

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 2

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA METROFERROVIÁRIO UTILIZANDO TECNOLOGIA

EMBARCADA DE SMARTPHONES

## INTRODUÇÃO

Desde a sua inauguração, o Metrô (Companhia do Metropolitano de São Paulo) vem paulatinamente evoluindo na aplicação de sistemas inteligentes em sua infraestrutura de transportes. Até mesmo um usuário comum pode notar as melhorias que vem sendo ultimamente incorporadas em trens e estações, tais como os modernos sistemas automáticos de informação audiovisual aos passageiros, os sistemas de climatização que possibilitam mais conforto térmico no interior do salão dos trens, as centenas de câmeras internas de monitoramento de segurança do tipo CFTV (Circuito Fechado de Televisão) distribuídas nos trens e nas estações, as telas de IHM (Interface Homem-Máquina) dos novos sistemas de monitoração de equipamentos do tipo SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) nos consoles das salas SSO (Sala de Supervisão Operacional) das estações mais recentes, dentre outras percepções positivas.

O que um usuário comum, que utiliza o Metrô já há algum tempo, talvez não consiga constatar é que as melhorias percebidas são apenas a ponta de um iceberg, já que uma gama de sistemas e processos autônomos, integrados e executados em segundo plano, nos trens, nas estações, nas salas técnicas, nas salas do CCO (Centro de Controle Operacional), nas salas do CCS (Centro de Controle de Segurança), dentre outros locais na CMSP, também receberam melhorias de forma a garantir e aprimorar o conforto, a rapidez, a segurança e a confiabilidade nas viagens, uma vez que restrições técnicas e de custo foram superadas nas últimas décadas, possibilitando a instalação de equipamentos eletrônicos inteligentes em toda a infraestrutura de transportes.

Aliados à nobre e desafiadora tarefa de transportar cerca de quatro milhões de passageiros diariamente em vinte horas de operação ininterruptas, novos canais de comunicação e de informação aos passageiros estão sendo disponibilizados pela companhia em paralelo aos canais tradicionais, tal como o aplicativo oficial da CMSP, desenvolvido para Smartphones, que integra uma rotina de simulação de trajetos, o mapa atualizado da rede, informações sobre tarifas, dados para diversos tipos de contato, horários de funcionamento de cada estação, acesso anônimo ao serviço “SMS Denúncia”, informações sobre a infraestrutura de cada estação e o mapa dos arredores, e por último, mas não menos importante, o serviço “Direto do Metrô”, que informa o estado atualizado de operação de cada linha, incluindo a Linha 4 – Amarela da ViaQuatro.

A proposta deste trabalho é primeiramente colaborar com aquele que é a razão de ser do serviço de transporte - o passageiro - na condução bem sucedida de sua viagem, disponibilizando também informações através de um novo aplicativo sobre as condições

baseadas em dados reais do fluxo de outros usuários da rede, nas estações de transferência, nas plataformas e trens, que por outro lado contribui para a redução do tempo de resposta dos funcionários na normalização de alguns sistemas nas estações, na correção de desvios de parâmetros de conforto nos trens, nas diversas atuações relacionadas às reclamações e denúncias de passageiros, dentre outros benefícios diretos ou indiretos voltados a excelência nos transportes.

Tudo isso é possível graças à tecnologia embarcada dos modernos Smartphones que os passageiros já dispõem e utilizam quase que diariamente durante o seu transporte, em conjunto com uma nova arquitetura de serviços que abrange a aplicação de uma recente tecnologia de mapeamento de posição em ambientes fechados, pois até então a localização de passageiros na rede de transportes só era possível de ser feita em ambientes abertos através do sistema GPS (Global Positioning System).

## **DIAGNÓSTICO**

A seguir, dentro de cenários atuais e futuros, estão descritas algumas informações relacionadas a este trabalho tais como as recentes mudanças de comportamento dos passageiros dentro da rede pública de transportes com o uso cada vez mais massificado de dispositivos móveis de comunicação e de informação durante as viagens. Ainda neste tópico são abordadas algumas iniciativas globais de empresas de outros segmentos que pretendem explorar, ou que há tempos já exploram diversas oportunidades de prover informações úteis

para estes dispositivos enquanto fazem a leitura coletiva de dados, após a devida permissão de cada usuário, visando um bem comum.

O aumento vertiginoso das demandas de passageiros e a sujeição crítica do funcionamento das cidades à perfeita operação das redes de circulação urbana – as principais delas estruturadas por modos sobre trilhos – torna inexorável o avanço da tecnologia de ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte) no setor metroferroviário.

Para uma composição carregada, uma quantidade estimada de quinhentos dispositivos microcontrolados e embarcados nos sistemas dos trens, das frotas mais recentes, pode ser até duplicada, se forem considerados também todos os dispositivos portáteis dos passageiros, tais como Smartphones e tablets, já utilizados pela grande maioria da população de São Paulo. Esta quantidade extra e embarcada de processamento pode também estar disponível para auxiliar na concepção de novas tecnologias de ITS.

Recentes pesquisas apontam um crescente aumento da penetração dos Smartphones e do acesso às redes 4G (4ª Geração da Tecnologia Celular) nos próximos anos na população brasileira, com destaque nas regiões metropolitanas. Desde meados de 2007, o Metrô de São Paulo vem disponibilizando, para diversas operadoras de celulares, espaços internos de seu sistema - estações e túneis - para a instalação de equipamentos de telefonia celular.

Atualmente, já é possível o passageiro realizar e receber chamadas de voz estando nos trens, mas o serviço de dados ainda é deficiente (PAULINOS, 2014).

Com o crescimento da contratação de serviços móveis de dados em redes 4G pelos passageiros e com novos investimentos pelas operadoras de telefonia móvel para garantir a

cobertura e aprimorar a qualidade do serviço de dados na infraestrutura existente, que já atende as linhas e túneis do Metrô de São Paulo, será possível a criação de uma variedade de serviços de informações em tempo real aos passageiros enquanto que o Metrô poderá obter automaticamente dados sobre pesquisas de origem e destino entre estações, informações sobre o diagnóstico de sistemas embarcados no trem, bem como outros dados relevantes, se beneficiando dos sensores e recursos disponíveis nos dispositivos dos passageiros, mas de uma forma inteligente.

A disponibilidade de uma rede de dados nas vias do Metrô com uma boa qualidade de serviço e a massificação do uso conectado de dispositivos móveis pelos usuários deste novo sistema também podem beneficiar a GOP (Gerência de Operações) no monitoramento de passageiros com necessidades especiais, como será visto mais adiante, pois no caso de uma evacuação de emergência do trem em região de túneis ou em vias elevadas, será possível o CCO saber de antemão quantas pessoas com mobilidade reduzida e com deficiência visual se encontram no trem, sendo possível a identificação exata destes passageiros nos carros desde que portem seus Smartphones com os respectivos aplicativos específicos.

De acordo com um estudo global sobre conectividade à Internet em sistemas ferroviários subterrâneos (RUDNENKO, 2016), existem fortes expectativas dos passageiros em utilizar serviços de Internet móvel nos trens e estações.

Com o avanço das tecnologias embarcadas nos Smartphones e com a melhoria na qualidade de serviço da rede de dados, além da maior aceitação pela população em geral de ferramentas colaborativas, criam a possibilidade de coleta de dados nos Smartphones, através de um aplicativo oficial de serviços, que auxilie na monitoração de índices de

desempenho dos ativos da rede metroferroviária. O crescente número de sensores possibilitará a obtenção de um vasto volume de informações sem a necessidade de investimentos extras nas instalações da rede, somente a atualização do software de aplicativos dos Smartphones e de alguns servidores para viabilizar um novo serviço.

Atualmente, a rede metroviária da região metropolitana de São Paulo possui cinco linhas, sendo uma delas operada em um regime de PPP (Parceria Público-Privada). Se não for considerada a malha de transporte da CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos), que também atende esta região, a rede terá então seis estações de transferência (Sé, Luz, República, Consolação, Paraíso e Ana Rosa) que oferece um número limitado de rotas possíveis no centro da malha de transporte sem grandes dificuldades do usuário decidir sobre seu melhor trajeto.

Com o estudo de expansão da rede metroferroviária que se encontra em andamento (PITU 2020), projeta-se um cenário onde o nível de complexidade de escolha de rotas pelos usuários será bem mais significativo, se forem consideradas outras variáveis como as flutuações nos níveis de desempenho de cada linha ou até mesmo o inconveniente de uma rota escolhida pelo usuário estar temporariamente parada ou fora de operação.

Considerando um panorama onde todas as linhas que estão sendo planejadas pela GPI (Gerência de Planejamento e Integração de Transportes Metropolitanos do Metrô) forem implantadas, existirá um arranjo de trinta e sete estações de transferência somente considerando a rede metroviária, o que possibilitará algumas centenas de trajetos possíveis em toda a rede, e com uma grande densidade de passageiros no centro da malha de transportes.

A economia colaborativa, representada por favos de colmeia para cada setor, permite que pessoas consigam o que precisam a partir das comunidades que participa. Similarmente à natureza, os favos são estruturas resilientes que possibilitam muitos indivíduos de acessar, compartilhar e desenvolver recursos entre um grupo comum. O Metrô de São Paulo vem lançando e divulgando sistematicamente, para seus usuários diários, diversas campanhas que visam reforçar as ações de valorização da cidadania dentro do sistema metroviário paulista, ampliando a conscientização do público sobre atitudes e comportamentos desejáveis através de cartazes e painéis fixados nas estações e trens, bem como em mídia indoor e redes sociais. Conforme exposto em epígrafe na introdução deste trabalho, uma recente campanha foi criada para estimular a cooperação dos usuários visando o bom funcionamento do sistema, sendo divulgada pelo serviço de informações da “TV Minuto” nos milhares de monitores multimídia instalados nos trens que circulam nas Linhas 1, 2 e 3.

Ainda em relação às iniciativas e plataformas colaborativas, a GM (General Motors) lançou recentemente do Brasil o serviço OnStar, espécie de assistente pessoal como a Siri dos aparelhos Smartphones da Apple, que permite monitorar o veículo a distância, travar ou destravar as portas pelo celular, reservar restaurantes, marcar horário no salão de beleza, se informar das notícias do dia e até saber o horóscopo. É possível monitorar a rota do veículo, e gerar um aviso assim que o carro chegar ao destino programado. Se o veículo sair da rota, a central também entra em contato com o motorista, para checar se está tudo bem. O motorista pode solicitar que a central de atendimento faça o contato com o veículo em intervalos pré-determinados. É possível programar alertas de movimento e velocidade. Ao programá-los, o motorista será notificado se o carro se mover mais de 5 metros ou exceder a

velocidade programada previamente. Se houver uma tentativa de furto, a central irá avisar o dono imediatamente. Se o ladrão conseguir levar o automóvel, a central irá rastrear, e pode ajudar na recuperação, reduzindo gradativamente a velocidade do veículo, de modo que, conforme o ladrão diminui a velocidade, esta passa a ser a máxima. Quando o carro parar, não sai mais do lugar.

Outra inovação de impacto social está em período de testes no metrô de Londres e, em breve, pode ajudar deficientes visuais a utilizarem o transporte público com maior independência. Desenvolvido em um sistema de código aberto, a tecnologia “Wayfindr” captura dados de localização enviados por Beacons (dispositivos indoor de localização) via Bluetooth e gera instruções em formato de áudio para que a pessoa se oriente pelo espaço interno das estações, evitando pontos perigosos e confronto com estruturas e objetos.

Pensando no bem-estar do deficiente visual, a tecnologia utiliza fones de ouvido especiais, que emitem vibrações mecânicas por meio dos ossos intracranianos, ajudando a manter um contato mais apurado com o ambiente. Ao final dos testes, o sistema deve ser expandido para todas as estações de metrô londrinas.

Um aplicativo de transporte público chamado de Moovit disponibilizou recentemente um recurso que fornece as melhores rotas para quem faz o mesmo trajeto todos os dias, seja de casa para o trabalho ou do trabalho para a faculdade, por exemplo. Desta forma, a ferramenta leva em conta possíveis interferências que podem alterar a duração do trajeto usual, como um grande trânsito, greves de transporte público e fechamento de determinada rua ou avenida. Por meio de notificações diárias automáticas, que não exigem que o usuário



abra o aplicativo, avisa ao usuário sobre qual o melhor caminho para chegar a um destino da forma mais rápida.

A cada ano, novas funcionalidades e recursos envolvendo diferentes sensores são incorporados pelos fabricantes nas novas gerações de celulares, além de possibilidades de interação com outros novos dispositivos pessoais auxiliares, tais como os recentes relógios inteligentes ou Smartwatches, consolidando o papel do celular Smartphone como o principal hub digital e pessoal para os desafios do mundo contemporâneo. Enfim, para manter um nível alto de produtividade, maximizando o uso de seu tempo disponível, o usuário moderno deseja ter informações de forma rápida, precisa, amigável e, se necessário, com mais detalhes sobre os serviços que usualmente utiliza. Por outro lado, operadoras de linhas metroferroviárias necessitam se adaptar ao meio também, através do uso de ferramentas que possibilitem realizar suas tarefas de forma efetiva e, se possível, minimizando o uso de recursos materiais e empregando melhor o potencial dos funcionários em atividades mais dinâmicas.

## OBJETIVO

Descrição de uma plataforma colaborativa aprimorada de serviços de informações que atendam necessidades atuais e futuras dos passageiros e da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô, através de uma arquitetura configurável, expansível e escalável de serviços, concebida a partir da aplicação de novas tecnologias e da presença de passageiros portando Smartphones dentro da rede.

## JUSTIFICATIVA

Os processos tradicionais, para melhoria contínua dos padrões de excelência de operação e de gestão, bem como os canais existentes de informação e de comunicação da empresa, que visam atender usuários com níveis de expectativas cada vez maiores, e em uma rede de transportes sobre trilhos com perspectivas de expansão, podem ser aprimorados com a aplicação de novas tecnologias já disponíveis comercialmente, aliadas com a emergente cultura colaborativa entre pessoas e empresas visando um mesmo objetivo.

Em um cenário futuro, onde investimentos na modernização da infraestrutura de cobertura do serviço móvel de dados, nos túneis e estações das linhas da malha de transportes por trilhos, possam ter sido realizados pelas operadoras locais de telefonia celular e implantados, grande parte dos passageiros deverá estar conectada à rede de dados móvel 4G, ou até mesmo 5G (5ª Geração da Tecnologia Celular ou Internet Móvel de Banda Larga), durante todo o percurso de viagem com seus dispositivos portáteis, possivelmente obtendo informações em tempo real sobre o estado geral da rede, verificando se há linhas paralisadas por ocorrências graves e rotas alternativas considerando outras operadoras de transporte, previsão real do tempo de viagem e de seu custo total, endereçando reclamações através da Internet etc. Por outro lado, existe um risco do usuário acessar diversos meios que não sejam necessariamente os canais oficiais da CMSP, tais como se faz hoje com aplicativos de terceiros para comunicação instantânea dentro de grupos sociais virtuais e para informações de melhor trajeto voltadas ao transporte público, já que ambos certamente serão aprimorados para atender necessidades latentes dos usuários.

Com a implantação do Sistema de Informação e Diagnóstico da Rede Metroferroviária, ou apenas SID, os primeiros beneficiários diretos deste sistema serão todos os usuários da rede metroferroviária que estão acostumados a utilizar aplicativos em seus Smartphones com certa frequência. Entre as principais vantagens, podem-se destacar as informações em tempo real do estado de cada linha, das estações de transferência, através de uma interface única no aplicativo que possa integrar também outras ferramentas e informações de consulta disponibilizadas pela CMSP atualmente, inclusive alguns recursos presentes no site da empresa.

Outro valioso recurso, a ser disponibilizado no aplicativo, é o cálculo em tempo real das opções de melhor rota para uma determinada origem e destino, considerando o perfil do passageiro e as condições operacionais atuais de cada linha e de cada estação de transferência, uma ferramenta que será muito útil aos passageiros com a expansão da rede metroferroviária. Quando uma das opções disponibilizadas de trajeto for selecionada pelo usuário, o aplicativo fará o acompanhamento da viagem do passageiro na rede, dando orientações oportunas de navegação em tempo real, tais como avisos sobre a chegada da próxima estação de transferência, chegada à estação de destino, e o respectivo lado de abertura de portas dentro da rota selecionada. Por alguma razão intencional ou não, caso ocorra um desvio do trajeto, o aplicativo imediatamente alertará o usuário assim que for detectado o desvio, dando a opção de recálculo da rota. Outro recurso importante, a ser disponibilizado no aplicativo do passageiro, é informar a situação de carregamento de cada carro dos próximos trens, limitados a três, que estarão prestando serviço na plataforma de embarque onde o passageiro se já se encontra aguardando o trem ou que deseja estar em

um breve período, informando também a previsão de chegada em minutos e se o trem tem sistema de climatização VAC (Ventilação e Ar Condicionado).

Outro grupo de usuários que poderá tirar proveito deste sistema são algumas equipes da CMSP como o pessoal da engenharia, da gestão e do planejamento da operação, da engenharia de manutenção e das equipes de restabelecimento, da gestão da segurança da rede, da central de achados e perdidos, dentre outras possíveis áreas interessadas.

Dentre os principais benefícios estão o acompanhamento do fluxo de passageiros em tempo real pelo CCO nas estações, a realização de pesquisas de origem e destino entre estações na rede, o registro de informações estruturadas sobre perda de objetos para a central de achados e perdidos, o registro de informações estruturadas de reclamações e de desvios dos parâmetros de conforto dos trens para o SAM (Serviço de Apoio a Manutenção), o disparo automático e configurável de breves pesquisas de satisfação ao término de um determinado trajeto, para um ou mais perfis específicos de passageiros ou somente para passageiros que se encontram em determinadas localidades na rede. Outra grande vantagem deste sistema é permitir o envio de informações estruturadas e anônimas para a CCS, sobre ocorrências de abuso sexual, comércio irregular, delitos e vandalismos nos trens e estações, mas sem a necessidade do usuário informar o número do carro, a linha, o sentido de deslocamento do trem bem como o nome da próxima estação, pois estes dados serão obtidos automaticamente. Caso o usuário faça a denúncia pelo aplicativo fora do trem, o CCS terá acesso à informação da última posição do usuário detectada dentro da estação antes dele encaminhar a denúncia, dado complementar a informação de identificação do carro que

este usuário fez uso em sua última viagem. Finalizando, entende-se que usuários bem informados demandam menores esforços aos funcionários das estações.

Os benefícios deste sistema podem ser estendidos aos investidores externos, que irão dispor de informações complementares nos relatórios de desempenho, agora com dados estruturados sobre a distribuição e o fluxo de passageiros nos ambientes das estações e trens na rede metroferroviária em diferentes horários, dados que podem contribuir no levantamento de indicadores para subsidiar as decisões de investimentos para a modernização e expansão da rede.

Internamente à CMSP, a área de marketing poderá explorar também esta ferramenta, escalando novos serviços e disponibilizando recursos extras embarcados no aplicativo para comunicação efetiva com perfis diferentes de passageiros. Já a área de novos negócios, de posse de informações bem elaboradas sobre os dados de diferentes tipos de perfil de passageiros e de comportamentos na rede, disponibilizados em um dos servidores da arquitetura do sistema, poderá prospectar oportunidades de receitas através de terceiros interessados em investir nos arredores das estações, em lojas comerciais ou de serviços. Estas informações podem facilitar também as decisões de clientes para os investimentos em propaganda.

Concluindo, a proposta deste trabalho visa juntar os pontos entre os passageiros e o Metrô para a melhoria dos transportes. Desta forma, e ao longo dos textos seguintes, serão pontuadas algumas outras vantagens que reforçam a necessidade da futura implantação de um Sistema de Informação e de Diagnóstico (SID), partindo do mapeamento de alguns locais

básicos dentro da infraestrutura de transporte da CMSP e se estendendo posteriormente para toda a rede metroferroviária.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste tópico é apresentado todo o desenvolvimento técnico deste trabalho, descrevendo alguns serviços que serão inicialmente oferecidos aos passageiros, algumas funções necessárias para o diagnóstico da infraestrutura metroferroviária, as entradas e saídas necessárias ao funcionamento do SID, tecnologias e canais de comunicação do sistema, tipos de dados trafegados, a arquitetura básica necessária, sua expansão e interface com servidores de terceiros, a estratégia de distribuição dos Beacons na rede e o compartilhamento da malha de Beacons com serviços de terceiros, os módulos de software no aplicativo dos usuários, nos servidores, nas interfaces dos trens, requisitos de sistema e de implantação, e um detalhamento mais técnico dos serviços mais importantes deste projeto para os usuários.

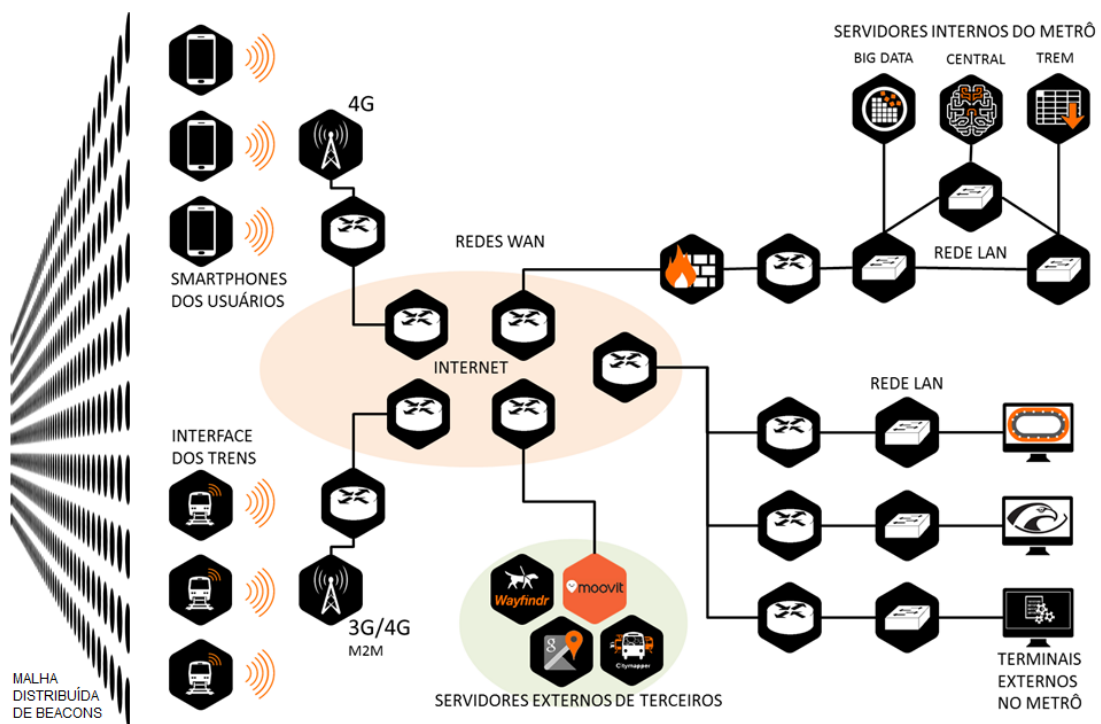
### **VISÃO GERAL**

Trata-se de uma plataforma escalável de serviços de informações para os passageiros e para o Metrô de forma colaborativa, utilizando o potencial tecnológico dos recentes Smartphones, uma malha distribuída, configurável e expansível de minúsculos dispositivos de localização dos passageiros dentro da rede; interfaces embarcadas de informações nos trens; um conjunto de três módulos de servidores; uma relação de serviços que demanda a concepção de rotinas de software para os aplicativos, servidores e interface dos trens; a

interface com servidores de terceiros; terminais de consulta; tudo isso se conversando em grande parte através de uma rede de dados móvel que futuramente dará cobertura aos túneis e estações de toda a rede metroferroviária.

A Figura 1 a seguir mostra o panorama geral básico da rede de comunicação entre estes elementos.

Figura 1 - Visão geral da rede de comunicação



Conforme apresentado na figura, existe uma malha de Beacons distribuída ao longo das estações da infraestrutura da rede, onde é permitido que o sinal de cada um destes dispositivos possa ser captado em algum momento do percurso pelos Smartphones dos usuários. Quanto aos Beacons instalados ao longo da linha de plataforma, estes podem ser lidos também pelos trens que circulam na lateral da linha de Beacons. Tanto os Smartphones

dos usuários como as interfaces embarcadas nos trens transmitem periodicamente sua localidade via rede móvel 4G assim que perdem o alcance de um sinal de Beacon previamente detectado. Estes dados chegam ao conjunto de servidores da CMSP por meio da Internet. Para a grande parte das comunicações, são as camadas de aplicativo e de transporte que confirmam o recebimento correto do dado recebido e de todo o pacote trafegado. Por meio da Internet e por uma rede local, terminais da CMSP consultam a base de dados destes servidores. Também por meio da Internet, um dos servidores de armazenamento da CMSP recebe dados de posição de pessoas com deficiência visual dentro da rede através de um servidor de terceiros. Este mesmo servidor de armazenamento também pode compartilhar dados de posição de usuários comuns com outros servidores de terceiros.

## SERVIÇOS INICIAIS

Tendo como meta identificar as necessidades atuais e futuras dos usuários da rede metroferroviária, das operadoras de serviços de transporte de usuários sobre trilhos e de investidores, foi concebida uma sugestão da apresentação da tela inicial do aplicativo, conforme mostra a Figura 2. A seguir, são descritos os tipos de serviços selecionados que serão mais factíveis para compor inicialmente a plataforma colaborativa com os recursos físicos e lógicos disponibilizados pela arquitetura do SID. Os tipos de serviços estão divididos em três conjuntos: Serviços aos Usuários; Funções e Recursos; Integração com Canais Existentes e Aplicativos de Terceiros.

Figura 2 - Tela principal com os serviços oferecidos pela plataforma





## Serviços aos Usuários



Melhor Rota – Conforme mostra a Figura 3, apresenta até três melhores rotas a partir de uma estação origem até outra de destino considerando os tempos médios atualizados de deslocamento coletivo de passageiros em diversos pontos na rede. Além de sugerir as melhores rotas, o serviço do aplicativo do SID pode acompanhar o usuário ao longo do percurso, orientando-o nas mudanças de sentido durante o trajeto e alertá-lo caso faça alguma conversão equivocada, de forma similar a já conhecida e consolidada ferramenta Waze. A grande vantagem deste serviço, para a operadora de transporte, é que também ajuda a distribuir melhor o fluxo de passageiros na rede, contribuindo para minimizar a superlotação de algumas linhas e estações quando a rede já tiver sido expandida.

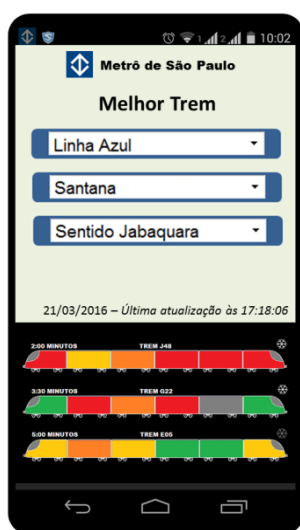
Figura 3 - Uma das telas para o serviço de Melhor Rota



Melhor Trem – Conforme é mostrada na Figura 4, apresenta periodicamente a lotação de cada carro dos próximos trens para uma determinada plataforma, com tempos atualizados de chegada, identificação da frota e do

trem, sinalizando se a frota possui o sistema VAC incorporado. Para a operadora de trem, é vantajosa a distribuição mais uniforme do carregamento de passageiros ao longo do trem, nivelando as variáveis relacionadas aos desgastes da suspensão.

Figura 4 - Sugestão de tela para o serviço Melhor Trem





Melhor Serviço - Ferramenta aprimorada de comunicação entre os usuários com as operadoras de linhas metroferroviárias para assuntos relacionados às instalações físicas e ao adequado funcionamento de equipamentos, limpeza e

conservação, com opções diretas para as solicitações e reclamações mais frequentes. A

Figura 5 mostra uma sugestão para apresentação das opções na tela de IHM do aplicativo.

Dados de localização são automaticamente preenchidos, e a estruturação dos campos do

registro, aumenta a qualidade do contato, facilitando o acesso posterior para a classificação

e tratamento dos assuntos. O usuário também recebe por e-mail uma confirmação da CMSP

quanto ao recebimento do registro, listando todas as informações coletadas do aparelho do

usuário e inclusive dos demais servidores do SID.

Figura 5 - Sugestão de tela para a ferramenta Melhor Serviço



Denúncia - Ferramenta aprimorada de comunicação entre os usuários com as operadoras de linhas metroferroviárias para assuntos relacionados à assédio sexual, furtos e roubos, agressões, comércio irregular, vandalismos, consumo

de entorpecentes, comportamentos inadequados, violação ao acesso preferencial e pedintes. A Figura 6 mostra uma sugestão de IHM. Uma vez que muitas das denúncias exigem uma ação imediata, alertas em tempo real nos respectivos terminais das áreas da CMSP relacionadas à denúncia serão disparados. Em função do caráter anônimo do serviço, nenhuma mensagem em retorno será enviada para o Smartphone ou para o e-mail do passageiro que fez a denúncia.

Figura 6 - Sugestão de tela para o serviço Denúncias



Estado da Rede - Mapa online da rede de metrô informando um indicador de fluidez atual dos trens em cada linha bem como do deslocamento de pessoas entre as estações de transferências da rede. Embora a Figura 7 apresente uma sugestão de apresentação das informações na tela de IHM deste recurso, com a contratação de uma criativa design house, é possível aprimorar a apresentação sobre o estado da rede em mapas 2D que podem ser ampliados ao gosto do usuário e iniciar a partir

da região onde o usuário se encontra na rede com os recursos disponíveis de leitura de Beacons.

Figura 7 - Sugestão de tela para o serviço Estado da Rede



Mapa da Estação - Mostra o leiaute de cada nível da estação ou do trem baseado na localização do passageiro na estação ou no trem. Na figura serão mostrados todos os acessos do respectivo piso, informações importantes quanto à segurança, bem como local de lojas, serviços, SSO, bilheterias, máquinas de bilhetes etc.



Dúvidas – Opção de botão que pode ser configurada para tirar as dúvidas mais frequentes dos usuários no uso das opções apresentadas pelo aplicativo, ou mesmo prover informações sobre a rede de transporte da cidade.



Achados e Perdidos – Registro remoto de informações estruturadas de ocorrências de objetos perdidos pelos usuários na rede com consulta online

do andamento da ocorrência e informação do posto de coleta.



Seus Pertences – Recurso de monitoração de Beacons do usuário que foram adquiridos nas lojas de souvenirs do Metrô ou no CAP. Estes Beacons podem ser fixados nos objetos de valor do usuário ou úteis na ocasião de seu porte.

O recurso funciona localmente no aplicativo desde que a interface Bluetooth do aparelho permaneça ligada, e permite configurar a qualquer momento pelo usuário a distância de monitoramento, desde um raio de cobertura de um metro até mesmo trinta e cinco metros longe do Smartphone, caso o usuário queira, por exemplo, monitorar o seu guarda chuva no ambiente de seu local de trabalho para não esquecê-lo de levá-lo no término do expediente.

#### Funções e Recursos

São todos os recursos embarcados nas rotinas de software do aplicativo do usuário que rodam em segundo plano e de forma transparente para o usuário, tais como a monitoração de conforto dentro do salão dos trens, o acompanhamento de pessoas com mobilidade reduzida dentro da rede, os dados de posição dos passageiros em circulação nas estações e trens, bem como uma rotina latente para a pesquisa de satisfação, disparada remotamente.

Figura 8 - Ilustração das funções em segundo plano do aplicativo





Monitoração de Conforto - Monitora periodicamente o nível de conforto no salão dos trens e ambientes das estações através dos sensores embarcados de luminosidade, ruído e temperatura dos Smartphones dos passageiros

quando o aparelho estiver em uso durante a viagem, enviando alarmes para a operadora se valores medidos superarem limites pré-estabelecidos. Complementando esta função, o dispositivo instalado de coleta de informações e comunicação embarcada em cada trem também irá monitorar constantemente os acelerômetros ou outros sensores embarcados desta interface, enviando ocorrências de solavancos elevados, acelerações ou frenagens acima do estabelecido.



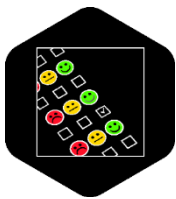
Identificação e Perfil - Todo o processo de instalação do aplicativo nos Smartphones estará vinculado a um número válido de celular e ao preenchimento manual de dados básicos do passageiro tais como nome

completo, data de nascimento, CPF, e-mail, ocupação, usuário frequente ou turista, portador de necessidades especiais etc. Tal como é feito por outros aplicativos, visando facilitar o preenchimento pelo usuário, os dados podem ser coletados de outras contas existentes do usuário.



Monitoração de Pessoas com Mobilidade Reduzida (PMR) - Identificação e monitoramento deste perfil de usuário através de seu Smartphone na rede metroferroviária, possibilitando o acompanhamento supervisionado da

viagem ou até mesmo auxiliando a equipe operacional em resgates nas situações de emergência.



Pesquisa de Satisfação – Permite aos gestores das operadoras de transporte disparar uma solicitação para o preenchimento de um breve indicador de satisfação, cuja rotina já se encontra disponível e latente do aplicativo do Smartphone. A principal vantagem deste recurso são as opções de configuração, que podem ser ativadas ao término de uma rota escolhida, por perfil de usuário, em regiões restritas dentro da rede para os usuários em circulação ou pela combinação de uma ou mais possibilidades.



Dados de Desempenho da Rede – Extração de diversos relatórios e a realização de pesquisas sobre os registros e informações dos servidores do SID para finalidades de estratégias operacionais, atividades de manutenção, novos negócios e informes detalhados de uso e desempenho da rede metroferroviária. A seguir são mostrados alguns exemplos:

O Servidor Big Data deve permitir o acesso à terminais de consulta para uso do CCO, CAP, GMT, CCS, GNG, GTI, OVD e para outras áreas ou necessidades;

Cada operadora pode conhecer com mais detalhes os comportamentos dos usuários de cada região da rede, horários, origem e destino entre estações etc.;

Verificar efeitos de cada variável sobre cenários operacionais;

Conhecer o volume de uso da rede em cada horário;

Conhecer o volume de uso do SID para fins de publicidade;

Acompanhar, através de relatórios de períodos diferentes, mudanças no uso de comportamentos na rede.



## Integração com Canais Existentes e Aplicativos de Terceiros



Zuum – Aplicativo da empresa VIVO que disponibiliza um serviço de conta corrente no Smartphone do usuário, desde que seja cliente da empresa, permitindo transferir, receber e sacar dinheiro, pagar contas pelo celular e recarregar créditos inclusive para o Bilhete Único. Toda vez que for acesso pelo aplicativo do Metrô, logs podem ser gerados para o servidor Big Data.



Bilhete Único – Aplicativo de empresas terceiras, pias como Pró-Data, Perto ou Rede Ponto Certo, para recarregar o cartão de Bilhete Único e consultar seu saldo através da interface NFC do Smartphone do usuário. Toda vez que este botão for acessado no aplicativo do Metrô, logs podem ser gerados para o servidor Big Data.



Fale Conosco – Acesso a outros canais e informações existentes e disponibilizadas pela CMSP. O aplicativo deve integrar as informações que a CMSP decidir disponibilizar aos seus usuários, da forma que já é feita hoje ou com aprimoramentos que podem ser explorados durante as etapas de desenvolvimento da ferramenta.



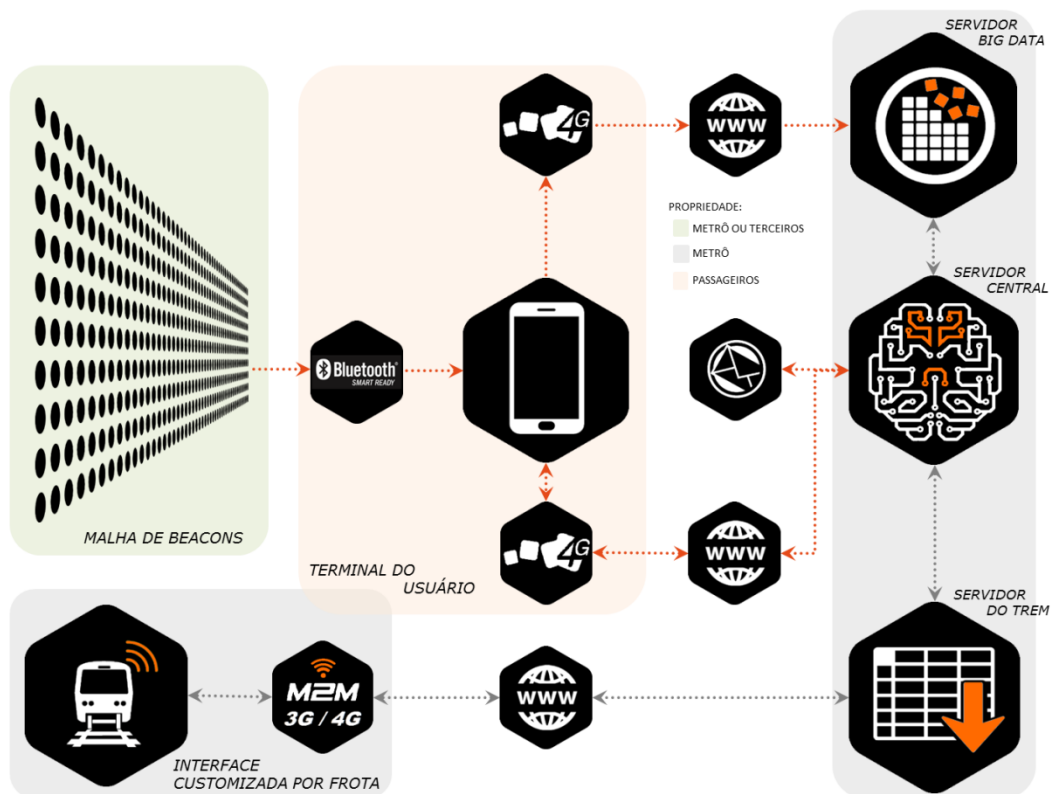
Monitoração de Deficientes Visuais – Embora o recurso não esteja relacionado a este aplicativo, considera ou prevê que o servidor Big Data obtenha de servidores de terceiros, tal como o Wayfindr (em

desenvolvimento), a posição de passageiros com deficiência visual que circulam dentro da rede metroferroviária, possibilitando o acompanhamento supervisionado da viagem ou até mesmo auxiliando a equipe operacional em resgates nas situações de emergência.

## ARQUITETURA BÁSICA

Para que seja possível atender uma grande parte das necessidades levantadas neste trabalho, e considerando a plena aplicação de tecnologias habilitadoras, descritas e selecionadas anteriormente, inicialmente foi concebida uma arquitetura básica somente para o atendimento de todos os usuários com visão, que podem utilizar o aplicativo de serviços de informação do Metrô durante seu percurso dentro ou fora da rede de transporte, conforme mostra a Figura 9 a seguir:

Figura 9 - Arquitetura básica



Segue a descrição de cada um dos elementos-chave mostrados na figura:

Malha de Beacons – Equivale a toda a distribuição física dos transmissores de posição, ou Beacons, na infraestrutura das estações e nos salões dos trens do Metrô, seguindo um padrão pré-estabelecido de endereçamento por localidade. Além do endereçamento, as definições da potência de saída, da taxa de transmissão e do tipo de alimentação elétrica de cada dispositivo também estão vinculadas com a sua posição na infraestrutura interna da rede de transportes.

Terminais dos Usuários – São todos os aparelhos de passageiros, Smartphones ou tablets, que possuem um pacote de dados habilitado com uma das operadoras de telefonia móvel local, rodam os sistemas operacionais Android ou iOS, dispõem da interface Bluetooth Smart Ready, e que já tem instalados, em suas respectivas memórias, o novo aplicativo gratuito de serviços e de informações do Metrô, baixado previamente através das lojas virtuais App Store da Apple ou Play Store do Google.

Rede Móvel 4G – Infraestrutura de rede, projetada e instalada nos túneis e estações pelas operadoras de telefonia móvel local, que visa disponibilizar e dar cobertura ao serviço móvel de voz e de dados aos usuários em toda a área de circulação de passageiros no sistema metroviário.

Conjunto de Servidores – Consiste basicamente de três módulos de servidores - Central, Trem e Big Data - não necessariamente compartilhando o mesmo espaço físico, mas interligados em rede através de um padrão de comunicação do tipo TCP/IP, onde todos devem estar sob o domínio do Metrô.

Interface do Trem – Sistema que é composto de três módulos: um dispositivo customizado de leitura e de coleta de dados do trem desenvolvido especificamente para cada frota; de uma interface padrão, adaptável e expansível, para a leitura de um ou mais sensores embarcados no trem; e de uma interface de comunicação padrão M2M para redes 3G ou 4G.

Acesso a Internet pela Rede Móvel – Meio de comunicação utilizado para a transferência e troca frequente de dados entre o aplicativo instalado nos terminais dos usuários com alguns servidores do Metrô e também para a transferência periódica de dados de cada trem que presta serviço com um dos servidores do Metrô.

Servidor de E-mail - Para o envio de e-mail ou SMS ao usuário, confirmando o recebimento de uma reclamação e informando os registros coletados no trem e nos sensores do Smartphone encaminhados através da opção “Melhor Serviço” do aplicativo.

Descrição do funcionamento da arquitetura básica:

Estando uma vez os usuários circulando dentro da infraestrutura do Metrô, inclusive para o acesso e ao transporte, cada terminal de usuário pode ter interface por radiofrequência com a malha de Beacons e com os servidores Central e Big Data, estes últimos através do acesso à Internet pela rede móvel 4G, considerando também que a interface Bluetooth e o acesso à rede de dados 4G foram previamente habilitadas no aparelho pelo usuário.

Nestas condições, mesmo com o aparelho guardado no bolso usuário ou em stand-by, toda vez que o aplicativo do terminal do usuário detectar um Beacon de posição com o endereçamento válido, ao perder o sinal deste Beacon, o aplicativo irá enviar um pacote de

dados no padrão UDP para o servidor big data através do acesso do usuário à Internet pela rede móvel 4G, informando o ID do usuário, o horário do evento e o endereçamento do Beacon detectado. Para este evento, o servidor big data não transmitirá um sinal de recebimento ao terminal do usuário pela camada de transporte, tampouco pela camada do aplicativo. No caso de uma possível falha de comunicação, uma vez que um grande número de terminais de outros usuários pode estar em circulação no mesmo período e na mesma localidade, a informação perdida poderá ser suprida pela comunicação bem sucedida pelos terminais de outros usuários.

Todos os dados diretamente relacionados às solicitações de serviços são identificados pelo aplicativo do terminal do usuário, de forma automática ou manual, consolidados no momento da consulta e encaminhados somente para o servidor Central do Metrô, que irá executar a rotina de software específica para atender o serviço solicitado.

Os serviços disponibilizados no aplicativo são representados através de ícones na tela principal do aplicativo, abrangendo desde informações sobre o estado da rede, a melhor rota no momento da consulta, carro mais vazio na plataforma, envio de reclamações e de denúncias, registros de perdas de objetos pessoais, etc. até informações locais como mapa do respectivo nível que o usuário se encontra na estação, monitoramento de objetos pessoais bem como a integração com outros aplicativos tais como serviços de consulta e de carregamento de bilhetes, conforme apresentado previamente.

Informações complementares tais como dúvidas mais frequentes ou outras já existentes e disponibilizadas pelo Metrô em outros canais de informação podem ser agregadas ao aplicativo, possibilitando sua renovação através de futuras atualizações normalmente

realizadas pelas lojas virtuais de aplicativos da respectiva plataforma de sistema operacional do Smartphone. Quando o usuário for utilizar um dos serviços no aplicativo para informações sobre o sistema metroferroviário em tempo real, e que envolva a coleta automática de dados sobre o posicionamento do usuário dentro da infraestrutura do Metrô, a interface Bluetooth deverá estar habilitada. Caso a interface Bluetooth não esteja habilitada, dependendo do serviço e na etapa mais adequada do processo de consulta, o aplicativo solicitará ao usuário a ativação da respectiva interface de comunicação antes da coleta automática ou manual de dados sobre posição. No caso da rede de dados 4G não estar habilitada, o aplicativo fará solicitação ao usuário para sua ativação antes de encaminhar a solicitação do serviço. A Figura 10 a seguir mostra um panorama entre os serviços de informações, as funções de coleta de informações em segundo plano com os terminais de consulta distribuídos em algumas áreas-chave do Metrô e que utilizam uma configuração de software de consulta para acesso aos dados registrados nos servidores da arquitetura do sistema SID.

Figura 10 - Serviços e funções versus terminais de consulta da CMSP



### TERMINAIS DE CONSULTA DO METRÔ

Existem diversos terminais que poderão se beneficiar das informações geradas pelo sistema. Deve ser desenvolvido um software do tipo universal que possibilite configurar, por terminal e somente pela área de TI da CMSP, a aplicação customizada de filtros de forma que cada área da empresa possa obter no servidor Big Data somente os registros sob sua gestão. A seguir são listados exemplos de telas de IHM customizadas para consultas de diferentes áreas após a aplicação destes filtros pela GTI (Gerência de Tecnologia da Informação) a partir de um software universal: Acompanhamento do fluxo de passageiros nas estações em tempo real (CCO); Reclamações de ambiente e sistemas (CCO); Gestão de perdas de objetos

peçoais em tempo real (CAP); Pesquisa O-D (Origem e Destino) entre estações em tempo real (CCO); Denúncias em tempo real (CCS); Reclamações de sistemas e de eventos de desvios de conforto nas estações e trens (SAM); Análises de todos os dados armazenados; Publicidade direcionada por perfil e localidade.

Desta forma, além de ter disponível o software universal de consulta configurado para as respectivas necessidades, os terminais de consulta das equipes do CCO, CAP, GMT/SAM, CCS, Novos Negócios, TI, dentre outras áreas da CMSP, devem estar conectados via TCP/IP à base de dados do servidor Big Data. Uma vez que algumas áreas da CMSP como o CCO, CCS e CAP necessitam também de ações imediatas, o software universal deve prever também a leitura automática e periódica dos respectivos registros de interesse.

Para o servidor Trem, além da conexão TCP/IP com o seu principal cliente, o servidor Central, poderá eventualmente ter suas informações sobre trens em circulação compartilhadas com terminais da GMT, de forma que se obtenha um histórico mais apurado de carregamento de cada carro, eventos operacionais de carros isolados, histórico de falhas e de carregamento por trem etc.

Para o servidor Central, deve ser prevista uma interface com um terminal específico que permita o carregamento e a atualização de informações de mapas da rede e estações, dos arquivos referentes ao leiaute de todos os mezaninos das estações e salão dos trens, além de permitir o carregamento e a atualização da tabela de mapeamento de Beacons na rede.



## RELATÓRIOS GERENCIAIS

O sistema deve possibilitar a geração de relatórios gerenciais sobre dados de desempenho da rede, além de permitir pesquisas realizadas sobre os registros e informações de cada um dos servidores do SID para finalidades de estratégias operacionais, atividades de manutenção, novos negócios e informes detalhados de uso e desempenho da rede metroferroviária tais como o comportamento dos usuários de cada região da rede, horários, origem e destino entre estações e efeitos de cada variável sobre cenários operacionais.

A seguir, são citados mais alguns exemplos de possíveis relatórios para as equipes do Metrô:

Geração de relatórios operacionais de cada linha, trecho de linha, cada estação, cada localidade de estação para definição de estratégias operacionais; Verificação de impactos em função da implantação de cada estratégia operacional ou eventos externos; Comparação entre relatórios de períodos diferentes para verificar tendências de alterações, assim, subsidiarem decisões de investimentos em manutenção; Possibilidade de conhecer usos e costumes dos usuários da rede; Monitoração de estados de desempenho da rede sem a necessidade de investir em sensores nas instalações da rede; Relatórios de carregamento e fluxo nos ambientes das estações e trens para decisões de investimentos em propaganda, lojas comerciais, serviços etc.; Relatórios com indicadores para subsidiar decisões de investimentos.

## CONCLUSÕES

Tendo em vista as tendências de Internet das Coisas (IoT) e a capacidade das redes e dispositivos, bem como as tendências de interação e colaboração dos usuários, foi concebida uma plataforma para o desenvolvimento e a implantação rápida de serviços para uma rede de transporte sobre trilhos baseada fortemente em Beacons.

O estudo de serviços iniciais do SID demonstrou que o sistema pode ser atrativo a ponto de motivar a instalação e uso de aplicativo do SID nos smartphones pessoais dos usuários, que, depois de instalado, se tornam dispositivos de alimentação de dados de desempenho da rede metroferroviária.

Os benefícios do SID abrangem usuários da rede metroferroviária, áreas operacionais e de manutenção de operadoras, órgãos reguladores, investidores, e os serviços podem ser oferecidos através de aplicativos de smartphones aos usuários e terminais de consulta dentro do Metrô para visualização de eventos em andamento, consultas e geração de relatórios sobre dados atuais armazenados no sistema.

A arquitetura proposta, baseada em servidores, smartphones, dispositivos eletrônicos com o diagnóstico e a alta conectividade, demonstrou facilidade em agregar novas funções e expandir capacidades de processamento e de armazenamento.

Por fim, a descrição de recursos de serviços aos usuários, detalhamento de processos internos e procedimentos de comunicação de alguns serviços provaram em teoria que a plataforma proposta é viável, funcional, escalável e eficiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AISLELABS. The Hitchhikers Guide to iBeacon Hardware: A Comprehensive Report by Aislelabs (2015), 4 may 2015. Disponível em:

<http://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide/>. Acesso em 05 mar 2016.

ALVARO, Alexandre. Uma plataforma de cidades inteligentes baseada na Internet das Coisas, Auxílio à Pesquisa – Regular, 01 out 2012. Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade (CCTS), Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Sorocaba, SP.

ARAUJO, Romulo Cesar Carvalho de. Utilização do Sistema Telemétrico Dinâmico RailBee para estimativa em tempo real do número de passageiros e análise do desempenho do TUE.

VI Prêmio Alstom de Tecnologia Metroferroviária, 2009. Disponível em:

[www.revistaferroviaria.com.br/nt2009/trabalhos/alstom/01.pdf](http://www.revistaferroviaria.com.br/nt2009/trabalhos/alstom/01.pdf). Acesso em 14 abr 2015.

BARBARÁN, Gabriela María Cabel. Plataforma inteligente de aplicações para serviços baseados em localização - Auxílio à Pesquisa - Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas – PIPE, 01 dez 2006. SYM Tecnologia de Informação Ltda.

BITKNITTING IN SLING. Sling sub-experience Local Alerts – Part 2 – Adding Location, 13 jan 2015. Disponível em:

<https://bitknitting.wordpress.com/2015/01/13/sling-sub-experience-local-alerts-part-2-adding-location/>. Acesso em 05 mar 2016.

BODEN, Rian. Brazilian carriers test NFC in Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 21 out 2013.

Disponível em: <http://www.nfcworld.com/2013/10/21/326443/brazilian-carriers-test-nfc-rio-de-janeiro/>. Acesso em 16 mar 2015.

BODEN, Rian. LA Metro to get Bluetooth beacons, Los Angeles, 12 fev 2015. Disponível em:

<http://www.nfcworld.com/2015/02/12/334096/la-metro-get-bluetooth-beacons/>. Acesso em 16 mar 2015.

BOMBARDIER TRANSPORTATION. Orange M2M Connect provides best network coverage for Bombardier, jun 2005.

Disponível em: <http://www.computerweekly.com/feature/Bombardier-Transportation>.

Acesso em 14 abr 2015.

CARDOSO, Roberto Speicys. Uma aplicação móvel para obtenção de informações atualizadas de transporte público a partir do conhecimento coletivo, Auxílio à Pesquisa - Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas - PIPE, São Paulo, 01 ago 2014. Scipopulis Desenvolvimento e Análise de Dados Ltda.

GORENCE, Thomas. Experimenting with iBeacons, may 2015. Disponível em:

<http://ideasorlando.com/blog/experimenting-with-ibeacons/>. Acesso em 05 mar 2016.

GSMA. A Guide to Bluetooth Beacons, A White paper by the GSMA, setembro de 2014.

Disponível em: <http://www.gsma.com/digitalcommerce/wp-content/uploads/2013/10/A-guide-to-BLE-beacons-FINAL-18-Sept-14.pdf> . Acesso em 05 mar 2016.

HAN, Jun; OWUSU, Emmanuel; NGUYEN, Thanh-Le; PERRIG, Adrian; ZHANG, Joy.

ACComplice: Location Inference using Accelerometers on Smartphones, Pensilvânia.

Carnegie Mellon University. Disponível em:

[http://users.ece.cmu.edu/~junhan/ACComplice\\_Han.pdf](http://users.ece.cmu.edu/~junhan/ACComplice_Han.pdf). Acesso em 14 abr 2015.

IOT. Bluetooth LE and iBeacon Primer. Disponível em:

<http://developer.iotdesignshop.com/tutorials/bluetooth-le-and-ibeacon-primer/>. Acesso em 14 abr 2015.

KONTRON. Improving Transportation Safety, Efficiency, and the Customer Experience with the Internet of Things (IoT), Alemanha, 2014.

LOBO, Renato. Plataforma de trem na Holanda indica vagão mais vazio, Via Trólebus, 04 mai 2015. Disponível em: <http://viatrolebus.com.br/2015/05/plataforma-de-trem-na-holanda-indica-vagao-mais-vazio/>. Acesso em 05 mai 2015.

MTA Transportation Reinvention Commission. A Bold Direction for Leading Transportations in the Next 100 Years, Nova Iorque, nov 2014.

MTA. More data. More connectivity. More smartphone apps. Make New York's transit experience three times better, Nova Iorque.

Disponível em: <http://2014mtaappquest.devpost.com/>. Acesso em 19 mai 2015.

NEUBAUER, Miranda. 'Big Ideas' for transit: subway beacons, data stories, smart helmets, Nova Iorque, 24 set 2014.

Disponível em: <http://www.capitalnewyork.com/article/city-hall/2014/09/8553289/big-ideas-transit-subway-beacons-data-stories-smart-helmets>. Acesso em 12 mai 2015.

PAULINOS, Eduardo. Após mais de cinco anos, passageiros ainda reclamam do sinal de celular no Metrô, Grupo Diário, São Paulo, 2014.

PITU 2020. O Plano Integrado de Transportes Urbanos para 2020 - Pitu 2020. Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos.

Disponível em: <http://www.stm.sp.gov.br/index.php/o-pitu-2020>

PRATAMA, Azkario Rizky; WIDYAWAN, HIDAYAT, Risanuri. Smartphone-based Pedestrian Dead Reckoning as an Indoor Positioning System. Information Technology and Electrical Engineering Department, Gadjah Mada University, Indonesia. Disponível em:

[http://www.academia.edu/9843772/Smartphone-](http://www.academia.edu/9843772/Smartphone-based_Pedestrian_Dead_Reckoning_as_an_Indoor_Positioning_System)

[based\\_Pedestrian\\_Dead\\_Reckoning\\_as\\_an\\_Indoor\\_Positioning\\_System](http://www.academia.edu/9843772/Smartphone-based_Pedestrian_Dead_Reckoning_as_an_Indoor_Positioning_System). Acesso em 14 abr 2015.

RAILWAY-TECHNOLOGY.COM. The future is here – the best innovations in railway station technology, 17 nov 2011. Disponível em: <http://www.railway-technology.com/features/featurethe-future-is-here-the-best-innovations-in-railway-station-technology/>. Acesso em 14 abr 2015.

RUDNENKO, Veronika; DAUBY, Laurent. Internet Connectivity in Underground Rail Systems, 15 May 2014. UITP - Advancing Public Transport Co-Financed by: New Cities Foundation.

Acesso em 14 abr 2015. Disponível em:

[http://www.uitp.org/sites/default/files/documents/Publications/internet\\_in\\_metros\\_2014.pdf](http://www.uitp.org/sites/default/files/documents/Publications/internet_in_metros_2014.pdf)

SAMSUNG BUSINESSVOICE TEAM. How Smartphones Will Transform the Future of Transportation, 28 JAN 2015. Disponível em:

<http://www.forbes.com/sites#/sites/samsungbusiness/2015/01/28/how-smartphones-will-transform-the-future-of-transportation/#52d044b761d0>. Acesso em 14 abr 2015.

SAVVAS, Antony. Train Company Uses Orange M2M to Monitor Rolling Stock Remotely, abr 2004. Disponível em: <http://www.computerweekly.com/feature/Train-company-uses-Orange-M2M-to-monitor-rolling-stock-remotely>. Acesso em 14 abr 2015.

SCHMIDT, Eric; COHEN, Jared. A Nova Era Digital - Como será o futuro das pessoas, das nações e dos negócios, Editora Intrínseca, Rio de Janeiro, 2013.

SEGAN, Sascha. Going Online While Underground: 12 Cities Compared, Disponível em: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2489108,00.asp>. Acesso em 07 mar 2016.

SHANNON, Ellyn; BELLISIO, Angela. The MTA in the Age of Big Data: Transforming the Wealth of MTA Data into Accessible, Meaningful, Visual, Interactive Information, Nova Iorque, mar 2013. Permanent Citizens Advisory Committee to the MTA.

SILKE Elvery. Every Journey matters – a pan - TfL Customer Information Strategy. Eutrotransportemaganize.com., Issue 1, UK, 2016. p. 46–p 50.

SMITH, Kevin. Real-time Revolution, Bélgica, abr 2013. International Railway Journal-IRJ, volume 53, Issue 4. p. 40-46.

STINSON, Liz. Guiding the Blind Through London's Subway with Estimote Beacons, 18 mar 2015. Disponível em: <http://www.wired.com/2015/03/blind-will-soon-navigate-london-tube-beacons/>. Acesso em 04 mai 2015.

TAGIAROLI, Guilherme. Média de velocidade do 3G no Brasil fica abaixo do que operadoras prometem, diz pesquisa, UOL, São Paulo, 06 fev 2013. Disponível em: <http://tecnologia.uol.com.br/noticias/redacao/2013/02/06/media-de-velocidade-do-3g-no-brasil-fica-abaixo-do-que-operadoras-prometem-diz-pesquisa.htm>. Acesso em 14 abr 2015.

TELECO. Estatísticas de Celulares no Brasil, Brasil, 18 mar 2016. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/ncel.asp>. Acesso em 19 mar 2016.

THE ARUP RAIL BUSINESS. Future of Rail 2050, Londres, 2015.

WABOSO, David. Apps on the Underground: transforming London's railway. Infrastructure Intelligence, UK, 17 Set 2014. Disponível em: <http://www.infrastructure-intelligence.com/article/sep-2014/apps-underground-transforming-londons-railway>. Acesso em 14 abr 2015.

WONG, Grace. CTA: Upgrades for 4G service completed in Red, Blue line subways, Chicago Tribune, Estados Unidos, 29 dez 2015. Disponível em: <http://www.chicagotribune.com/news/local/breaking/ct-cta-4g-wireless-service-20151229-story.html>. Acesso em 07 mar 2016.