

TENDÊNCIAS EM SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE APLICADOS A ÔNIBUS – ANÁLISE DA CIDADE DE PORTO ALEGRE

Lucas Janssen Luft
Fernando Dutra Michel
Maria Cristina Molina Ladeira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia

RESUMO

É crescente a demanda por soluções que lidem com o fluxo de viagens nas cidades do século XXI. Como solução, surgem tecnologias que auxiliam no planejamento, controle e operação de sistemas de transporte, chamados *Intelligent Transportation Systems (ITS)*. Sabe-se, no entanto, que há desafios atrelados à aplicação destas tendências, principalmente em países em desenvolvimento. Neste trabalho, coletou-se aplicações em *ITS* ao redor do mundo e propostas de novos sistemas na literatura acadêmica. Posteriormente, foram realizadas entrevistas com o órgão gestor e a instituição representante das empresas privadas de ônibus da cidade de Porto Alegre (Brasil). Discutiu-se o cenário atual do *ITS* para ônibus na cidade, além dos entraves e perspectivas para implementação das tendências pesquisadas. Conclui-se que ainda são necessários investimentos em sistemas de base que possibilitem a aplicação de conceitos recentes. Ademais, a falta de subsídios, aliada a uma crise setorial, resultam em escassez de recursos para projetos.

ABSTRACT

The demand for solutions to the traffic problem of the cities of Century XXI is increasing. To solve this, technologies arise to help planning, controlling and operating transportation systems, named Intelligent Transportation Systems (ITS). However, there are challenges related to the application of these tendencies, mainly in underdeveloped countries. In this article, ITS cases around the world were collected, as well as innovative proposals coming from academic articles. Posteriorly, the organization responsible for managing the transportation and the entity representing the bus companies in the city of Porto Alegre (Brazil) were interviewed. The scenario of *ITS* for buses was discussed, besides the hindrances and perspectives to implement the examined cases and tendencies. It's concluded that investments in introductory systems are still necessary to enable the application of the most recent concepts in *ITS*. Furthermore, the lack of subsidies together with a sectorial crisis result in scarcity of resources to projects.

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da urbanização vem tornando as cidades cada vez mais densas demograficamente. Como consequência, cresce a demanda por infraestruturas de transporte que suportem o intenso fluxo de viagens das cidades do século XXI. Um relatório da ONU (2014) aponta que, até 2050, 66% de uma população de 9,8 bilhões viverá em cidades, resultando em 6,46 bilhões de pessoas. A esta tendência, soma-se o fato de que, entre 1950 e 2014, o número de habitantes em zonas urbanas pulou de 746 milhões (29,18% da população mundial) para 3,9 bilhões (53,37%).

O ritmo acelerado de urbanização frequentemente impede que cidades se desenvolvam de maneira orgânica ou planejada. Tal fenômeno resulta em viagens longas, congestionamentos, poluição e acidentes (Ibarra-Rojas *et al.*, 2015). Em um estudo realizado com 50 nações desenvolvidas e em desenvolvimento, revelou-se que seus líderes compartilham, entre seus principais objetivos, a vontade de ter cidades mais limpas e menos congestionadas. Como estratégia para cumprir estes objetivos, apontam primariamente para o uso intensivo de sistemas de transporte público como alternativa a veículos privados (Houghton *et al.*, 2009).

Sabe-se, no entanto, que prover sistemas de transporte público exige altos investimentos. As restrições orçamentárias enfrentadas por governos de diversos países pressionam estes sistemas a serem cada vez mais eficientes no suprimento da demanda de viagens. Na busca por

eficiência, governos e organizações veem-se obrigados a buscar soluções tecnológicas no mercado e na academia. As últimas décadas foram importantes para o desenvolvimento de tecnologias focadas em melhorar a informação disponível para o planejamento e operação de sistemas de transporte público (Ibarra-Rojas *et al.*, 2015). Na literatura e no mercado, estas soluções são chamadas *Intelligent Transportation Systems (ITS)*.

O objetivo deste trabalho é reunir as tendências de aplicações de sistemas de *ITS* para ônibus, apresentando trabalhos científicos recentes em conjunto com soluções postas em prática no mercado ao redor do mundo. Posteriormente, estes exemplos coletados foram trazidos para entrevistas com o órgão gestor e a instituição representante das empresas privadas de ônibus da cidade de Porto Alegre, no Brasil. Por fim, foi feita uma análise do *ITS* na cidade para que se saiba em que pontos esta precisará direcionar seus esforços para poder implementar as tendências em *ITS* em ônibus previamente indicadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados, de maneira sucinta, os conceitos abrangidos por este trabalho na área de transporte. O foco é dado a aplicações para o modal ônibus.

2.1. Sistemas de transporte

Sistemas de transporte são cada vez mais importantes para o planejamento de cidades. Para combater problemas crônicos de mobilidade e sustentabilidade, cidades despendem esforços para implementar sistemas intermodais de transporte que minimizem efeitos negativos da urbanização e desenvolvam a economia e a qualidade de vida da população (Vuchic, 2017).

Em uma visão centrada no passageiro, Eboli e Mazzulla (2015) colocam os seguintes fatores como positivos para a atratividade do serviço de transporte público: informação, limpeza, pontualidade e frequência de viagens. No entanto, nos tempos atuais, altos níveis de atratividade do transporte público não serão alcançados apenas com o aumento destes fatores. Em vez disso, sistemas de transporte devem explorar novos caminhos, com base em inovação tecnológica, para melhorar a experiência do passageiro de ponta-a-ponta (Camacho *et al.*, 2016). Ceder (2016) afirma que, nos últimos 30 anos, houve significativos esforços despendidos em tecnologias, com o objetivo de prover agendas mais eficientes, controláveis e responsivas. Com isso, faz-se necessário o desenvolvimento de sistemas inteligentes que possam lidar com as demandas exigidas pela população.

2.2. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)

Singh e Gupta (2015) descrevem *ITS* como um sistema integrado que implementa uma gama de tecnologias de controle, comunicação, sensoriamento de veículos e eletrônica para auxiliar o monitoramento e gestão de fluxo de tráfego. Argumentam, ainda, que sistemas assim reduzem congestionamentos, geram rotas ótimas para condutores, aumentam a produtividade do sistema e salvam vidas, tempo e dinheiro.

Recentemente, tem crescido também a discussão em torno do conceito de *ITS* cooperativo. Em essência, *C-ITS* (do inglês *cooperative ITS*) acontece quando se processa, em tempo real, informações de várias fontes (carros, transporte público, bicicletas, serviços emergenciais de polícia e saúde), com estas sendo disponibilizadas a condutores e gestores do sistema de transporte (Ministério da Infraestrutura e Meio-Ambiente dos Países Baixos, 2017).

Estudos recentes estimaram o impacto socioeconômico percebido pela população para uma eventual adoção de *C-ITS* na Grécia, país que ainda não o inclui em sua estratégia para *ITS*. No estudo, há a percepção de que aplicações de *C-ITS* trariam uma maior renda pessoal, reduziriam o tempo gasto dentro de veículos e ainda levariam o país a uma mobilidade mais amigável ambientalmente (Toulouki *et al.*, 2017). Sabe-se, no entanto, que a complexidade de sistemas de *ITS* cooperativo e a inter-relação entre seus componentes requer uma intensa fase de experimentações e testes antes da implementação, além de uma arquitetura bem definida.

2.2.1. Arquitetura para *ITS*

O funcionamento de um *ITS* envolve a cooperação e coexistência de diversos componentes (*hardware* e *software*). Com estes sendo providenciados por diferentes fornecedores, é importante que haja uma arquitetura de *ITS* que garanta requisitos básicos como: abertura, otimização de colaboração entre agentes, manutenção, escalabilidade dos sistemas e interoperabilidade (Román *et al.*, 2013). É importante citar a interoperabilidade como um dos principais requisitos entre os citados. Ela foca em habilitar elementos de *ITS* em veículos, dispositivos, infraestruturas e aplicativos para que se comuniquem com outras partes do sistema quando necessário, não importando onde e quando elas são construídas ou utilizadas. A interoperabilidade será crítica para a implementação de sistemas de veículos conectados, bem como para a posterior adoção de sistemas automatizados de transporte, já que nesse caso as interdependências dos sistemas crescem em número e complexidade (USDOT, 2015).

2.3. *Mobility As A Service (MaaS)*

A discussão recente sobre como prover à população uma “mobilidade integrada” gerou o conceito emergente de “*Mobility as a Service (MaaS)*” (mobilidade como um serviço). As definições são variadas, mas a ideia essencial é de que a mobilidade não seja vista apenas como um bem físico adquirível, como um carro, mas como um serviço único sob demanda que incorpore todos os serviços de transporte disponíveis, desde carros até ônibus e aplicativos sob demanda (Mulley *et al.*, 2018).

Englobando o transporte por ônibus dentro de soluções de *MaaS*, um ponto importante a reconhecer é que o modelo existente de serviço de transporte público (especialmente a maneira com que são redigidos seus contratos) pode vir a ser uma limitação na capacidade do serviço de transporte público de possuir um maior protagonismo em soluções de *MaaS* (Hensher, 2017). Este será um dos pontos tratados nas sessões a seguir, onde alternativas como o *MaaS* serão discutidas com órgãos responsáveis pelo transporte em Porto Alegre.

3. METODOLOGIA

Esta seção apresenta metodologia utilizada para a coleta de tendências de *ITS* para ônibus aplicadas em diversas cidades do mundo e em estudos na literatura do tema. Primeiramente, apresenta-se o cenário do transporte público na cidade de Porto Alegre, seguindo com informações sobre a classificação da pesquisa realizada e o método utilizado.

3.1. Transporte público na cidade de Porto Alegre

Porto Alegre é uma cidade da região sul do Brasil com uma estimativa de 1.484.941 habitantes e uma área de 497 km², de acordo com o IBGE (2017). O transporte por ônibus começou a ser oferecido pela Companhia Carris em 1928. A Carris trata-se de uma empresa pública de transporte coletivo, sendo a mais antiga em atividade da categoria, nascendo em 1872 por decreto do imperador Dom Pedro II (Porto Alegre, 2018). De acordo com o DETRAN (2015),

a cidade tem um total de 831.776 veículos registrados até outubro de 2017, sendo 579.593 (69,68%) automóveis. O sistema transporta, em dias úteis, aproximadamente 1 milhão de passageiros por dia, sendo 680 mil pagantes.

Em 2015, houve a primeira licitação para o transporte coletivo por ônibus em 243 anos de história de Porto Alegre. Com esta licitação, a cidade foi dividida em bacias com dois lotes cada. Estes lotes foram concedidos a consórcios formados por empresas em um contrato de 20 anos de duração. Em acréscimo às bacias, há linhas circulares e transversais operadas pelo poder público, por meio da empresa pública Carris.

O edital de 2015 contém especificações a serem seguidas para a operação por parte das empresas, além de estabelecer também as diretrizes em ITS para os próximos anos. Entre estas, está um futuro sistema de monitoramento com especificações que preveem interoperabilidade e monitoramento dos veículos em tempo real. Tal medida iria ao encontro da aplicação das tendências em ITS vistas em outras cidades e trabalhos acadêmicos.

3.2. Método de trabalho

O trabalho foi realizado em 4 etapas. Na primeira etapa, foram coletados dados na literatura científica sobre as tendências de aplicação de ITS para ônibus. Essa coleta é importante para que seja possível analisar não somente a viabilidade e nível de preparação de Porto Alegre para o que está sendo aplicado atualmente em cidades, mas também para aplicações futuras.

Na segunda etapa, foram coletados exemplos de aplicação de ITS em sistemas de ônibus de outras cidades pelo mundo. Foram analisados apenas exemplos já em fase de implementação ou funcionamento.

Na terceira etapa, foi estudada a situação atual de Porto Alegre em relação a ITS. Para isso, a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) de Porto Alegre foi entrevistada. A ATP (Associação dos Transportadores de Passageiros), órgão representante das empresas privadas de ônibus, também foi entrevistada.

Na quarta e última etapa, os resultados das etapas anteriores servem como base para uma análise final do ITS em Porto Alegre. Com isso, foi possível analisar a viabilidade para aplicar-se as tendências em ITS (obtidas na primeira etapa) e os exemplos de outras cidades (obtidos na segunda etapa).

4. ANÁLISE DE TENDÊNCIAS EM ITS

Com o objetivo de embasar as entrevistas com os agentes de transporte público de Porto Alegre, foram coletadas aplicações de ITS em cidades do mundo, bem como estudos que proponham métodos inovadores para solucionar problemas em transporte coletivo por meio de ITS. As tabelas 3 e 4 apresentam as tendências encontradas. As categorias das aplicações de cidades e a estrutura das colunas da tabela são adaptadas de Ibarra-Rojas *et al* (2015).

4.1. Coleta de dados na literatura

Com o avanço na capacidade de processamento de dados em tempo real trazido pelo advento de conceitos como o de *Big Data*, pode-se perceber diversos trabalhos na academia que trabalhem com análises em tempo real da operação do sistema. Além disso, pode-se perceber a tendência de incluir dados não somente do modal ônibus para auxílio na tomada de decisão,

mas também de outros veículos e dispositivos, como em Liebig (2017) e Khalid *et al* (2018). A integração promovida entre modais também é reforçada e sugerida em trabalhos que citam o conceito de *MaaS*, como em Mulley *et al* (2018). Estes e outros exemplos de artigos recentes sobre inovações em ITS estão presentes na Tabela 3, onde estes estão apresentados com maior detalhe.

Tabela 3: Artigos recentes sobre inovações em ITS.

Categoria	Autoria	Objetivo	Limitações do sistema	Método
Controle / Planejamento	Barbosa <i>et al.</i> (2016)	Arquitetura que possibilite interoperabilidade na gestão de dados em <i>smart cities</i>	Variedade e distribuição de informação sobre o sistema	<i>Service Oriented Architecture (SOA)</i>
Controle / Planejamento	Amini <i>et al.</i> (2017)	Arquitetura compatível para proliferação do conceito de Big Data	Falta de integração entre fontes de dados	Plataforma de computação distribuída (<i>Kafka</i>)
Informação ao Usuário	Sutar <i>et al.</i> (2016)	Integração de dados GPS para prever tempo de chegada do ônibus até a próxima parada	Informação imprecisa sobre chegada de veículo ao terminal	Internet das Coisas, GPS, Android
Controle	Zhang <i>et al.</i> (2017a)	Visualizar distribuição do fluxo de passageiros ao redor da cidade	Falta de dados confiáveis para tomada de decisão	Visualização de espaço-tempo
Planejamento	Bai <i>et al.</i> (2015)	Prever tempo de viagens no sistema	Falta de informação precisa para conforto do usuário	Algoritmos ANN, SVM, Kalman
Planejamento	Widyawan <i>et al.</i> (2017)	Criar matriz origem-destino com dados de <i>smart card</i> de BRT (<i>Bus Rapid Transit</i>)	Ineficiência e imprecisão para cálculo de matriz OD.	Big Data
Operação	Mulley <i>et al.</i> (2018)	Demonstrar importância da integração de modais para suprir demanda de transporte	Falta de integração entre modais	<i>Mobility as a Service</i>
Operação	Sucasas <i>et al.</i> (2016)	Prover a segurança e privacidade dos dados de passageiros no sistema	Ameaças de segurança por parte de entidades mal-intencionadas	Esquema autônomo de autenticação de usuário
Operação	Najada e Mahgoub (2016)	Estabelecer as rotas mais seguras em veículos autônomos com <i>Big Data</i>	Processo de decisão de veículos autônomos	VANET (<i>Vehicular Ad hoc Networks</i>), <i>Big Data</i> , <i>Machine Learning</i>
Controle	Khalid <i>et al.</i> (2018)	Processar dados de sensores de outros veículos para promover vigilância autônoma de veículos	Riscos inerentes ao transporte de veículos por humanos	VANET
Controle	Liebig (2017)	Utilizar dados de outros veículos para prever atrasos na rota	Previsões que levam em conta tráfego estático	Modelo STRF (Spatio-temporal receptive field)
Operação	Ouddah <i>et al.</i> (2017)	Otimizar a gestão de energia em ônibus híbridos	Gestão ineficiente de energia em ônibus	Método analítico de otimização (Princípio mínimo de Pontryagin)

4.2. Coleta de dados em cidades

Aplicações recentes em ITS têm comumente focado em soluções que utilizem o maior número possível de dados para auxílio na tomada de decisão para planejamento, controle e operação. A Tabela 4 apresenta algumas cidades onde foi possível encontrar iniciativas inovadoras em Planejamento, Controle e Operação de sistemas de ônibus. É possível vermos isto na referência a Santander, por exemplo, com o uso de Internet das Coisas para auxílio no monitoramento, além de Barcelona e Londres, que fazem uso do conceito de Big Data para planejarem seus sistemas de maneira mais precisa. Quanto à operação, iniciativas visando a redução da poluição, como as demonstradas para as cidades de Shenzhen e Trondheim, são bastante comuns, além de

inovações em bilhetagem, como é visto em Portland, onde o cliente pode utilizar seu aparelho celular para ingressar no sistema de transporte por meio de um *QR Code*, agilizando o processo e trazendo conveniência ao serviço. A Tabela 4 ainda mostra outros exemplos de ações inovadoras recentes.

Tabela 4: Aplicações de ITS para Planejamento, Controle e Operação de sistemas de ônibus.

Categoria	Local	Objetivo	Limitações	Método	Fonte
Operação	Portland (Estados Unidos)	Aumentar as opções de pagamento e agilidade do serviço	Necessidade de ampliar formas de pagamento	Aplicativo móvel (<i>Hop fastpass</i>) que remove a necessidade de cartão ou bilhete para o ingresso no sistema.	Hop Fastpass (2018)
Controle	Santander (Espanha)	Gerar e compartilhar dados em tempo real com uso de Internet das Coisas	Falta de precisão no monitoramento do tráfego	Utilizar sensores para monitoramento em tempo real do tráfego	Smart Santander (2018)
Controle	Helsinki (Finlândia)	Promover uma solução integrada entre todos os modais de transporte	Falta de integração entre modais de transporte	Aplicativo móvel (<i>Whim</i>) com conceito de <i>Mobility As A Service</i> englobando serviços públicos e privados	Whim (2018)
Operação	Shenzen (China)	Tornar a frota de ônibus 100% elétrica	Cenário de poluição do país	Utilização de energias renováveis em veículos	WRI (2018)
Planejamento	Oxford (Reino Unido)	Reduzir congestionamento e aumentar oferta de serviços na zona leste da cidade	Falta de conectividade na zona leste	Serviço " <i>PickMeUp</i> " sob-demanda que permite solicitar ônibus em esquinas da zona leste de Oxford via aplicativo	Intelligent Transport (2018a)
Operação	Trondheim (Noruega)	Facilitar a carga de ônibus elétricos	Frota de ônibus elétricos possui	Carregadores universais para ônibus elétricos (ABB Chargers), permitindo carga de veículos de diferentes fabricantes.	Intelligent Transport (2018b)
Planejamento	Barcelona (Espanha)	Planejar e controlar o transporte coletivo de maneira mais eficiente	Falta de dados precisos para planejamento e controle do sistema	Utilizar dados de validação de ticket para planejamento e controle do serviço	Moskvitch (2016)
Planejamento	Londres (Reino Unido)	Melhorar a experiência do usuário com um melhor planejamento do sistema através de Big Data	Dados obtidos apenas apontavam entrada, mas não a saída do passageiro.	Uso de algoritmo (ODX) para unir dados do sistema e prever ponto de saída do usuário	Transport for London (TfL) (2015)

5. ANÁLISE DA CIDADE DE PORTO ALEGRE

Após a pesquisa das aplicações de ITS, foi realizada uma entrevista com duas organizações do transporte em Porto Alegre: o órgão gestor do transporte coletivo e também com a representação das empresas privadas de ônibus urbanos. Cada uma das entrevistas teve cerca de 70 minutos de duração, com ambas sendo realizadas com profissionais responsáveis por decisões relacionadas a ITS em suas organizações.

O primeiro tópico questiona os focos atuais em ITS para a cidade de Porto Alegre. Na sequência, são discutidos os detalhes do edital de 2015 em relação ao ITS e o impacto que novas tecnologias podem vir a ter na tarifa de ônibus. A concorrência com aplicativos de transporte individual é o tópico seguinte. A penúltima pauta é relacionada ao *MaaS* e os requerimentos e desafios para que o conceito seja aceito e funcione em Porto Alegre. Por fim, as empresas são questionadas sobre a possível chegada de veículos autônomos ao mercado de ônibus no futuro.

5.1. ITS nos próximos anos em Porto Alegre

5.1.1. Órgão Gestor

Um dos principais focos para os próximos anos é a implementação de um sistema de monitoramento por GPS para fornecer sistemas de informação ao usuário e também possibilitar o monitoramento de dados para planejamento do sistema. Também foi citada a implantação de um sistema de reconhecimento facial nos veículos.

5.1.2. Empresas Privadas

Segundo os representantes, um dos focos das empresas de ônibus é instalar um sistema de CFTV (Circuito Fechado de Televisão) visando aumento do controle da operação e a segurança dos passageiros. Junto a isso, encaminha-se a implementação de um sistema de reconhecimento facial. Este sistema não estava nos planos durante o edital e no início do exercício do mesmo, no entanto um decreto fez esta tecnologia virar prioridade. O objetivo, assim como para o CFTV, é cobrir a integridade da frota até o final de 2019. Além disso, o sistema de monitoramento por GPS é outro foco das empresas privadas de ônibus.

5.2. Edital de 2015 – fiscalização/cumprimento

5.2.1. Órgão Gestor – fiscalização

O edital de 2015 previa uma série de diretrizes para um futuro sistema de monitoramento do transporte por ônibus; no entanto, estas obrigações, que são das empresas de ônibus, estão sendo revistas devido ao cenário atual da cidade. A visão do órgão gestor é de que Porto Alegre passa por uma intensa crise econômica e de segurança. Estes fatores, em conjunto com o surgimento da concorrência do ônibus com aplicativos de transporte, resultaram em uma significativa queda (estimada em 20%) na procura pelo serviço.

5.2.2. Empresas Privadas – cumprimento

Desde a elaboração do edital de 2015, considera-se que houve uma radical mudança no cenário porto-alegrense, resultando em uma crise setorial. Tal ocorrência, aliada a novos requerimentos vindos do governo, como no caso do reconhecimento facial, torna difícil o cumprimento das especificações em ITS do edital. Ademais, argumenta-se que estas especificações devem ser revistas, já que o caderno técnico em ITS anexado ao edital (Anexo III D) foi elaborado em 2012, fazendo com que alguns pontos estejam obsoletos em 2018.

5.3. ITS x Tarifa

5.3.1. Órgão Gestor

Pelo cenário de crise e por dificuldades econômicas históricas, há um cuidado especial para que sistemas ITS não impactem de maneira significativa a tarifa, uma vez que esta tem considerável influência no dimensionamento da demanda. Comenta-se que a falta de subsídios e/ou contrapartidas por parte do governo faz com que o usuário do serviço seja o principal (e praticamente único) pagador do mesmo. Além disso, o cenário de queda na demanda inicia um ciclo vicioso que faz a tarifa aumentar e o número de passageiros, em consequência, diminuir.

Fala-se que a principal questão neste sentido é como repensar a forma de financiamento do transporte, criando novas formas de se bancar o sistema.

5.3.2. *Empresas Privadas*

Entende-se que o ônibus precisa ter uma tarifa barata para concorrer com outras opções. Esta necessidade fica maior com a chegada de aplicativos de transporte que têm reduzido consideravelmente o número de usuários pagadores por dia. Ademais, para o sistema operar com uma tarifa competitiva, é necessário que os investimentos em ITS sejam controlados e que não sejam atribuídos à tarifa de uma vez só, com a finalidade de não provocar grandes saltos no preço. A necessidade de embutir gastos em ITS na tarifa reduz o ritmo de inovação, uma vez que ter diversos projetos simultaneamente resultaria em aumentos consideráveis na tarifa. Como solução, menciona subsídios cruzados como pedágio urbano, parquímetro e estacionamentos que poderiam ter sua receita direcionada para o subsídio do sistema, consequentemente aumentando a capacidade de investimento em ITS.

5.4. Concorrência com aplicativos

5.4.1. *Órgão Gestor*

Acredita-se que no cenário brasileiro, em que o transporte público não consegue atingir de maneira efetiva todas as zonas da cidade, há uma concorrência maior entre aplicativos e transporte público. Além disso, são apontados problemas de intensificação de engarrafamentos decorrente do aumento da oferta de aplicativos de transporte, fator que acaba aumentando a incerteza em relação à chegada dos veículos à parada.

5.4.2. *Empresas Privadas*

A opinião das empresas de ônibus é que a entrada de aplicativos de transporte sem a devida regulamentação é uma concorrência desleal. O ônibus, além de regulado, também executa função social ao estar presente em zonas distantes com horários fixos sem elasticidade da tarifa. Aplicativos de transporte, por outro lado, podem atuar sem obrigação de cumprir tabelas horárias e itinerários, fazendo com que estejam presentes apenas em áreas rentáveis. Com isso, os aplicativos acabam por tirar do sistema de ônibus uma importante parcela pagadora, dificultando a obtenção do equilíbrio financeiro, uma vez que não há subsídio.

5.5. *MaaS*

5.5.1. *Órgão Gestor*

O *MaaS* já foi discutido, ainda que não formalmente, em conjunto com a equipe de estratégia do órgão gestor. Há a opinião de que, para o funcionamento de iniciativas de *MaaS*, é necessária grande integração entre formas de pagamento e processamento de dados. Atualmente, avalia-se que o *MaaS* não seria viável, já que não há esta integração. Comenta-se também que o modelo de hoje, em que o usuário de ônibus é o único responsável pelo pagamento da tarifa, é incompatível com uma ideia de fornecer solução integrada de mobilidade em Porto Alegre. Alternativas comentadas para fornecer contrapartidas são o pedágio urbano e a taxa de estacionamentos e veículos próprios, a fim de incentivar o uso do transporte público.

5.5.2. *Empresas Privadas*

É necessária uma integração tecnológica muito grande para que iniciativas de *Mobility As A Service* possam ser estabelecidas na região, como também comentado pela EPTC. Comenta-se que, para isso, o transporte público deveria receber garantias que cobrissem seus custos de operação. Sem garantias ou subsídios, considera-se que a concorrência direta com outros modais em uma mesma plataforma seria injusta. Além disso, há também entraves políticos,

uma vez que cada município tem autonomia para definir suas próprias diretrizes em transporte público. Com isso, torna-se ainda mais difícil concluir acordos que englobem os serviços de transporte de Porto Alegre e sua região metropolitana.

5.6. Veículos autônomos e/ou com combustíveis alternativos

5.6.1. Órgão Gestor

Em relação a veículos autônomos e veículos com combustíveis alternativos, foi novamente salientado que as limitações financeiras do sistema impedem o teste e/ou adoção de veículos autônomos ou que sejam movidos a combustíveis alternativos. A viabilidade e as consequências destas tendências ainda carecem de avaliação por parte do órgão gestor, porém esta não é uma prioridade no momento.

5.6.2. Empresas Privadas

A entrada de veículos autônomos no sistema de ônibus é vista como inevitável, porém longínqua. Acredita-se que a deficiente infraestrutura viária de Porto Alegre retardará ainda mais a adoção destas tecnologias localmente. Além disso, em um primeiro momento espera-se que tecnologias de autonomia de veículos cheguem gradualmente, como ferramentas que auxiliem o motorista. Entre o uso de tecnologias complementares e a adoção de veículos completamente autônomos, espera-se que haja um considerável intervalo de tempo onde haverá discussões que englobem, entre outros assuntos, atribuições legais destes veículos.

6. DISCUSSÃO

Em relação aos focos em ITS para os próximos anos, foi possível observar o sistema de monitoramento por GPS como uma das prioridades. No entanto, esta prioridade está sendo compartilhada com o sistema de reconhecimento facial exigido via decreto. O objetivo desta ferramenta é diminuir o uso fraudulento de gratuidades do sistema por meio da identificação dos infratores e de advertências enviadas aos proprietários da gratuidade. Em um cenário de escassez de recursos, o investimento feito em reconhecimento facial acaba por impedir que, em paralelo, sejam feitos outros investimentos de grande porte, como para o sistema de monitoramento que, diferentemente da outra prioridade atual, está previsto no edital de 2015.

Sobre o cumprimento do edital, é possível observar uma menor rigidez por parte do órgão gestor na fiscalização do mesmo, já que a mesma reconhece que os pontos especificados no edital se mostraram difíceis de serem cumpridos. A principal razão está na mudança do cenário econômico desde a redação do mesmo. Esta mudança deve-se à crise econômica e de segurança no Brasil, com o agravante da entrada de aplicativos de transporte no mercado. As empresas privadas reconhecem a importância do cumprimento do edital, porém argumentam que as diretrizes devem ser atualizadas para estarem compatíveis com a realidade tecnológica dos dias de hoje e a situação econômica local.

A restrição de investimentos também está ligada à tarifa do ônibus. Ambos entrevistados comentam que não é possível realizar grandes investimentos em ITS sem causar impacto na tarifa, considerando que não há subsídios do governo para o sistema. A falta de subsídios faz com que o usuário seja o único pagador do sistema. Desse modo, é preciso cuidado com o repasse de gastos com ITS para a tarifa, sabendo que o preço é fator crucial na tomada de decisão do usuário, como apontado por ambos. É consenso que devem ser criadas alternativas que auxiliem no custeio do sistema de transporte.

Em relação à concorrência com aplicativos de transporte, observa-se maior resistência por parte dos operadores. Enquanto o órgão gestor aponta para os problemas de engarrafamento agravados pela quantidade de carros de aplicativos nas ruas, os operadores vão além e reforçam que não há regulamentação que faça com que estes veículos auxiliem na manutenção da infraestrutura da cidade, gerando uma competição injusta. Há preocupação com o fato de que os aplicativos agem apenas em rotas rentáveis, deixando ao transporte público áreas remotas e sem demanda significativa, onerando ainda mais o sistema.

O conceito de *MaaS* é considerado incompatível diante da realidade do financiamento do transporte. Como o usuário é o único pagador do sistema e não há integração de pagamento, seria inviável prover uma solução integrada de mobilidade. Para isto, há a concordância de que seriam necessários subsídios ou garantias ao transporte público, além de investimentos em ITS que permitam a integração necessária para pagamento e gestão de dados.

A perspectiva de veículos autônomos ainda é vista como incipiente e distante, sem discussões formais. Argumenta-se que, diante da infraestrutura viária da cidade, o advento destes veículos ainda tardará a chegar. No entanto, ambos concordam que será uma inovação disruptiva que mudará radicalmente os modelos de negócio de transporte coletivo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como tema o panorama de *Intelligent Transportation Systems* para o futuro e as barreiras para concretização destas tendências em Porto Alegre. Espera-se que o trabalho esclareça obstáculos e perspectivas para a sequência de projetos inovadores em ITS em um cenário de recursos limitados.

Para isso investigou-se, na literatura e em aplicações de cidades ao redor do mundo, as tendências em ITS, com estas sendo trazidas para o contexto da cidade de Porto Alegre, no Brasil. As tabelas 3 e 4 da Seção 4 apresentam tendências em ITS na academia e nas cidades, enquanto a Seção 5 trata da entrevista realizada com as entidades responsáveis pelo planejamento, controle e operação do transporte coletivo por ônibus do município.

Os resultados mostram que, ainda que haja diretrizes previstas em edital que prevejam sistemas sofisticados em ITS, há dificuldade em cumpri-las devido à falta de recursos. Há também uma crise na segurança e na economia, reduzindo o número de passageiros e inviabilizando grandes investimentos, já que não há subsídios do governo. Tanto o órgão gestor quanto as empresas privadas sinalizam subsídios cruzados como uma possível solução para o encerramento do ciclo vicioso que torna cada vez mais cara a tarifa. Entre os exemplos mais citados de subsídios estão a coleta de pedágio urbano, parquímetro e estacionamentos para abatimento dos custos do sistema.

Além disso, sem um robusto sistema de monitoramento, como o previsto no edital, inviabiliza-se a aplicação de grande parte das tendências pesquisadas. Conceitos como o de *MaaS* requerem forte capacidade de integração de dados e de pagamentos. Desse modo, a falta de pré-requisitos básicos faz com que temas como *MaaS* e veículos autônomos ou elétricos ainda estejam fora de foco, apesar de já estarem sendo testados em outros municípios. É também importante citar os obstáculos políticos envolvidos na junção de diversos modais em uma única plataforma, uma vez que Porto Alegre precisaria de integração com o restante de sua região metropolitana, e

cada um desses municípios tem autoridade prevista na lei para ter suas próprias diretrizes em transporte.

Diante do aumento da concorrência com a chegada de aplicativos de transporte e da situação econômica da cidade, torna-se necessário repensar a maneira com que o transporte público por ônibus é viabilizado financeiramente, a fim de que siga cumprindo sua função infra estrutural e social. Além disso, é importante que esforços sejam feitos para a construção das bases tecnológicas em ITS para que o sistema de ônibus possa acompanhar os avanços da área, garantindo a permanência de seus usuários.

Acrescenta-se ainda que os dados provenientes dos ITS devem ser disponibilizados em uma plataforma de dados abertos a população a fim de prover informação aos interessados em desenvolver aplicativos que melhorem o bem-estar e o modo de vida dos cidadãos. Neste sentido, esses dados são pilares para o surgimento das cidades inteligentes onde a tecnologia é provedora do envolvimento dos cidadãos, suas relações com o ambiente e com a capacidade de desenvolvimento. Assim, a tecnologia e suas aplicações devem ser vistas numa perspectiva de desenvolvimento futuro, visando a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amini, S., Gerostathopoulos, I., & Prehofer, C. (2017). Big data analytics architecture for real-time traffic control. *2017 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, (Tum Llc), 710–715. <https://doi.org/10.1109/MTITS.2017.8005605>
- An, S., Lee, B.-H., & Shin, D.-R. (2011). A Survey of Intelligent Transportation Systems. *2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*, 332–337.
- Bai, C., Peng, Z. R., Lu, Q. C., & Sun, J. (2015). Dynamic bus travel time prediction models on road with multiple bus routes. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2015(September).
- Barbosa, S. A. A., Leite, G., Oliveira, A. S., De Jesus, T. O., De Macedo, D. D. J., & Do Nascimento, R. P. C. (2016). An architecture proposal for the creation of a database to open data related to ITS in smart cities. *2016 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems, EATIS 2016*.
- Camacho, T., Foth, M., Rakotonirainy, A., Rittenbruch, M., & Bunker, J. (2016). The role of passenger-centric innovation in the future of public transport. *Public Transport*, 8(3), 453–475.
- Ceder, A. (2016) Public transit planning and operation: modeling, practice and behavior. *CRC press*.
- DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO RIO GRANDE DO SUL (2015). Frota do RS: Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/27453/frota-do-rs>>
- Eboli, L., & Mazzulla, G. (2015). Relationships between rail passengers satisfaction and service quality: a framework for identifying key service factors. *Public Transport*, 7(2), 185–201.
- Ferreira, A. de A. (2016) Estratégias e iniciativas para a mobilidade em cidades inteligentes. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*.
- Gentile, G., Noekel, K., & Tu, C. A. (2016). *Modelling Public Transport Passenger Flows in the Era of Intelligent Transport Systems* (Vol. 1004). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25082-3>
- Hensher, D. A. (2017). Future bus transport contracts under a mobility as a service (MaaS) regime in the digital age: Are they likely to change? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 98, 86–96.
- HOP FASTPASS (2018). How Hop works. Disponível em <<https://myhopcard.com/home/#/help>>
- Houghton, J., Reiners, J., & Lim, C. (2009). Intelligent transport: How cities can improve mobility. *IBM Institute for Business Value*, 1–6.
- Ibarra-Rojas, O. J., Delgado, F., Giesen, R., & Muñoz, J. C. (2015). Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transportation Research Part B: Methodological*, 77, 38–75.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017) IBGE Cidades: Porto Alegre. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>> Acesso em 25/11/2017.
- INTELLIGENT TRANSPORT (2018a) . Demand-responsive bus services have arrived in Oxford. <Disponível em <https://www.intelligenttransport.com/transport-news/67878/demand-responsive-bus-services-oxford/>>
- INTELLIGENT TRANSPORT (2018b) . Trondheim electric bus project introduces universal charging infrastructure. Disponível em < <https://www.intelligenttransport.com/transport-news/65709/electric-bus-charged-infrastructure-norway/>>

- Khalid, A., Umer, T., Afzal, M. K., Anjum, S., Sohail, A., & Asif, H. M. (2018). AC PT. *Computer Networks*.
- Knowles, A. R. (2015) An Integrated Modelling and Analytics Platform for Service Planning of Bus Stops Using Archived AVL, APC, and Schedule Data. *University of Toronto (Canada)*.
- Liebig, T. (2017). Real-time Public Transport Delay Prediction for Situation-aware Routing. *TU Dortmund University, 10505*(September). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67190-1>
- MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA E MEIO-AMBIENTE, PAÍSES BAIXOS (2017). C-ITS. Disponível em < <https://www.beterbenutten.nl/en/c-its>>
- Monteiro, J., Pons, I., & Speicys, R. (2015). *Big Data para análise de métricas de qualidade de transporte: metodologia e aplicação*. <https://doi.org/10.1007/s12599-013-0249-5>
- Moskvitch, K (2016). Barcelona: the world's smartest city? *Built Environment: Internet Of Things*,48-51.
- Mulley, C. (2017). Mobility as a Services (MaaS)—does it have critical mass? *Transport Reviews*, 37(3), 247–251. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1280932>
- Mulley, C., Nelson, J. D., & Wright, S. (2018). Community transport meets mobility as a service: On the road to a new a flexible future. *Research in Transportation Economics*, 1–9.
- Najada, H. Al, & Mahgoub, I. (2016). Autonomous vehicles safe-optimal trajectory selection based on big data analysis and predefined user preferences. *2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/UEMCON.2016.7777922>
- ONU (2014). *World Urbanization Prospects. Undesa*. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2005.12.9>
- Ouddah, N., Adouane, L., Abdrakmanov, R., & Kamal, E. (2017). Optimal Energy Management Strategy of Plug-in Hybrid Electric Bus in Urban Conditions, *I(Icinco)*, 304–311.
- PORTO ALEGRE (2018). A Carris - Apresentação. Disponível em <http://www.carris.com.br/default.php?p_secao=59>
- Riter, S., McCoy, J. (1977) Automatic vehicle location—An overview. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, v. 26, n. 1, p. 7-11, 1977.
- Román, I., Madinabeitia, G., Jimenez, L., Molina, G. A., & Ternero, J. A. (2013). Experiences applying RM-ODP principles and techniques to intelligent transportation system architectures. *Computer Standards and Interfaces*, 35(3), 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.12.004>
- Rondinone, M., Maneros, J., Krajzewicz, D., Bauza, R., Cataldi, P., Hrizi, F., Cartolano, F. (2013). ITETRIS: A modular simulation platform for the large scale evaluation of cooperative ITS applications. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 34, 99–125. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2013.01.007>
- Singh, B., Gupta, A. Recent trends in intelligent transportation systems: a review. *Journal of Transport Literature*, v. 9, n. 2, p. 30-34, 2015.
- SMART SANTANDER (2018). Smart Santander: Concept. Disponível em < <http://www.smartsantander.eu/>>
- Sucasas, V., Mantas, G., Saghezchi, F. B., Radwan, A., Rodriguez, J. (2016). An autonomous privacy-preserving authentication scheme for intelligent transportation systems. *Computers and Security*, 60, 193–205.
- Sutar, S. H., Koul, R., Suryavanshi, R. (2016). Integration of Smart Phone and IOT for development of smart public transportation system. *International Conference on IoT and Applications, IOTA 2016*, 73–78.
- Toulouki, M. A., Vlahogianni, E. I., Gkritza, K. (2017). Perceived socio-economic impacts of cooperative Intelligent Transportation Systems: A case study of Greek urban road networks. *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, 733–737.
- TRANSPORT FOR LONDON (2015). Contactless. Disponível em < <https://tfl.gov.uk/fares-and-payments/contactless>>
- UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2015). ITS Research 2015-2019 – Interoperability White Paper. *Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, ITS Joint Program Office, 2015*.
- Vuchic, V. R. (2017) *Urban transit: operations, planning, and economics*. John Wiley & Sons.
- WHIM (2018). Shape Helsinki - Whim. Disponível em <<http://www.shapehelsinki.com/project/whimapp>>
- Widyawan, Prakasa, B., Putra, D. W., Kusumawardani, S. S., Widhiyanto, B. T. Y., & Habibie, F. (2017). Big data analytic for estimation of origin-destination matrix in Bus Rapid Transit system. *Proceeding - 2017 3rd International Conference on Science and Technology-Computer, ICST 2017*, 165–170.
- WRI (2018). How Did Shenzhen, China Build World's Largest Electric Bus Fleet? Disponível em <<http://www.wri.org/blog/2018/04/how-did-shenzhen-china-build-world-s-largest-electric-bus-fleet>>
- Zhang, J., Chen, Z., Liu, Y., du, M., Yang, W., & Guo, L. (2017). Space-time visualization analysis of bus passenger big data in Beijing. *Cluster Computing*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10586-017-0890-8>