

## 14º Congresso Brasileiro de Design: Conversação

### **Inovação no design de navegação para a mobilidade de pessoas com deficiência visual no Metrô de São Paulo**

*Innovation in navigation design for the mobility of visually impaired people in the São Paulo Metro*

SILVA FILHO, Jaldomir; Sc. M; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP

jaldomir@usp.br

DANTAS, Denise; Doutora; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP

dedantas@usp.br

Este trabalho documenta a pesquisa e a apresentação de um sistema de orientação ambiental para pessoas com deficiência visual mostrado ao público no Metrô de São Paulo no primeiro trimestre de 2020. O sistema, desenvolvido com base em pesquisas com pessoas com deficiência visual, foi batizado de “NavGATE” e utiliza unidades de balizamento posicionados em locais estratégicos no ambiente, de forma a transmitirem informações de orientação e mobilidade para receptores em poder dos passageiros. O objetivo do sistema é fornecer informações audíveis para a tomada de decisão sobre o trajeto seguido. As pesquisas demonstraram que o sistema oferece aos passageiros com deficiência visual, incremento da segurança na tomada de decisão, assim como na percepção de maior autonomia no deslocamento dentro da estação do Metrô de São Paulo.

**Palavras-chave:** acessibilidade; inovação; orientação e mobilidade.

*This work documents the research and presentation of an environmental guidance system for visually impaired people shown to the public on the São Paulo Metro in the first quarter of 2020. The system, developed based on research with visually impaired people, was named “NavGATE” and uses beacon units positioned in strategic locations in the environment, in order to transmit orientation and mobility information to receivers in the hands of passengers, whose objective is to provide audible information for decision-making on the route followed. The performance of the system demonstrated, during the tests, an increase in safety in the decision-making process of passengers with visual impairments, as well as in the perception of greater autonomy when traveling within the São Paulo Metro station.*

**Keywords:** accessibility; innovation; orientation and mobility.

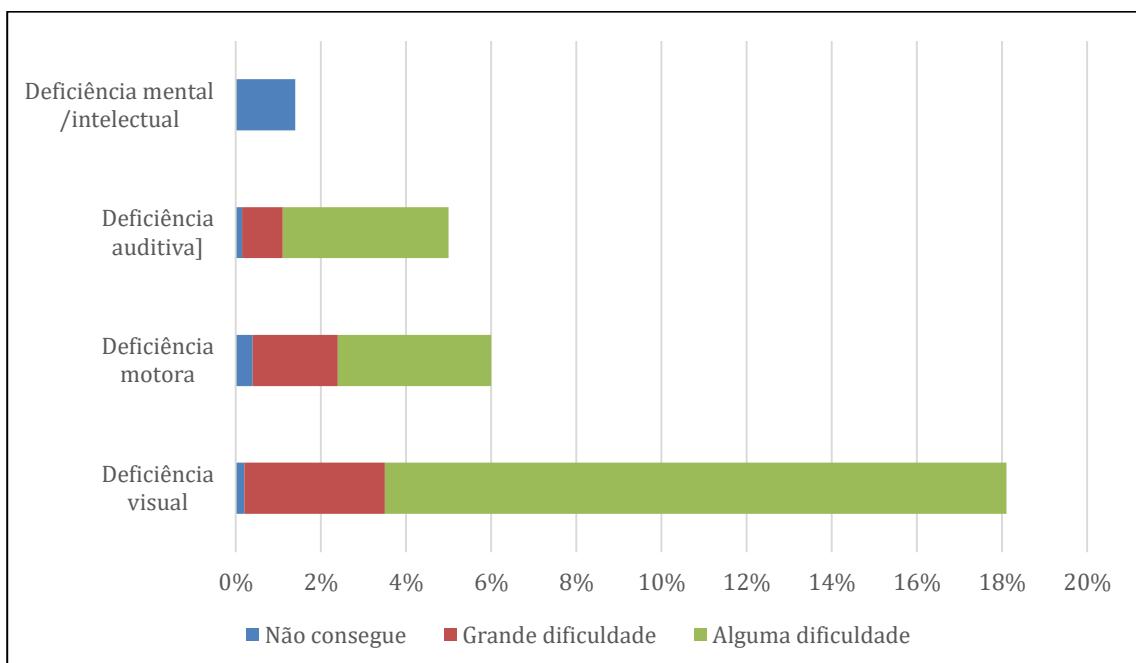
## 1 INTRODUÇÃO

As pessoas com deficiência englobam uma parcela da população cuja qualidade de vida sofre impacto direto dos formatos adotados de planejamento dos espaços urbanos. A importância destes formatos é relevante, compondo inclusive boa parte do Relatório Mundial sobre Deficiências da Organização Mundial da Saúde, (2012), o qual expõe a influência direta das adequações do acesso aos serviços públicos no incremento e no decremento da qualidade de vida e perspectiva social das pessoas com deficiências.

Dentre as citações expostas no relatório da OMS, os transportes figuram sempre entre as três maiores influências para acesso aos recursos de qualidade de vida das pessoas, sobretudo das pessoas com deficiências. Esta percepção se confirma do quotidiano dos cidadãos, pois o acesso à saúde e reabilitação, serviços públicos e privados, emprego, educação e lazer são diretamente impactados pela qualidade dos transportes (OMS, 2012, p. 178). Por este motivo nota-se a grande importância do design de recursos e equipamentos de acessibilidade em espaços públicos, oferecendo condições apropriadas para a locomoção autônoma de pessoas com deficiências.

No Brasil a incapacidade visual é a mais abrangente entre as deficiências. O relatório do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) indica que a deficiência visual acomete mais de 35 milhões de brasileiros, correspondendo a 18% da população total brasileira (figura 1).

**Figura 1 – Porcentagem da população por tipo e grau de deficiência (IBGE, 2012)**



Por este motivo que, nas últimas décadas, o Brasil tem buscado criar normas e leis que promovam a acessibilidade de forma a oferecer condições para que as pessoas com deficiência visual possam ter vida social e econômica mais ativa. Deste esforço coletivo de adequação ambiental que surgiram, por exemplo, as normas de instalação de pisos táteis (ABNT, 2016), sinalizações em Braile até readequações ambientais de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT, 2020).

Ainda que existam outros esforços no sentido de incrementar a acessibilidade de pessoas com deficiência visual, como treinamentos de orientação e mobilidade e pluralidade na divulgação de uso da bengala longa e cão-guia, o uso cada vez mais intenso de equipamentos urbanos de transportes públicos por pessoas com deficiência visual demanda inovações efetivas no modo de orientação dentro de estações de transportes públicos sobre trilhos, de forma a oferecer mais autonomia na mobilidade.

Dentre os maiores desafios das cidades, o transporte é um dos mais proeminentes, desafio este potencializado em cidades com grandes populações e grandes extensões. A cidade de São Paulo é, hoje, a cidade mais populosa das américas. Abarcando uma população de 12,39 milhões de pessoas, sobrepuja Lima, no Peru, que possui 9,54 milhões de pessoas, e Nova Iorque, nos Estados Unidos da América, que possui 8,9 milhões de pessoas (INEI, 2020; CENSUS BUREAU, 2021; IBGE, 2022). Um dos recursos de transporte disponíveis para o cidadão paulistano é a malha ferroviária da região metropolitana de São Paulo, que está em constante expansão desde 1974. Considerando-se as linhas principais, mantidas pelo poder público estadual por meio da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô, as linhas de trem de superfície mantidas pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos e as linhas mantidas pela iniciativa privada, esta malha ferroviária corresponde hoje a cerca de 360Km de transportes sobre trilhos que atendem os 12,39 milhões de cidadãos paulistas. Nesta vasta população, 143 mil pessoas possuem deficiência visual (IBGE, 2012).

Os esforços para a obtenção de equipamentos que ofereçam mais autonomia para o passageiro com deficiência visual dos transportes sobre trilhos são constantes, no objetivo de mitigar os riscos e vencer as limitações técnicas por meio da inovação do design de serviços, do design de sinalização e do design de produtos. Na malha ferroviária paulistana existem três linhas mantidas pela Companhia do Metropolitano de São Paulo, efetivamente conhecido como “Metrô”, busca atender com plenitude as necessidades de seus passageiros com deficiência visual, por meio da disponibilidade ampla de piso tátil em todas as estações, desde os acessos até o embarque e desembarque de seus trens, assim como facilita o uso de cães-guia em toda a sua extensão.

Além destes recursos, essenciais à segurança e conforto do passageiro, o Metrô de São Paulo também oferece um atendimento específico e pessoal, no qual funcionários treinados levam o passageiro com deficiência visual desde as linhas de bloqueios (catracas) até o embarque no trem e, ao desembarcar em sua estação de destino, o passageiro encontra outro funcionário treinado para conduzi-lo até a saída. A gestão de embarque e desembarque de passageiros com deficiência é realizado nos sistemas informatizados do Centro de Controle Operacional, que possibilitam este serviço de guia ao passageiro com deficiência visual. Do total de passageiros com deficiência visual que fazem uso diariamente do Metrô, 85% recorrem ao auxílio destes funcionários treinados.

Contudo, 72% desses mesmos passageiros prefeririam ter maior independência para usarem o Metrô (MARIANI, 2016).

Ainda que todos os métodos de acessibilidade de pessoas com deficiência visual previstos na legislação estejam aplicados no Metrô de São Paulo, a autonomia dos passageiros do Metrô que têm deficiência visual ainda é bastante limitada, haja visto que as ferramentas amplamente disponíveis são assistencialistas em sua maioria. O funcionário treinado, por exemplo, é um componente que interfere diretamente na autonomia da pessoa com deficiência visual, posto que, ainda que devidamente treinado, um funcionário é uma pessoa na qual o passageiro torna-se dependente.

O uso de piso tátil também não oferece grande incremento na autonomia do passageiro com deficiência visual, posto que o piso tátil não informa sobre as opções de caminhos existentes.

Da mesma forma, o cão-guia não oferece um incremento na autonomia ao passageiro com deficiência visual: sua principal função é incrementar a segurança e a interação de outras pessoas, oferecendo mais qualidade de vida e maior mobilidade (BADALO, 2014). O cão-guia não oferece um aumento significativo na autonomia, comparando o quotidiano de proprietários de cão-guia com o quotidiano de pessoas com deficiência visual que não utilizam cão-guia, pois o cão-guia não tem a capacidade de encontrar caminhos diferentes dos utilizados diariamente: quando a pessoa deseja seguir para algum destino inusual do conhecido pelo cão, o cão ainda pode garantir a segurança da pessoa, porém não tem o conhecimento para orientar seu tutor até este destino desconhecido.

A orientação de pessoas com deficiência visual para a locomoção em ambientes, pode utilizar os outros sentidos: audição, tato, olfato. O piso tátil e a bengala longa são instrumentos que usam o tato como orientação passiva, oferecendo evidências sobre o caminho o qual o usuário está se locomovendo. No entanto, não há formas de descrever o ambiente por meio do piso tátil ou da bengala longa. Ao estudar esta limitação nas ferramentas usuais de orientação para a mobilidade, Silva Filho (2017) realizou um experimento para observar a possibilidade de orientar pessoas com deficiência visual por meio de voz eletrônica, oferecida aos voluntários durante percursos a pé entre a estação Vergueiro do Metrô de São Paulo e o Centro Cultural São Paulo. Este trabalho trata de alguns aspectos deste estudo de Silva Filho (2017).

A pesquisa mostrada neste trabalho teve por objetivo inovar o modo de uso de passageiros com deficiência visual no Metrô de São Paulo, possibilitando o desenvolvimento de um sistema especializado de orientação vocal que possa oferecer mais autonomia ao passageiro ao considerar o espaço público existente nas estações, com as diversas possibilidades de acessos, as opções de trânsito com escadas fixas, escadas rolantes e elevadores, assim como oferecer as opções de escolhas de baldeações e direções de embarque e desembarque, reduzindo ou mesmo eliminando a necessidade de auxílio ou orientação de outras pessoas, sem reduzir a segurança do passageiro.

Esta inovação na interação com o ambiente público do Metrô de São Paulo pretende aproximar a experiência de uso do passageiro com deficiência visual com experiência habitual de uso das pessoas videntes, de forma a igualar seu tempo de viagem, sua

compreensão do sistema e, consequentemente, sua satisfação ao utilizar o Metrô de São Paulo.

## 2 Desenvolvimento

Para o estudo da viabilidade do sistema, adotou-se o método de pesquisa qualitativa, ferramenta cuja importância foi positivamente notável devido à abordagem observativa de coleta de informações, posto que Oliveira (2012) afirma que a pesquisa qualitativa proporciona a investigação de situações complexas ou particulares às pessoas com deficiência visual. A utilização desta ferramenta também foi motivada por influência de Angrosino (2009), que recomenda a pesquisa qualitativa quando existe interesse em acessar experiências de contexto de comportamento natural, assim como por influência de Flick (2009), que indica a pesquisa qualitativa para melhor interpretar e identificar as necessidades do usuário.

A pesquisa iniciou-se com a análise direta da experiência perceptiva dos usuários-alvo. Realizada entre setembro e outubro de 2015 e registrada por Mariani (2016), utilizou-se de observações e entrevistas como instrumentos de pesquisa, constituindo-se de testemunhar individualmente, sem interferência, a movimentação de seis pessoas com diferentes tipos de deficiência visual, passageiros frequentes do Metrô de São Paulo, enquanto circulavam por diferentes estações em suas rotas habituais para o trabalho, escola ou lazer. No objetivo de complementar a interpretação dos dados obtidos na observação, foi utilizado o método de entrevistas individuais, semiestruturadas e face a face, com onze funcionários de design de sistemas operacionais e de contato direto com passageiros nas estações do Metrô de São Paulo, além de entrevista com dois instrutores de orientação e mobilidade. As observações, após compiladas, possibilitaram fundamental importância para a compreensão das formas como as pessoas com deficiência visual identificam os itinerários do metrô, localizam entradas e saídas, conseguem chegar a uma estação que não lhes é conhecida e percebem a sua posição espacial, entre outras informações pertinentes para o desenvolvimento de equipamento eletrônico de orientação e mobilidade.

### 2.1 Escolha da tecnologia

O atual período tecnológico oferece recursos para a acessibilidade com uma evolução gradativa, porém constante. Considerando-se o termo “acessibilidade” como uma medida de usabilidade de aparelhos, ferramentas e serviços, tanto na esfera pública quanto na esfera privada, independentemente da presença ou ausência de deficiências físicas ou sensoriais entre os utilizadores, uma tecnologia de acessibilidade bem conhecida desde meados do ano de 2004 é a utilização de aparelhos de telefones celulares para orientar as pessoas em seu deslocamento diário, por meio de aplicativos de acesso a sistemas de posicionamento e orientação ambiental. Empregando mapas dinâmicos, emissão de som, voz sintetizada e vibração, estes sistemas têm se mostrado como valiosa ajuda na orientação do deslocamento de pessoas em locais públicos, reduzindo o tempo de deslocamento e a distância percorrida pelas pessoas.

Todavia, os sistemas de orientação mais comuns em uso requerem que o indivíduo identifique visualmente seu posicionamento e sua direção no ambiente o qual está se locomovendo. Evidentemente, quando o indivíduo possui deficiência visual, a obtenção de

informações ambientais por meio da visão torna-se altamente prejudicada, no caso de pessoas com baixa visão, e totalmente inviável a pessoas com total ausência de visão. Assim, os sistemas comumente utilizados, com mapas visuais em pequenas telas, aliado ao referenciamento auditivo que solicita vocalmente ao utilizador para identificar visualmente as referências ambientais distantes, demonstram-se inadequados para pessoas com deficiência visual.

Aliado à insuficiência de detalhamento por interface não visual, a inexatidão de orientação dos atuais sistemas também é suprimida quando a pessoa tem a capacidade da visão: quando o usuário tem o sentido da visão, os possíveis erros de posicionamento e de direção presentes nos equipamentos comuns são rapidamente identificados e corrigidos intuitivamente, de forma quase automática, pela simples busca visual do ambiente pelo usuário, que termina por corrigir automaticamente a direção e posicionamento ante às ocorrências de inexatidões e de insuficiência de informação não-visual. No entanto, para pessoas com deficiência visual, o design de sistemas de orientação e mobilidade deve abarcar formas de incrementar a exatidão de localização e direção durante seu desenvolvimento, além de possibilitar que usuário identifique o seu posicionamento e sua orientação por meio de recursos que não exijam quaisquer tipos de identificação visual.

Paralelamente aos experimentos, foram realizadas buscas sobre a existência de outros possíveis sistemas de audionavegação existentes nos metrôs do mundo, no objetivo de investigar seu funcionamento e resultados do seu uso por pessoas com deficiência visual. Uma consulta à *network* dos autores, à internet e aos fóruns de metrôs mundiais CoMET e Nova<sup>1</sup> identificou a existência de algumas tentativas de desenvolvimento de sistemas eletrônicos para orientar passageiros. Os resultados desta busca foram relatados por Mariani (2016).

Nestes resultados, constata-se as diversas tentativas de desenvolvimento de soluções em audionavegação, desde os anos 1950, mesmo antes da popularização de sistemas de metrôs. As análises dos dados indicaram que a existência de limitações tecnológicas e/ou conceituais na concepção destas tentativas provocou sua breve obsolescência, pois, na prática, pouco atenderam a autonomia das pessoas com deficiência visual. Dentre os principais problemas constatados estão a incorreções da direção em que se encontra a pessoa cega e a imprecisão da informação fornecida em tempo real. Alguns sistemas, inclusive, previam a obrigatoriedade de o usuário segurar o smartphone com a única mão livre que lhe restou, devido ao uso da bengala ou da guia do cão, causando insegurança pessoal, além da indesejável exposição do aparelho celular aos infortúnios do ambiente público.

Os dados levantados demonstraram que as atuais limitações tecnológicas fazem com que as tentativas de design de sistemas de orientação de pessoas com deficiência visual por

<sup>1</sup> O Cometa e o Nova são grupos de benchmarking de metros do mundo, possuindo um programa abrangente de avaliação corporativa metroferroviária urbano internacional. Atualmente, os dois consórcios são constituídos de 30 grandes e médios sistemas de metrô, de 30 cidades ao redor do mundo. Os grupos são de propriedade conjunta e dirigido pelos membros, com gerenciamento de projetos, administração e pesquisa realizada pelo Railway and Transport Strategy Centre (RTSC), do Imperial College London. O CoMET e o Nova são bastante utilizados pelos seus membros quando se deseja obter informações pertinentes aos demais sistemas, por meio de um forum.

meio de equipamentos portáteis, cujo funcionamento independem dos ambientes, são totalmente inadequados. As tentativas mais comuns visam a utilização de GPS<sup>2</sup> por exemplo, que, por dependerem de sinais emitidos por satélites GPS em órbita do planeta Terra, demonstraram-se insuficientes em precisão, apresentando erros de posicionamento de até 50 metros, assim como erros de direção, exigindo-se maiores informações sobre o sentido o qual a pessoa está caminhando. Além disso, o GPS depende de visada completamente livre do céu, de forma a possibilitar a recepção dos satélites, tornando-o inútil em ambientes cobertos ou em estações no subsolo.

Uma forma confiável de obter-se maiores exatidões de posicionamento, de forma independente do GPS, consiste na inserção de elementos balizadores do ambiente, estabelecendo-se nestes equipamentos um papel de intermediadores eletrônicos de comunicação de posição e direção. Esta é a base de funcionamento do sistema NavGATE, cujo design considerou as pesquisas científicas de Mariani (2016) e Silva Filho (2017).

O NavGATE é composto por câmeras balizadoras emissoras, posicionadas estrategicamente nas dependências das estações, cuja finalidade é demarcar eletronicamente os locais de importância na orientação, transmitindo informações de audionavegação para o aparelho receptor portado pelo passageiro. Este aparelho receptor recebeu, de seus projetistas, o nome de “coração”. O conjunto formado pelas câmeras emissoras e pelo coração têm por finalidade justamente prover a precisão na orientação ambiental do passageiro. Os três componentes do sistema NavGATE, respectivamente câmeras balizadoras que ficam no ambiente, o coração e o aplicativo de smartphone que ficam com o usuário, estão representados na figura 2.

**Figura 2 – Componentes do sistema NavGATE: câmeras, coração e smartphone**

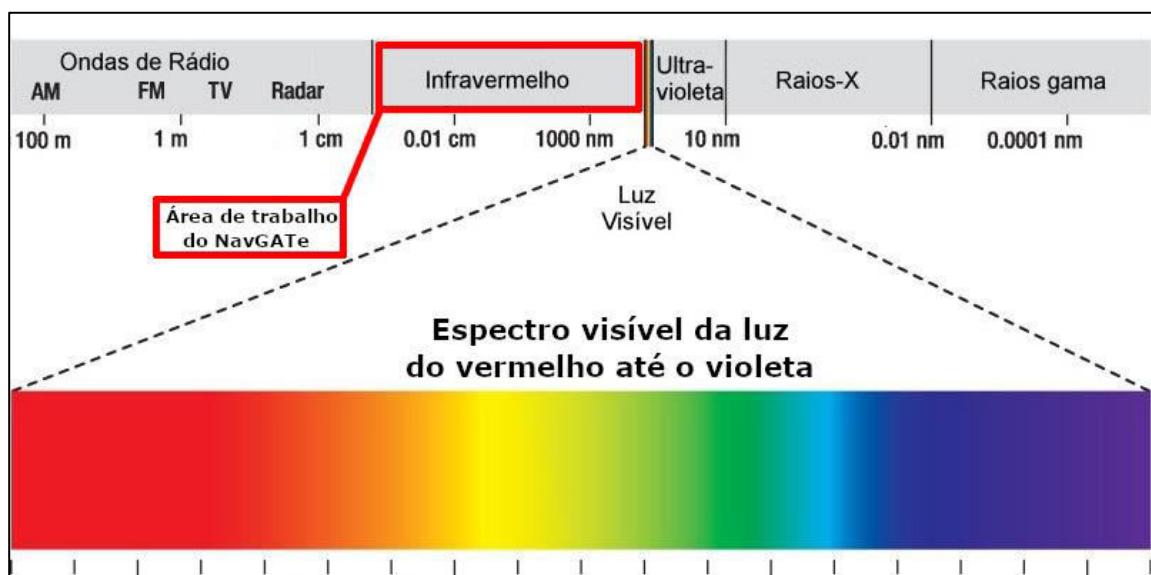


<sup>2</sup> GPS, sigla de “Global Positioning System” (sistema de posicionamento global, em tradução pelo autor), é um sistema norte-americano que utiliza satélites artificiais em órbita do planeta, no objetivo de oferecer coordenadas fixas que permitam a localização de equipamentos no solo.

O principal método de protocolo eletrônico utilizado no design do NavGATE utiliza a radiação infravermelha para a transmissão de informações entre as câmeras balizadoras nos ambientes e o receptor com o utilizador. Este tipo de tecnologia foi escolhido devido às suas características físicas: o infravermelho é uma frequência de onda luminosa (luz), portanto é direcional. Porém, diferentemente da luz visível, a “luz” utilizada pelo NavGATE trabalha em um comprimento de onda invisível aos olhos humanos e à maioria dos animais, pois utiliza-se de uma frequência abaixo da luz vermelha<sup>3</sup>, por este motivo é chamada de “infravermelho”. Ainda que o infravermelho tenha o comprimento de onda muito longo para ser detectado pelos olhos, o ser humano pode perceber o infravermelho por meio do aumento de temperatura gerado na fonte.

Por não ser visível e por ser direcional, a radiação infravermelha é muito utilizada em tecnologias de transmissão de dados de curta distância, no design de aparelhos que precisam estar alinhados, como o sistema NavGATE. A figura 3 ilustra o espectro de frequências de radiações, destacando a região infravermelha na qual trabalha o sistema NavGATE.

**Figura 3 – Espectro de radiação infravermelha, área de trabalho do NavGATE**

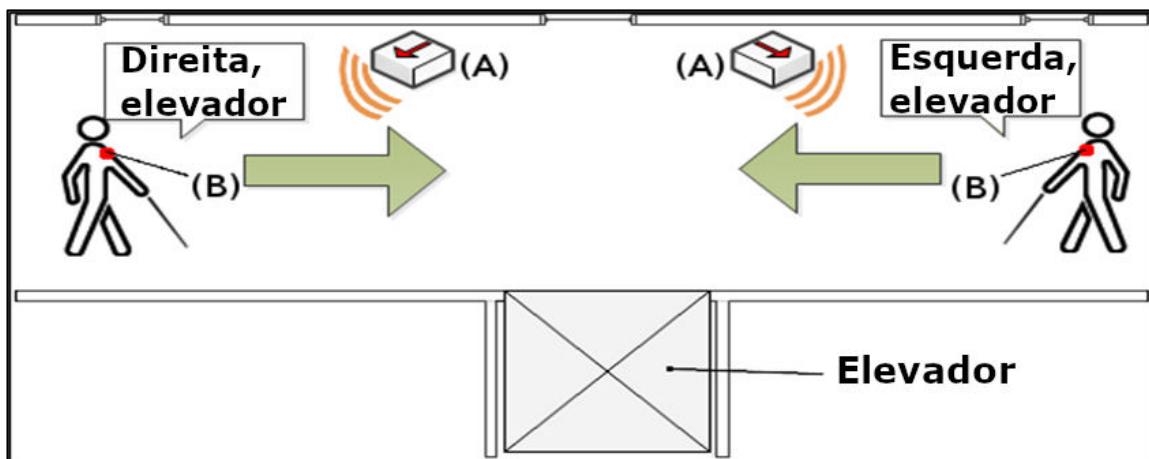


A Figura 4 ilustra um exemplo de funcionamento do NavGATE, indicando a localização de um elevador para duas pessoas que caminham em direções diferentes. Com o adequado

<sup>3</sup> A frequência do infravermelho está compreendida entre 300 Ghz (trezentos gigahertz) até 430 Thz (430 Terahertz), região do espectro de frequências que está abaixo da luz vermelha e acima da frequência utilizada em ondas de radiodifusão, televisão e radares militares.

posicionamento das câmeras emissoras das estações (marcados como "A") e a recepção da informação pelo aparelho receptor (coração) de cada pessoa marcados como "B", pode-se observar que a mensagem muda com a direção que a pessoa está caminhando.

**Figura 4 - Exemplo de funcionamento do sistema NavGATE**



As câmeras NavGATE exigem somente dois ajustes para o funcionamento do sistema: o posicionamento no ambiente, que garante a posição e o direcionamento da informação, e a correta calibração de transmissão, que garante a distância que o sinal será recebido. Com estes dois ajustes, as câmeras fornecem a informação correta ao coração NavGATE sobre o local, a direção e a distância do usuário com deficiência visual, relacionando a posição da pessoa com cada um dos pontos ambientais monitorados, possibilitando o devido fornecimento das instruções vocais de audionavegação que serão reproduzidas pelo smartphone pessoal do usuário. Desta forma, cada instrução de audionavegação pode descrever o ambiente imediatamente à frente ou descrever situações ambientais momentâneas ou permanentes, no local e ocasião exatos em que são necessários, tornando-se, assim, o subsídio complementar que pode ser utilizado para a tomada de decisão da pessoa com deficiência visual durante o seu trajeto. Para ouvir a informação, o usuário pode, se assim o desejar, utilizar-se de fones de ouvido para maior privacidade e melhor compreensão das descrições.

## 2.2 Preparação da pesquisa

O experimento foi conduzido entre junho e agosto de 2016 por Silva Filho (2017), que utilizou instrumentos audiovisuais para o registro e para a entrevista com voluntários. Neste experimento, o protótipo do NavGATE foi programado para orientar os voluntários de forma consistente com as informações sobre o ambiente, elaboradas com a sinalização visual existente, a posição de elementos de interesse para a circulação e até mesmo acerca da posição dos pisos táteis, desde o desembarque dos trens na estação Vergueiro até a porta da biblioteca Louis Braille no interior do Centro Cultural São Paulo. Este trajeto, que possui cerca de 270 metros, foi escolhido devido ao seu grande potencial sociocultural para pessoas com deficiência visual.

A análise de conteúdo das entrevistas com os voluntários após os experimentos se deu pela leitura das transcrições das falas dos voluntários, de depoimentos e da organização

dos dados das observações. Concomitantemente, foi feita uma leitura flutuante das transcrições, buscando-se os contornos das primeiras unidades de sentido, conforme orientação de Gerhardt e Silveira (2009) para a interpretação das informações contidas em textos transcritos. Procedimento semelhante foi aplicado às imagens em movimento gravadas durante cada experimento, de acordo com Rose (2010), de maneira a encontrar as informações que contribuíram na categorização dos resultados. Para isso, a análise descritiva das gravações de vídeo utilizadas para registrar as ações dos voluntários foi realizada por meio da leitura sistemática dos dados, de forma a buscar por padrões, regularidades ou temas emergentes dos dados, conforme propõe Angrosino (2009), organizando-se em categorias para auxiliar na análise.

A seleção dos voluntários considerou a diversidade de suas características pessoais, de forma a desvincular a usabilidade do sistema de características pessoais repetitivas que pudessem inferir nos resultados (FLICK, 2009; FLICK, 2013; CRESWELL, 2014), no objetivo de identificar diferenças em sua percepção e compreensão das instruções de navegação por áudio. A seleção dos voluntários resultou, assim, no convite a pessoas com diferentes tipos de deficiência visual: cegueira, baixa visão, deficiência adquirida e deficiência congênita, além da busca de pessoa que se utilize de cão guia, posto que a maioria se utiliza somente da bengala longa como auxílio à percepção de obstáculos.

As características pessoais dos voluntários estão mostradas na tabela 1.

Tabela 1 – Características pessoais dos voluntários

Voluntários							
	1	2	3	4	5	6	7
Sexo	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Masc.	Fem.	Masc.
<b>Entrevista prévia - características da deficiência</b>							
Cegueira	✓	✓			✓	✓	✓
Baixa visão			✓	✓			
Congênita	✓	✓	✓	✓		✓	
Adquirida					✓		✓
<b>Entrevista posterior - Ferramentas de orientação e mobilidade</b>							
Treinamento de O&M	✓	✓				✓	✓
Bengala longa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Piso tátil	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Cão guia							✓
<b>Entrevista posterior - Relatos de experiência</b>							
Familiaridade com o local				*		✓	✓
Autonomia	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Usa smartphone	✓	✓	✓	✓	✓		✓

\* Familiaridade somente com parte do trajeto

No objetivo de não interferir na percepção da coleta de dados das observações, os aspectos de preferências dos voluntários foram conhecidos somente em uma nova

entrevista após o uso do sistema. Nesta segunda entrevista os entrevistados relataram suas experiências relacionadas aos conhecimentos em orientação e mobilidade (O&M), na familiaridade com os ambientes pesquisados, nos recursos para a acessibilidade e na familiaridade com o uso de smartphones, conforme também mostrado na tabela 1.

### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As entrevistas de Mariani (2016) com os professores de orientação e mobilidade mostraram opiniões favoráveis à proposta de uso de sistemas eletrônicos como auxiliares à informação e navegação de pessoas com deficiência visual. As declarações no âmbito do ensino das técnicas de orientação e mobilidade destes profissionais entrevistados constituíram-se principalmente de experiências a respeito de percepção espacial e cognição das pessoas com deficiência visual. Muitas dessas declarações possuem caráter empírico, cuja base é a experiência vivencial dos profissionais com o corpo discente de pessoas com deficiência visual, conteúdo este não encontrado regularmente em bibliografias. A divulgação deste conhecimento aos pesquisadores enriqueceu as observações práticas conduzidas durante as pesquisas com o NavGATE.

Em declarações levantadas com os especialistas em projetos de trens e estações de metrô, obtém-se a preocupação sobre o planejamento técnico da implantação de quaisquer sistemas eletrônicos nestes locais, devido à possibilidade de interferências eletromagnéticas que podem prejudicar o funcionamento da circulação de trens e de outros equipamentos de segurança. Este é um dos motivos pelos quais o design do NavGATE considera não utilizar comunicação de longa distância por ondas de rádio, mitigando o risco de quaisquer interferências eletromagnéticas em sistemas preexistentes nos ambientes, tornando-se ideal para uso em locais onde a segurança eletrônica é primordial, como ocorre nas estações e trens do Metrô de São Paulo.

Outra consideração informada por profissionais que orientam os passageiros nas estações levanta a necessidade de compreender a diversidade de usuários e suas variadas necessidades, associadas às também variadas situações adversas que podem ocorrer ao longo dos trajetos em locais públicos. De acordo com Rogers, Sharp e Preece (2013) o aspecto cognitivo da memória de curto prazo tende a se tornar limitado com o aumento de tarefas diferentes em um reduzido espaço de tempo.

Assim, o deslocamento da pessoa com deficiência visual através dos ambientes públicos com alta expressividade de estímulos sensoriais pode fazer com que a memória de curto prazo seja ocupada, simultaneamente, com as tarefas de reconhecer os elementos do ambiente e tomar decisões. Por este motivo o NavGATE foi elaborado para disponibilizar mensagens faladas cuidadosamente concebidas em densidade, duração e conteúdo relevante ao local e à situação os quais está imersa, no momento exato de sua utilidade ao deslocamento, por meio de dispositivo eletrônico portátil familiar ao usuário, posto que o aparelho smartphone que fala as frases é comumente utilizado no dia a dia do usuário, não somente durante o uso do NavGATE.

Para proporcionar o detalhamento contido na audionavegação, abrangendo informações necessárias para o deslocamento da pessoa com deficiência visual sem sobrecarregar os

processos cognitivos, observou-se os elementos ambientais a serem informados, o conteúdo dessas informações, a extensão e o tempo de cada informação, o momento em que a informação será dada e o momento em que o indivíduo entenderá que ela deve ser realizada.

As verbalizações foram desenvolvidas de forma a não conflitarem com nenhum dos outros recursos preexistentes de orientação e mobilidade, ou seja, as frases vocalizadas ofereceram aos voluntários as mesmas opções disponíveis aos outros passageiros no ambiente utilizado, descrevendo ao voluntário as escolhas disponíveis nas placas de sinalização visual, as direções possíveis nos locais de bifurcação nos pisos táteis e a descrição de opções como, por exemplo, a presença de escadas rolantes e fixas que pudessem ser livremente utilizadas para o deslocamento dos voluntários. Para isso, foram realizados levantamentos das características de possíveis direções a serem tomadas no ambiente, locais de interesse, pontos de referência e interferências de objetos ambientais.

Nas experiências práticas foram exploradas as questões de: (a) segurança e confiabilidade na informação; (b) foco no objetivo desejado, para informar o necessário de forma eficaz ao usuário; e (c) conforto, para viabilizar a sensação de satisfação na utilização. Devido à natureza empírica destas questões, as mensurações basearam-se na observação às reações dos voluntários e posterior questionamento, durante as entrevistas posteriores ao experimento, sobre situações notáveis relacionadas a estas reações.

A tradução das informações visuais e a descrição das opções disponíveis em informações vocais exigiu a observância dos tempos de transmissão das mensagens aos voluntários, assim como na observância da lógica de prioridade e hierarquia ao vocalizar opções distintas ao voluntário. Como regra geral, o experimento demonstrou que as frases devem ser sucintas, de curta duração, que transmitam as informações de forma objetiva, cuja finalização da informação falada termine quando o voluntário está posicionado a menos de 1 metro da ação necessária, pois observa-se que os voluntários executam suas opções assim a informação falada faz sentido, mesmo que a frase completa ainda não tenha terminado.

Como resultado global, todos os voluntários conseguiram completar o percurso desde o desembarque na estação Vergueiro até o ponto de chegada à biblioteca Louis Braille no Centro Cultural, de maneira autônoma, inclusive aqueles que declararam ter maior dificuldade em se locomover de maneira independente em seu cotidiano. Todos afirmaram terem recebido as mensagens no momento certo, de maneira clara, sem interferência dos sons ambientais, tendo seus smartphones seguros, guardados no bolso ou na bolsa, utilizando-se de fones para ouvir as instruções providas pelo sistema.

As observações de uso do protótipo pelos voluntários resultaram em algumas situações notáveis. Em determinado momento, um passageiro vidente ofereceu auxílio à voluntária 3, que recusou o auxílio. Nota-se, pela tabela 1 acima, que a voluntária 3 declarou que não é autônoma para transitar em espaços públicos. Mesmo sem treinamento e sem costume com autonomia, a voluntária 3 utilizou de forma satisfatória as informações oferecidas pelo sistema.

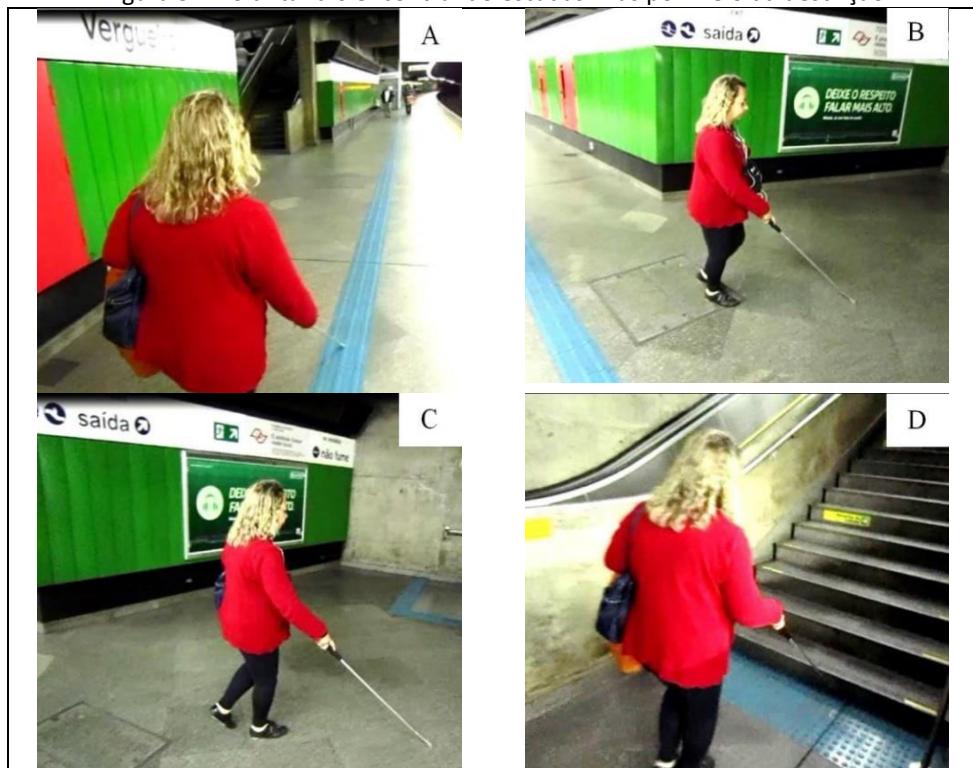
Em outra situação, um passageiro vidente ofereceu auxílio à voluntária 1, que aceitou a orientação. O passageiro vidente então conduziu a voluntária 1 em direção incorreta e

divergente da informação provida pela audionavegação. Ainda que de forma tardia, a voluntária 1 percebeu a discrepancia, momento em que agradeceu ao passageiro vidente e dispensou a ajuda, retornando ao trajeto correto, causando, porém, um atraso cerca de 1 minuto no tempo total do percurso.

Uma das características da adequação do ambiente da estação Vergueiro para os passageiros com deficiência visual é a abrangência do piso tátil. Tratando-se de uma estação com três andares, uma das peculiaridades deste piso tátil é conduzir os passageiros com deficiência visual para os elevadores, presentes tanto da plataforma do trem até o mezanino quanto do mezanino até a calçada fora da estação. Mesmo considerando esta característica do piso tátil, a informação possibilidade de uso das escadas da estação foi inserida nas frases informativas do NavGATE, oferecendo as escadas como opção aos voluntários. Ao tomarem conhecimento da existência e da possibilidade de uso das escadas, notou-se a preferência de todos os voluntários em utilizá-las, abandonando o piso tátil que as levaria até os elevadores no momento que o sistema NavGATE informou da existência desta opção.

A Figura 5 ilustra a participante 6 utilizando a voz eletrônica para usar uma escada que não pode ser alcançada com o piso tátil. Nesta situação, ainda que o piso tátil direcione exclusivamente para o elevador da plataforma (Fig. 5 "A"), quando a voz eletrônica informa da possibilidade do uso alternativo de escadas, à esquerda, a voluntária abandona o piso tátil (Fig. 5 "B"). Passando deste ponto sem piso tátil, a voluntária dependeu apenas da voz eletrônica para se orientar (Fig. 5 "C") e consegue encontrar as escadas (Fig. 5 "D") para seguir o trajeto.

Figura 5 – Voluntária 6 encontrando escadas fixas por meio da descrição



Como todos os voluntários utilizaram escadas, foram anotadas na coleta de dados qual o tipo de escada que cada voluntário escolheu, tanto na plataforma quanto no mezanino. A tabela 2 relaciona estas escolhas:

Tabela 2 – Escolha do tipo de escadas

Voluntários						
1	2	3	4	5	6	7
<b>Plataforma -&gt; Mezanino</b>						
<b>Escada fixa</b>	✓			✓	✓	✓
<b>Escada rolante</b>		✓	✓			
<b>Mezanino -&gt; saída</b>						
<b>Escada fixa</b>	✓	✓	✓			
<b>Escada rolante</b>	✓			✓	✓	✓

\* O voluntário "SE" usa cão-guia, e foi o cão quem escolheu as escadas rolantes

Ao serem questionados sobre escolherem utilizar as escadas ao invés de seguirem pelo piso tátil até os elevadores, todos os voluntários declararam que o costume é, de fato, seguir o piso tátil até os elevadores, tanto quando estão acompanhados por funcionários ou amigos e parentes quanto quando estão utilizando o piso tátil de forma autônoma, ignorando a existência do local onde se localizam as escadas. Quando receberam a informação do local das escadas, declararam que se sentiram satisfeitos pela informação, resolvendo experimentar o seu uso. Quanto à preferência por escadas fixas ou escadas rolantes, somente o voluntário 7 declarou que a escolha foi feita pelo seu cão-guia, os outros voluntários não souberam responder o motivo da escolha de um ou de outro tipo de escada.

Sobre ao tempo do percurso dos voluntários, iniciado na área da porta de desembarque do trem na estação Vergueiro e finalizado na porta de entrada da biblioteca Louis Braille do Centro Cultural São Paulo, correspondendo a uma distância de 120 metros, teve variação entre 6 e 14 minutos.

Observa-se, por meio da análise da relação entre as características pessoais declaradas pelos voluntários e os tempos de percurso elencados na tabela 3, que os tempos de percurso não demonstraram relação direta com quaisquer características isoladas dos voluntários. Mesmo considerando-se os tempos extremos semelhantes, em maior tempo para os voluntários 1, 3 e 5, a única diferença notável é que a voluntária 3 declara não ter treinamento de orientação e mobilidade, não tem autonomia para caminhar sozinha por espaços públicos, porém declara conhecer a estação Vergueiro, por ser estação próxima ao seu local de trabalho, mas que circula por ela somente acompanhada. Mesmo assim, seu tempo de percurso foi semelhante aos outros dois voluntários, que se declaram autônomos para caminhar em espaços públicos e possuem, respectivamente, treinamento de orientação e mobilidade e familiaridade com todo o trajeto utilizado.

Tabela 3 – Tempo de percurso

Voluntários							
	1	2	3	4	5	6	7
Sexo	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Masc.	Fem.	Masc.
<b>Entrevista prévia - características da deficiência</b>							
<b>Cegueira</b>	✓	✓			✓	✓	✓
<b>Baixa visão</b>			✓	✓			
<b>Congênita</b>	✓	✓	✓	✓		✓	
<b>Adquirida</b>					✓		✓
<b>Entrevista posterior - Ferramentas de orientação e mobilidade</b>							
<b>Treinamento de O&amp;M</b>	✓	✓				✓	✓
<b>Bengala longa</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>Piso tátil</b>	✓	✓		✓	✓	✓	✓
<b>Cão guia</b>							✓
<b>Entrevista posterior – Relatos de experiência</b>							
<b>Familiaridade com o local</b>			*		✓	✓	✓
<b>Autonomia</b>	✓	✓		✓	✓	✓	✓
<b>Usa smartphone</b>	✓	✓	✓	✓	✓		✓
<b>Tempo de percurso</b>							
<b>Minutos</b>	13 min	6 min	14 min	11 min	13 min	10 min	7 min

\* Familiaridade somente com parte do trajeto

Por outro aspecto, acerca dos menores tempos de percurso mostrados na tabela 3, ainda que o voluntário 7 utilize cão guia, conheça o trajeto, se declare autônomo e informe que tem treinamento de orientação e mobilidade, seu tempo foi levemente superior ao voluntário 2, que não usa cão-guia e não tem familiaridade com o trajeto. Assim, neste caso específico, ainda que o cão-guia e o conhecimento prévio possam ser indicativos para o menor tempo, um voluntário que não conhece o local e não usa cão-guia pôde, utilizando-se das instruções vocais do NavGATE, atingir o mesmo objetivo em um período semelhante.

Ainda sobre a voluntária 3, por não ser autônoma, não possuir treinamento, não utilizar piso tátil e, declaradamente, não se locomover sozinha por espaços públicos, relatou se sentir plenamente satisfeita de conseguir, pela primeira vez, sair do local de desembarque do trem e chegar por meios próprios a um destino que ela sequer conhecia, sem precisar de auxílio de outras pessoas.

Estes resultados demonstram a possibilidade de orientar pessoas com deficiência visual em estações de Metrô por meio de voz eletrônica, fornecendo opções que possibilitam a tomada de decisão para incrementar a autonomia. Os resultados corroboram com a pesquisa de Mariani (2016), ao confirmar a utilidade da audiodescrição de ambientes na autonomia da tomada de decisão da pessoa com deficiência visual em estações de metrô.

#### 4 CONCLUSÕES

Durante as pesquisas, observou-se que, em diversos metrôs do mundo, existe interesse no desenvolvimento de sistemas eletrônicos para audionavegação. Porém, constatou-se também certa dificuldade em se obter sistemas eficientes, confiáveis, fáceis de serem utilizados, que agradem ao público-alvo, que sejam seguros e assim possam de fato ser utilizados pelo passageiro com deficiência visual.

A utilização de audionavegação para orientar pessoas com deficiência visual durante seu deslocamento em locais públicos demonstrou-se possível, desde que sejam observadas premissas de design que considerem soluções não-dependentes de informações visuais de nenhum tipo. Assim, o design de sistemas para orientar o deslocamento de pessoas com deficiência visual demanda de formas de tecnologias que se utilizam de informações baseadas nos ambientes próximos, que possam referenciar o local exato e a direção a qual a pessoa está se deslocando, com baixa taxa de erros pois a pessoa não tem formas de se reorientar observando pontos de referência com a visão.

Sobre o uso do sistema NavGATE pelos usuários com deficiência visual, observou-se um incremento na eficiência cognitiva dos voluntários para identificar corretamente o trajeto, posto que todos os voluntários chegaram ao destino em tempo razoável, entre 6 e 14 minutos para percorrerem o complexo trajeto de 120 metros. Ao serem questionados diretamente sobre sua percepção na orientação provida pelo NavGATE, os usuários com deficiência visual citaram a facilidade na compreensão do trajeto e o perceptível incremento na confiança e na autonomia. Assim, a utilização do sistema NavGATE na Estação Vergueiro do Metrô de São Paulo demonstrou-se totalmente adequado para o incremento da autonomia, da confiança e, consequentemente, do conforto e da segurança do passageiro com deficiência visual, conforme conclusão dos pesquisadores e percepção dos próprios passageiros.

Após o levantamento destas pesquisas realizadas por Mariani e Silva Filho (2016; 2017; 2019), o protótipo utilizável do NavGATE foi instalado para demonstração pública em fevereiro de 2020 na própria estação Vergueiro do Metrô de São Paulo, objetivando a concepção e o aprimoramento deste sistema de audionavegação. Adotando-se o nome comercial de “Siga Fácil”, esta demonstração pública foi divulgada em diversas agências de notícias em fevereiro de 2020 (TRALLI, 2020; GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020; MORAES, 2020; BAZANI, 2020).

Os passageiros com deficiência visual que utilizaram o NavGATE durante as demonstrações de fevereiro de 2020 relataram a sensação de aumento em sua segurança para tomar decisões sobre quais caminhos escolher, indicando que sua autonomia foi incrementada ao não necessitarem de auxílio de terceiros para encontrarem os locais desejados (TV BRASIL, 2020).

O processo de inovação do sistema está registrado em patente pendente no INPI por seus autores diretos, sob número BR 10 2017 008457-4 (INPI, 2017, p. 266).

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABNT. NBR 16537:2016 - Acessibilidade - Sinalização tátil no piso - Diretrizes para elaboração de projetos e instalação.** ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 52. 2016. (ISBN 978-85-07-06306-3).

**ABNT. NBR 9050:2020 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 148. 2020. (978-65-5659-371-5).

**ANGROSINO, M. Etnografia e observação participante.** Porto Alegre: Artmed, 2009.

**BADALO, C. O papel do cão-guia como facilitador da inclusão da pessoa cega na sociedade : mobilidade, segurança, interação social e qualidade de vida.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa. Faculdade de Motricidade Humana. Lisboa, p. 170. 2014. (<http://hdl.handle.net/10400.5/7312>).

**BAZANI, A.** Metrô de São Paulo testa sistema inédito para autonomia de pessoas com deficiência visual nas estações. **Diário do Transporte**, São Paulo, Fevereiro 2020. Disponível em: <<https://diariodotransporte.com.br/2020/02/05/metro-de-sao-paulo-testa-sistema-inedito-para-autonomia-de-pessoas-com-deficiencia-visual-nas-estacoes/>>.

**CENSUS BUREAU. Population.** United States Census Bureau. Washington. 2021.

**CRESWELL, J. W. Investigação qualitativa e projeto de pesquisa - escolhendo entre cinco abordagens.** Tradução de Sandra Mallmann Rosa. 3<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Penso, 2014. ISBN 978-85-658-4888-6.

**FLICK, U. Introdução à pesquisa qualitativa.** Tradução de Joice Elias Costa. 3<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. ISBN 978-85-363-1711-3.

**FLICK, U. Introdução à metodologia de pesquisa - um guia para iniciantes.** Tradução de Magna Lopes. Porto Alegre: Penso, 2013. 256 p. ISBN 978-85-658-4808-4.

**GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa.** Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: UFRG. 2009.

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO.** "SigaFácil" Metrô. **Youtube: Google**, São Paulo, Fevereiro 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZNBRUq2-nfM>>.

**IBGE. Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Brasília. 2012.

**IBGE. Estimativa de população por município.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, p. 119. 2022.

**INEI. Población y Vivienda.** Instituto Federal de Estadística e Informática. Lima. 2020.

**INPI. Revista da Propriedade Industrial.** nº 2418 de 19 de maio de 2017. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Rio de Janeiro, p. 624. 2017.

**MARIANI, E. Delineamento de sistemas eletrônicos para guiar pessoa com deficiência visual em redes de metrô.** 2016. 362 p. Dissertação (Mestrado em

Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU. Universidade de São Paulo - USP. São Paulo. 2016. (DOI: 10.11606/D.16.2016.tde-02092016-151522).

*MARIANI, E.; SILVA FILHO, J. Electronic Systems Designed to Guide Visually Impaired People in Public Areas: Importance of Environmental Audio Description. Springer-Velag, 2019.*

MORAES, V. Metrô testa equipamento para aumentar autonomia das pessoas com deficiência visual. **Jovem Pan**, São Paulo, Fevereiro 2020. Disponível em: <<https://jovempan.com.br/programas/jornal-da-mancha/metro-testa-equipamento-para-aumentar-autonomia-das-pessoas-com-deficiencia-visual.html>>.

OLIVEIRA, C. L. Um apanhado teórico-conceitual sobre pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características. **Revista Travessias**, n. 4, 2012. ISSN 1982-5935.

OMS. **Relatório mundial sobre a deficiência**. Organização Mundial da Saúde. São Paulo: Secretaria de Estado da Pessoa com Deficiência, 2012. ISBN 978-85-64047-02-0.

ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de interação - além da interação homem-computador**. Tradução de Isabela Gasparini. 3<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 585 p. ISBN 978-85-826-0006-1.

ROSE, D. Análise de imagens em movimento. In: BAUER, M.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Vozes, 2010. Cap. 14, p. 343-364.

Silva Filho **Princípios para o design de audionavegação em ambientes públicos para pessoas com deficiência visual**. 2017. 227 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU. Universidade de São Paulo - USP. São Paulo. 2017. (DOI 10.11606/D.16.2018.tde-26062017-115225).

TRALLI, C. Acessibilidade no Metrô: Projeto piloto deve facilitar a mobilidade de deficientes visuais. **Portal G1**, São Paulo, n. 1, Fevereiro 2020. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/videos/t/sptv-1-edicao/v/estacao-vergueiro-tem-testes-de-novo-sistema-de-acessibilidade-pra-cegos-no-metro/8299664/>>.

**TV BRASIL. Equipamento auxilia cegos a terem mais acessibilidade no metrô de SP.** EBC - Empresa Brasileira de Comunicação. Brasília. 2020.