



IX ENCONTRO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

ISSN: 2594-5688

secretaria@sbap.org.br

Sociedade Brasileira de Administração Pública

RELATO TÉCNICO

**PLANO DE MOBILIDADE URBANA: CONTRIBUIÇÕES DA
INTELIGÊNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE**

PABLO LUIZ MARTINS, ENISSON BLECHA,

**GRUPO TEMÁTICO: 21 Gestão de Cidades Inteligentes e
Sustentáveis**

IX Encontro Brasileiro de Administração Pública, São Paulo/SP, 5 a 7 de outubro de 2022.
Sociedade Brasileira de Administração Pública
Brasil

Disponível em: <https://sbap.org.br/>

Plano de Mobilidade Urbana: Contribuições da Inteligência para a Sustentabilidade

RESUMO: O advento da Quarta Revolução Industrial (QRI) tem trazido mudanças em praticamente todas as esferas da sociedade: na saúde, na educação e nas organizações. No setor público, a QRI vem mudando a forma de planejar o crescimento desordenado dos ecossistemas urbanos com foco na sustentabilidade dentro dos mais variados contextos. Este trabalho realizou uma ampla revisão bibliográfica, a fim de conceituar Plano de Mobilidade Urbana Sustentável Inteligente (PLAMUSI). Como resultado, foi proposto um modelo que represente de forma funcional tanto o relacionamento entre as tecnologias que compõem o plano quanto seus respectivos fluxos informacionais. A característica dos resultados da pesquisa levou à construção de diversas considerações e questionamentos, como: “Qual o papel da inteligência (tecnologias disruptivas) no aumento da sustentabilidade de um Plano de Mobilidade Urbana Sustentável Inteligente através da redução de externalidades negativas advindas do crescimento desordenado dos ecossistemas urbanos?” Pôde-se concluir que a adoção conjunta das tecnologias disruptivas trará uma nova realidade no contexto dos Planos de Mobilidade Urbana (PMU), identificando oportunidades de melhorias individuais, que se refletirão na ampliação e solidificação da vertente sustentabilidade, passando a incorporá-la como uma característica inerente a um PMU Inteligente.

Palavras-chave: Plano de Mobilidade Urbana; Sustentabilidade; Tecnologias Disruptivas; Quarta Revolução Industrial; Cidades Inteligentes.

1 INTRODUÇÃO

Considerado um marco regulatório no que tange ao desenvolvimento de uma política de mobilidade urbana, o Plano de Mobilidade Urbana (PMU) surge com o propósito de reduzir desigualdades, promovendo acesso a serviços básicos e equipamentos sociais, melhorando condições urbanas de mobilidade e acessibilidade, potencializando o desenvolvimento sustentável com conseqüente redução de carga econômica e ambiental do ecossistema abrangido pelo referido instrumento; ou seja, os municípios (LIMA NETO; GALINDO, 2013; MELLO; PORTUGAL, 2017).

Não apenas no contexto nacional, mas também no cenário mundial, a questão sustentabilidade dentro de um PMU ocorreu, principalmente, em decorrência da contribuição do setor urbano para a geração de inúmeras externalidades negativas (BOHUSCH; SCHEIBE, 2014). Muitas delas, tais como emissão de gases de efeito estufa, maiores quantidades de acidentes, maiores índices de consumo energético e de combustíveis derivados de matrizes fósseis como diesel e petróleo, ainda que de forma indireta, são responsáveis por exacerbarem a carga de setores como saúde pública do país em decorrência de problemas respiratórios, acidentes, pagamentos de seguro e custos hospitalares entre outros.

Diversos desafios são mencionados na literatura no que se refere às dificuldades de operacionalização de um PMU. Segundo Portugal, Flórez e Silva (2010), em ambientes onde o planejamento integrado de transporte não é valorizado, o PMU deixa de exercer seu papel fundamental. Inclusive, tem efeito potencializador de desigualdades sociais (VASCONCELLOS; MENDONÇA, 2010). Ainda no que tange à ausência de planejamento, Rubim e Leitão (2013) asseveram que esse fenômeno impulsiona o surgimento de consultorias em planejamento de transportes, muitas das quais utilizam metodologias contestadas por diversos estudos científicos (KANE; DEL MINSTRO, 2003; STRAATEMEIER, 2008).

A partir desse cenário configurado, entra em cena o termo Quarta Revolução Industrial (QRI), que, nas palavras de Schwab (2017), se configura como um novo capítulo no desenvolvimento humano, no mesmo nível da Primeira, Segunda e Terceira Revoluções Industriais, causada pela crescente disponibilidade e interação de um conjunto de tecnologias extraordinárias (disruptivas). Ainda, segundo esse autor, o que diferencia as tecnologias da QRI das tecnologias advindas de outras revoluções industriais é que as últimas são construídas sobre o conhecimento, e os sistemas das revoluções industriais anteriores, em particular, sobre recursos digitais da Terceira Revolução Industrial.

1.1 RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Embora o interesse de pesquisadores no tema mobilidade urbana inteligente venha crescendo nos últimos anos, ao pesquisar pelo referido tema na base de dados *Web of Science*, a busca retornou apenas 14 resultados, com 13 dos 14 trabalhos publicados a partir do ano de 2015. Destes, 11 deles foram artigos de conferência e apenas dois artigos de *Journal*, que, no geral, possuem uma política editorial mais seletiva que um congresso. Esse fenômeno, aliado ao crescente número de publicações (uma em 2015, três em 2017 e seis em 2018), demonstra que o campo de pesquisa ainda se encontra em seu estágio inicial. O fato de não se encontrarem pesquisas próximas ao final do período “pré-pandemia” pode ser explicado pela declaração da Organização Mundial da Saúde (OMS), que considerou o *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19) uma pandemia, repercutindo em fortes medidas restritivas, tanto sanitárias como de isolamento social, com conseqüente retração nos investimentos tanto pelo setor público quanto pelo privado, além de alterações nos padrões de trabalho, que, em muitos órgãos e empresas, passou a ser remoto e, em muitos casos, gerou a interrupção de muitos estudos.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1. Objetivo Geral

Apresentar perspectivas às contribuições das novas tecnologias disruptivas surgidas a partir do lançamento da Plataforma Indústria 4.0 à Sustentabilidade no contexto dos Planos de Mobilidade Urbana.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1) Conceituar os principais termos-chave utilizados neste trabalho, como Plano de Mobilidade Urbana, Quarta Revolução Industrial, Sustentabilidade e Tecnologias Disruptivas;
- 2) Identificar quais tecnologias mais impactam o Plano de Mobilidade Urbana e como se dá esse impacto;
- 3) Propor um *framework* que relacione os impactos das tecnologias disruptivas na sustentabilidade das diversas frentes de um Plano de Mobilidade Urbana.

2 BACKGROUND TEÓRICO

Esta seção apresenta um breve pano de fundo acerca dos principais termos tratados nesta pesquisa. Tal seção tem o objetivo de familiarizar leitores leigos no assunto bem como dar um breve panorama para alunos e pesquisadores no tema, tendo em vista a baixa quantidade de trabalhos encontrados quando se considera, em conjunto, termos como Quarta Revolução Industrial, Tecnologias Disruptivas, Plano de Mobilidade Urbana e Sustentabilidade.

2.1 PLANO DE MOBILIDADE URBANA

Tendo sido considerado um marco regulatório quanto ao planejamento da mobilidade urbana, o PMU teve sua aprovação no ano de 2012, através da Lei nº 12.587, após 17 anos de tramitação nos bastidores do Congresso. Dentre diversos fatores que tornam o PMU um instrumento de extrema importância para o futuro das cidades, Rubim e Leitão (2013)

asseguram que o ciclo de investimentos em mobilidade urbana vivido no país reforça a importância de se terem diretrizes para a efetividade dos investimentos. No que tange às diferentes definições conceituais acerca do termo PMU, apesar de vários autores considerarem diferentes perspectivas, percebe-se haver um consenso terminológico em seu significado central.

2.2 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

QRI ou Indústria 4.0, termos considerados como sinônimos segundo Schwab (2017), vêm impactando, de forma jamais vista, toda a nossa sociedade nas mais diversas frentes e contextos: da saúde à educação, da cultura ao trabalho, trazendo um cenário, que, por vezes, encontram na ética suas únicas limitações. A QRI fundiu as novas tecnologias e informações de forma muito mais rápida e ampla que nas revoluções anteriores (LIMA NETO; GALINDO, 2013). Schwab (2018), ao tratar das características da QRI que nortearão o desenvolvimento da nossa sociedade, aponta: “Como as tecnologias estão incorporadas à sociedade, temos a responsabilidade de moldar o seu desenvolvimento e a obrigação de priorizar os valores sociais”. A priorização dos valores sociais, nesse caso, vem, de forma implícita, na concepção dessas tecnologias abordadas nas próximas seções deste manuscrito.

Ainda no que tange aos impactos advindos da QRI, Rifkin (2016) aponta para uma realidade que já se mostra presente em muitas cidades do mundo, onde informações, quase sem custo, começam a gerenciar a *Energy of Things* (EoT), criando uma matriz comunicação/energia e uma estrutura inteligente, que permite qualquer organização do mundo se conectar e compartilhar energia por meio de uma Internet da Energia (IoE), produzindo bens e informações, e vendendo-as por uma fração do preço das atuais gigantes globais.

2.3 SUSTENTABILIDADE

As ideias de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são alvo de discussões desde a década de 1980, precedidas por debates iniciais que fundamentaram seus conceitos, como, por exemplo, a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente em 1972 e o conceito de ecodesenvolvimento em 1973 (FREITAS *et al.*, 2015).

Sustentabilidade fundamenta-se num desenvolvimento econômico que atenda as necessidades sociais sem comprometimento ambiental.

A Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991) apresenta uma das definições mais aceitas na atualidade para o termo Desenvolvimento Sustentável: “garantir que o desenvolvimento atenda às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras também atenderem às suas” (SCHEIBE, 2004, p. 46).

De acordo com Freitas *et al.* (2015):

A noção de Sustentabilidade no contexto dos PMUs passou a ser inserida a partir do momento que se percebeu a influência que os transportes exercem sobre aspectos de ordem ambiental, como a poluição atmosférica, de ordem social, como os baixos índices de mobilidade, e acessibilidade, vividos principalmente pela população mais pobre de países da periferia do capitalismo (que contribuem com o aumento das disparidades sociais), e de ordem econômica, como o impacto da mobilidade na produção de riquezas.

2.4 TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS

O primeiro uso do termo tecnologias disruptivas data do ano de 1995, a partir da obra *Disruptive Technologies: Catching the Wave*, escrita por Bower e Christensen da Universidade de Harvard. O termo é utilizado para representar tecnologias que não fornecem melhoras incrementais nas tecnologias atualmente existentes, mas sim melhoras disruptivas ou revolucionárias. Dentre as principais tecnologias, associadas à QRI, Rozo-García (2020), após uma ampla revisão bibliográfica, relataram as principais tecnologias associadas à QRI. As tecnologias identificadas no referido trabalho convergem com o identificado inicialmente por Pissardini, Sacomano e Callefi (2020).

Dentre as principais tecnologias, pode-se encontrar: *Analytics, Big Data, Cloud Computing*, Internet das Coisas (IoT), Identificação por Rádio Frequência (RFid), Impressão 3D, Comunicação máquina a máquina (M2M), Computação Móvel (Dispositivos Ligados em Rede), Segurança Cibernética, Robôs Autônomos, Interface de Comunicação, *Cyber Physical System (CPS), Edge Computing and Blockchain*, Inteligência Artificial e Simulação (Realidade Virtual e Aumentada).

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A etapa seguinte para a construção deste trabalho consistiu de uma revisão bibliográfica acerca dos principais termos abordados neste trabalho, a fim de fornecer embasamento teórico para estudantes, pesquisadores e gestores públicos.

A revisão compreendeu os principais termos do trabalho, como Plano de Mobilidade Urbana, Quarta Revolução Industrial, Sustentabilidade e Tecnologias Disruptivas. Os primeiros três termos foram revisados a partir de buscas na base de dados *Web of Science*, sendo selecionados apenas artigos publicados, revisados por pares, nos idiomas português e inglês para a primeira *string* apresentada e os mesmos filtros com adição de artigos de congresso para a segunda *string*, uma vez que, estando esse campo de pesquisa em seu estágio inicial de desenvolvimento, tem apenas três artigos publicados. A referida base foi escolhida por compreender artigos da base SciELO dentro do escopo dos artigos indexados, o que permite que sejam identificadas pesquisas tanto em nível nacional quanto mundial. O período temporal das publicações foi selecionado a partir da emergência da QRI, ocorrida na feira de Hannover, na Alemanha, a partir de um projeto apoiado pelo governo alemão; ou seja, o ano de 2011.

A Tabela 01, a seguir, apresenta o processo de filtragem dos artigos para a construção deste trabalho. A amostra final obtida a partir da aplicação de filtros objetivos previamente descritos foi então lida na íntegra, com o objetivo de classificar quais artigos seriam aderentes ao contexto deste trabalho. Analisou-se a relevância da interpretação de cada conceito à luz de cada um dos autores selecionados na amostra final, a fim de subsidiar teoricamente a construção do conceito de PLAMUSI.

Tabela 01: *String* de busca e quantidade de artigos selecionados

<i>String</i> de busca	Q_i	Q_f	Total
<i>(Urban Mobility Plan) AND (Sustainability OR Sustainable)</i>	47	-20	27
<i>(Intelligent Urban Mobility)</i>	14	-01	13

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, na seção Resultados, descreve-se e discute-se o papel das principais tecnologias disruptivas e seus impactos no plano de mobilidade urbana, objetivando propor um *framework* teórico inédito na literatura, que se mostre aderente à questão inicialmente definida para esta pesquisa, isto é: “Qual o papel da QRI, mais especificamente suas tecnologias disruptivas, na potencialização da efetividade e da retroalimentação contínua de um PMU Sustentável Inteligente?”

4 RESULTADOS

4.1 TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS: CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS E IMPACTOS NA SUSTENTABILIDADE DE UM PLAMUS

Para fins de construção desta seção, utilizou-se como base o trabalho de Pissardini e Sacomano (2019) por se tratar de uma revisão sistemática de literatura acerca dos principais elementos que compõem a Indústria 4.0, abrangendo, praticamente, todas as tecnologias citadas parcialmente em outros trabalhos. Dentre as 17 tecnologias identificadas pelos autores, e previamente apontadas na seção Metodologia deste manuscrito, aqui serão tratadas apenas as tecnologias com impactos diretos no PLAMUS, tornando-o inteligente.

4.1.1 *Big Data Analytics*

De acordo com De Mauro, Greco e Grimaldi (2016), *Big Data* pode ser definido como o conjunto de ativos de informação, caracterizado por alto volume, variedade e velocidade dessas informações, que requerem tecnologia específica e métodos analíticos para transformar tais informações em valor. Conforme os mesmos autores, uma das primeiras razões que levaram à expansão dessa tecnologia foi o extensivo grau, no qual a informação passou a ser criada, compartilhada e utilizada nos últimos tempos. Estes valores na qual os autores se referem é um dos componentes que irão atuar diretamente na dinamização da elaboração de PMU inteligente.

Stavros *et al.* (2019) apontam que diferentes métodos analíticos são combinados com a tecnologia *Big Data* para analisar a larga quantidade de dados obtidos. Os autores afirmam ainda que o setor de transportes é um dos mais dependentes de diversas fontes de dados para poder se planejar com eficiência. Nesse contexto, uma disponibilidade maior de dados oferece novas oportunidades para planejamento de transporte e formulação de políticas bem como desafios para os *stakeholders* (EUROPEAN COMMISSION HOMEPAGE, s.d.).

4.1.2 *Cloud Computing*

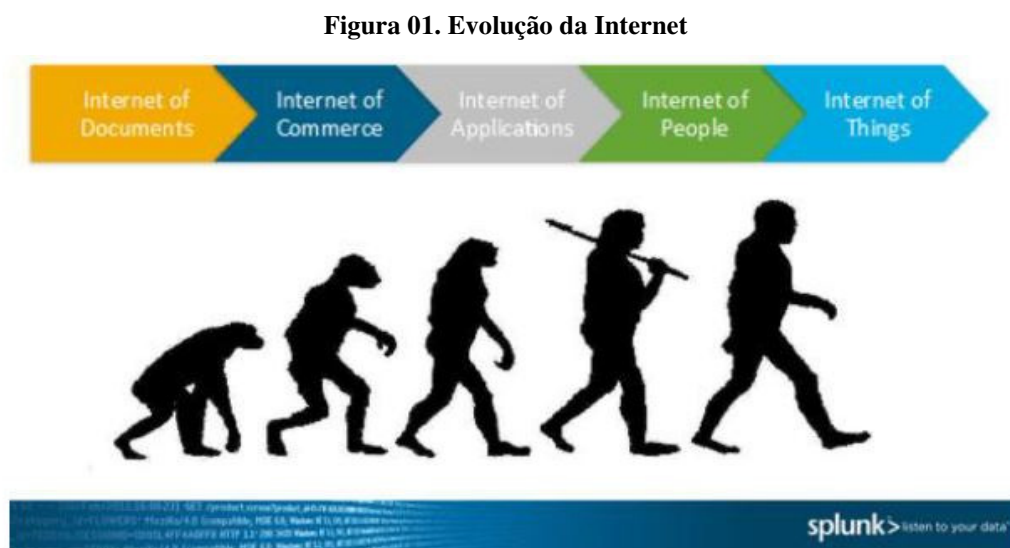
A tecnologia *Cloud Computing*, termo que nos dias atuais passou a ser atribuído como computação na nuvem, inclui um conjunto de técnicas, que permitem tirar vantagem de muitos recursos computacionais de modo a resolver problemas complexos através da aplicação de uma abordagem baseada em computação distribuída (MASSOBRIO *et al.*, 2018).

Para Buyya, Broberg e Goscinski. (2011), *Cloud Computing* configura-se como um tipo específico de modelo de computação distribuída, que faz uso de recursos computacionais geograficamente distribuídos e comunicação baseada em internet, para implementar e providenciar serviços que são oferecidos aos usuários.

Como componente de um PLAMUSI, a *Cloud Computing* permite o armazenamento de grande massa de dados coletados de diferentes computadores ou fontes de coleta de dados, de forma remota como, por exemplo, sistemas de RFID, entre outros recursos, armazenando-os em diversos servidores integrados entre si dentro de um amplo dispositivo de armazenamento.

4.1.3 IoT – Internet das Coisas

Conceitualmente, a IoT se configura como a rede de trabalho de objetos físicos – dispositivos, instrumentos, veículos, construções e outros itens com circuitos eletrônicos, *softwares*, sensores e conectividade com e rede embarcados (BHAT; BHAT; GOKHALE, 2018). Li, Xu e Zhao (2015) apresentaram um modelo conceitual ilustrando a evolução do uso da internet até os dias atuais. Esse modelo é apresentado na Figura 01.



Fonte: Li, Xu e Zhao (2015).

Como componente de um PLAMUSI, a *IoT* permite, por exemplo, a aquisição de dados advindos de sensores instalados em semáforos, alternando seu tempo de abertura e fechamento de fluxo, a fim de otimizar o trânsito das áreas urbanas. O sensoriamento de vagas de estacionamento pode permitir reserva e pagamento de vagas por aplicativo, com

consequente identificação prévia do local onde o veículo será estacionado, gerando maior fluidez no trânsito em áreas centrais dos ecossistemas urbanos.

4.1.4 RFID

A RFID é uma tecnologia sem fio, que explora a radiofrequência para se comunicar com um dispositivo unicamente identificável denominado “etiqueta” (FAHMY *et al.*, 2019). As etiquetas podem ser classificadas em diversas categorias, como, por exemplo, passivas, semiativas e ativas, de acordo com suas características e funcionalidades.

Essa tecnologia se configura como um método de identificação automática por meio de ondas de sinais, que armazenam e recuperam dados de forma remota através de radiofrequência (ACURA).

Como componente de um PLAMUSI, a RFID permite identificar, rastrear e controlar dados de forma automática, permitindo constante alimentação das outras tecnologias, como *Big Data*. Essas etiquetas podem fornecer dados que, se correlacionados com outros conjuntos de dados, podem fornecer importantes *insights* como, por exemplo, padrão comportamental da mobilidade de acordo com o tempo, temperatura e horário.

As etiquetas podem ainda ser utilizadas para aquisição de dados como padrão de movimentação de pessoas ou de um determinado tipo de veículo em determinada região de acordo com horários específicos do dia, tendo, dessa maneira, o padrão dinâmico comportamental da mobilidade urbana.

Figura 02. Etiqueta RFID ligando mundo real ao mundo digital



Fonte: Acura.com

4.1.5 M2M

A tecnologia M2M é entendida como um processo que requer mínima intervenção humana (AGIWAL; ROY; SAXENA, 2016). Entre os anos de 2015 a 2019, a comunicação M2M aumentou de 24 para 43% (CISCO, 2016). A mensuração desse crescimento foi afetada pela pandemia, onde alguns anos atrás era chamada também de telemetria. A tecnologia M2M configura-se como um sistema de transmissão por dispositivo remotamente conectado a uma ou mais máquinas, enviando informações em tempo real a um servidor central, que pode manipular a informação, permitindo, então, a comunicação máquina x máquina.

Este fluxo constante de trocas de informações e sua aplicabilidade no contexto dos PLAMUSI está associada por diversas formas fazendo que dispositivos diferentes se comuniquem e troquem informações, a exemplo o controle de semáforos conforme dados obtidos por câmeras inteligentes e/ou sensores RFID, o monitoramento via GPS de frotas do transporte público proporcionando ao usuário informações essenciais ao seu deslocamento.

4.1.6 Segurança Cibernética

Podendo ter outros nomes na literatura, como *cyber security*, segurança da informação e segurança de dados entre outros, a segurança cibernética, de acordo com Pinto, Moreira e Silva (2020), se configura como um conjunto de especificações, as quais visam a se tornar um fluxo, processo ou ambiente seguro. Segundo esses autores, as práticas ligadas ao uso da tecnologia têm seu nível de maturidade associado à sua abrangência, compreendendo dispositivos de camada física, lógica e pessoal (humano). Quanto mais camadas a tecnologia abranger dentro de um determinado ecossistema, maior seu índice de maturidade.

4.1.7 CPS

O avanço de dispositivos inteligentes, tanto em termos de capacidade quanto de inteligência, aliado ao seu baixo custo de aquisição se comparado com seus benefícios, vem proporcionando oportunidades de avanços sem precedentes tanto no âmbito organizacional quanto dos ecossistemas urbanos.

Sistemas Ciberfísicos (CPS) são elementos computacionais, que oferecem ligações com entidades físicas utilizando plataformas de *hardwares* (KHAITAN; MCCALLEY, 2015). Para a *National Science Foundation*, CPS são sistemas onde componentes físicos e *softwares* estão profundamente ligados, cada um operando em diferentes escalas espaciais e temporais,

exibindo múltiplas e distintas modalidades comportamentais, e interagindo uns com os outros em uma infinidade de formas, que mudam de acordo com o contexto.

4.1.8 *Edge Computing*

Também conhecido pelo termo computação de borda, esta tecnologia permite processar dados próximos do usuário final. Ela permite uma triagem, que, indiretamente, reduz o tráfego de dados, resolvendo diversos problemas, que poderiam se configurar como gargalos para o ecossistema tecnológico aqui apresentado, sendo eles latência (tempo de processamento de resposta), banda e tráfego de dados.

Como parte do ecossistema tecnológico de um PLAMUSI, a tecnologia *Edge Computing* permite menor sobrecarga do sistema em termos de fluxo informacional, envia dados já tratados para as outras tecnologias que fazem parte do ecossistema tecnológico como *Big Data* e *Cloud Computing*, permitindo ainda menor tempo de resposta do sistema em caso de controle automático de algum sensor, como, por exemplo, sensor de controle semafórico, o que indica baixa latência da rede.

4.1.9 *Blockchain*

O *Blockchain* configura-se como um banco de dados compartilhado, descentralizado e público, alcançável acessando uma rede ponto a ponto. O *Blockchain* é uma tecnologia capacitadora, que permite obter a satisfação da segurança e disponibilidade de dados, e fornece o poder que o torna capaz de controlar a comunicação entre os nós de uma rede (IBBA *et al.*, 2017). Dentre as características dessa tecnologia, Hakak *et al.* (2020) apontam que, no âmbito dos ecossistemas urbanos, o *Blockchain* possui algumas características específicas, como robustez, incorruptibilidade e segurança, ser consensual e prover transparência e validação da informação. Aplicado no âmbito das cidades inteligentes, essa tecnologia permite integrar e controlar diferentes serviços urbanos de forma transparente, eficiente e privada.

Como parte do ecossistema de inteligência de um PLAMUS, a tecnologia providencia integração entre sistemas de energia, segurança e mobilidade em um sistema capaz de intercambiar dados em tempo real. Permite comunicação direta entre cidadãos e poder público sem intermediários, providencia integridade da informação, além de promover a eficiência da gestão pública, eficiência que não se restringe apenas à Mobilidade Urbana.

5 DISCUSSÃO

5.1 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS DA PESQUISA

O ineditismo deste trabalho encontra-se na apresentação de um modelo teórico-conceitual, que representa a arquitetura ciberfísica de um PMU, demonstrando, ainda, o papel de 12 tecnologias disruptivas advindas da QRI na vertente sustentabilidade de um PMU. Desse modo, a análise do *framework* sugerido neste manuscrito possui alguns fatores que contribuem para a sua validação.

A definição de PLAMUSI foi proposta a partir de uma ampla revisão bibliográfica de literatura e que não era associada a terminologia sustentável inteligente.

A partir das inúmeras definições encontradas no que tange aos termos PMU, Sustentabilidade, Tecnologias Disruptivas e QRI, percebeu-se que houve definições de PMU Inteligente (JUHASZ, 2016; MUNHOZ *et al.*, 2020) e Sustentável (BOHUSCH; SCHEIBE, 2014; FREITAS *et al.*, 2015). Porém, a partir das *strings* de busca inserida, não se encontrou nenhum trabalho conceituando Plano de Mobilidade Urbana Sustentável a partir de uma abordagem tecnológica; ou seja, PLAMUSI. Dessa forma, a partir de uma ampla revisão bibliográfica de trabalhos publicados, apresentou-se uma definição inédita para o termo Plano de Mobilidade Urbana Sustentável Inteligente, definição que norteou a construção deste texto.

A interação entre os diversos *stakeholders* em nível horizontal bem como de todo o ecossistema que vai do totalmente físico ao totalmente ciber em nível vertical deixa, ainda que implícita, a complexidade de gerenciamento de todo esse ecossistema por parte dos gestores públicos, que são a interface que operacionaliza as decisões identificadas como mais factíveis de reduzir externalidades negativas advindas da falta de planejamento urbano, tais como uso de transportes não coletivos e motorizados, entre outras, e que, a partir da adoção de tecnologias disruptivas, passam a entrar num ciclo de melhoria contínua a partir da aquisição e tratamento em tempo real de informações coletadas no ponto de ocorrência, ainda que as variáveis possuam um caráter comportamental dinâmico e simultâneo, maior motivo de falta de efetividade de PMU não inteligentes, ainda que sustentáveis.

5.2 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS DA PESQUISA

O modelo pode ser utilizado para que gestores públicos tenham melhor direcionamento, implantando um ecossistema PLAMUSI a partir de elementos de menor

custo, garantindo, assim, maior suavidade no processo tanto de adoção das respectivas tecnologias quanto na construção do ecossistema como um todo e com um resultado prático positivo sob o viés político-ambiental.

O modelo apresentado também pode ser utilizado na prática tanto para permitir implantação de forma mais precisa de um PLAMUSI quanto para melhorar PLAMUSI atualmente em construção em cidades mais avançadas tecnologicamente e que já possuam alguma tecnologia disruptiva implantada com considerável grau de maturidade, uma vez que apresenta os ecossistemas ciberfísicos e os fluxos direcionais de interação entre os diversos *stakeholders* envolvidos. Bastando apenas incentivar promovendo a interação sinérgica entre as tecnologias disruptivas.

Se utilizado como base para a implantação de PLAMUSI em várias cidades de uma região, o modelo pode tornar o processo de implantação mais eficiente além de utilizar dados de ecossistemas vizinhos para o autoaprimoramento do ecossistema local, desencadeando uma sequência proliferada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criação de um sistema de transporte inteligente e sustentável passa, inicialmente, pelo planejamento. Sendo o PMU o instrumento que operacionaliza esse planejamento, mostra-se de extrema importância que, em cidades do Brasil e do mundo, gestores públicos considerem a inclusão das tecnologias disruptivas em seus PMU, a fim de responderem prontamente a um futuro que nunca se mostrou tão presente quanto este que estamos vivendo. Isso significa que tanto a implantação de um PLAMUSI de forma isolada quanto sua aplicação em cidades vizinhas com consequente integração de informações impactarão a sustentabilidade local, reduzindo externalidades negativas, melhorando áreas como saúde e qualidade de vida e significando uma melhora sem precedentes na qualidade de vida da população, e sobremaneira reduzindo as desigualdades sociais advindas do dinamismo do desenvolvimento desordenado.

É relevante identificar as mais diversas fontes de coleta de dados e de que forma esses dados podem contribuir sendo transformados em informação para que de forma sinérgica contribua para a efetivação da sustentabilidade e, principalmente, seja creditada a vertente “inteligente”.

Isoladamente informações são coletadas atendendo unicamente a propósitos específicos. Dados existem e transitam sem se tornarem informações, precisam serem tratados.

Dessa forma, esta pesquisa demonstrou o papel das tecnologias disruptivas advindas da QRI, apontando seus impactos no contexto dos PMU. Pôde-se concluir que a adoção conjunta das tecnologias disruptivas trará uma nova realidade no contexto dos PMU, identificando oportunidades de melhorias individuais e que se refletirão na ampliação e solidificação da vertente sustentabilidade, passando a incorporá-la como uma característica inerente a um PLAMUSI.

A partir do modelo aqui proposto, faz-se possível uma melhor compreensão, na prática, das decisões que precisam ser tomadas, a fim de reduzir externalidades negativas, melhorando a sustentabilidade a partir do uso da inteligência advinda do uso de tecnologias disruptivas. Portanto, uma avaliação inteligente, que tenha características de confiabilidade e aplicabilidade, melhorará tanto a tomada de decisão por parte dos gestores públicos quanto a formulação de políticas públicas mais aderentes às necessidades daqueles que delas necessitam. Faz-se necessário, então, reforçar a ligação existente entre a efetividade de políticas públicas e o fator humano, apesar de toda a tecnologia proposta, uma vez que o fator humano se configura como elo de operacionalização entre a identificação de necessidades pelo ecossistema tecnológico e o atendimento dessas necessidades através de projetos práticos. O uso de tecnologias, por sua vez, permitirá uma série de novos caminhos, não facilmente identificáveis sem o uso das mesmas, tais como maior e mais precisa coleta de dados. Esses mesmos dados, por serem mais precisos, permitem a criação de modelos virtuais e até mesmo matemáticos muito mais aderentes à realidade local. Os padrões comportamentais de fluxo de viagens por modal serão, pois, mais facilmente identificáveis. No entanto, deve ficar clara aqui a necessidade de mais pesquisas neste campo do conhecimento, principalmente pesquisas práticas, a fim de solidificar/refutar a contribuição deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ACURA. s.d. Disponível em: <<https://www.acura.com.br/pt/rfid-blog/186-conheca-a-tecnologia-rfid-e-descubra-o-que-ela-pode-fazer-por-seu-negocio>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Foundations and Trends in Human-Computer Interaction**, v. 8, n. 2–3, p. 355–385, 1997.

BARRY, A. et al. Augmented reality in a public space: The natural history museum, London. **Computer**, v. 45, n. 7, p. 42–47, 2012.

BHAT, O.; BHAT, S.; GOKHALE, P. Introduction to IoT Systems. **Internet of Things (IoT)**, n. 5, p. 41–44, Jan. 2018.

BOHUSCH, G.; SCHEIBE, L. F. Mobilidade Urbana Sustentável: um ensaio sobre o conceito. **Geosul**, v. 29, n. 57, p. 157–176, jan./jun. 2014.

BRASIL. Política nacional de mobilidade urbana sustentável. **Caderno do Ministério das Cidades**, n. 6. Brasília: Ministério das Cidades, 2004.

BUYYA, R.; BROBERG, J.; GOSCINSKI, A. M. **Cloud Computing Principles and Paradigms**, New York, USA: Wiley, 2011.

CMMAD, Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, p. 46, 1991.

DE MAURO, A.; GRECO, M.; GRIMALDI, M. A formal definition of Big Data based on its essential features. **Library Review**, v. 65, n. 3, p. 122–135, 2016.

IBBA, S. et al. CitySense: Blockchain-oriented Smart Cities. **ACM International Conference Proceeding Series**, v. Part F129907, 2017.

KAJI, S. et al. Augmented Reality in Smart Cities: A Multimedia Approach. **Journal of Engineering Technology**, v. 6, n. 1, p. 28–45, 2018.

SCHWAB, K. **Aplicando a quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2018.

SOBRAL, T.; GALVÃO, T.; BORGES, J. Visualization of urban mobility data from intelligent transportation systems. **Sensors**, Switzerland, v. 19, n. 2, 2019.

STAVROS, S. K. et al. **The contribution of open big data sources and analytics tools to sustainable urban mobility**. [s.l.]: Springer International Publishing, 2019. v. 879.

STRAATEMEIER, T. How to plan for regional accessibility? **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 127–137, 2008.

PINTO, W. D. G.; MOREIRA, J. P.; SILVA, A. S. Cibersegurança. **Seminário de Tecnologia, Gestão e Educação**, v. 2, n. 2, 28 out. 2020.

XAVIER, G. N. A. **O desenvolvimento e a inserção da bicicleta na mobilidade urbana brasileira**. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.