasconcelos, designer e pesquisadora portuguesa [8], estabelece quatro critérios para que o design de um dispositivo/aparelho/mobília/objeto, possa ser considerado compacto, sendo eles: (1) mutável, (2) modular, (3) multifuncional, e (4) móvel. Todos os quatro critérios se aplicam à GEduc.

Dizer que é modular significa que o dispositivo é composto por partes - módulos - que se integram. A referência [8] afirma que num design modular “exibem-se unidades que obedecem a parâmetros formais equivalentes, podendo ser encaixáveis e ajustáveis uns nos outros, de modo a criarem combinações diferentes, conforme as necessidades”. Dizer que é portátil, significa que é leve e compacto e que não precisa estar conectado à uma tomada, ou seja, funciona à bateria. Na presente pesquisa, o design modular e portátil é parte do objetivo, tendo algumas de suas propriedades já alcançadas e testadas a partir da construção de um protótipo de baixa fidelidade. Segundo [6], “um protótipo de baixa fidelidade é aquele que não se parece muito com o produto final”, por usar “materiais muito diferentes da versão final pretendida, como papel e cartolina no lugar de telas eletrônicas e metal”. Já a prototipação de alta fidelidade se parece mais com o que se espera do produto final e é mais apropriada para testar questões técnicas [6].

O que se conseguiu até aqui foi o desenvolvimento de um protótipo que é um misto entre baixa e alta fidelidade pois, apesar de não apresentar a configuração e certos materiais que se pretende que constem no produto final, é funcional, sendo capaz de realizar diversas das funções planejadas e dando conta de alguns dos principais requisitos.

¹ Essa configuração corresponde ao *Raspberry Pi 1* modelo B, lançado em 2012 [4] que, em relação ao primeiro modelo, ganhou um incremento da memória RAM, de 256 MB para 512 MB [16].

Segundo [8], “o conceito de compacto relaciona-se com o que é denso, condensado. Subtende-se que o Design Compacto é, desta forma, um design eficiente e funcional, em que o objecto é capaz de executar várias funções, sendo a simplicidade, muitas vezes, sinónimo de funcionalidade” [8].

A Figura 1, abaixo, mostra o atual estado do protótipo e logo a seguir cada um dos aparelhos que o constituem são descritos de forma detalhada.



Fig. 1. Estrutura atual do protótipo de Gambiarrádio Educacional.

- O aparelho marcado na figura acima pela letra “A” é a bateria portátil. Após diversos testes com fontes e baterias portáteis diversas, verificou-se que seria necessário uma saída de 5V com, no mínimo 2000 mA (amperagem). Essa bateria atual, da marca Inova, com potência de 10.400 mAh, possui saída de 5V com 2000 mA.
- O aparelho definido pela letra “B”, é o RPi 1, programado para transmitir via ondas de rádio FM. Ele está conectado à bateria por um cabo USB, com conexão micro USB. E nele está inserido o cartão de memória SD, contendo o sistema operacional Raspbian e o software que executa a transmissão a partir dos GPIO.
- Na letra “C” está placa de áudio externa (Guitar Link, da marca Behringer), que se conecta ao Raspberry Pi 1 por uma das duas entradas USB. Ela é responsável por realizar o processamento de áudio, algo que o Raspberry Pi 1 não realiza com boa qualidade.
- Definido pela letra “D” na figura está o gravador digital de áudio (marca Panasonic, modelo RR-XS410) que está conectado pela sua saída de fones de ouvido, por um cabo de áudio P2 - P2 (e um adaptador de P2 para P10, que é o formato da entrada de guitarra da placa de áudio), à entrada de guitarra da placa de áudio externa. O gravador digital funciona como um microfone, com a vantagem de ter pré-amplificação própria, pois funciona à bateria. O testes com microfones comuns, sem alimentação de energia própria, mostraram que essa opção não daria resultado.

O protótipo acima traz, ainda de forma desmembrada, as partes que comporão os módulos um e dois. São cinco os

módulo planejados até aqui para a GEduc. Dependendo da função que se pretenda executar, configura-se a conexão entre os módulos. Assim, pretende-se que a experiência do usuário se dê a partir de uma Interface Tangível [6, pp. 391], onde o encaixe dos módulos define a função. Abaixo, a arquitetura dos módulos da GEduc é detalhada.

Módulo 1 (M1)/Energia: Fornece a energia para que os demais dispositivos conectados funcionem, como o Raspberry Pi e a placa de áudio externa. Este módulo deverá possuir 3 entradas/conexões: (1) E1 - Micro USB - carrega a bateria (com carregador/fonte semelhante à de telefone celular de 5V com 2.0 A de saída); (2) E2 - USB - carrega dispositivos externos; (3) E3 - GPIO - alimenta o Raspberry Pi 1 via pinos 2 ou 4 (numeração física), segundo a Figura 2, abaixo.

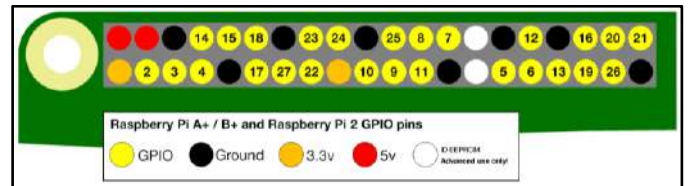


Fig. 2. Estrutura atual do protótipo de Gambiarrádio Educacional.

- Módulo 2 (M2)\ Raspberry Pi: é o centro de comando da GEduc, capaz de transmitir via ondas de rádio FM e via streaming². É um computador completo que, se conectado a um teclado, mouse e monitor, pode ser usado para acessar a internet, editar textos, assistir filmes, vídeos e fotos. Assim, é multimídia e multiuso. Componentes do módulo 2: (1) C1 – Raspberry Pi – programado para transmitir áudio via ondas de rádio FM; (2) C2 – Antena; (3) C3 – Placa de som externa.
- Módulo 3 (M3) - Pré-amplificador: necessário para realizar a função de amplificar o sinal de áudio vindo do mixer, onde estariam conectados os instrumentos.
- Módulo 4 (M4) - Mixer (quatro canais de áudio mono): fundamental para que seja possível conectar quatro instrumentos, no caso de performances de música experimental.
- Módulo 5 (M5) - Transmissor FM comum: no caso da performance de música experimental esse transmissor comum, não baseado em Raspberry Pi é necessário, pois a transmissão do feita a partir do Raspberry Pi apresenta uma pequena latência, quase imperceptível, mas que, para o retorno do músico que está tocando, é perceptível e tem como consequência o atraso no andamento da música. Assim, o transmissor comum exerce a função específica de retorno para os músicos.

Os módulos M3, M4 e M5 não serão desenvolvidos durante esta pesquisa de mestrado por não estarem

² Streaming ou streaming media é o termo utilizado para descrever o processo de emissão em tempo real de arquivos de imagem e som através da internet. [9] Para a transmissão via streaming com o Raspberry Pi versões 1 e 2 é necessário conectar um adaptador de rede externo, via USB, e que haja rede wi-fi no lugar onde a Gambiarrádio Educacional esteja sendo usada. O Raspberry Pi 3 já vem com o receptor wi-fi embutido (on board).

diretamente ligados ao foco do projeto. Sua utilização é necessária apenas para a função F4, descrita detalhadamente a seguir. Para o desempenho das funções F1, F2, F3 e F5, são necessários apenas os módulos M1 e M2.

A partir do desenvolvimento do protótipo acima e do planejamento dos módulos, foram criados cinco cenários, ou seja, casos de uso para GEDuc, apresentados abaixo. Busca-se também dar respaldo teórico para os usos planejados, à luz dos autores que embasam a pesquisa. São elas: (A) sistema para transmissão temporária e local de rádio FM; (B) sistema para tradução simultânea; (C) sistema para audiodescrição; (D) plataforma para performances de música experimental; e (E) sistema para audioguia.

A. Sistema para Transmissão de rádio temporária e local (F1)

A Transmissão de rádio temporária e local proporciona a criação de uma rádio estudantil, com programação feita por grupos de estudantes ou por turmas e utilização educativa de programas de rádio propostos por professores. É importante a atenção ao fato de que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) estabelece desde 1996 a música como conteúdo obrigatório do componente curricular Arte, com a alteração feita no texto em 2016, ela passa a ser uma das linguagens obrigatórias do componente curricular Arte [10]. Assim, disponibilizar à comunidade escolar um dispositivo capaz de viabilizar a divulgação de pesquisas musicais e de socializar a produção musical feita em projetos na escola parece ser algo relevante. Além disso, seria possível usar o dispositivo para transmissões de comunicação da diretoria à toda a comunidade escolar de uma só vez, apenas combinando com professoras e professores um horário específico em que todos deveriam ligar seus aplicativos de Rádio FM dos celulares e smartphones e sintonizar uma determinada frequência (estação) para ouvir o comunicado, que pode ser feito ao vivo ou a partir de uma gravação.

B. Sistema para tradução simultânea (F2)

Tradução simultânea é um serviço muito caro para uma pequena escola pública contratar. É algo que encarece qualquer evento, como congressos e seminários, podendo até inviabilizá-lo. A possibilidade de ter o seu próprio sistema de transmissão poderia encorajar as comunidades escolares pequenas a organizar eventos internacionais, como reuniões, seminários ou conferências. Lembrando que vários estados do país fazem fronteira com países de língua oficial hispânica e, no caso do Paraguai, que mantém viva a língua materna, o Guaraní. Além disso, a autonomia na tradução simultânea poderia promover a realização de eventos com participação de comunidades tradicionais indígenas, uma demanda importante no Brasil, tanto que é contemplada na [10], como afirma o parágrafo 2º do artigo 26-A do Capítulo II: “Os conteúdos referentes à história e cultura afro-brasileira e dos povos indígenas brasileiros serão ministrados no âmbito de todo o currículo escolar, em especial nas áreas de educação artística e de literatura e história brasileiras” [10]. A Gambiarrádio Educacional pode ser utilizada neste contexto, convertendo-se em uma solução de baixo custo. Com este equipamento, qualquer escola pode se auto-organizar no sentido de ter uma

tradução simultânea, apenas precisando de um professor de línguas disposto a realizar a tradução ao vivo.

C. Sistema para transmissão de Audiodescrição (F3)

Considerando-se a inclusão de Pessoas com Necessidades Educativas Especiais (PNEEs) [11] – atualmente, Pessoa com Deficiência (PcD) –, apoiada pela Lei Federal brasileira (9394/96, Art. 4), todas as escolas do Brasil tem a possibilidade de receber e a responsabilidade de acolher estudantes com deficiência, tais como cegos, baixa-visão ou surdos, só para citar alguns tipos de deficiência bastante comuns. São a escola e a comunidade escolar quem deve se adaptar às necessidades específicas da pessoa com deficiência e não o contrário, como já era explicitado pelos delegados da Conferência Mundial de Educação Especial, na Declaração de Salamanca (1994), da qual o Brasil é signatário [12].

Neste contexto, do paradigma da educação inclusiva, Gambiarrádio Educacional pode ser utilizada como uma ferramenta promotora da inclusão, permitindo que o professor apresente um vídeo à sua turma, por exemplo, e transmitir via ondas de rádio FM a áudio-descrição correspondente ao vídeo, apenas para o estudante com deficiência visual, que poderia usar um smartphone como receptor. Desta forma o estudante com deficiência teria uma experiência síncrona com o restante da turma, tendo seu acesso ao conteúdo do material audiovisual maximizado. A referência [13] esclarece que “a áudio-descrição é recurso de acessibilidade comunicacional, ferramenta que propicia às pessoas com deficiência usufruir o direito à informação, à cultura e ao lazer”. Assim, utilizar a audiodescrição é respeitar o direito das PcDs “e se aplica aos eventos visuais, imagens estáticas ou dinâmicas, encontradas na forma de figuras, desenhos, pinturas, fotos, dentre outras, apresentadas em suportes como álbuns, catálogos, livros, slides, painéis, vídeos e outros.

D. Plataforma para performances artísticas experimentais (F4)

Performances que se utilizem das possibilidades abertas pela transmissão de áudio via ondas de rádio FM e via streaming, como projetos na área da música experimental. Como dito anteriormente, a Música é linguagem obrigatória do componente curricular Arte e pode-se explorar as possibilidades abertas pelas pesquisas sobre música ubíqua que “é, na prática, música (ou atividades musicais) suportada(s) por conceitos e tecnologias da computação ubíqua” [14]. Ou seja, dispositivos de uso cotidiano, como telefones celulares, *smartphones* e *tablets*. As pesquisas acerca deste tipo de música reaproveitam esses dispositivos como interfaces para sistemas de música ubíqua, “explorando as suas capacidades de portabilidade, mobilidade e conectividade, e acima de tudo sua disponibilidade para uma pessoa comum (incluindo os novatos em música)” [14].

Desta forma, Gambiarrádio Educacional seria uma ferramenta móvel de suporte à criatividade, uma plataforma, viabilizando diversas possibilidades de uso para a criação de música experimental, em conexão com dispositivos ubíquos, como no exemplo da performance original Gambiarrádio, mencionada anteriormente na Introdução.

E. Sistema para Áudio Guia (F5)

A partir da transmissão de gravações que mapeiem um determinado espaço, dando conta de descrições sobre um prédio ou área, ou estabelecendo um roteiro de visitação à exposições ou espaços, fornecendo explicações e contextualizações em áudio [15].

III. RESULTADOS

Até aqui os resultados são parciais, porém alguns deles apontam para o sucesso em realizar com apenas dois módulos, M1 (bateria) e M2 (RPi), quatro das cinco funcionalidades propostas, sendo elas (1) Sistema para transmissão de rádio temporária e local, (2) Sistema para Tradução Simultânea, (3) Sistema para transmissão de Audiodescrição e (4) Sistema para Áudio Guia. Com a construção do protótipo de baixa fidelidade dos módulos da GEduc, puderam ser testados preliminarmente os seguintes requisitos: (a) ser portátil, leve e compacto (aproximadamente 300g); (b) funcionamento ativado a partir da configuração dos módulos (sem botões ou interfaces) – a idéia é que não haja botões ou interface, que o dispositivo inicie a transmissão a partir do momento em que os módulos M1 e M2 sejam conectados; uso de ímãs – os testes com os ímãs mostraram que seu uso para fazer com que os módulos se mantenham unidos e encaixados adequadamente, é possível e funciona.

Com a colaboração de Joel Grigolo do *Matehackers Hackerspace*³, que tem colaborado sistematicamente com a pesquisa, desenhou-se no *Blender* (software livre) uma primeira versão tridimensional para o case dos módulos, já prevendo a sua fabricação no POALAB, Fab-Lab do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Porto Alegre, a partir de modelagem e impressão 3D. A Figura 3 abaixo apresenta uma imagem do case proposto.

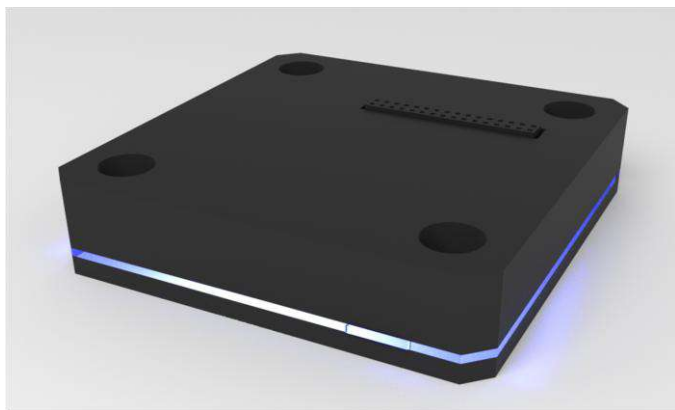


Fig. 3. Projeto de case modular para a *Gambiarrádio Educacional*, desenvolvido em colaboração com Joel Grigolo dos *Matehackers*.

Uma questão que surgiu em testes preliminares, tanto no *Matehackers Hackerspace*, quanto em situações informais com estudantes no campus Osório do IFRS, e que pode ser determinante para o sucesso ou não de testes e demonstrações com a GEduc, é o fato de muitas pessoas usarem *smartphones*

³ O *Matehackers Hackerspace* é um pólo de criatividade e de pesquisa na área de tecnologia, onde se exercita uma postura libertária em relação à educação, onde o livre compartilhamento do conhecimento é a regra.

do modelo *iPhone*, do fabricante *Apple*. Tal modelo não dispõe de um aplicativo receptor de FM. Em diversas situações esse fator limitou o número de pessoas presentes que poderiam acessar a transmissão. Sobre a qualidade da transmissão, especificamente, ainda há alguns pontos a serem aperfeiçoados. O alcance da transmissão hoje está em cerca de 15 m de raio, ou seja, atinge uma área de em torno de 30 m. O áudio oriundo dessa transmissão está com volume baixo e com muito ruído, ou seja, se o ambiente for ruidoso e dependendo do tipo de fone que se usa, quase não se escuta.

IV. DISCUSSÃO

Por sua característica de ser um transmissor de áudio portátil, entre outras coisas, *Gambiarrádio Educacional* tem um grande potencial na promoção de uma mudança efetiva na forma como os professores e as PcDs interagem, aumentando o número de atividades que as PcDs podem fazer com os colegas de classe de forma síncrona. Algumas atividades comuns poderiam ser complementadas de forma a socializar a inclusão. Por exemplo, em uma atividade de produção de audiovisual, como um vídeo, uma das etapas avaliativas do processo de criação pode ser a produção da áudio-descrição. Assim, o estudante com deficiência visual poderia participar ativamente, ajudando possivelmente todos os grupos a desenvolverem um melhor material audiovisual, acessível e democrático. Neste processo, o estudante com deficiência visual e os estudantes videntes estariam operando na Zona de Desenvolvimento Proximal, de Vigotski, tendo um desenvolvimento acima daquele que poderiam ter caso estivessem trabalhando separadamente [11]. É na busca por possibilitar o maior número de atividades síncronas entre estudantes com deficiência visual e videntes que a presente pesquisa se apóia, com a certeza de que isso ajudará no desenvolvimento tanto dos estudantes com deficiência visual quanto dos estudantes videntes.

As pesquisadoras da área da Educação Inclusiva [11] apontam que, de acordo com a teoria sobre o desenvolvimento dos processos mentais superiores de Vigotski, a inteligência se origina a partir de interações interpessoais. Portanto, minimizar barreiras comunicacionais e, assim, promover a socialização é promover um ambiente mais propício à aprendizagem e ao desenvolvimento da inteligência.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma pesquisa em andamento que visa produzir um dispositivo portátil e livre para transmissão de áudio ao vivo, via ondas de rádio FM, que pode ser usado para diversas atividades no contexto educacional. GEduc já passou por testes preliminares envolvendo conexões de hardware, instalação de software e transmissão simples de áudio via FM, que demonstraram o potencial inicial desta ferramenta. Os próximos passos incluem a finalização do design do case modular e sua fabricação, bem como a validação do projeto com usuários reais. Se nos testes comprovarem que a GEduc é capaz de minimizar as barreiras comunicacionais impostas pela deficiência visual a partir da transmissão da audiodescrição, possibilitando o aumento do número de atividades que os/as estudantes com deficiência podem realizar de forma síncrona com seu colegas videntes, o

protótipo poderá ser validado como tecnologia assistiva. Considerando que o projeto é todo baseado em hardware e software livres, registrado sob uma licença *Creative Commons*, portanto, um dispositivo livre, GEduc tem grande potencial para contribuir em vários campos, tornando áudio, música e audiovisual mais democráticos, acessíveis e realizáveis, principalmente no contexto educacional e de forma inclusiva. Por fim, há a intenção de se produzir o *kit* GEduc para colocá-lo disponível para qualquer pessoa interessada em fazer isso, dentro da filosofia *Do It Yourself*.

Referências

- [1] NERI, MC. "Mapa da inclusão digital no Brasil." Rio de Janeiro: FGV (2012).
- [2] Meira, Jose Nilton B., et al. "Uma ferramenta de autoria de materiais instrucionais com símbolos matemáticos acessíveis a deficientes visuais." Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). Vol. 1. No. 1. 2008.
- [3] Campoverde, Paúl Hernán Mejía, and Luiz César Martini. "Calculadora Financiera FINANVOX: Herramienta Informática Educativa de apoyo para deficientes visuales en su proceso de formación académica." Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). Vol. 1. No. 1. 2011.
- [4] Wing, Danielle, and Eric Meyers. "Easy as Pi: Designing a library program to support computational thinking in preteens." BCLA Browser: Linking the Library Landscape 6.3 (2014).
- [5] Conchinha, Cristina, Patrícia Osório, and João Correia de Freitas. "Playful learning: Educational robotics applied to students with learning disabilities." Computers in Education (SIIE), 2015 International Symposium on. IEEE, 2015.
- [6] Rogers, Y., H. Sharp, and J. Preece. "Design de Interação: Além da Interação Humano-Computador. Porto Alegre, Brasil: Bookman." (2013).
- [7] da Silva, Adryano Max Escorcio, Eveline Sá, and Jeane Teixeira. "Especificando objeto de aprendizagem para raspberry pi usando design instrucional." Anais temporários do LACLO 2015 10.1 (2015): 252.
- [8] Vasconcelos, Maria Teresa Alves de Magalhães. "O design compacto: critérios de design para uma vida em mudança." Dissertação de mestrado. Porto: Universidade do Porto (2009).
- [9] Medeiros, Macello. "Transmissão Sonora Digital: modelos radiofônicos e não radiofônicos na comunicação contemporânea." Ciberlegenda 21 (2009).
- [10] BRASIL. "Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDBEN - Lei 9.394, dezembro de 1996."
- [11] Estabel, Lizandra Brasil, Eliane Lourdes da Silva Moro, and Lucila Maria Costi Santarosa. "A inclusão social e digital de pessoas com limitação visual e o uso das tecnologias de informação e de comunicação na produção de páginas para a Internet." Ciência da Informação 35.1 (2006).
- [12] DECLARAÇÃO DE SALAMANCA. "Necessidades Educativas Especiais-NEE." Conferência Mundial sobre NEE: Acesso em: Qualidade-UNESCO. Salamanca/Espanha: UNESCO. 1994.
- [13] de Lima, Francisco José. "Introdução aos estudos do roteiro para áudio-descrição: sugestões para a construção de um script anotado." Revista brasileira de tradução visual 7.7 (2011).
- [14] Pimenta, Marcelo S., et al. "Música Ubíqua: Suporte para atividades musicais em dispositivos móveis." ScientiaTec 2.2 (2015): 61-74.
- [15] Firmino, Emiliano, and Mauro Teófilo. "Enriquecendo a experiência de uso do piso tátil com audiodescrições providas por celular." Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Brazilian Computer Society, 2013.
- [16] Edwards, Chris. "Not-so-humble raspberry pi gets big ideas." Engineering & Technology 8.3 (2013): 30-33.