

02

Smart Station: Um Sistema Pervasivo de Notificação em Paradas de Ônibus para Pessoas com Deficiência Visual

Lucas Agostini¹

Alex Braga¹

Julio Machado¹

Alysson Nogueira¹

Tatiana Tavares¹

Adenauer Yamin¹

Abstract: Vision is one of the most important channels for the individual's relationship with the world. Also vision is our main "guidance system". Visually impaired people do not have this "guidance system" as their main orientation. A natural form for adaptation is to take advantage of other senses, as hearing and touch, to provide an independent way to accomplish daily activities. An example is the mobility, especially for accessing urban public transportation. Thus, we propose a solution for notification at bus stops based on pervasive computing, using microprocessors and speakers, centered in visual impairment people.

Keywords: Ubiquitous computing. Visual accessibility.

Resumo: A visão é um dos canais mais importantes de relacionamento do indivíduo com o mundo, sendo nosso principal "sistema-guia" de orientação. As pessoas com deficiência visual não possuem esse "sistema-guia" como sua orientação principal. Uma forma de adaptação natural é se beneficiar de sentidos alternativos, como audição e tato, para oferecer uma forma independente de realização das atividades do cotidiano. Um exemplo é a mobilidade, especialmente no acesso ao transporte público urbano. Dessa forma, propõe-se uma solução para notificação em paradas de ônibus baseada em computação ubíqua, usando microprocessadores e caixas de som, voltado a pessoas com deficiência visual.

Palavras-chave: Computação ubíqua. Acessibilidade visual.

1 Introdução

Segundo Garlan et al. (2002) o recurso mais precioso em uma solução computacional já não é mais o processador, memória, disco ou rede, mas sim o recurso limitado da atenção humana. A atenção humana é um recurso escasso pois o usuário está muitas vezes focado em atividades do seu cotidiano como andar, dirigir ou falar enquanto acessa recursos computacionais. Quando o sistema computacional não compete pela atenção do usuário o qual pode desfrutar da informação de forma transparente temos então um ambiente genuinamente pervasivo, ou um ambiente pervasivo *distraction-free* (livre de distrações).

Nas atividades do nosso cotidiano que podem ser facilitadas por ambientes dessa natureza, destacamos o transporte público. Além disso, o transporte público é uma condição necessária para a concretização das relações econômicas e sociais mais desafiadoras da nossa Sociedade e um dos desafios para promoção da mobilidade urbana. Para Vasconcellos (2001) existem várias visões da mobilidade, no entanto, essas visões partem do princípio que a mobilidade está relacionada com a capacidade e/ou habilidade de movimentar-se. No entendimento do Ministério das Cidades (2004): “a mobilidade está vinculada à qualidade de vida dos locais onde as pessoas moram e para onde se deslocam, devendo estar articulada com o plano de desenvolvimento da cidade e com a democratização dos espaços públicos conferindo prioridades às pessoas e não a veículos”. Assim, um plano de desenvolvimento urbano para mobilidade deve abordar aspectos que envolvam atributos de qualidade voltados à sustentabilidade, tais como: (i) minimizar o consumo de espaço e recursos naturais; (ii) racionalizar e gerenciar eficientemente os fluxos urbanos; (iii) proteger a saúde da população urbana; (iv) assegurar igualdade de acesso a recursos e serviços; (v) manter a diversidade social e cultural.

Dentre os atributos supracitados, destacamos a igualdade de acesso a recursos e serviços. No Brasil, o ônibus é o veículo mais utilizado para o transporte público de passageiros, no entanto, a acessibilidade ainda é muito restrita no transporte público, especialmente, para os usuários cegos ou de baixa visão. Quando estas pessoas precisam utilizar o transporte público, elas enfrentam grandes dificuldades, que, segundo depoimentos, são ocasionadas devido a falta de dispositivos adaptados nas paradas de ônibus. Segundo Vasconcellos (2001) essa deficiência do serviço de transporte público, muitas vezes, coloca seus usuários em situação de desconforto e sem autonomia para realizar sua atividade de movimentação urbana como qualquer outro passageiro. Segundo Henry (2014) um dos pontos principais a acessibilidade é o design de produtos capazes de tornar mais autônomas ou independentes pessoas que possuem algum tipo de deficiência, seja de modo direto (sem ajuda de ninguém)

ou indireto (com a ajuda de alguém ou alguma coisa/dispositivo). Nesse sentido uma solução ubíqua que promova a igualdade de acesso a recursos e serviços no transporte urbano pode contribuir efetivamente para promoção da acessibilidade.

Neste artigo é apresentado o *Smart Station*, um sistema pervasivo de notificação capaz de alertar os usuários sobre o *status* de uma parada de ônibus utilizando avisos ou mensagens sonoras. Como contribuições da proposta, este sistema utiliza uma solução de baixo custo e reduzido consumo energético capaz de comunicar informações imediatas sobre os ônibus de uma parada. Nossa intenção é, então, oportunizar maior independência aos usuários com deficiência visual no usufruto do serviço de transporte coletivo.

Este artigo é uma extensão do trabalho (AGOSTINI et al., 2016) que foi apresentado no VIII Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva. Para fins de comparação, detalhamos mais os trabalhos relacionados, dando ênfase no diferencial deste trabalho. Além disso, adicionamos uma subseção com o detalhamento dos testes que foram realizados com o público-alvo do *Smart Station* bem como os detalhes da metodologia MOS, que foi a utilizada para avaliar e quantificar os resultados obtidos.

2 Trabalhos Relacionados

O aplicativo CitaMobbi Acessibilidade foi desenvolvido por um usuário de ônibus cego e tem como finalidade avisar em tempo real informações para embarque e desembarque de passageiros. Este aplicativo é uma extensão do CitaMobbi, aplicativo mobile que oferece informações em tempo real para transporte público com ônibus em 15 cidades brasileiras. O CitaMobbi Acessibilidade utiliza mensagens de voz e sistema de vibração do celular. Luiz Eduardo Porto, desenvolvedor da versão acessível, acrescenta: “De casa já é possível acionar o aplicativo, programando até a parada final da viagem. E não precisa levar o celular na mão, virando alvo de ladrões, pois dá para perceber ele vibrando dentro do bolso do casaco quando o ônibus está chegando” UEHARA 2015).

Este aplicativo possui diversas funcionalidades interessantes, além das citadas acima, outra que se destaca é a possibilidade do usuário poder ativar o aplicativo antes de sair de casa, e o mesmo informa os horários dos próximos ônibus desejados pelo usuário. Esta função possibilita maior conforto e liberdade para o usuário, que esperará um tempo menor nos pontos de ônibus.

Em Willis (2005) é apresentada uma solução que utiliza um sistema de grade RFID, como solução para o problema de acessibilidade de alunos cegos. As RFIDs

seriam programadas com informações sobre o ambiente ao seu redor, permitindo assim que não seja necessário um sistema centralizado com os dados armazenados ou uma rede *wireless* para troca de informação. Esse sistema em grade de RFID permitirá também avanços na robótica para o conhecimento preciso de lugares. Para utilização desse sistema, cada usuário levará um leitor de RFID que se comunicará com o usuário pelo celular através de conexão Bluetooth. Para dar assistência a locomoção, o usuário usa um cinto que emite sinais sonoros e vibra, indicando se o mesmo está indo na direção desejada.

Este dispositivo é inserido na sola do sapato do usuário, isto ocorre pois, para maximizar o raio de leitura do dispositivo, ele deve estar próximo ao chão já que sua antena é pequena. É citado no trabalho que uma melhoria futura que eles planejam é inserir uma antena externa ao sapato para melhor leitura dos dispositivos, porém isto acarretaria em uma diminuição na ubiquidade do produto final.

De acordo com Scavasin (2016), para atender à lei de mobilidade urbana 12.587/12, uma empresa mineira criou um sistema para disponibilizar e equipar ônibus para a maior acessibilidade aos seus usuários cegos. Ao usuário coube adquirir e portar um controle remoto com o sistema embarcado. Essa empresa atua nas cidades de Jáu/SP, Araucária/PR e Limeira/SP. No interior de São Paulo foi idealizado pelo grupo criar BUSALERT que tem como o objetivo um sistema que informa a distância, tempo estimado de chegada e o número de paradas até o ponto solicitado pelo usuário. O diferencial para a melhor acessibilidade é que o sistema funciona em dispositivos móveis, tanto por texto como por áudio, neste último caso, facilitando o manuseio ao deficiente visual.

Na mesma linha de desenvolvimento de software para acessibilidade, Bianchi (2014) apresenta o desenvolvimento de um sistema móvel para o controle de transporte coletivo, com o fim de auxiliar a utilização deste por pessoas com deficiência visual. O funcionamento do sistema conta com recursos disponíveis na plataforma Android: como a utilização de GPS, conectividade entre dispositivos e o servidor de dados, sintetização de voz e mapas da plataforma. A execução do sistema é basicamente um aplicativo localizador, em que o aplicativo cliente envia e recebe informações do servidor, executando suas funcionalidades de forma a auxiliar os usuários no transporte coletivo com ou sem deficiência visual. Em síntese o sistema desenvolvido permite que o usuário saiba quando está se aproximando de um transporte público através de um aviso sonoro além de permitir o recurso de acessibilidade por reconhecimento de voz para que o deficiente visual possa ativar e interagir com o sistema. O intuito do sistema desenvolvido é facilitar o acesso e a autonomia para locomoção dos portadores de deficiência visual.

Como trabalhos futuros, Bianchi (2014) cita a possibilidade de implementação de um sinal sonoro para alertar os usuários do transporte público que eles chegaram ao seu local de destino, visto que esta solução tão somente leva o usuário até o transporte público. Além disso, este trabalho não realizou testes com o público alvo de nosso trabalho, que é o público com deficiência visual, não sabendo então os resultados para este público.

O Quadro 1 apresenta um resumo dos trabalhos supracitados em função dos aspectos: forma de interação, tipo de informação e dispositivos usuais ou dedicados (hardware específico). Em dispositivos distinguimos os dispositivos ligados ao oferecimento da infraestrutura e os necessários para que o usuário tenha acesso ao serviço ou aplicação.

Quadro 1 - Comparativo das Soluções Correlatas.

	Forma de Interação	Tipo de Informação	Dispositivos	
			Infraestrutura	Usuário
Portal do CittaMobi (2016)	Mensagens de voz e Vibração	Embarque e desembarque	Servidor de Aplicação Web	Dispositivos Móveis
Willis et al. (2005)	Sinais Sonoros e Vibração	Ambiente ao seu redor	Dispositivos Móveis + RFID	Leitor de RFID (sapato) + Dispositivos Móveis
Scavasin (2016)	Áudio	Distância, tempo e o número de paradas de ônibus	Sistema Embarcado	Controle Remoto + Sistema Embarcado + Dispositivos Móveis
Bianchi (2014)	Síntese e conhecimento de voz	Ponto de parada mais próximo	Servidor de Aplicação Web	Dispositivos Móveis

Fonte: Autores (com base na bibliografia)

3 Smart Station: da Concepção ao Desenvolvimento

Segundo Rocha et. al. (2013) sistemas de apoio ao cidadão são de considerável importância. Nesse cenário, a computação ubíqua e ciente de contexto, que se caracteriza pela presença de dispositivos portáteis, aparece como peça fundamental. Nogueira et. al. (2012) acrescenta que visando à melhoria desse cenário, o conceito de computação ubíqua tem sido apontado como promissor, pela integração da computação com o cotidiano focada na melhoria da qualidade de vida, saúde pessoal e capacitação de usuário. Aliado a isso, ter em mente o requisito de não colocar na responsabilidade dos usuários usar ou

carregar ou iniciar um aplicativo ou dispositivo para acesso ao serviço ou informação nos leva à concepção do *Smart Station*.

O *Smart Station* é focado no acesso do usuário com deficiência visual ao transporte público. Diferentemente de soluções baseadas em dispositivos móveis (Portal do CittaMobi, 2016; Bianchi, 2014), nosso intuito é prover uma solução que não necessita de gatilho ou dispositivo para sua ativação. A ideia é bastante intuitiva: o usuário que está na parada do ônibus escuta áudio que identifica o ônibus que se aproxima da zona de embarque, ou o usuário que está dentro do ônibus escuta o áudio que identifica a próxima parada. Para tanto, adotamos o ônibus e a parada de módulos baseados nos microprocessadores ESP8266 e dotados de comunicação Wi-Fi conforme ilustrado na Figura 1.

3.1 Metodologia de Desenvolvimento

Como dito anteriormente a abordagem “*distraction free*” imprime um ritmo de desenvolvimento focado no usuário. Este fato também está presente no conceito de experiência de usuário (do inglês: “*user experience ou UX*”) e foi aplicado neste trabalho como uma forma mais ampla de analisar a relação usuário-dispositivo-sistema através da compreensão da interação na perspectiva do usuário. Arhipainen (2003) caracteriza *UX* pela experiência que o usuário obtém quando interage com um produto. Segundo o autor a *UX* é definida como as emoções e expectativas do usuário e sua relação com outras pessoas e com o contexto de uso, onde destacam-se aspectos afetivos e experiências pessoais.

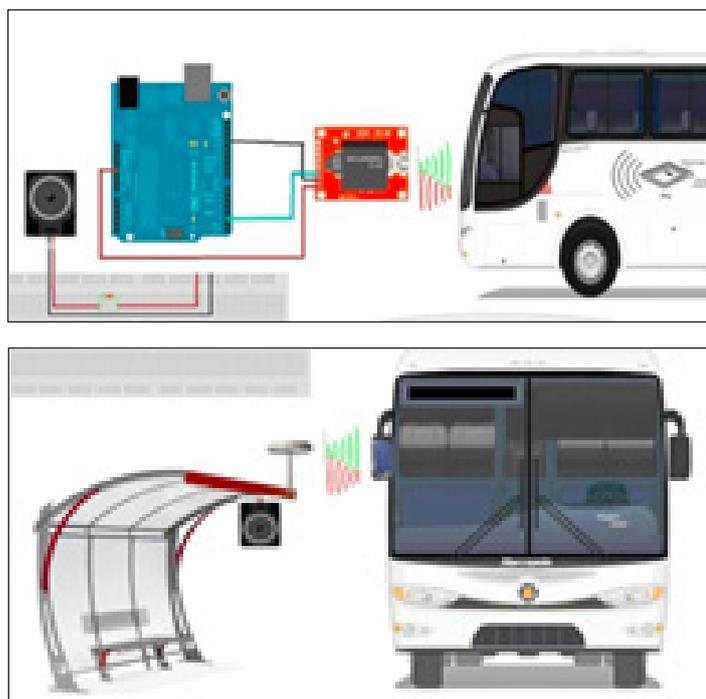


Figura 1 - Visão Geral da Solução

Fonte: Autores

A Figura 2 apresenta as principais atividades da metodologia de desenvolvimento utilizada no *Smart Station*. A definição do problema compreende o entendimento do cenário de uso e de soluções correlatas, sendo, então, necessário definir o público-alvo através da identificação e descrição das personas. O refinamento dos requisitos nos permite compreender as funcionalidades que neste caso contou a participação dos usuários reais. O design da interação consiste na elaboração de um modelo de execução do sistema como também os protótipos necessários à sua validação. Por fim, o produto final é avaliado. Para a avaliação da interface de áudio utilizamos o sistema MOS (*Mean Opinion Score*) que dita regras de como avaliar um arquivo de áudio (ou vídeo) através da percepção dos usuários.



Figura 2 - Metodologia de Desenvolvimento Baseada em UX.

Fonte: Autores

3.2 Personas do *Smart Station*

A definição e descrição das personas foi essencial no entendimento da dinâmica de uso do sistema, especialmente, na compreensão da percepção dos elementos físicos responsáveis pela prover a ubiquidade da solução. Nesta etapa foram delineados dois perfis de usuário como principais personas desejáveis:

- Pessoa com deficiência visual que deseja utilizar o transporte público;
- Pessoa que não sabe ler, e que deseja saber o ônibus que está passando.

O entendimento da persona - pessoa com deficiência visual - necessitou de uma aproximação com público-alvo para que pudéssemos entender melhor a situação atual e projetar uma solução para a situação desejada (com uso do sistema proposto). Dessa forma, os usuários reais do sistema participaram ativamente do processo de desenvolvimento, desde a etapa de entendimento do problema até a etapa de avaliação do produto final. Na Figura 3(a) é ilustrado um *storyboard* que representa situações do cotidiano de pessoas com deficiência visual que utilizam transporte público, onde observa-se a total dependência de uma terceira pessoa (motorista ou passageiro) para que a informação de qual ônibus esteja acessível para esses usuários. Já a Figura 3(b) representa o cenário desejado, onde uma solução ubíqua integrada ao ônibus e a parada de ônibus é capaz de notificar ao usuário com deficiência visual qual o ônibus está chegando à parada.

É interessante destacar, que na análise de requisitos foram levantadas outras funcionalidades como tempo de espera ou frequência de parada, no entanto, na

reunião com os usuários a funcionalidade desejada foi: “Eu quero saber qual o ônibus está se aproximando da parada!”.



Figura 3 - Storyboard com detalhamento das personas.

Fonte: Autores

3.3 Tecnologias Utilizadas e Prototipação

A implementação do *Smart Station* foi projetada a partir de uma arquitetura estilo cliente-servidor conforme ilustra a Fig.4. O módulo servidor - *Server* - pode ser detalhado em quatro componentes: *AudioFile*, *Receiver*, *IPGenerator* e *Sender*. O módulo cliente - *Client* - possui três componentes: *AudioFile*, *Receiver* e *Sender*. A conexão entre os módulos *Server* e *Client* é estabelecida via UDP.

Os módulos servidor e cliente são executados em microprocessadores ESP8266. O microprocessador ESP8266 (Espressif Systems, 2015) possui uma interface de comunicação USB e um módulo de comunicação Wi-Fi, e com esse módulo ela consegue fazer comunicação ad-hoc (sem infraestrutura adicional). A comunicação entre duas placas é feita através da criação de um servidor (com uma placa) e um cliente (com a outra placa). Quando elas se aproximam (segundo o *datasheet* a distância é de 50m) a conexão entre elas é realizada e as informações trocadas. As informações trocadas pelas placas identificam os áudios, ou seja, a placa que está no ônibus diz a linha do ônibus na qual ela se encontra e a placa que está na parada informa ao ônibus sua identificação.

Na Figura 4 temos um diagrama de componentes que ilustra a arquitetura principal do *Smart Station*. O

componente *AudioFile* designa os arquivos de áudio, cada parada de ônibus tem um arquivo de áudio com seu nome, e cada ônibus possui um arquivo com o nome da linha. O componente *Sender* é responsável por enviar o *AudioFile* para o outro ponto da conexão. O componente *Receiver* é responsável por enviar o áudio que está na ESP8266 via conexão sem fio. O componente *IPGenerator* fica na parte do servidor e é responsável por determinar IPs para os clientes. Os componentes *AudioFile*, *Receiver*, *IPGenerator* e *Sender* descrevem o servidor. Os componentes *AudioFile*, *Receiver* e *Sender* descrevem o cliente. Com isso, os ônibus possuem uma ESP8266 que funciona como servidor. Enquanto nas paradas dos ônibus temos outra ESP8266 funcionando como cliente.

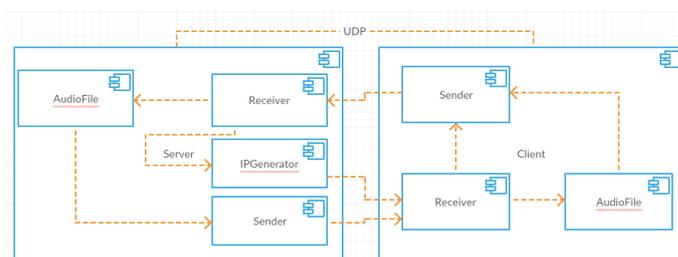


Figura 4 - Arquitetura do Smart Station.

Fonte: Autores

O desenvolvimento das funcionalidades acima descritas se deu com a utilização do firmware open-source e kit de desenvolvimento NodeMCU que utiliza a linguagem Lua, podendo ainda ser utilizada a linguagem C.

A plataforma NodeMCU foi desenvolvida para o conjunto de sistemas embarcados ESP baseado em Espressif NON-OS SDK e usa um sistema de arquivos baseado em SPIFFS (SPI Flash File System). Seu modelo de programação é similar ao do Node.js, só que em Lua, sendo um conjunto de eventos dirigidos assíncronos. Foi desenvolvido para o uso em aplicações IoT (Internet das Coisas).

Neste projeto foi utilizado a linguagem Lua para desenvolver as funções por ser projetada para expandir aplicações em geral, ser uma linguagem extensível, bastante utilizada para prototipagem e por aceitar múltiplos paradigmas, podendo assim ser estendida para encaixar diferentes tipos de problemas relacionados a esta aplicação, como por exemplo, executar tarefas periódicas, lidar com várias conexões em simultâneo, envio e reprodução de áudio.

3.4 Testes Realizados

Os primeiros testes realizados com protótipos funcionais foram essenciais para conhecer as fronteiras

da tecnologia adotada. A primeira preocupação foi entender a relação entre tempo de resposta e tempo de reação dos usuários. Lembrando que a intenção é oferecer um sistema de notificação que além de informar aos usuários qual o ônibus que se aproxima ofereça tempo para que o usuário possa tomar a decisão de solicitar ou não a parada do veículo.

Para execução dessa primeira bateria de testes foi utilizada: (i) para representar o ônibus: a placa conectada a entrada de USB de um veículo de passeio; (ii) para representar a parada: uma placa conectada a um notebook em uma parada de ônibus.

Através desses testes foi constatado que: (i) o tempo médio de resposta do sistema é cerca de 3,5 segundos; (ii) a distância de conexão sem o uso de antenas externas é de aproximadamente 40 metros; (iii) a velocidade de deslocamento do veículo não interfere no tempo de resposta.

3.5 Avaliação

Como dito anteriormente o envolvimento com usuários reais é uma característica deste projeto. Para avaliação dos protótipos foi utilizada a metodologia MOS (Rec, I. T. U. T., 2006) procurando identificar clareza, velocidade, volume e o tempo de resposta do sistema. Na escala de avaliação percebida sugerida pela metodologia MOS são apresentados para os voluntários cinco opções para medição do grau de satisfação conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Escala da metodologia MOS.

MOS	Qualidade	Sensação de Ruído
5	Excelente	Imperceptível
4	Bom	Perceptível mas não irritante
3	Neutro	Levemente irritante
2	Ruim	Irritante
1	Muito Ruim	Muito irritante

Fonte: Autores

Para realização dos testes para avaliar clareza, velocidade e volume foram envolvidos 23 voluntários. Na primeira bateria instruímos o público voluntário a manter silêncio enquanto reproduzíamos os sons de aviso de ônibus se aproximando da *Smart Station*. O objetivo deste teste foi o de proporcionar um ambiente para que os participantes pudessem formar uma opinião especificamente sobre a qualidade do arquivo de áudio, sem levar em conta sons ou ruídos externos,

distância da caixa de som ou qualquer outro fator que pudesse interferir no áudio reproduzido. A importância do teste foi a de avaliar o arquivo de áudio de forma independente de sua utilização no *Smart Station*.

Para realização dos testes de tempo de resposta foram envolvidos 06 voluntários organizados em duas baterias de teste. Na primeira pedimos que os voluntários, de forma individual, um de cada vez, simulassem a utilização do serviço de transporte público, instruindo-os a, logo que ouvissem a reprodução do áudio que indica qual ônibus está se aproximando da zona de embarque, gesticular o sinal que eles utilizam normalmente para pedir que um ônibus pare para o embarque. Nessa fase de testes, orientamos os demais voluntários na sala a conversar e produzir barulho, de forma a deixar o ambiente mais semelhante com o que ocorre na vida real em paradas de ônibus.

Na segunda bateria de testes foram reproduzidas em sequência diversos áudios de nomes de ônibus e instruímos aos voluntários para sinalizarem somente quando um áudio referente a uma linha de ônibus específica pré-determinado fosse reproduzido para, assim, avaliarmos a interação do usuário com a interface do sistema num sentido além da qualidade do áudio.

O resultado referente a clareza do áudio percebido pelos voluntários ouvintes obteve uma classificação unânime de *perfeito*. A Fig.5 (a) denota a avaliação de velocidade e sua relação com a compreensão dos voluntários ouvintes. Podemos observar que a maioria (>75%) atribui conceito *perfeito*. Foram testados nomes de linhas simples (por exemplo: Py crespo) e nomes compostos (por exemplo: Santa Terezinha). A Figura 5(b) mostra a avaliação do volume a qual também obteve maioria de respostas relacionadas ao conceito *perfeito*. Esse primeiro conjunto de testes foi realizado em uma reunião do grupo de cegos da Escola Louis Braille. Para se aproximar do contexto real optou-se por fazer uma avaliação coletiva e sem solicitar silêncio na sala, procurando assim garantir algum ruído. A distância máxima de um voluntário ao ponto de emissão do áudio foi de aproximadamente 5 metros e a distância mínima 1.

Adicionalmente foi avaliado o tempo de resposta de seis usuários em ambiente real, isto é, na parada do ônibus e os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 5(c). Após o teste coletivo (Figura 5(a) e (b)), convidamos usuários voluntários para simular o ambiente da parada de ônibus e cronometramos o tempo de tomada de decisão de cada usuário. Entende-se por tomada de decisão fazer sinal para que o ônibus possa parar. Percebemos que o tempo médio foi de 0,6 segundos e que não ultrapassamos 1,2 segundos.

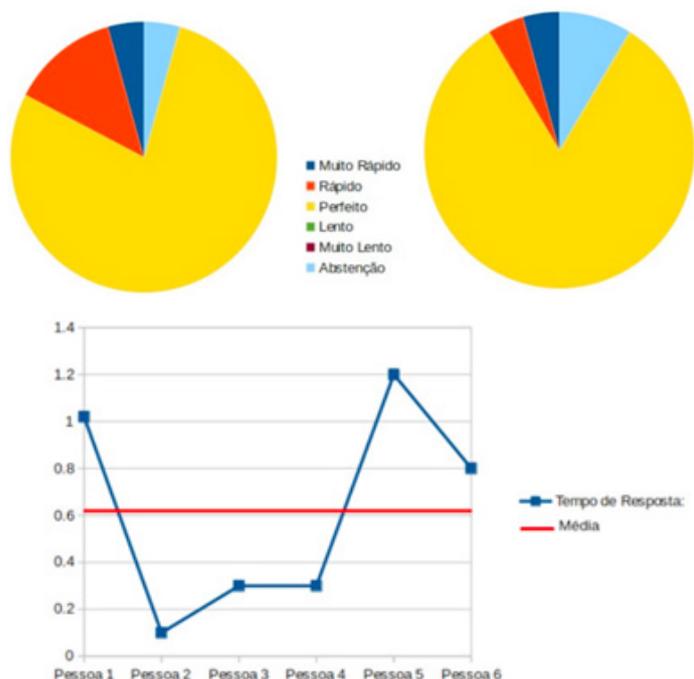


Figura 5 - Resultados.

4 Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma experiência de desenvolvimento de uma solução pautada em dois conceitos desafiadores e complementares: tecnologia assistiva e computação ubíqua. E a necessidade inerente, tanto no desenvolvimento voltado à tecnologia assistiva, quanto na computação ubíqua, dos sistemas possuírem autonomia foi um dos focos deste trabalho.

Dentro dessa perspectiva, o Quadro 2 apresenta a análise do *Smart Station* segundo os mesmos aspectos com os quais analisamos os trabalhos relacionados (vide Quadro 1). A diferença essencial do *Smart Station* em relação aos demais é não necessitar que o usuário final vista, use ou acesse nenhum dispositivo ou aplicativo. Essa característica é fundamental para a autonomia percebida pelos usuários finais segundo a perspectiva de tecnologia assistiva. A mesma característica é o que torna a solução *distraction-free*, em outras palavras, genuinamente ubíqua uma vez que não implica na adição de nenhuma atividade de gatilho ou manipulação de aplicativo ou dispositivo por parte do usuário no ambiente de execução.

Quadro 2 - Análise da Solução *Smart Station*.

Smart Station	Forma de Interação	Tipo de Informação	Dispositivos	
			Infraestrutura	Usuário
	Áudio (mensagens sonoras)	Próximo ônibus e próxima parada	Servidor + Cliente + placas + auto-falante	Não necessita

Dessa forma, o resultado alcançado neste trabalho corrobora com a visão de Vanderheiden (2008), que destaca que o objetivo de uma solução em tecnologia assistiva é habilitar qualquer um, em qualquer lugar, para ser capaz de utilizar os serviços que necessitam em qualquer computador/dispositivo que encontrarem. Objetivo inerente a soluções em computação ubíqua. Portanto, a tecnologia assistiva se beneficia da computação ubíqua no intuito de oferecer serviços cada vez mais transparentes e integrados ao cotidiano dos usuários.

5 Agradecimentos

Nosso agradecimento especial aos alunos, professores e colaboradores da Escola Especial Louis Braille pela sua contribuição essencial para realização deste projeto.

Referências

- [1] AGOSTINI, L., et al. *Smart Station*: Um sistema pervasivo de notificação em paradas de ônibus para pessoas com deficiência visual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERVASIVA (SBCUP), 8., 2016, Porto Alegre-Brazil. **Anais...** Porto Alegre, 2016.
- [2] ARHIPAINEN, L. Capturing user experience for product design. In: SEMINÁRIO DE INVESTIGAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NA ESCANDINÁVIA, 26., Finlândia, 2003. **Anais...** Porvoo, Finlândia 2003. Disponível em: <<http://www.vtt.fi/virtual/adamos/material/arhippa2.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2016.
- [3] BIANCHI, E. A. **Sistema para controle de frotas do transporte coletivo com acessibilidade para deficientes visuais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade Tecnológica do Paraná, 2014. Disponível em: <Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2002>>. Acesso em: 5 mar. 2016.
- [4] ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP8266EX Datasheet Version 4.3**, 2015. Disponível em: <http://www.espressif.com/wiki/lib/exe/fetch.php?media=0a-esp8266_datasheet_en_v4.3.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2016.

- [5] GARLAN, D.; SIEWIOREK, D. P.; SMAILAGIC, A.; STEENKISTE, P. Project Aura: toward distraction-free pervasive computing. **IEEE Pervasive Computing**, v. 1, n. 2, p. 22-31, April-June, 2002.
- [6] Nogueira, Carolina; ALMEIDA, Hyggo; PERKUSICH Angelo. Arcabouço para o Desenvolvimento de Aplicações de Monitoramento Remoto e Auxílio de Pessoas com Doença de Alzheimer. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERSASIVA (SBCUP), Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), **Anais...** 2012.
- [7] PANSANATO, Luciano TE; SILVA, Christiane E.; RODRIGUES Luzia. Uma Experiência de Inclusão de Estudante Cego na Educação Superior em Computação. In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO, 20., 2012.
- [8] PORTAL DO CITTAMOBIL. **Homepage**. Disponível em: <<http://www.cittamobi.com.br/>>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- [9] REC, I. Mean opinion score (MOS) terminology. International Telecommunication Union, Geneva, 2006.
- [10] ROCHA, A., et al. YouOnAlert: Um Sistema para Alertar Cidadãos Comuns Acerca de Problemas do Cotidiano das Cidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERSASIVA (SBCUP), 5., 2013. **Anais...** Maceió-Brazil, 2013.
- [11] SCAVASIN, Flávio. Aplicativos para Segurança e Acessibilidade no Transporte Público. In: 2016. **Revista Nacional de Reabilitação**, Caderno de Cidades – Acessibilidade, n. 90, 2016.
- [12] UEHARA, Fernanda. **App ajuda deficiente visual a andar de ônibus: Desenvolvido por cego, CittaMobi Acessibilidade usa comando de voz para embarque de passageiro**. 5 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://www.diariosp.com.br/noticia/detalhe/85852/app-ajuda-deficiente-visual-a-andar-de-onibus>>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- [13] VANDERHEIDEN, Gregg C. Ubiquitous accessibility, common technology core, and micro assistive technology: Commentary on “computers and people with disabilities. **ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)**, v.1, n. 2, 2008.
- [14] VASCONCELOS, Eduardo de Alcântara. **Transporte Urbano, espaço e Equidade: análise das políticas públicas**, São Paulo: Annablume, 2001.
- [15] WILLIS, S.; HELAL, S. RFID information grid and wearable computing solution to the problem of way-finding for the blind user in a campus environment. IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WEARABLE COMPUTERS (ISWC 05), **Proceedings...** 2005.