

Quando a mão enxerga: explorando dispositivos vestíveis como recurso de acessibilidade

Bruna Z. Panaggio

Instituto de Computação – Unicamp &
Instituto de Pesquisas Eldorado
Campinas – SP – Brasil
brunazp@gmail.com

Felipe A. Pedroso

felipe.pedroso@live.com

M. Cecília C. Baranauskas

Instituto de Computação – Unicamp
Campinas – SP – Brasil
cecilia@ic.unicamp.br

ABSTRACT

Finding a specific office inside a public building or packing for a trip could be a challenge for visually impaired people. To complete these activities, the person may require help from others, reducing his/her independency and joy of doing such activities. In this paper, we propose a prototype of a wearable device in the shape of a glove to be used as an assistive technology for visually impaired people. In this work, we present results of a case study conducted with HCI experts to explore the possibilities of the prototype aiming at preparing it for further study with the end users.

RESUMO

Encontrar um escritório específico dentro de um prédio público ou fazer as malas para uma viagem pode ser desafiador para pessoas com deficiência visual. Para completar essas atividades, a pessoa pode precisar de ajuda de outras pessoas, reduzindo sua independência e felicidade ao fazer tais atividades. Neste trabalho, nós propomos um protótipo de um dispositivo vestível no formato de uma luva para ser usado como uma tecnologia assistiva para os deficientes visuais. Neste trabalho, nós apresentamos os resultados de um estudo de caso conduzido com experts em IHC para explorar as possibilidades do uso do protótipo visando prepará-lo para um estudo futuro com usuários finais.

Descritor de Categorias e Assuntos

H5.2. [Information interfaces and presentation (e.g., HCI)]: User Interfaces.

Termos Gerais

Design, Experimentation, Human Factors.

Palavras Chaves

Design, Accessibility, Visually impairment, Wearable device.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a deficiência visual é definida como a perda total ou parcial da visão. A

deficiência visual é dividida em dois grupos: a cegueira, que consiste na perda total da visão ou pouca capacidade de enxergar e a baixa visão, que é a alteração funcional da visão, conservando ainda resíduos dela [16]. No mundo, estima-se que 4,25% da população tenha algum tipo de deficiência visual [17], e no Brasil, esse número chega a 18.8% [7].

A visão tem papel importante na percepção espacial, habilidade para perceber o tamanho, forma, movimento e orientação de objetos ou pessoas no espaço físico. Tarefas do dia a dia como se locomover em um ambiente, preparar uma mala de viagem ou fazer um inventário de quais são os produtos que estão guardados na dispensa podem ser muito desafiadoras para as pessoas com algum tipo de deficiência visual.

A tecnologia assistiva consiste nos equipamentos, dispositivos e sistemas que podem ser utilizados para superar as barreiras que as pessoas com deficiência experimentam e que as privam de uma participação plena em todos os aspectos da vida em sociedade. O objetivo das tecnologias assistivas é suprir as lacunas deixadas entre o que as pessoas com deficiência querem fazer e o que a infraestrutura social disponível permite que elas façam [6].

Neste trabalho, estamos explorando as possibilidades do uso de um dispositivo vestível, como forma de tecnologia assistiva para deficientes visuais. Para tal, propusemos inicialmente o design de uma pulseira, cujos resultados de experimentação nos levaram ao design da Luva GAVI (*Glove Assistant to the Visually Impaired ou Luva Assistente para os Deficientes Visuais*). Neste artigo discutimos resultados de um estudo de caso realizado com especialistas em IHC (Interação Humano-Computador) para avaliar o potencial dos protótipos desenvolvidos em seus primeiros estágios de criação, bem como refiná-lo o suficiente para poder ser levado ao usuário final.

O artigo está organizado da seguinte forma: a próxima seção apresenta alguns trabalhos relacionados sem, entretanto, esgotá-los. Na sequência, é apresentada a Luva GAVI, como sequência à tentativa de design de uma pulseira, o seu design e desenvolvimento. Na seção seguinte é mostrado o estudo de caso no qual a Luva foi avaliada experimentalmente por especialistas em IHC e os resultados obtidos. Por fim apresentamos considerações finais do estudo, apontando para continuidade da pesquisa.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta os trabalhos relacionados à esta pesquisa. Foi realizada uma análise exploratória da literatura visando investigar dois aspectos relacionados a essa pesquisa: cenários nos quais as tecnologias assistivas têm sido utilizadas e como dispositivos vestíveis têm sido empregados para compor os sistemas que agem como tecnologia assistiva.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference'10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

O *GoBraille* [2] foi desenvolvido para auxiliar as pessoas com deficiência visual a utilizar o transporte público, pensando em dois fatores humanos considerados importantes pela pesquisa: independência e segurança. Uma aplicação baseada em Braille foi desenvolvida para informar em tempo real sobre os ônibus que passam em determinado ponto e as próximas paradas durante uma viagem. A solução contou com um *smartphone* Android em conjunto com um gravador de notas Braille, de modo a evitar o uso de feedbacks sonoros, que podem ser difíceis de compreender em ambientes barulhentos como ônibus e ruas com muito trânsito. De modo geral, os participantes da pesquisa relataram que o sistema ajudava na independência e na sensação de segurança, por fornecer as informações sobre os ônibus, mas também apresentaram receios em relação ao gravador de notas Braille, já que ele é um dispositivo caro e difícil de carregar. Alguns participantes sugeriram o uso do *smartphone* de forma única.

BlueView [4] é um sistema que visa aumentar a percepção de pessoas com deficiência visual sobre pontos de interesse em ambientes como pontos de ônibus, estações trem e shoppings, permitindo que o usuário identifique e localize os pontos de interesse com mais acurácia através de áudio. O sistema utiliza um *smartphone* munido de Bluetooth e etiquetas Bluetooth de tamanho reduzido que possuem uma caixa de som acoplada e que podem ser facilmente adicionadas a objetos de interesse. Nesse sistema, enquanto o usuário está se movimentando pelo ambiente, o *smartphone* localiza pontos de interesse, e notifica o usuário toda vez que um novo ponto de interesse é localizado. Quando o usuário decide e informa no *smartphone* qual ponto de interesse ele quer visitar, como por exemplo, um elevador ou uma porta de um escritório, o ponto de interesse começa a emitir sons, para que o usuário consiga se orientar até ele. Em cenário experimental sozinho ou com mais de um usuário por vez, os participantes tiveram que localizar uma porta em um corredor e conseguiram concluir a tarefa com sucesso.

U-NEXT [10] é um sistema mobile cujo objetivo é dar mais autonomia para pessoas com deficiência visual a realizar atividades como encontrar e selecionar produtos ao realizar compras em um supermercado. O sistema utiliza *smartphones* que possuem um leitor RFID (*Radio Frequency Identification*) embutido, e etiquetas RFID para identificar os produtos nas gondolas. Quando o usuário aproxima o *smartphone* de alguma das etiquetas, as informações sobre o produto, como nome, marca e preço, comentários sobre o produto ou localização dos produtos são faladas pelo *smartphone*. O *U-NEXT* foi testado com pessoas vendadas e com deficientes visuais em um cenário experimental, um supermercado simulado, mas os pesquisadores puderam observar que, apesar de os sujeitos conseguirem encontrar os produtos desejados, eles tiveram dificuldades em segurar ao mesmo tempo o *smartphone*, a bengala e a sacola de compras e tiveram problemas para realizar a leitura das etiquetas RFID com o celular.

Ainda que tendo enfoque em outros cenários, alguns dos trabalhos encontrados utilizam dispositivos vestíveis como tecnologia assistiva, como apresentado a seguir.

Uma pulseira munida de alto-falante e Bluetooth [5] foi proposta para ajudar crianças com deficiência visual a se locomoverem e se engajarem nas atividades mais independentemente no ambiente escolar. Nesse sentido, a proposta envolve a emissão de sons, quando a pulseira percebe, por exemplo, que algum amigo está por perto, que a criança não tem se movido ou interagido num período de tempo, que a criança está se aproximando de algum

ponto de interesse na escola, como por exemplo, um banheiro ou a cantina, ou que a criança está se aproximando de alguma atividade, como um jogo. Os cenários foram estudados com educadores e com crianças com deficiência visual, mas o protótipo não foi testado com usuários finais.

O *FRAD* (*Feature Reading Accessibility Device*) [1] é um dispositivo vestível que provê assistência auditiva durante a manipulação de objetos do cotidiano. Em formato de cinto, que contém uma câmera e um sensor de detecção de gestos, o dispositivo vestível permite que suas mãos fiquem livres para manipular objetos do seu interesse. O sistema é capaz de detectar textos impresso e cores dominantes dos objetos reconhecidos nas imagens capturadas pela câmera. As informações são então transmitidas para o usuário através de um fone Bluetooth.

O *Intelligent Glasses* [15] é um dispositivo para auxiliar pessoas com deficiência visual a se locomover entre obstáculos presentes nos ambientes. O sistema utiliza imagens captadas por duas câmeras miniaturizadas acopladas aos olhos do usuário. O processamento das imagens capturadas detecta os obstáculos à frente do curso de caminhada. As informações são traduzidas para um mapa tátil, que o usuário pode explorar com as mãos para reconhecer onde estão os obstáculos.

Para permitir que pessoas cegas consigam acessar texto impresso, os projetos *FingerReader* [13] e *HandSight* [14] utilizam câmeras miniaturizadas para gravar imagens. Algoritmos de processamento de imagens identificam o texto, que é sintetizado para fala. O feedback para indicar para o usuário para qual direção ele deve mover o dedo para continuar a leitura é realizado de forma tátil, através de motores de vibração, e sonoro, usando o sistema que sintetiza fala também para a leitura do texto. A câmera, e os motores de vibração ficam acoplados ao dedo do usuário. Em ambos os estudos de caso com pessoas com deficiência visual, o feedback tátil foi preferido em relação ao feedback sonoro: os usuários alegaram que o feedback tátil é mais rápido e fácil de compreender que o sonoro.

Um sistema mobile composto de um *smartwatch* e de um rastreador de movimentos preso às mãos [3] foi utilizado para ajudar deficientes visuais a fazerem a leitura de mapas virtuais, possibilitando o uso de outros recursos ao invés dos tradicionais mapas táteis comumente utilizados por cegos. O sistema oferece feedback vibratório do *smartwatch* durante a exploração do mapa, quando o usuário passa por uma borda entre duas regiões. O sistema também utiliza as saídas de som do *smartwatch* para transmitir informações sonoras sobre o mapa sendo explorado, por exemplo, o nome da região. O dispositivo vestível também é utilizado como entrada de dados: a tela sensível ao toque é usada para filtrar dados, executando simples gestos de deslize horizontais ou verticais. Esse filtro permite o acesso a informações que seriam mais difíceis de compreender em mapas táteis.

Enquanto a literatura tem mostrado iniciativas diversas de design de artefatos tecnológicos para o acesso de pessoas com deficiência (visual) à vida cotidiana, a busca por soluções de baixo custo, que agreguem facilidade de uso e não sejam físicas ou socialmente invasivas tem continuado. Na próxima seção apresentamos uma solução que explora a naturalidade do uso da mão e do tato da pessoa na sua localização em um espaço físico.

3. A LUVA GAVI: DESIGN E DESENVOLVIMENTO

A bengala do cego tem sido seu principal instrumento para perceber o espaço a sua volta, facilitando sua movimentação no espaço físico; a relação entre ambos é tal que atinge níveis quase simbióticos, quando muitos percebem a bengala como extensão do próprio corpo. Ainda assim, a bengala é um objeto. É sabido que o tato é um dos sentidos mais apurados da pessoa cega, e como tal, como pensar o uso da própria mão como recurso para ‘enxergar’ o espaço a nossa volta? Neste trabalho propusemos ‘vestir a mão’ de forma a possibilitar uma forma, ainda que primitiva, de acessar informação do meio físico. No processo de criação, iniciamos pela construção de uma ‘pulseira’ que foi experimentada em situação de laboratório e gerou ideias para a Luva GAVI.

O cenário projetado para uso dos dispositivos:

Imaginemos a visita de uma pessoa com deficiência visual a um prédio público, onde ele precisa localizar o escritório de determinada pessoa. Sem recursos de acessibilidade, a pessoa possivelmente teria que solicitar a ajuda de alguém da recepção do prédio para ser guiada até a sala. Em edifícios que possuam piso tátil e identificação em Braille de cada uma das salas e pontos de interesse, como elevadores e banheiros, a locomoção se tornaria um pouco mais facilitada. Com o uso do sistema proposto neste trabalho, imaginamos uma solução mais simples e independente para pessoas com deficiência: o usuário informaria para o sistema qual o escritório a ser visitado, e utilizaria um dispositivo vestível para saber se está no escritório correto ou não, durante a sua locomoção até o ponto de destino.

Para a realização deste estudo, foi produzido um sistema para a plataforma Android e protótipos de produtos vestíveis (uma pulseira e uma luva) construídos com componentes eletrônicos de peso e tamanho reduzidos, próprios para dispositivos vestíveis. Nesse artigo, apresentamos e discutimos o processo de design e possibilidades do uso da Luva GAVI para auxiliar a locomoção *indoor* de uma pessoa com deficiência visual.

As próximas seções trazem detalhes sobre o desenvolvimento do sistema (hardware, software e os produtos vestíveis), bem como sobre a comunicação entre os dispositivos, necessária para compor a solução técnica final utilizada no estudo de caso.

3.1 O hardware

O hardware dos produtos vestíveis foi construído utilizando os componentes disponíveis no kit de desenvolvimento para dispositivos vestíveis Xadow [18]. O Xadow é composto por módulos de entrada (por exemplo, sensores de temperatura, acelerômetro, barômetro, leitor de etiquetas NFC – *Near Field Communication* e botões) e saída (por exemplo, tela, *buzzer*¹ e motor de vibração). Esses componentes, que podem ser acoplados a um tecido, têm tamanho e peso reduzidos, além de ter um baixo consumo de bateria.

O kit Xadow pode ser integrado com o módulo Intel Edison [8], que é uma plataforma de hardware e software que pode ser combinada com sensores, tornando possível criar novos produtos e soluções para a Internet. O Intel Edison possui uma unidade de processamento *dual-core* de alta velocidade, tem módulos de wi-fi e Bluetooth de baixa energia integrados, bem como memória e

¹ Um dispositivo eletrônico semelhante a uma campainha.

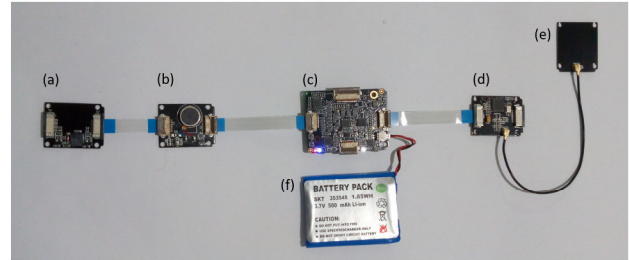


Figura 1. Componentes utilizados nos protótipos: (a) motor de vibração; (b) buzzer; (c) breakout board + Intel Edison; (d) NFC; (e) antena NFC e (f) bateria recarregável. Fonte: dos autores.

armazenamento [9]. Por seu tamanho reduzido e pelo baixo consumo de energia o módulo Intel Edison é ideal para a construção de produtos vestíveis.

O design e a construção da luva contaram com os seguintes componentes (Figura 1):

- Motor de vibração: responsável pelo feedback háptico;
- Buzzer: responsável pelo feedback sonoro;
- Breakout board + Intel Edison: responsáveis pela conexão com a Internet e o processamento dos dados;
- Leitor NFC: responsável pela leitura das etiquetas NFC;
- Bateria recarregável.

3.2 Primeira proposta: a pulseira

Na primeira fase do estudo, o formato de pulseira foi escolhido para o dispositivo vestível porque ele proporciona que as mãos fiquem livres para outras finalidades. Como nosso cenário visa ajudar pessoas com deficiência visual a se locomoverem em um espaço interno, o uso da bengala se faz muitas vezes necessário, evidenciando a necessidade de que as mãos fiquem livres.

Utilizando o hardware exibido na Figura 1 e um mini *display* para depuração do sistema, foi construído o primeiro protótipo: uma

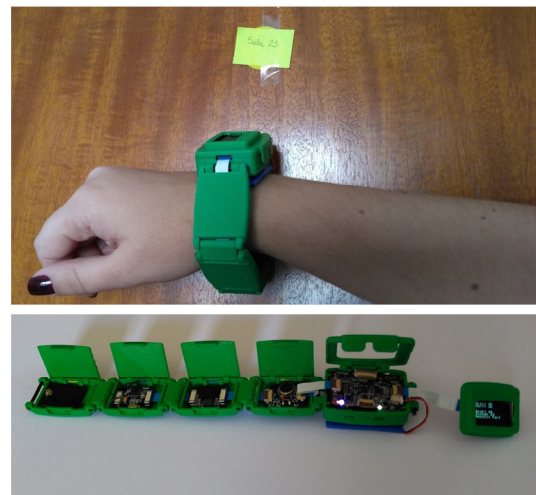


Figura 2. Pulseira sendo utilizada para realizar a leitura e componentes da pulseira. Fonte: dos autores.

pulseira (Figura 2). O estojo para armazenar os componentes eletrônicos foi construído a partir de um modelo tridimensional [12] em uma impressora 3D. Para compor a pulseira, foi necessário um elo grande, para acomodar o *breakout board*, o Intel Edison e o mini display e quatro elos pequenos para acomodar os demais componentes eletrônicos. A bateria foi colada com velcro na parte de baixo da pulseira, e a pulseira também era fechada com uma faixa de velcro.

Para avaliar a pulseira, foi realizado um teste piloto. Um sujeito que não possuía deficiência visual vendado participou do estudo, e utilizou o dispositivo vestível desenvolvido, que apresentou diversos problemas.

Inicialmente, observou-se que a pessoa não se sentia confortável vestindo a pulseira: os movimentos da mão e braço que vestia a pulseira não pareciam fluidos e naturais. Apesar do peso reduzido dos componentes eletrônicos, a pessoa parecia ter a necessidade de segurar a pulseira com a outra mão.

A pessoa também demonstrou receio de que pulseira caísse durante o uso. Para acomodar todos os componentes eletrônicos, foram utilizados 5 elos de plástico, e, portanto, a pulseira tinha um tamanho mínimo, de modo que não era possível adapta-la para vestir de forma mais firme pulsos mais finos.

Além disso, pelo fato de o estojo plástico ser muito rígido e a pulseira não possuir muita flexibilidade, a pessoa teve dificuldade em posicionar o elo da pulseira que continha o leitor NFC de forma a realizar a leitura das etiquetas.

Por fim, a pulseira apresentou outro problema: as conexões entre os componentes eletrônicos ficavam expostas na conexão entre os elos, de modo que, com o uso da pulseira, alguns dos conectores se soltavam, ocasionando um mal funcionamento dos componentes do protótipo.

Em síntese, os principais problemas averiguados com a observação de um sujeito no teste piloto foram: falta de conforto, dificuldade de realizar ajustes na pulseira, dificuldade em realizar a leitura das etiquetas NFC e parte da tecnologia exposta pela pulseira, que causava funcionamento incorreto.

Com base nessas observações, o experimento piloto foi encerrado sem que outros sujeitos utilizassem a pulseira para que um novo protótipo que eliminasse os problemas encontrados fosse desenvolvido.

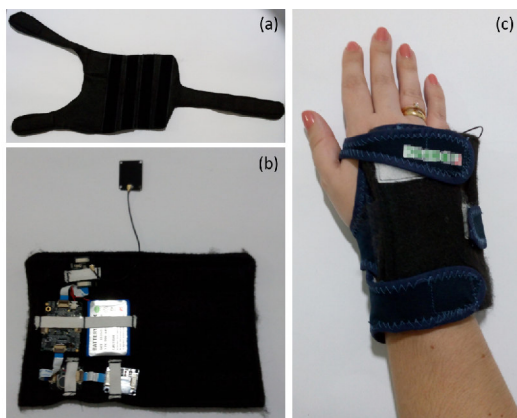


Figura 3. Componentes da luva: (a) faixa; (b) estojo com os componentes eletrônicos e (c) luva completa. Fonte: dos autores.

3.3 Segunda proposta: a Luva GAVI

O segundo protótipo foi desenvolvido pensando em soluções para os problemas encontrados com o protótipo inicial em formato de pulseira, mas ainda mantendo o objetivo de deixar as mãos do usuário livres.

Uma luva (Figura 3c) foi desenvolvida para acomodar o hardware na mão. Ela é composta de duas partes: um estojo (Figura 3b), para acomodar o hardware exibido na Figura 1 e uma faixa (Figura 3a), que envolve a mão e o estojo ao mesmo tempo.

O uso de tecido para a construção do protótipo foi pensado para resolver os dois primeiros problemas encontrados no protótipo inicial: desconforto e dificuldades para ajustar a pulseira. Nesse sentido, a faixa de tecido foi pensada para prover mais conforto para o usuário, já que ela envolve a mão e os componentes eletrônicos, e pode ser ajustada para tamanhos diferentes de mãos.

Para permitir que a leitura das etiquetas NFC fosse realizada mais facilmente, problema observado no primeiro protótipo, foi adicionado um “bolso” do tamanho do leitor na parte da luva que fica posicionada na palma da mão. Dessa forma, o usuário consegue facilmente realizar a leitura das etiquetas ao passar a mão aberta sobre elas.

O uso de um estojo separado para os componentes eletrônicos trouxe mais segurança para que eles não se soltassem, evitando um dos problemas que ocorreu no primeiro protótipo. O uso de um estojo separado trouxe outras vantagens para o dispositivo. Por ser facilmente acoplado à faixa, foi possível utilizar o mesmo estojo tanto para a faixa da mão direita como para a faixa da mão esquerda. Além disso, permitiu que a remoção do hardware para testes fosse mais fácil, tornando a validação mais rápida.

Optou-se por uma luva com os dedos livres para que o usuário tivesse o sentido do tato preservado, podendo, por exemplo, sentir texturas, temperatura e ler Braille.

3.4 O sistema móvel

Um aplicativo Android foi desenvolvido para que o usuário pudesse informar a sala que ele desejaria encontrar. Como o cenário a ser estudado propõe que o sujeito não faça uso da visão, os métodos comumente utilizados para realizar a entrada de dados (através de toques no teclado ou na tela do *smartphone*, por exemplo) e o uso da interface gráfica (dados apresentados na tela, de modo que o usuário possa ler) naturalmente não foram utilizados.

Desse modo, para que o usuário pudesse entender os passos necessários para realizar a entrada de dados e a realização da

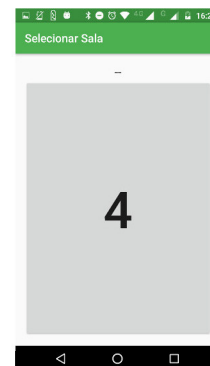


Figura 4. Tela do aplicativo. Fonte: dos autores.

tarefa, o aplicativo desenvolvido utiliza a função TTS (*Text-to-Speech*) que consiste na conversão de textos para voz.

Para a entrada de dados nesse aplicativo, três tipos de interações eram necessários: confirmação e cancelamento de uma determinada ação e o fornecimento do número de uma sala. As funcionalidades dos botões de controle de volume do aparelho celular foram sobrescritas para que, dentro do aplicativo, ao invés de controlar o volume do *smartphone*, esses botões pudessem servir como confirmação da ação (botão de aumentar o volume) e cancelamento da ação (botão para diminuir o volume).

Para informar ao sistema o número da sala que estaria procurando, o usuário deveria realizar ações em duas etapas, fornecendo o valor correspondente às dezenas e em seguida o valor correspondente às unidades. A Figura 4 apresenta a tela para o usuário informar a dezena ou a unidade do número da sala. Um grande botão, que preenche praticamente a totalidade da tela permite que um usuário vendado ou impossibilitado de enxergar consiga pressionar o botão o número de vezes referentes à unidade ou à dezena.

A Figura 5 apresenta o fluxo completo realizado no aplicativo Android para realizar a entrada de dados. A Tabela 1 mostra os textos que são sintetizados em cada passo do fluxo. O exemplo

Tabela 1. Textos sintetizados em cada etapa do fluxo exibido na Figura 5

Passo	Ação	Texto Sintetizado
1	Abrir aplicativo	Você deve selecionar a sala para onde você quer ir. Para isso Você deve utilizar o botão de volume para cima para prosseguir e o botão de volume para baixo para cancelar. Aperte o botão de volume para cima para continuar.
2	Volume +	Vamos inserir o número da sala que deseja encontrar. Pressione a tela o número de vezes referente às dezenas e pressione volume para cima para confirmar.
3	Toque	Dez
4	Toque	Vinte
5	Toque	Trinta
6	Toque	Quarenta
7	Volume +	Pressione a tela o número de vezes referente a unidade e pressione volume para cima para confirmar.
8	Toque	Quarenta e um
9	Toque	Quarenta e dois
10	Volume +	Você irá para a sala 42. Passe a luva sobre os rótulos que se encontram nas pontas do quadro sobressalente que está fixado nas portas. Um sinal curto indica que você está na sala errada, e um sinal longo indica que você chegou na sala desejada. Aperte o botão de volume para cima para continuar ou o volume para baixo para cancelar.



Figura 5. Fluxo de telas no aplicativo para inserir a sala 42.

Fonte: dos autores.

refere-se à busca da sala número 42. No primeiro passo, o usuário ouve as orientações iniciais sobre o uso do aplicativo: utilizando os botões de volume para confirmar ou cancelar uma ação. Depois da confirmação através do botão de volume, no segundo passo, o usuário é orientado em como iniciar o processo de inserir o número da sala: tocando a tela do *smartphone* o número de vezes referente à dezena do número. Neste exemplo, como representado nos passos 3 a 6 da Figura 5, o usuário deve tocar a tela do *smartphone* 4 vezes, gerando sempre um feedback sonoro. Depois de uma confirmação através do botão de volume, no passo 7, o usuário é orientado a finalizar a escolha da sala: tocando a tela do *smartphone* o número de vezes referente a unidade. Neste exemplo, o usuário pressionaria a tela 2 vezes, como ilustrado nos passos 8 e 9. Por fim, através da confirmação por meio do botão de volume, o usuário chega ao último passo dessa etapa, na qual ele é instruído sobre a etapa de procura da sala, explicando onde as etiquetas com informação estão localizadas e qual o tipo de sinal que indicará que a sala foi encontrada: um sinal curto indica que o usuário está na sala errada, e um sinal longo indica que o usuário está na sala desejada.

As mensagens são repetidas depois de 20 segundos de inatividade, para auxiliar o usuário em caso de esquecimento de quais são os comandos disponíveis

3.5 Comunicação sistema móvel – dispositivo vestível

Para a comunicação entre o aplicativo Android e o dispositivo vestível, foi utilizado o protocolo *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT). Este protocolo se baseia no princípio de *publish/subscribe* (publicação/inscrição). Nesse modelo, múltiplos clientes se conectam a um intermediador e se inscrevem nos tópicos do seu interesse. Ao mesmo tempo, outros clientes se conectam ao intermediador e publicam mensagens nos tópicos. Desse modo, os clientes inscritos em um determinado tópico recebem as mensagens publicadas, e podem utilizar a informação conforme a necessidade. Este protocolo provê uma interface simples e fácil de ser implementada e sua maior vantagem é a troca de mensagens com um baixo consumo de Internet.

Na Figura 6 é apresentada a comunicação entre o aplicativo e os dispositivos vestíveis utilizando o MQTT. Nessa abordagem, *smartphone* e o dispositivo vestível se conectam através da Internet ao intermediador em um mesmo tópico. O número da sala que o usuário está procurando é publicado no tópico quando um usuário termina de realizar a entrada de dados no *smartphone*, e

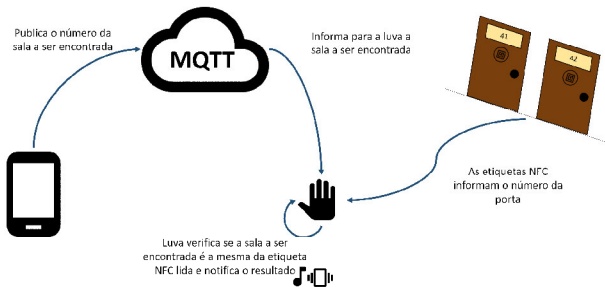


Figura 6. Comunicação entre aplicativo e dispositivos, utilizando o MQTT. Fonte: dos autores.

essa mensagem é repassada para o dispositivo vestível, que se inscreveu no tópico anteriormente para receber as mensagens publicadas. Quando o usuário aproxima o dispositivo vestível das etiquetas NFC afixadas nas portas, o dispositivo compara a informação recebida do *smartphone* e da porta e notifica o resultado através de um som e vibração.

3.6 Comunicação sistema (sistema móvel – dispositivo vestível) – usuário

Para utilizar o sistema, o usuário deve inicialmente entrar com o número da sala a ser encontrada utilizando o aplicativo para *smartphone*, usando os botões de volume para confirmar ou cancelar uma ação e pressionando a tela para adicionar o número da sala a ser encontrada.

Depois de concluída essa etapa, o usuário começa a interagir com o dispositivo vestível: ele deve procurar pela sala, aproximando o leitor de NFC, que fica posicionado na luva, na palma da mão, das etiquetas. A cada etiqueta lida pela Luva, uma resposta será produzida, cabendo ao usuário interpretar se ele encontrou a sala correta ou a sala errada.

4. AVALIANDO O USO DA LUVA GAVI

As subseções a seguir descrevem os principais aspectos de um estudo de caso realizado para explorar os usos da Luva GAVI em situação experimental.

4.1 Objetivo

O objetivo do estudo de caso era verificar se os feedbacks hápticos e sonoros produzidos pela luva, munida de um leitor de NFC, eram suficientes para que um sujeito vendado, utilizando uma bengala, pudesse encontrar uma sala pré-definida em um corredor de um prédio.

4.2 Sujeitos e métodos

O estudo de caso foi executado com um grupo de 13 especialistas em IHC, pesquisadores nos níveis de pós-doutorado, doutorado e mestrado, no Instituto de Computação da Unicamp, local onde essa pesquisa está sendo desenvolvida. Nenhum dos participantes possuía deficiência visual e já eram familiarizados com o prédio do instituto.

Os pesquisadores foram divididos em dois grupos: 8 observadores e 5 sujeitos. Os observadores ficaram responsáveis por coletar dados quantitativos e qualitativos para a avaliação desse estudo de caso, enquanto os sujeitos executaram a atividade proposta. Ao final do experimento os pesquisadores realizaram uma sessão de *debriefing* para discutir as experiências e percepções de todos os envolvidos no experimento.

4.3 Planejamento

Como o objetivo do estudo era encontrar uma sala pré-definida em um prédio, utilizamos um dos corredores do Instituto de Computação da Unicamp como cenário para a atividade. Oito salas foram escolhidas para o experimento, quatro de cada lado de um corredor, e solicitamos a permissão para os professores que utilizam as salas para colar as etiquetas NFC nas portas das salas.

Nenhuma mudança foi feita no layout do corredor: extintores, latas de lixo e quadros para recados foram mantidos no cenário. A única solicitação para os professores era que durante o experimento as portas de suas salas ficassem fechadas. Também não houve impedimentos para a movimentação de pessoas: durante o experimento, pessoas transitaram livremente pelo corredor, bem como entraram e saíram das salas.

O planejamento contou também com a preparação do cenário: foram gravadas quatro etiquetas NFC para cada sala, totalizando 32 etiquetas. Antes da atividade ser iniciada, as etiquetas foram colocadas nas respectivas portas, bem como testadas para garantir o correto funcionamento durante o experimento.

4.4 A atividade

A atividade proposta para esse estudo de caso foi dividida em três etapas: familiarização com os dispositivos, entrada de dados e procura pela sala.

Na etapa de familiarização com o dispositivo, o sujeito, já vendado, recebia a luva, a bengala e o *smartphone* que seriam utilizados na atividade. O sujeito tinha aproximadamente um minuto para se familiarizar com o *smartphone* utilizado no experimento, reconhecendo os botões para realizar a entrada de dados.

Antes de iniciar a segunda etapa, um sorteio definia o número da sala que o sujeito deveria encontrar em um corredor. O número da sala era informado para o sujeito, que utilizava essa informação para completar a etapa de entrada de dados no sistema, utilizando o aplicativo para *smartphone* criado para esse estudo de caso. Ao final dessa etapa, o número da sala era enviado para a luva, e o sujeito podia escolher devolver o *smartphone* para um dos pesquisadores a qualquer momento encerrando a atividade. Durante a etapa de entrada de dados, o sujeito também era informado sobre algumas instruções para encontrar a sala, como, por exemplo, onde os identificadores estão posicionados (Figura 7) e que tipos de feedbacks sonoros são produzidos para cada situação: sala encontrada ou sala não encontrada.

Na última etapa, de busca da sala (Figura 8), o sujeito deveria encontrar a sala andando pelo corredor munido da luva e da bengala. Quando o sujeito reconhecia que a sala que ele estava em frente era a sala sorteada para sua atividade, a atividade era encerrada.



Figura 7. Etiquetas NFC posicionadas em uma das salas. Fonte: dos autores.



Figura 8. Sujeito vendado, utilizando a luva e a bengala para procurar pela sala. Fonte: dos autores.

5. RESULTADOS

A experimentação durou em torno de 3 horas, divididas entre a fase de preparação do cenário (preparação do ambiente e colagem das etiquetas nas portas), execução da atividade proposta pelos sujeitos e a sessão de *debriefing*.

Os dados coletados pelos observadores durante o experimento foram analisados e se observam os resultados exibidos na Tabela 2. Todos os sujeitos que participaram da atividade conseguiram completá-la com sucesso.

Na etapa de entrada de dados, observamos que houve uma variação de aproximadamente 1 minuto entre o sujeito mais lento e o mais rápido para realizar essa etapa. Na etapa de procura pela sala, a variação entre o mais lento e o mais rápido para executar da atividade foi de quase 2 minutos.

Tabela 2. Tempo gasto pelos sujeitos nas etapas de Entrada de Dados e Procura pela Sala

Sujeito	Tempo (em minutos)		
	Entrada de dados	Procura pela sala	Total
1	1:58	2:02	4:00
2	1:09	3:51	5:00
3	1:13	2:07	3:20
4	1:06	2:14	3:20
5	1:01	2:53	3:54
Média	1:17	2:37	3:55

5.1 Resultados da análise das respostas dos observadores e do *debriefing*

Em relação ao uso do *smartphone* para fazer a Entrada de Dados, não foi notado qualquer problema pelos observadores, sendo que todos os sujeitos completaram essa etapa com sucesso, levando em média 1:17 minutos para realizá-la.

Já em relação ao uso da luva, através das respostas dos observadores e comentários na sessão de *debriefing*, puderam-se notar alguns resultados em relação a aspectos ergonômicos da luva, à dinâmica da atividade proposta, à estratégia empregada pelos sujeitos para concluir a atividade e em relação aos feedbacks hápticos e sonoros produzidos pela luva para indicar se o sujeito tinha encontrado a porta correta ou estava diante da porta errada.

Em relação a aspectos ergonômicos, os observadores relataram que os sujeitos não pareciam desconfortáveis com a luva, dado

que conseguiram utilizar o *smartphone* e a bengala com a mesma mão que a luva era utilizada, indicando que a luva não reduz significativamente a mobilidade da mão para o usuário e não modificou a naturalidade dos movimentos. Além disso, foi observado que os sujeitos utilizaram a mão que vestia a luva para tatear tanto as portas como para encontrar obstáculos no ambiente. Esse comentário reforça a observação de que os sujeitos se sentiram confortáveis vestindo a luva, sugerindo que a forma e o peso da luva não afetaram negativamente a experiência dos usuários.

Em relação à dinâmica da atividade, os sujeitos não apresentaram dificuldades em encontrar as etiquetas presas nas portas. Porém, em algumas tentativas em que um sujeito passou a luva muito rapidamente por uma das etiquetas posicionadas na porta, o leitor NFC não funcionou como esperado, de forma que nenhum feedback foi produzido. Os especialistas sugeriram, durante a sessão de *debriefing* a investigação de outras tecnologias para substituir o NFC, já que a leitura das etiquetas requer uma distância muito pequena para o seu reconhecimento, exigindo que o usuário se aproxime bem de todas as etiquetas no caminho de busca.

Os caminhos feitos por cada sujeito podem ser observados na Figura 9. Foi possível observar que os sujeitos utilizaram uma estratégia sequencial para encontrar as portas, visitando uma porta e continuando a busca por uma das portas vizinhas da escolha inicial. Nesse sentido, alguns sujeitos tiveram dificuldades de encontrar algumas portas com a bengala, pulando uma porta durante a busca. Uma hipótese levantada para justificar este acontecimento é o fato de os sujeitos não estarem familiarizados com o uso da bengala. Dois dos cinco participantes optaram por mudar de lado do corredor no meio da busca.

A maior dificuldade observada durante o experimento foi em relação ao reconhecimento dos feedbacks sonoro e hápticos produzidos toda vez que uma etiqueta NFC era lida, e que indicava se o usuário tinha encontrado a sala correta ou estava diante da sala errada. Todos os sujeitos tiveram dificuldades para diferenciar qual feedback indicava que a sala encontrada era a correta e qual indicava que a sala era a incorreta. O sujeito 3 por exemplo, visitou a sala destino na primeira tentativa, mas teve que visitar outra sala para poder entender as diferenças entre os feedbacks e poder decidir se estava ou não na sala correta. Por ser um feedback binário (sala correta ou sala incorreta) não foi possível para os sujeitos criarem estratégias mais otimizadas para a busca da sala correta. Os especialistas em IHC sugeriram o uso de motores de vibração em lados opostos da mão para poder indicar o lado (direita/esquerda) que o usuário deveria seguir para poder otimizar a busca.

Discussão

A Luva GAVI apresentou uma evolução em relação à primeira versão de protótipo vestível em formato de pulseira. Com a primeira versão em um teste piloto, apenas um sujeito realizou a atividade proposta, já que, devido ao desconforto e problemas gerados pelo uso da pulseira, o estudo foi encerrado. Os resultados mostram que houve um avanço nesse aspecto, já que os sujeitos pareceram se sentir confortáveis vestindo a luva e ela não afetou o uso do *smartphone* e bengala.

Os resultados obtidos indicam que além do conforto, um outro fator importante que deve ser levado em consideração durante o desenvolvimento de dispositivos vestíveis é a compatibilidade do dispositivo e dos movimentos que ele permite com a atividade

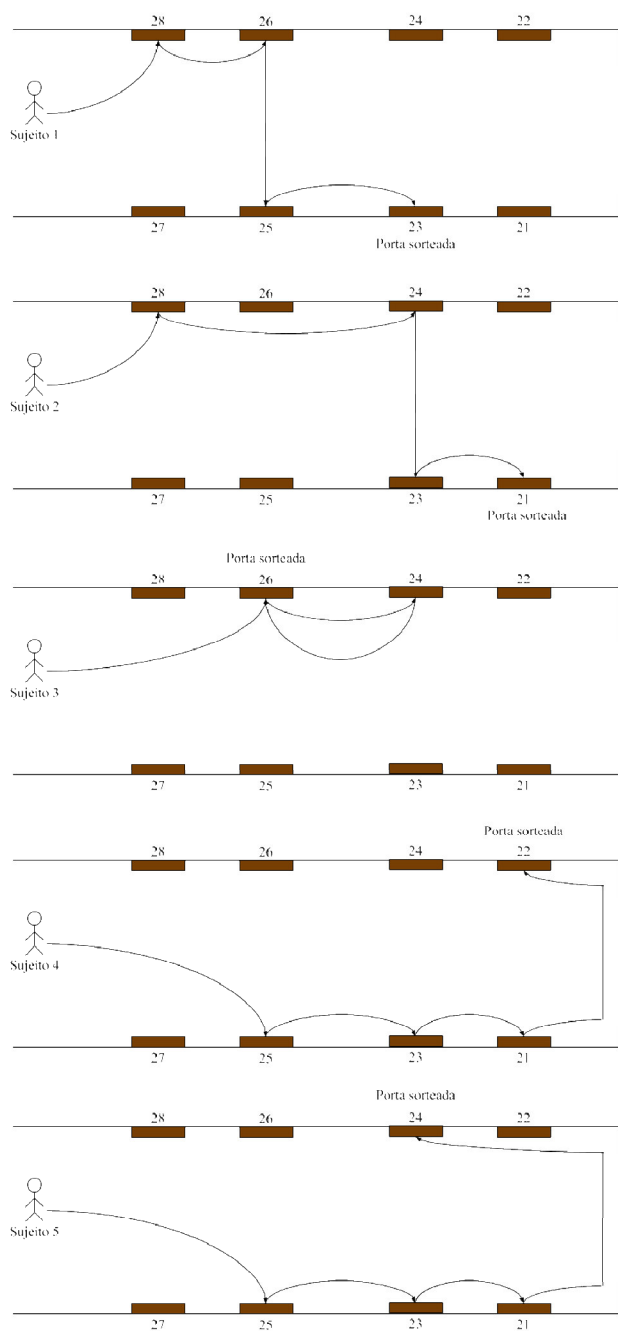


Figura 9. Caminhos realizados pelos sujeitos. Fonte: dos autores.

alvo do produto: no primeiro protótipo, o dispositivo tornava o movimento para realizar as leituras das etiquetas NFC muito difícil e não natural. No segundo protótipo, no qual o usuário precisava apenas passar a mão aberta sobre a etiqueta, observamos mais naturalidade no movimento.

Princípios-chave para a vestibilidade de um dispositivo vestível [11] precisam ser investigados mais profundamente. Alguns princípios como, por exemplo, privacidade e estética se mostram essenciais para o engajamento das pessoas no uso de dispositivos vestíveis [11]. Esses dois aspectos não foram mencionados pelos

observadores ou durante a sessão de *debriefing*, o que sugere que a Luva não apresentou problemas nesse sentido.

O sistema de feedback sonoro e háptico produzido pela luva deve ser revisto para uma próxima versão, já que os resultados indicam que os sujeitos tiveram dificuldades em associar o significado de cada um dos sinais. Adicionar o som produzido por cada feedback durante a etapa que instrui o usuário para a atividade poderia facilitar o entendimento. Além disso, se o feedback produzido orientasse que a sala procurada estaria à esquerda ou direita, ou fosse informado para o usuário qual o número da sala que estava sendo visitada, o usuário poderia modificar a sua estratégia de busca, possivelmente tendo que visitar menos salas até concluir a atividade.

No cenário experimental não foi levado em consideração o caminho completo, desde a entrada de um prédio público até o escritório a ser visitado. Dessa forma, seria necessário expandir o cenário e o sistema para detalhar para o usuário outras informações, como andares e pontos de interesse (elevadores, escadas e banheiros, por exemplo). Ao adicionar esses novos itens, a navegação utilizando o sistema seria mais completa.

Além disso, o cenário utilizou números para referenciar as salas. Portanto, a forma de entrada de dados deve ser expandida ou alterada, utilizando por exemplo, comandos de voz, para contemplar também entradas alfanuméricas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabemos que tarefas do cotidiano como se locomover em um ambiente novo, preparar uma mala de viagem ou fazer um inventário dos produtos da dispensa podem ser desafiadores para as pessoas com algum tipo de deficiência visual. Este artigo investiga sobre o potencial de tecnologias vestíveis no design de produtos para uso nessas situações.

As tecnologias vestíveis ainda são pouco exploradas na construção de tecnologia assistiva, e possuem um potencial ainda maior quando se consideram as possibilidades que emergirão da Internet das Coisas nas atividades cotidianas das pessoas em sociedade. Neste trabalho, foram propostos, desenvolvidos e experimentados dispositivos vestíveis, como forma de tecnologia assistiva para acesso de pessoas impossibilitadas da visão, à informação do ambiente físico. Um estudo piloto foi realizado com especialistas na área de IHC para verificar o potencial de continuidade do esforço, em um próximo passo da pesquisa.

Os resultados obtidos com o uso das tecnologias vestíveis em questão são promissores e encorajam uma próxima etapa da pesquisa, que visa utilizar o protótipo criado em um estudo de caso com pessoas com deficiência visual, potenciais usuários finais da Luva GAVI, para entender se e como essa tecnologia lhes poderia ser útil em diferentes cenários de uso.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos funcionários do Laboratório de Acessibilidade (LAB) e da Biblioteca Central Cesar Lattes (BCCL) da Unicamp pelo uso da impressora 3D. Agradecemos também aos pesquisadores do grupo InterHAD e ao Instituto de Computação da Unicamp. Apoiaram o trabalho: CNPq (#308618/2014-9) e FAPESP (#2015/16528-0).

8. REFERÊNCIAS

- [1] Agarwal, A., Pareddy, S. & Swaminathan M. (2017). FReAD: A Multimodal Interface for Audio Assisted Identification of Everyday Objects. In Proceedings of the

- 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '17). ACM, New York, NY, USA, 1471-1477.
- [2] Azenkot, S., Prasain, S., Borning, A., Fortuna, E., Ladner, R. E. & Wobbrock, J. O. (2011). Enhancing independence and safety for blind and deaf-blind public transit riders. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11). ACM, New York, NY, USA, 3247-3256.
- [3] Bardot, S., Serrano, M. & Jouffrais, C. (2016). From tactile to virtual: using a smartwatch to improve spatial map exploration for visually impaired users. In Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '16). ACM, New York, NY, USA, 100-111.
- [4] Chen, L. Hussain, I., Chen, R. Huang, W. & Chen, G. (2013). BlueView: a perception assistant system for the visually impaired. In Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication (UbiComp '13 Adjunct). ACM, New York, NY, USA, 143-146.
DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2494091.2494139>
- [5] Freeman, E., Wilson, G., Brewster, S., Baud-Bovy, G., Magnusson, C. & Caltenco, H. (2017). Audible Beacons and Wearables in Schools: Helping Young Visually Impaired Children Play and Move Independently. In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17). ACM, New York, NY, USA, 4146-4157.
- [6] Hersh, M. & Johnson, M. A. (2008). Assistive Technology for Visually Impaired and Blind People (1st ed.). Springer Publishing Company, Incorporated.
- [7] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010). Censo Demográfico 2010: Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência. Acessado em 10 de maio de 2017 em http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf
- [8] Intel. Intel Edison. Acessado em 10 de maio de 2017 em <https://software.intel.com/en-us/iot/hardware/edison>
- [9] Intel (2016). What is the Intel Edison Module?. Acessado em 04 de junho de 2017 em <https://software.intel.com/en-us/articles/what-is-the-intel-edison-module>
- [10] Maike, V. R. M. L., Buchdid, S. B. & Baranauskas, M. C. C. (2016). Smart Supermarket must be for All: a Case Study Including the Visually Impaired. In Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '16). Brazilian Computer Society, São Paulo, Brazil, Brazil, 1-10.
- [11] Motti, V. G. & Caine, K. (2014). Human Factors Considerations in the Design of Wearable Devices. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society (HFES) 58th Annual Meeting.
- [12] Seeed (2016). Acessado em 4 junho de 2017 em https://github.com/SeeedDocument/Xadow_Wearable_Kit_For_Edison/raw/master/res/Edison_Pedometer_3D_models.zip
- [13] Shilkrot, R., Huber, J., Ee, W. M., Maes, P. & Nanayakkara, S. C. (2015). FingerReader: A Wearable Device to Explore Printed Text on the Go. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15). ACM, New York, NY, USA, 2363-2372. DOI: <https://doi.org/10.1145/2702123.2702421>
- [14] Stearns, L., Du, R., Oh, U., Jou, C., Findlater, L., Ross, D. A. & Froehlich, J. E. (2016). Evaluating Haptic and Auditory Directional Guidance to Assist Blind People in Reading Printed Text Using Finger-Mounted Cameras. ACM Trans. Access. Comput. 9, 1, Article 1 (October 2016), 38 pages.
- [15] Velazquez, R., Pissaloux, E. E., Guinot, J. C. & Maingreud, F. C. (2005). Walking Using Touch: Design and Preliminary Prototype of a Non-Invasive ETA for the Visually Impaired. In IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, 2005, pp. 6821-6824.
- [16] World Health Organization – WHO (1993). International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps: A Manual of Classification Relating to the Consequences of Disease. Geneva: World Health Organization (WHO).
- [17] World Health Organization – WHO (2010). Visual Impairment and Blindness. Acessado em 20 de maio de 2017 em http://www.who.int/blindness/data_maps/VIFACTSHEETGLODAT2010full.pdf?ua=1
- [18] Xadow. Acessado em 10 de maio de 2017 em http://wiki.seeed.cc/Xadow_Wearable_Kit_For_Edison