

**Dados Pessoais**

Nome: Rafael Luiz Cancian  
Setor: CTC-DEPTO DE INFORMATICA E ESTATISTICA  
Centro: CENTRO TECNOLÓGICO  
Titulação: DOUTOR

**Relatório:**

Os relatórios devem ser enviados digitalizados no presente formulário, nos formatos: pdf, doc, rtf, png, bmp, jpeg. O tamanho máximo por arquivo é de 2MB (Mega Bytes).

**Relatório do programa Pró-Bolsa**

Nenhum arquivo selecionado.

Assim que o link para o arquivo aparecer, ele já está salvo no Banco de Dados.  
A troca do arquivo é permitida até o antes do início das avaliações.

**Projeto de Extensão (título)**

Sistema computacional embarcado vestível para substituição do sentido da audição por estímulos vibro-táteis para portadores de deficiência auditiva

**Áreas temáticas e linhas programáticas**

Tecnologia e produção - atenção a grupos de pessoas com necessidades especiais  
null

**Título (deve dar uma ideia clara, de forma breve e direta, dos aspectos do projeto)**

Sistema computacional embarcado vestível para substituição do sentido da audição por estímulos vibro-táteis para portadores de deficiência auditiva

**Resumo (deve sintetizar os pontos mais importantes do projeto e os apresenta, obrigatoriamente, de forma concisa)**

Este projeto de extensão propõe o desenvolvimento de um equipamento de computação embarcada vestível que recebe streams de dados (sons) provenientes de um microfone e os codifica em padrões de potência que são aplicados a uma matriz de motores de vibração que estão integrados a uma vestimenta, fornecendo estímulos vibro-táteis à pele do usuário, e que correspondem indiretamente aos sons ambientes recebidos pelo microfone.

Esse equipamento embarcado vestível visa a substituição sensorial da audição para portadores de deficiências auditiva, que passam sentir os sons como estímulos vibro-táteis. Inicialmente o cérebro do usuário não sabe dar significado a esses novos estímulos, mas devido à sua grande adaptabilidade, o cérebro aprende a dar significado a eles de modo natural e inconsciente, após uma fase de treinamento, de forma que não seja necessária atenção consciente ou concentração para compreendê-los.

Esse projeto de extensão visa melhorar a qualidade de vida de pessoas portadoras de deficiência auditiva ao fornecer um equipamento não invasivo e de baixo custo, de fácil construção e que pode ser uma alternativa viável aos implantes cocleares e outras próteses, que possuem custo muito elevado e diversas restrições de uso.

## Introdução

Segundo censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE, 9,8 milhões de brasileiros possuem deficiência auditiva, o que representa 5,2% da população brasileira. Deste total 2,6 milhões são surdos e 7,2 milhões apresentam grande dificuldade para ouvir. Já, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (2011) 28 milhões de brasileiros possuem algum tipo de problema auditivo, o que revela um quadro no qual 14,8% do total de 190 milhões de brasileiros, possuem problemas ligados à audição.

A deficiência auditiva pode ser classificada como deficiência de transmissão, quando o problema se localiza no ouvido externo ou médio; mista, quando o problema se localiza no ouvido médio e interno; e neurosensorial, quando se origina no ouvido interno e no nervo auditivo. Infelizmente, esse tipo de surdez em geral é irreversível.

Dentre as tecnologias para recuperação da audição estão as próteses auditivas convencionais, ou aparelhos de amplificação sonora individual, que captam, fitram, amplificam e tratam o som ambiente, direcionando-o para a orelha. Eles facilitam a audição de pessoas com deficiência auditiva, mas que não sejam surdos. Uma de suas vantagens é não ser invasivo.

Outra opção são as próteses de condução óssea. Estas próteses utilizam vibradores que são adaptados a óculos ou implantes ancorados no osso. Estão indicadas preferencialmente em casos de surdez de transmissão e utilizam a capacidade do osso transmitir as ondas sonoras. As ondas sonoras são captadas por um microfone e transmitidas ao osso temporal através dum vibrador colocado atrás da orelha. As vibrações põem a vibrar as paredes da cóclea, transmitindo-se aos líquidos do ouvido interno e às células ciliadas do órgão espiral. Por fim, os implantes do ouvido médio são semelhantes aos aparelhos de condução óssea. O som é captado e transmitido a um vibrador que, nestes equipamentos é fixado à cadeia óssea, amplificando os movimentos da cadeia, transmitindo o som via estribo ao ouvido interno. Esses equipamentos necessitam duma implantação cirúrgica complexa e têm indicações restritas para a sua colocação.

Todas essas as próteses auditivas só conseguem melhorar a transmissão do som ao ouvido interno. Se a perda de células ciliadas ou neurônios for muito significativa, a qualidade e a quantidade de informação auditiva que chega ao cérebro serão insuficientes para permitir uma audição normal. Também é importante lembrar que o sucesso de cada uma dessas técnicas depende de diversos outros fatores, incluindo o tempo de privação da audição, quando isso ocorreu, se aprendeu a se comunicar antes da perda auditiva ou não, entre outros fatores. Portanto, as soluções apresentadas são uma opção apenas para uma parcela das pessoas com deficiência auditiva. Em nosso país o custo dessas próteses ou implantes é também outro fator muito limitante.

Pelo exposto, incluindo a parcela da população afetada, as dificuldades encontradas nas soluções existentes, seu custo, e também os prejuízos sociais causados por essa deficiência, o tema demonstra ser relevante e importante, e alternativas são necessárias.

Este projeto de extensão visa fornecer uma alternativa às próteses e implantes para deficientes auditivos, usando uma abordagem diferente e relativamente recente e que pode ter maior abrangência, pois não está limitada a qualquer dano físico que cause a surdez (problemas no ouvido externo, médio, interno ou nervo auditivo) e também porque deve apresentar baixo custo, estimado em menos de seiscentos reais para ser confeccionado, além de não ser invasiva. A solução proposta neste projeto corresponde à "substituição sensorial", em que a audição é substituída por estímulos vibratórios, ou vibro-táteis, que se diferem das soluções anteriores pois não visa transmitir a vibração ao ouvido interno, mas à pele de outras partes do corpo, de modo que os sons sejam sentidos pelo tato, e não pelo aparelho auditivo danificado.

Um sistema computacional embarcado vestível, na forma de uma cinta de correção de postura, capta e processa os sons ambientes, transformando-os em estímulos vibro-táteis sentidos no torso e de forma totalmente independente do aparelho auditivo. Esses novos estímulos não possuem qualquer significado inicialmente para o usuário, mas com treinamento seu cérebro aprende a como interpretá-los e a como reconstruir seu significado auditivo.

### **Objetivos (apresentação do objetivo geral e dos objetivos específicos; descrição das atividades a serem desenvolvidas para o alcance dos objetivos)**

O principal objetivo deste projeto de extensão é desenvolver um protótipo de equipamento vestível (wearable) de computação embarcada de pequenas dimensões que recebe streams de dados (sons) provenientes de um microfone e os codifica em padrões de potência aplicados a uma matriz de motores de vibração (estímulos vibro-táteis) dispostos ao longo da pele do usuário, na forma de uma vestimenta usada no torso. Tal equipamento embarcado, por si, visa a substituição sensorial, pois permite que informações auditivas (para pessoas com essa deficiência) sejam processadas e convertidas em estímulos vibro-táteis para o usuário, de forma totalmente independente do aparelho auditivo.

Também é objetivo deste projeto de extensão que tais estímulos vibro-táteis possam ser "sentidos" de modo natural e inconsciente pelo usuário, após uma fase de treinamento, de forma que não seja necessária atenção ou concentração do usuário para compreendê-los.

Os objetivos específicos deste projeto de extensão são os seguintes:

1. Desenvolver um sistema-em-chip baseado em FPGA para integrar os novos softwares embarcados e hardware sintetizáveis.
2. Adaptar, desenvolver e integrar IP cores e software embarcados para processamento digital de sinais e para geração de padrões de potência nos atuadores.
3. Construir protótipos físicos vestíveis e realizar treinamento de uso para interpretação dos estímulos.
4. Divulgar os resultados do projeto, participar de eventos técnico-científicos e disponibilizar formas de replicar os resultados da pesquisa às pessoas interessadas.

As metas a serem alcançadas para o cumprimento dos objetivos gerais que são as seguintes:

1. Adquirir componentes, kits e outros itens necessários à execução do projeto
2. Implementar e sintetizar em FPGA um sistema-em-chip (SoC) inicial.
3. Desenvolver software para coleta de dados do sensor (microfone).
4. Desenvolver e integrar IP core para controle de matriz de motores de vibração.
5. Confeccionar a vestimenta que integra o SoC e motores de vibração.
6. Desenvolver, adaptar e integrar algoritmos para processamento digital de sinais.
7. Treinar a percepção dos estímulos vibro-táteis.
8. Divulgar os resultados do projeto de extensão.

### **Metodologia e proposta de sistematização e difusão dos conhecimentos gerados**

Inicialmente, em relação ao gerenciamento e coordenação do projeto, utilizamos a metodologia proposta pelo PMI (Project Management Institute), que já vem sendo aplicada a outros projetos do LISHA (Laboratório de Integração de Software e Hardware), bem como na etapa de 'planejamento' deste projeto. Durante as fases de 'execução' e de 'monitoramento e controle' do projeto acompanhamos todas as áreas indicadas pelo PMI, o que inclui integração, escopo, custos, qualidade, aquisições, recursos humanos, comunicação, risco, tempo e partes interessadas. Nosso plano de gerenciamento de integração estabelece o plano de gerenciamento do projeto, orienta a monitorar e controlar o trabalho do projeto. Todas as informações necessárias a cada uma das partes interessadas estão disponíveis em nosso ambiente de gerenciamento de projetos, que inclui controle de versão (SVN/Git) de cada documento e cada artefato desenvolvido, comunicação entre os interessados (fórum integrado) e gerenciamento das atividades durante a execução (web2project). Um especialista técnico avalia periodicamente o cumprimento das atividades (conforme descrito no plano de gerenciamento do tempo) e reporta indicadores de desempenho de trabalho (medidas técnicas, percentual de conclusão, custos e despesas, etc) ao gerente de projetos, que pode reavaliar alocação de recursos, agendas, cronograma e equipe, mantendo a linha-base do projeto inalterada. Todas as mudanças consideradas necessárias são incluídas num documento de 'solicitação de mudanças', que são aplicadas se aprovadas pelas partes envolvidas. Vários históricos de versões de documentos como indicadores de desempenho de trabalho e de mudanças no projeto são utilizados para melhorar a qualidade de projetos posteriores. A efetividade desse método tem se demonstrado muito boa.

A metodologia utilizada na execução das atividades do projeto é descrita nas "formas de avaliação do projeto pelo coordenador" (devido à limitação do tamanho do texto e aderência àquela seção).

**Fundamentação teórica:**

As pesquisas que envolvem a substituição de sentidos visam atender exclusivamente pessoas com algum tipo de deficiência. As mais comuns são a substituição do sentido da visão por estímulos auditivos [3, 9, 10, 1, 14], estímulos eletro-táteis [4, 12, 13] ou estímulos vibro-táteis [2, 6]. A substituição da visão exige uma "resolução" grande, com boa quantidade de atuadores táteis, ou então em um espectro amplo de sons [14, 3], mas que prejudicam o entendimento de outros sons ambientes enquanto o equipamento está em uso. Merecem destaque as pesquisas que utilizam atuadores eletro-táteis na língua [4, 13, 12], pois esse órgão possui muitos receptores e permite grande densidade de atuadores numa pequena área. Porém, essa abordagem tem como principal desvantagem impedir que a pessoa se comunique oralmente enquanto usa o equipamento. Sua língua e sua boca estão ocupadas substituindo a visão. Outras pesquisas usam atuadores vibro-táteis em outras partes do corpo, como a testa ou o torso, onde a densidade é menor (tem-se resolução menor ou é necessária uma área maior de pele), porém o usuário tem a fala liberada.

Também podemos encontrar pesquisas para substituição do sentido da audição por estímulos vibro-táteis, como em [5], onde está sendo desenvolvido uma solução de baixo custo que corresponde a um colete vibratório pelo qual a informação auditiva é capturada, processada digitalmente, e entregue à pele do tronco, utilizando pequenos motores vibratórios. O projeto já tem um protótipo funcional, mas ainda não é um produto.

Independente do sentido sendo substituído ou da forma como isso é implementado, invariante é o fato que seus usuários percebem inicialmente os novos estímulos como totalmente estranhos, sem nenhum significado, e não os compreendem. Os trabalhos demonstram que é necessário um período de treinamento que pode variar de alguns minutos a algumas semanas para que o cérebro, altamente adaptável, aprenda a dar significado a esses estímulos. Também há pesquisas que focam em melhores formas de treinamento para as pessoas usando esses equipamentos de substituição de sentidos, como em [9, 1], em que apresentam um método lúdico de treinamento baseado em jogos, no qual a pessoa precisa executar tarefas de rota-navegação sob diferentes condições, com a finalidade de treinamento e teste de suas habilidades de orientação e mobilidade, baseando-se exclusivamente na percepção de sinais de áudio 3D, pois usa um equipamento para substituição via audição.

**Público alvo e impacto comunitário (descrição do público alvo; número estimado de pessoas beneficiadas; forma de abordagem; descrever os resultados esperados e o impacto comunitário)**

O público-alvo deste projeto são pessoas com deficiência auditiva, principalmente aquelas sem condições financeiras para adquirir próteses ou realizar implantes invasivos, ou então que possuem características que não permitem o uso dessas tecnologias (como danos no nervo auditivo). De maneira geral, não vemos restrições físicas de uso da solução proposta a qualquer pessoa com deficiência auditiva, e supomos, de maneira empírica, que ela seria mais indicada aos surdos e aqueles com maior deficiência auditiva, em que as próteses e implantes existentes não são soluções eficientes, totalizando talvez cerca de 2 milhões de pessoas.

Espera-se que este projeto de extensão possa fornecer uma melhora significativa na qualidade de vida dessas pessoas, permitindo a elas reconhecer sons e palavras, vozes e possivelmente a direção do som. Indiretamente, essa percepção sensorial dos sons deve possibilitar a elas não apenas maior e melhor convívio social, como também outras oportunidades no mercado de trabalho.

Contudo, não imaginamos que seja possível, imediatamente após este projeto de extensão (de um ano), abordar a totalidade desse público-alvo. Este projeto de extensão visa desenvolver o protótipo de um equipamento que permitirá a substituição sensorial da audição e realizar o treinamento em pelo menos um usuário. Entretanto, há vários graus de deficiência e muitos fatores influenciam esse treinamento, como o período tempo em que o usuário está privado da audição, quando ocorreu a perda auditiva, e outros. Portanto, não é viável criar, dentro do prazo deste projeto (um ano), manuais ou formas de abordagem e atendimento para todos os diferentes perfis do público-alvo.

Além disso, este projeto não fará qualquer medição biométrica e não haverá coleta ou manejo de qualquer informação ou de qualquer material do ser humano, que não é o alvo da pesquisa. Trata-se de um sistema computacional embarcado como muitos outros com o qual o ser humano já interage comumente (como um smartphone, objetos inteligentes, gadgets, eletrônica de consumo e outros), sendo

a principal diferença a interface homem-máquina, que não se dará através de telas, sons ou botões, mas por padrões de vibração na pele. Isso demandará uma equipe especializada no assunto e outro projeto que terá, como base, o equipamento produzido aqui.

### Exequibilidade

Com base na pesquisa bibliográfica realizada, na experiência da equipe executora, na infraestrutura disponível e mesmo em provas de conceito já implementadas, concluímos que o projeto é factível e pode ser realizado com sucesso dentro do cronograma previsto. A revisão bibliográfica demonstra o sucesso em outras iniciativas ao criar protótipos para substituição de sentidos, principalmente a visão (que aparenta ser mais complexa), e a eficácia de mecanismos de treinamento para que o cérebro interprete adequadamente o novo conjunto de estímulos sensoriais. Portanto, já se demonstrou o sucesso na adequação de processos mentais na interpretação de novas fontes de informação sensorial, ou seja, o cérebro realmente é capaz de aprender a dar significado a novos estímulos, independente de onde eles venham. Além disso, os componentes (de software e/ou de hardware) mais complexos exigidos neste projeto, como transformadas de Fourier e algoritmos de processamento de imagem, podem ser encontrados prontos, demandando apenas adaptações ao contexto deste projeto. Com isso, o tempo de desenvolvimento é encurtado.

Este projeto de extensão será realizado por alunos de graduação que já estão integrados ou que serão integrados à equipe do Laboratório de Integração de Software e Hardware (LISHA), coordenado pelo proponente deste projeto. A equipe do LISHA é composta por alunos de graduação, pós-graduação e professores pesquisadores com ampla experiência no desenvolvimento de projetos de pesquisa e demandas industriais, desenvolvendo protótipos e produtos funcionais que atendem os requisitos funcionais e não-funcionais especificados. Temos experiência no desenvolvimento de software embarcado para diferentes arquiteturas (ia, arm, ppc, sparc, avr, mips, ublaze, etc) e também no desenvolvimento de hardware, tanto sistemas digitais sintetizáveis e SoCs (descritos em linguagens de descrição de hardware ou de alto nível) quanto hardware analógico físico (projeto lógico, layout de PCB, montagem). A infraestrutura do LISHA possui bancada de hardware com estação de solda, instrumentos de medição e testes (osciloscópios, multímetros, etc) e prototipação de circuitos (protoboards, fios, componentes eletrônicos diversos, etc).

Além da infraestrutura física do LISHA e de seus equipamentos, o proponente deste projeto de extensão já adquiriu os recursos de custeio necessários à execução do projeto, incluindo: placas de desenvolvimento e prototipação baseadas em FPGA da Xilinx, cabos, conectores e adaptadores, 40 motores de vibração, cinta de correção de postura para servir de vestimenta, microfones e outros componentes eletrônicos.

Por fim, com o objetivo de confirmar algumas hipóteses básicas sobre o projeto, utilizamos um pequeno conjunto de 30 motores vibratórios e os integramos a um boné, nossa primeira ideia de item de vestimenta para esse equipamento, como apresentado na figura disponível em [http://www.inf.ufsc.br/~cancian/probolsas2016/prototipo\\_1.png](http://www.inf.ufsc.br/~cancian/probolsas2016/prototipo_1.png). Conectamos esse boné a um kit de desenvolvimento DE2 da Altera ([http://www.inf.ufsc.br/~cancian/probolsas2016/prototipo\\_2.png](http://www.inf.ufsc.br/~cancian/probolsas2016/prototipo_2.png)) onde sintetizamos um componente para leitura da amplitude do som a partir de um microfone e sua codificação temporal a potências dos motores de vibração no boné, usando um vetor de controladores PWM. As diferentes amplitudes do som, ao longo do tempo, são claramente perceptíveis como estímulos vibro-táteis na cabeça. Contudo, o treinamento para reconhecer os sons com essa codificação simples não se mostrou eficiente, e seria necessário uma codificação mais elaborada, transformando os sons para o domínio da frequência. Também percebemos que a proximidade dos motores não nos permitia aumentar sua quantidade, o que exigiria uma área de contato maior, o que nos fez sugerir a pele do torso (e não da cabeça) como área de contato. Por fim, utilizando uma câmera embarcada (também adquirida pelo proponente do projeto) codificamos de maneira simples e imediata os pixels capturados, e que nos leva a imaginar uma futura continuação de maior abrangência como continuação deste projeto, objetivando a substituição do sentido de visão para portadores de deficiência visual.

### Participantes do projeto

Participante	Tipo	Detalhe
--------------	------	---------

Maiara Heil Cancian	Externo	Pesquisadora em engenharia de software e gerência de projetos
JOSE LUIS ALMADA GUNTZEL	Servidor	DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E DE ESTATÍSTICA/CTC
João Guilherme Fritsche Colombo	Aluno	CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
ANTONIO AUGUSTO MEDEIROS FROHLICH	Servidor	DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E DE ESTATÍSTICA/CTC
Rafael Luiz Cancian	Servidor	DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E DE ESTATÍSTICA/CTC
Gabriel Pereira Fernandes	Aluno	ENGENHARIA ELETRÔNICA

### Articulação com o ensino e pesquisa

Este projeto de extensão faz uso de técnicas, tecnologias, ferramentas, conceitos e conhecimentos trabalhados em diferentes disciplinas de cursos de graduação de ciências da computação, engenharia eletrônica e engenharia de automação. Em especial, no ensino da graduação, os elementos previamente citados que se referem a hardware sintetizável são vistos nas disciplinas de "Circuitos e Técnicas Digitais", "Sistemas Digitais" e "Organização de Computadores". O proponente deste projeto é professor da parte de laboratório da disciplina de "Sistemas Digitais" (para os cursos de ciências da computação e engenharia eletrônica), e outro integrante da equipe é professor da parte teórica de "Sistemas Digitais" e "Circuitos e Técnicas Digitais" (para os cursos de ciências da computação e engenharia eletrônica). Portanto, a articulação do projeto no que se refere a hardware sintetizável é plenamente possível. Os elementos do projeto citados inicialmente e que se referem a software embarcado são tratados na graduação principalmente nas disciplinas de "Sistemas Operacionais I", "Integração Software/Hardware", "Laboratório de Microprocessadores e Lógica Programável" e "Sistemas Operacionais II". O proponente deste projeto é professor da disciplina de "Sistemas Operacionais I" e "Integração Software/Hardware", e outro membro da equipe é professor também de "Integração Software/Hardware" e também de "Laboratório de Microprocessadores e Lógica Programável" e "Sistemas Operacionais II". Portanto, a articulação do projeto no que se refere a software embarcado é plenamente possível.

Assim, a articulação no ensino irá acontecer em pelo menos algumas das disciplinas citadas, pelo menos na parte de laboratório de Sistemas Digitais, em Sistemas Operacionais I e em Integração Software/Hardware. Nessas disciplinas, itens desenvolvidos neste projeto serão abordados como estudos de caso e, em alguns casos(\*) será solicitado a alguns grupos de alunos que reproduzam os resultados obtidos no projeto, como forma de aprendizado prático contextualizado.

(\*) Na disciplina de Sistemas Operacionais I as avaliações são diversificadas e os alunos podem escolher entre algumas opções. Então grupos de alunos com interesse nessa área podem reproduzir alguns resultados do projeto como avaliações práticas.

Dois pesquisadores integrantes da equipe deste projeto são integrantes do laboratório de integração de software e hardware (LISHA) e outro colaborador desta equipe é integrante do laboratório de computação embarcada (ECL). Então, a articulação deste projeto com a pesquisa é plenamente possível. Pelo menos no LISHA as atividades realizadas neste projeto de extensão estão diretamente relacionadas a projetos de pesquisa já realizados, a projetos em desenvolvimento e a ideias de futuros projetos de pesquisa. Portanto, os alunos que participarão deste projeto terão o suporte de outros integrantes do laboratório com alguma experiência nesses temas e estão se capacitando para participar ativamente de futuros projetos de pesquisa científica desenvolvidos no laboratório.

### Cronograma de execução do projeto (descrição das atividades e cronograma)

Atividade	2016							2017				
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Projeto lógico do sistema-em-chip	X	X										
Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA	X	X										
Software de teste de funcionamento executável no softcore da FPGA		X										
Documentos de projeto de software		X	X									
Software embarcado para para coleta de dados do sensor			X	X								
Projeto lógico de sistema digital							X					



Hardware sintetizável do IP core para controle de vibração	X	X	X			
Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA, incluindo o novo IP core				X		
Vestimentas integrando motores de vibração, development board e demais componentes do equipamento				X	X	
Componentes de hardware para processamento digital de sinais	X	X	X	X		
Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA, incluindo os novos IP core de processamento digital de sinal				X	X	X
Relatórios de resultados do treinamento					X	X
Relatórios técnicos						X
Website com descrição completa de como construir seu próprio o equipamento para substituição do sentido da audição						X
Divulgação em redes sociais e em veículos de mídia local						X

### Referências bibliográficas

- [1] O. Balan, A. Moldoveanu, F. Moldoveanu, and M.-I. Dascalu. Navigational 3d audio-based game-training towards rich auditory spatial representation of the environment. In System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 2014 18th International Conference, pages 682–687, Oct 2014.
- [2] L. Brayda, C. Campus, and M. Gori. What you touch is what you get: Self-assessing a minimalist tactile sensory substitution device. In World Haptics Conference (WHC), 2013, pages 491–496, April 2013.
- [3] G. Buchs, S. Maidenbaum, A. Amedi, and S. Levy-Tzedek. Virtually zooming-in with sensory substitution for blind users. In Virtual Rehabilitation Proceedings (ICVR), 2015 International Conference on , pages 133–134, June 2015.
- [4] A. Chekhchoukh, N. Vuillerme, Y. Payan, and N. Glade. Effect of saccades in tongue electrotactile stimulation for vision substitution applications. In Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE , pages 3543–3546, July 2013.
- [5] D. Eagleman. Plenary talks: A vibrotactile sensory substitution device for the deaf and profoundly hearing impaired. In Haptics Symposium (HAPTICS), 2014 IEEE, pages xvii–xvii, Feb 2014.
- [6] S. Horvath, J. Galeotti, Bing Wu, R. Klatzky, M. Siegel, and G. Stetten. Fingersight: Fingertip haptic sensing of the visual environment. Translational Engineering in Health and Medicine, IEEE Journal of , 2:1–9, 2014.
- [7] V. Kogler, T.A.K. Nguyen, J. DiGiovanna, and S. Micera. Recording vestibular evoked potentials induced by electrical stimulation of the horizontal semicircular canal in guinea pig. In Neural Engineering (NER), 2011 5th International IEEE/EMBS Conference on, pages 261–264, April 2011.
- [8] Yang Leng, Jianguo Xing, Wenmin Zhao, Ming Ji, and Jin Xiao. A noninvasive vibro-tactile stimulator prosthesis for bilateral vestibular dysfunction. In Future Information and Communication Technologies for Ubiquitous HealthCare (Ubi-HealthTech), 2013 First International Symposium on, pages 1–5, July 2013.
- [9] S. Maidenbaum and A. Amedi. Blind in a virtual world: Mobility-training virtual reality games for users who are blind. In Virtual Reality (VR), 2015 IEEE , pages 341–342, March 2015.
- [10] S. Maidenbaum, R. Arbel, G. Buchs, S. Shapira, and A. Amedi. Vision through other senses: Practical use of sensory substitution devices as assistive technology for visual rehabilitation. In Control and Automation (MED), 2014 22nd Mediterranean Conference of, pages 182–187, June 2014.
- [11] A. Mkhitarian and D. Burschka. A framework for dynamic sensory substitution. In Intelligent Robots and Systems (IROS 2014), 2014 IEEE/RSJ International Conference on, pages 3947–3954, Sept 2014.
- [12] Thanh Huong Nguyen, Thi Hue Nguyen, Thi Lan Le, Thi Thanh Hai Tran, N. Vuillerme, and Tan Phu Vuong. A wearable assistive device for the blind using tongue-placed electrotactile display: Design and verification. In Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS), 2013 International Conference on, pages 42–47, Nov 2013.
- [13] Thanh Huong Nguyen, Thi Hue Nguyen, Thi Lan Le, Thi Thanh Hai Tran, N. Vuillerme, and Tan Phu Vuong. A wireless assistive device for visually-impaired persons using tongue electrotactile system. In Advanced Technologies for Communications (ATC), 2013 International Conference on

, pages 586–591, Oct 2013.

[14] L. Twardon, H. Koesling, A. Finke, and H. Ritter. Gaze-contingent audio-visual substitution for the blind and visually impaired. In *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 2013 7th International Conference on, pages 129–136, May 2013.

[15] R. Velazquez and O. Bazan. Foot-based interfaces for navigational assistance of the visually impaired. In *Health Care Exchanges (PAHCE)*, 2013 Pan American, pages 1–6, April 2013.

[16] N. Vuillerme, P. Hlavackova, C. Franco, B. Diot, J. Demongeot, and Y. Payan. Can an electro-tactile vestibular substitution system improve balance in patients with unilateral vestibular loss under altered somatosensory conditions from the foot and ankle? In *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*, pages 1323–1326, Aug 2011.

[17] C. Wall, D. Wrisley, and L. Oddsson. Vibrotactile feedback of mediolateral trunk tilt or foot pressure increases locomotor performance in healthy older adults - a pilot study In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2012 Annual International Conference of the IEEE, pages 6145–6148, Aug 2012

### Formas de avaliação do projeto pelo coordenador

O projeto será avaliado por indicadores de acompanhamento. O projeto possui metas, e cada meta é dividida em atividades (tarefas), e algumas delas geram marcos (milestones), ou indicadores de acompanhamento. Nosso processo de condução de projetos permite que os indicadores possam mensurar os resultados obtidos e gerir o desempenho, embasar a análise crítica dos resultados obtidos e do processo de tomada decisão, contribuir para a melhoria contínua dos processos organizacionais, facilitar o planejamento e o controle do desempenho, e viabilizar a análise comparativa do desempenho do laboratório.

Ajustes durante a execução do projeto serão realizados sistematicamente conforme a metodologia de gerenciamento do projeto utilizada por nós, baseada no PMBok, do PMI (*Project Management Institute*), e que é descrita na seção "Metodologia". Todos os ajustes necessários serão realizados de forma a garantir que a linha-base do projeto seja mantida, ou seja, tanto o cronograma quanto o atendimento às metas do projeto permaneçam inalterados.

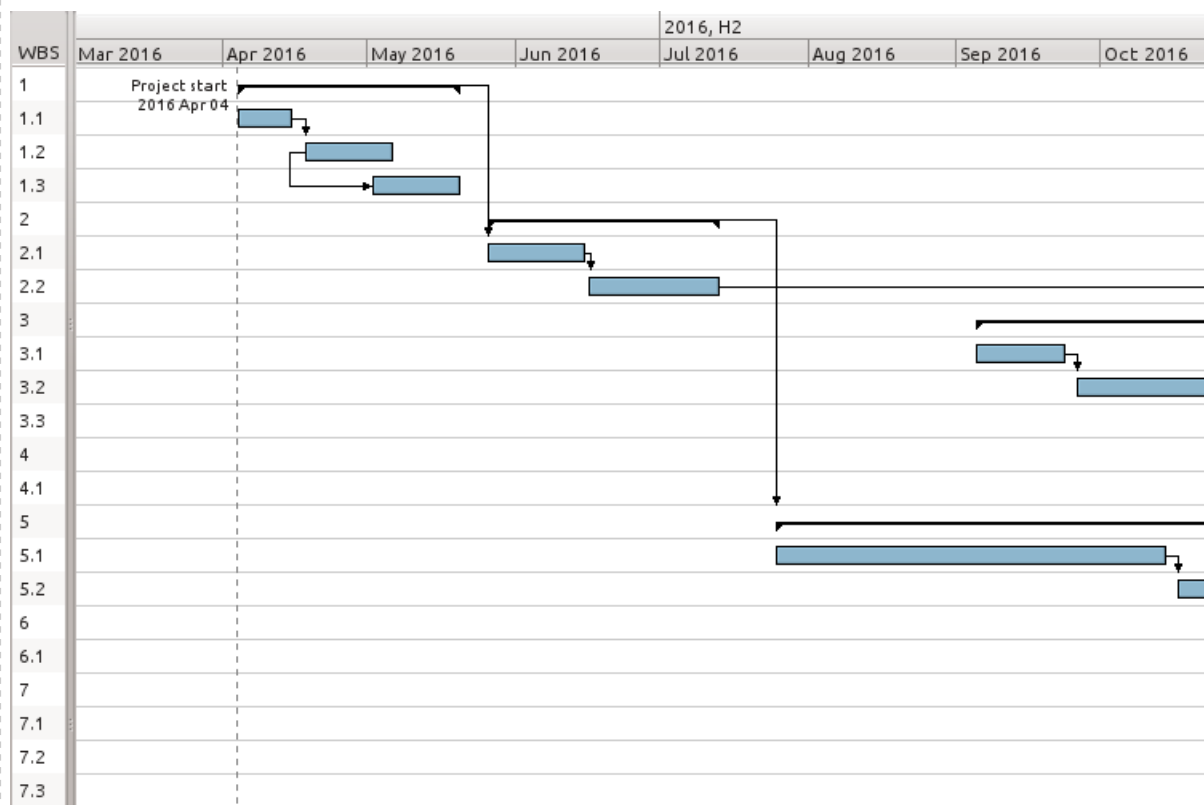
Em relação à metodologia da execução das atividades e ajustes necessários devido ao acompanhamento dos indicadores, utilizamos uma abordagem sistemática, em que o plano de execução de cada atividade é especificada e detalhada a priori pelo especialista técnico e deve servir efetivamente de guia aos desenvolvedores. Cada desenvolvedor tem a responsabilidade de atualizar o plano de execução sempre que algo divergente ocorre, melhorando a capacidade do especialista em gerar planos mais condizentes para atividades e projetos posteriores. Para isso buscamos sempre ter em nossa equipe desenvolvedores com grande aderência aos processos do laboratório, ou seja, não apenas possuam as competências técnicas exigidas pelas tarefas, mas também que sigam as instruções especificadas nos processos. Outro aspecto metodológico que aplicamos (sempre que possível) é a existência de pelo menos dois desenvolvedores para cada atividade, sendo que um deles é sempre um 'observador' da execução e um dos responsáveis pelos testes, o que separa o desenvolvimento dos testes e garante que haja sempre um possível substituto para qualquer desenvolvedor e que já está parcialmente treinamento.

Os indicadores de acompanhamento para cada meta do projeto são apresentados a seguir.

1. Implementar e sintetizar em FPGA um sistema-em-chip (SoC) inicial.
  - 1.1 Projeto lógico do sistema-em-chip.
  - 1.2. Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA.
  - 1.3. Software de teste de funcionamento executável no softcore da FPGA.
2. Desenvolver software embarcado para coleta e pré-processamento de dados do sensor (microfone)
  - 2.1. Documentos de projeto de software.
  - 2.2. Software embarcado para para coleta de dados do sensor
3. Desenvolver e integrar IP core para controle de matriz de motores de vibração.
  - 3.1. Projeto lógico de sistema digital.
  - 3.2. Hardware sintetizável do IP core para controle de vibração.
  - 3.3. Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA, incluindo o novo IP core.



4. Confeccionar a vestimenta que integra o SoC e motores de vibração.
  - 4.1. Vestimentas integrando motores de vibração, development board e demais componentes do equipamento.
5. Desenvolver, adaptar e integrar algoritmos para processamento digital de sinais.
  - 5.1. Componentes de hardware para processamento digital de sinais.
  - 5.2. Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA, incluindo os novos IP core de processamento digital de sinal.
6. Treinamento de percepção dos estímulos vibro-táteis.
  - 6.1. Relatórios de resultados do treinamento.
7. Divulgação do projeto de extensão.
  - 7.1. Relatórios técnicos.
  - 7.2. Website com descrição completa de como construir seu próprio o equipamento para substituição do sentida da audição.
  - 7.3. Divulgação em redes sociais e em veículos de mídia local.



#### Formas de difusão do conhecimento gerado

A difusão deste projeto se dará por três formas principais:

A primeira e mais importante via de difusão é a internet. Será criado um website com a descrição completa do projeto (objetivos, público-alvo, funcionamento, etc) e principalmente os resultados do projeto, ou seja, a especificação de todos os componentes físicos necessários, a forma e o custo de adquiri-los, e também os artefatos digitais produzidos, como os arquivos de hardware sintetizável, e informações de como fazer sua gravação na plataforma física. Em suma, o website fornecerá informações detalhadas de como os interessados, mesmo os leigos (desde que tenham conhecimentos mínimos de utilização de computadores e alguma habilidades manuais), podem construir seu próprio equipamento em casa. Esse website será divulgado também através da internet, principalmente usando as redes sociais

consagradas, que têm demonstrado ser uma boa forma de espalhar notícias.

A segunda forma de divulgação é através de contatos com a imprensa local, informando a eles a existência do resultado da pesquisa (protótipo para substituição do sentido de audição para pessoas com deficiência) e verificando seu interesse em divulgar a notícia.

A terceira forma de divulgação é através de relatórios técnicos e publicações técnico científicas. Serão produzidos artigos que serão submetidos a eventos relevantes na área do projeto.

Como já citado na descrição do público-alvo, espera-se que este projeto de extensão possa fornecer uma melhora significativa na qualidade de vida dessas pessoas, permitindo a elas reconhecer sons e palavras, vozes e possivelmente a direção do som. Contudo, não imaginamos que seja possível, imediatamente após este projeto de extensão (de um ano), difundir este projeto para a totalidade desse público-alvo. Este projeto de extensão visa desenvolver o protótipo de equipamento que permitirá a substituição sensorial da audição e realizar o treinamento em pelo menos um usuário. Entretanto, há vários graus de deficiência e muitos fatores influenciam esse treinamento, como o período tempo em que o usuário está privado da audição, quando ocorreu a perda auditiva, e outros. Portanto, não é viável criar, dentro do prazo deste projeto (um ano), manuais ou formas de abordagem e atendimento para todos os diferentes perfis do público-alvo. Isso demandará uma equipe especializada no assunto e outro projeto que terá, como base, o equipamento produzido aqui.

### Participação de alunos 2

O primeiro bolsista de iniciação científica deve ser aluno de ciências da computação ou de engenharia de computação com bons conhecimentos em desenvolvimento de software, principalmente software para dispositivos móveis e software de baixo nível. Também seria desejável o aluno ter conhecimento em integração software/hardware, engenharia de software e padrões de projeto. Em princípio também temos um candidato para esta vaga, que é um aluno da engenharia eletrônica (João Guilherme) que já é integrante da equipe do laboratório LISHA e que já tem desenvolvido atividades correlatas a este projeto de extensão e participado do desenvolvimento de produtos para empresas da região.

O segundo bolsista de iniciação científica deve ser aluno de ciências da computação ou de engenharia de computação ou engenharia eletrônica, com bons conhecimentos em sistemas digitais, incluindo teste e simulação desses sistemas, e organização de computadores. Também seria desejável o aluno ter conhecimentos em eletrônica analógica e digital, projeto de circuitos eletrônicos, instrumentação e testes de circuitos eletrônicos. Em princípio já temos um candidato a esta vaga, que é um aluno do curso de ciências da computação (Gabriel Fernandes) que já é integrante da equipe do laboratório LISHA e que já tem desenvolvido atividades correlatas a este projeto de extensão e até se capacitado para a execução deste projeto.

Este projeto de extensão visa o desenvolvimento de um protótipo de equipamento embarcado que integra software e hardware, o que exige competências, conhecimentos e habilidades elencados nos projetos pedagógicos dos cursos de ciências da computação e engenharia eletrônica e são, portanto, de grande importância na formação dos alunos. Os bolsistas aprenderão e praticarão o desenvolvimento de sistemas-em-chip, utilização de FPGAs, desenvolvimento de software embarcado para processadores softcore, farão a apatação de componentes de hardware prontos (IP core) e farão teste de software e hardware. São atividades relevantes em sua formação e considero que os alunos que realizarem com sucesso este projeto de extensão estarão capacitados a participar de projetos de pesquisa e de demandas industriais.

### Plano de Trabalho para o Bolsista 1:

O bolsista 1 será responsável principalmente pelo desenvolvimento e testes de software embarcado. A forma de orientação e de acompanhamento dos bolsistas segue a metodologia descrita, em que o plano de gerenciamento do projeto estabelece a frequência de acompanhamento e verificação de cada atividade. De forma geral, estabelecemos inicialmente quatro momentos para acompanhamento de cada atividade (a 25%, 50%, 75% e 100% do prazo estabelecido inicialmente). Como as atividades nunca têm duração superior a duas semanas (pois são desmembradas em sub-tarefas, caso isso ocorra), então o acompanhamento e orientação dos bolsistas ocorre duas vezes por semana. Além disso, os bolsistas

podem receber apoio técnico (e moral) dos colegas do laboratório a qualquer momento.

As atividades a serem desenvolvidas pelo bolsista 1 incluem:

- 1.3. Software de teste de funcionamento executável no softcore da FPGA.
- 2.1. Documentos de projeto de software.
- 2.2. Software embarcado para para coleta de dados do sensor.
- 6.1. Relatórios de resultados do treinamento.
- 7.1. Relatórios técnicos.
- 7.2. Website com descrição completa de como construir seu próprio o equipamento para substituição do sentida da audição.
- 7.3. Divulgação em redes sociais e em veículos de mídia local

#### **Plano de Trabalho para o Bolsista 2:**

O bolsista 2 será responsável principalmente pelo desenvolvimento de hardware sintetizável. A forma de orientação e de acompanhamento dos bolsistemas segue a metodologia descrita, em que o planod e gerenciamento do projeto estabelece a frequência de acompanhamento e verificação de cada atividade. De forma geral, estabelecemos inicialmente quatro momentos para acompanhamento de cada atividade (a 25%, 50%, 75% e 100% do prazo estabelecido inicialmente). Como as atividades nunca têm duração superior a duas semanas (pois são desmembradas em sub-tarefas, caso isso ocorra), então o acompanhamento e orientação dos bolsistas ocorre duas vezes por semana. Além disso, os bolsistemas podem receber apoio técnico (e moral) dos colegas do laboratório a qualquer momento.

As atividades a serem desenvolvidas pelo bolsista 2 incluem:

- 1.1. Projeto lógico do sistema-em-chip.
- 1.2. Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA.
- 3.1. Projeto lógico de sistema digital.
- 3.2. Hardware sintetizável do IP core para controle de vibração.
- 3.3. Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA, incluindo o novo IP core.
- 4.1. Vestimentas integrando motores de vibração, development board e demais componentes do equipamento.
- 5.1. Componentes de hardware para processamento digital de sinais.
- 5.2. Hardware sintetizável de sistema-em-chip sintetizável em FPGA, incluindo os novos IP core de processamento digital de sinal.
- 7.1. Relatórios técnicos.

Inscrito em: 26/02/2016 - 11:00:50

Voltar