

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Aline de Ávila Ferreira**

**ESTRATÉGIAS E INICIATIVAS PARA A MOBILIDADE EM  
CIDADES INTELIGENTES**

Porto Alegre  
Novembro de 2016

**ALINE DE ÁVILA FERREIRA**

**ESTRATÉGIAS E INICIATIVAS PARA A MOBILIDADE EM  
CIDADES INTELIGENTES**

Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Luiz Afonso dos Santos Senna**

Porto Alegre  
Novembro de 2016

**ALINE DE ÁVILA FERREIRA**

**ESTRATÉGIAS E INICIATIVAS PARA A MOBILIDADE EM  
CIDADES INTELIGENTES**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador da Atividade de Ensino Trabalho de Conclusão de Curso II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2016

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna  
PhD pela University of Leeds, Inglaterra  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof.<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Fernando Dutra Michel (UFRGS)**  
Mestre pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho a meus pais, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, orientador deste trabalho, pela paciência e apoio dado na minha caminhada profissional. Agradeço aos meus pais que me apoiaram nas minhas aspirações e acreditaram no meu potencial.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta a seu tamanho original.

*Albert Einstein*

## RESUMO

Este trabalho versa sobre como a área de Transportes é abordada em *smart cities*. Inicialmente, aborda-se os conceitos gerais sobre as ferramentas tecnológicas, governamentais e socioeconômicas que compõem ambientes urbanos altamente eficientes na oferta de serviços e de infraestrutura para seus habitantes, através do fomento à inovação e ao empreendedorismo. Em conjunto com essa abordagem, exemplos práticos das soluções descritas executados em várias cidades do mundo, com foco na mobilidade urbana, são explanados. Em seguida, três cidades de características históricas e socioeconômicas distintas são escolhidas para a discretização de seus planos de inovação tecnológica, social e governamental na área de transportes são apresentadas, sendo elas Londres, Singapura e Santander. Por fim, a partir da pesquisa bibliográfica e documental efetuada na primeira parte do trabalho, faz-se uma breve análise do desenvolvimento alcançado por cada uma das municipalidades quanto aos resultados alcançados e suas potencialidades.

Palavras-chave: Cidades Inteligentes. Mobilidade Urbana.  
Planejamento Urbano.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de etapas do Trabalho de Pesquisa .....	11
Figura 2 – Cidade de Chang’an no século VIII .....	14
Figura 3 – Cidade de Tenochtitlán no século XV .....	15
Figura 4 – Cidade de Amsterdam na atualidade .....	16
Figura 5 – Cidade de Cardiff no ano de 1610 .....	17
Figura 6 – Primeira locomotiva movida a eletricidade no Metrô de Londres .....	19
Figura 7 – Construção de linha de metrô em Paris, 1902 .....	19
Figura 8 – Padrões no uso do solo em cidades americanas e européias .....	21
Figura 9 – Média anual de mudança na taxa de urbanização, 1950 - 2050 .....	21
Figura 10 – Populações urbanas e rurais, por continente, 1950-2050 .....	22
Figura 11 – Crescimento mundial das grandes cidades, 1990 – 2030 .....	23
Figura 12 – Integração entre os agentes formadores de uma cidade inteligente .....	24
Figura 13 - Integração de componentes de georreferenciamento na concepção de cidades inteligentes .....	27
Figura 14 - Ciclo de processamento de dados georreferenciados .....	27
Figura 15 - Mapa georreferenciado da cidade de Perth - Austrália .....	28
Figura 16 - Mapa do Metrô de Tóquio .....	29
Figura 17 - Formas de integração do Bilhete Único da SPTrans .....	31
Figura 18 - Sensor de veículos instalado no pavimento .....	32
Figura 19 - Estacionamento com sensores instalados em Pisa - Itália .....	32
Figura 20 - Esquematização de funcionamento do estacionamento inteligente de Pisa .....	33
Figura 21 - Dados de tráfego em tempo real disponibilizados pelo LADOT .....	35
Figura 22 - Taxas mundiais de motorização individual .....	36
Figura 23 - Relação Veículos x Quilômetros percorridos .....	36
Figura 24 - Mapeamento em tempo real de carros disponíveis para locação na cidade de Berlin .....	38
Figura 25 – Veículos elétricos para locação na cidade de Berlin .....	38
Figura 26 - Estação de locação de bicicletas em Hangzhou, China .....	40
Figura 27 - Equilíbrio entre oferta e demanda e o Custo Marginal .....	41
Figura 28 - Área com pedágio urbano no centro de Valletta, Malta .....	42
Figura 29 - Carro autônomo nas ruas de Singapura .....	45
Figura 30 - Uso do solo em Singapura .....	47
Figura 31 - Placas de informações turísticas em Singapura .....	52
Figura 32 – Mapa em tempo real das condições de trânsito em Singapura .....	54
Figura 33 – <i>Campi</i> de inovação em funcionamento na cidade-estado de Singapura .....	55
Figura 34 – Cidadãos britânicos e estrangeiros em Londres – 2004 a 2014 .....	56
Figura 35 – População de Londres distribuída em distritos .....	57
Figura 36 – Mapa da disponibilidade de transporte público em Londres .....	58
Figura 37 – Linhas de Transporte Fluvial em Londres .....	59
Figura 38 – Perímetro do pedágio urbano em Londres .....	60

Figura 39 – Panorama tecnológico atual de Londres .....	61
Figura 40 - Região central da cidade de Santander .....	63
Figura 41 - Implantação do conceito de IoT no projeto <i>Smart Santander</i> .....	64
Figura 42 - Placa de rua com informações sobre vagas de estacionamento disponíveis.....	64
Figura 43 - Telas do aplicativo SmartSantanderRA.....	65
Figura 44 - Mapa em formato GIS da cidade de Santander .....	66
Figura 45 – Elementos essenciais para uma Cidade Inteligente.....	72

## **LISTA DE SIGLAS**

COE – *Certificate of Entitlement*

EPoSS – *European Technology Platform on Smart Systems Integration*

GIS – *Geographic Information Systems*

ICT – *Information and Communication Technologies*

IDB – *Inter-American Development Bank*

IMF – *International Monetary Fund*

IoT – *Internet of Things*

ITS – *Intelligent Transport System*

LADOT – *Los Angeles Department of Transportation*

OICA - *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*

ONU – *Organização das Nações Unidas*

PPP – *Parceria Público-Privada*

SCATS – *Sydney Coordinate Adaptive Traffic System*

TfL – *Transport for London*

USDOT – *United States Department of Transport*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	10
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	10
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	10
2.3 PREMISSA .....	10
2.4 DELIMITAÇÕES .....	11
2.5 DELINEAMENTO .....	11
<b>3 CONCEITUAÇÃO DE CIDADES INTELIGENTES</b> .....	13
3.1 ANTECEDENTES DO DESENVOLVIMENTO URBANO .....	13
3.2 ELEMENTOS DE UMA SMART CITY .....	25
3.2.1 Elementos Tecnológicos .....	25
3.2.1.1. Monitoramento Geoespacial das Redes de Transporte .....	26
3.2.1.2. Redes de Transporte Público Integradas .....	29
3.2.1.3. Estacionamentos Inteligentes .....	31
3.2.1.4. Semáforos e Sinais de Trânsito Automatizados .....	34
3.2.1.5. Compartilhamento de Automóveis .....	35
3.2.1.6. Compartilhamento de Bicicletas .....	39
3.2.1.7. Pedágios Inteligentes .....	41
3.2.1.8. Veículos Elétricos, Integrados e Autônomos .....	44
3.2.2 Elementos de Planejamento Urbano .....	45
3.2.3 Elementos Governamentais .....	47
3.2.4 Elementos Socioeconômicos .....	48
3.2.4.1. Pessoas e Comunidades .....	48
3.2.4.2. Economia Inteligente .....	49
<b>4 CIDADES INTELIGENTES AO REDOR DO MUNDO</b> .....	51
4.1 SINGAPURA .....	51
4.2 LONDRES – REINO UNIDO .....	56
4.3 SANTANDER – ESPANHA .....	62
<b>5 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE CIDADES INTELIGENTES</b> .....	67
5.1 SINGAPURA .....	67
5.2 LONDRES – REINO UNIDO .....	68
5.3 SANTANDER – ESPANHA .....	70
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	72
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	76

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2014, 53% da população mundial vivia em cidades, e a proporção deverá aumentar para 67% em 2050 (ONU, 2014). Em números absolutos, serão 2,5 bilhões de pessoas a mais em ambientes urbanos, totalizando 6,3 bilhões (ONU, 2014).

Desde a Revolução Agrícola, ocorrida entre 9.000 e 7.000 a.C, assentamentos habitacionais de maiores densidades se tornaram viáveis, e também necessários, pois possibilitavam a proteção militar de seus habitantes contra invasores ou clãs rivais (O'FLAHERTY, 2005, p. 13). Outras vantagens, como a redução de tempo e custos para o transporte de bens, pessoas e ideias (GLAESER, 1998), permitiram o molde das civilizações que surgiram a seguir e a evolução tecnológica, social e econômica da humanidade.

Porém, a mesma densidade habitacional que permite, através da concentração e a consequente otimização das atividades econômicas e governamentais, a redução da pobreza, o aumento da expectativa e da qualidade de vida tanto nas áreas urbanas como rurais (ONU, 2014), também traz consigo vários problemas associados à grande quantidade de pessoas dividindo os mesmos espaços.

Questões relacionadas ao saneamento universal, impactos ambientais, disponibilidade de serviços essenciais como educação, transporte, saúde e segurança ainda são desafios para a maioria das cidades (de todos os portes) no mundo. Fazer o planejamento urbano de uma cidade sempre se mostrou um grande desafio, por ter que fornecer aos seus habitantes tanto as necessidades básicas como a qualidade de vida desejada por todos.

Em especial, nas últimas décadas, um destes desafios é a questão da mobilidade urbana. Hoje, no mundo, 64% das viagens são feitas dentro dos ambientes urbanos (ARTHUR D. LITTLE, 2014, p. 06). Somando este fator com o crescimento do transporte individual e da população nas cidades, tem-se problemas a serem resolvidos, como poluição, congestionamento de vias, aumento no tempo de deslocamento (e consequente queda na qualidade de vida da população), e distorções no uso do solo.

Diante de todas essas questões, muitas cidades estão procurando formas de solucionar os problemas e se preparar para o futuro. Essas cidades, que procuram e adotam de maneira sistemática soluções sustentáveis, estão cada vez mais sendo descritas como *smart cities* (cidades inteligentes) (CHOURABI et al., 2012, p. 01).

Sendo um termo relativamente novo, a conceituação do termo “cidades inteligentes” ainda é pouco clara. De forma geral, os seguintes pontos são convergentes na literatura especializada (CHOURABI et al., 2012, p. 02), com o foco em Transportes e Mobilidade:

- Uma cidade que possui uma rede integrada de transportes, funcionando de forma realmente interconectada. Há um monitoramento constante dessa infraestrutura para otimização de recursos, manutenção, segurança e de atendimento de demanda da população (HALL, 2000).
- Existência de conexão da infraestrutura com tecnologias da informação e comunicação (ICT – *Information and Communication Technologies*) (HARRISON et al., 2010), tanto na parte de monitoramento e coleta de dados, como na disponibilidade de plataformas informativas e colaborativas para a população, entre outros.
- Esforço em transformar o ambiente urbano em um local mais eficiente, sustentável nos campos econômico, social e ambiental, e com mais qualidade de vida. Na dimensão da mobilidade urbana isso pode se traduzir no uso mais racional dos automóveis, no planejamento mais consciente da ocupação do solo, e no incentivo ao uso de meios alternativos de deslocamento, como o transporte público (GEHL, 2010)
- Adoção de medidas para diminuir a burocracia governamental na tomada de decisões, permitindo que soluções possam ser encontradas e executadas, pela iniciativa pública ou privada, para o constante melhoramento da cidade.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para o desenvolvimento deste trabalho estão descritas nos itens a seguir.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: quais estratégias e iniciativas devem ser adotadas pelos agentes públicos e privados para resolver os problemas gerados pelo rápido processo de urbanização, e ao mesmo tempo otimizar a interação da população com os serviços e a infraestrutura de uma cidade, para que esta seja considerada uma “cidade inteligente”?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos de pesquisa, classificados em principal e secundário, estão descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal deste trabalho é a identificação dos principais elementos que compõem o conceito de “cidades inteligentes”, e detalhar estas estratégias de planejamento com ênfase na mobilidade urbana.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

O objetivo secundário do trabalho é, a partir da escolha de três exemplos de cidades “inteligentes”, fazer uma análise da efetividade de execução dos conceitos que definem uma *smart city* dentro do campo de transportes e mobilidade.

### **2.3 PREMISSA**

O trabalho tem como premissa que, devido ao rápido movimento de urbanização em nível mundial nas últimas décadas, governos e demais agentes da sociedade, como empresas e investidores, devem agir de forma a desenvolver iniciativas que torne o ambiente urbano mais eficiente e interconectado, e assim melhorar a economia local e a qualidade de vida de sua população.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

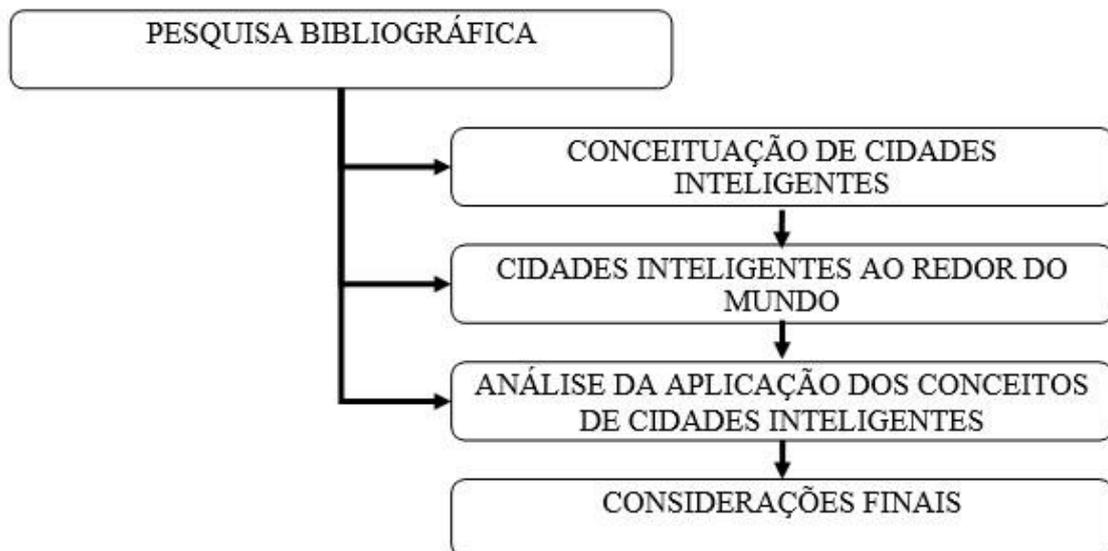
O trabalho delimita-se às estratégias descritas na literatura especializada e na pesquisa acadêmica em recente desenvolvimento no exterior, e em aplicações práticas nas cidades de Singapura, Londres (Reino Unido), e Santander (Espanha).

## 2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado em cinco etapas, que estão representadas no diagrama da Figura 01. A descrição de cada uma delas está nos parágrafos a seguir.

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Conceituação de cidades inteligentes;
- c) Cidades inteligentes ao redor do mundo;
- d) Análise da aplicação dos conceitos de cidades inteligentes; e
- e) Considerações finais.

Figura 1 – Diagrama de etapas do Trabalho de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

A **pesquisa bibliográfica** ocorreu durante a execução de todo o trabalho, e teve como objetivo a coleta de informações sobre iniciativas aplicadas que tornam uma cidade em uma *smart city*. Foram estudadas as estratégias, requisitos e possíveis dificuldades de execução, e impactos resultantes. Foram utilizados na pesquisa artigos e periódicos científicos, livros, trabalhos acadêmicos, e fontes governamentais e de instituições envolvidas na implantação de projetos inteligentes nas cidades escolhidas para o escopo do trabalho.

Na etapa de **Conceituação de cidades inteligentes**, foram descritas as principais estratégias e iniciativas que são reconhecidas como características na construção, modificação e administração de ambientes urbanos chamados de *smart cities*. Também foram considerados os desafios de implantação as mudanças que elas causam na economia e na vida de seus habitantes.

Na terceira etapa, **Cidades Inteligentes ao redor do mundo**, foram descritos projetos práticos das três cidades escolhidas como delineamento do trabalho – Singapura, Londres e Santander.

Na quarta etapa, **Análise da aplicação dos conceitos de cidades inteligentes**, as três cidades expostas no capítulo anterior foram analisadas à luz do conhecimento teórico da segunda etapa, de conceituação, observando suas características históricas, sociais e econômicas, bem distintas entre si. Esta etapa foi uma condensação das anteriores, já que mostrou como a teoria desenvolvida em âmbito acadêmico reage às diferentes realidades das cidades escolhidas, sob a dimensão da mobilidade urbana.

Na última etapa, **Considerações finais**, foi avaliado o alcance dos objetivos propostos e feita a conclusão do Trabalho Final.

### 3 CONCEITUAÇÃO DE CIDADES INTELIGENTES

Uma *smart city*, ou em tradução livre para o português, cidade inteligente, é um ambiente urbano consolidado que utiliza várias Tecnologias de Informação e Comunicação (*Information and Communication Technologies - ICT*) para otimizar a administração dos serviços de uma cidade, como sistemas de comunicação, redes de transportes, hospitais e escolas, e buscar de maneira constante e interativa soluções para as demandas de seus habitantes. O objetivo final é o desenvolvimento sustentável dessa cidade, onde a comunidade pode alcançar uma melhor qualidade de vida, em conjunto com o crescimento do desenvolvimento econômico sustentável, utilizando de forma mais racional e eficiente os recursos naturais e financeiros disponíveis.

Este capítulo começará com uma breve descrição dos estágios anteriores de urbanização, e suas características predominantes até o final do século XX. Em seguida, os diversos conceitos e ferramentas, descritos de forma relativamente recente na literatura técnica e acadêmica para solucionar os constantes desafios e problemas do ambiente urbano, e tidas como características de uma *smart city* e com foco na mobilidade urbana, serão apresentados.

#### 3.1 ANTECEDENTES DO DESENVOLVIMENTO URBANO

As primeiras cidades surgiram após a Revolução Agrícola, no período Neolítico, entre 9.000 e 7.000 a.C. A atividade agrícola propiciou o surgimento de assentamentos humanos mais densificados, formando pequenas comunidades (BAIROCH, 1998). Esses assentamentos traziam vantagens para seus habitantes, como proteção militar contra ataques, possibilidade de exercer comércio de mercadorias e serviços, aumento do fluxo de informações e novas tecnologias, e portanto, diminuição no custo generalizado do transporte de bens, pessoas e idéias (GLAESER, 1998).

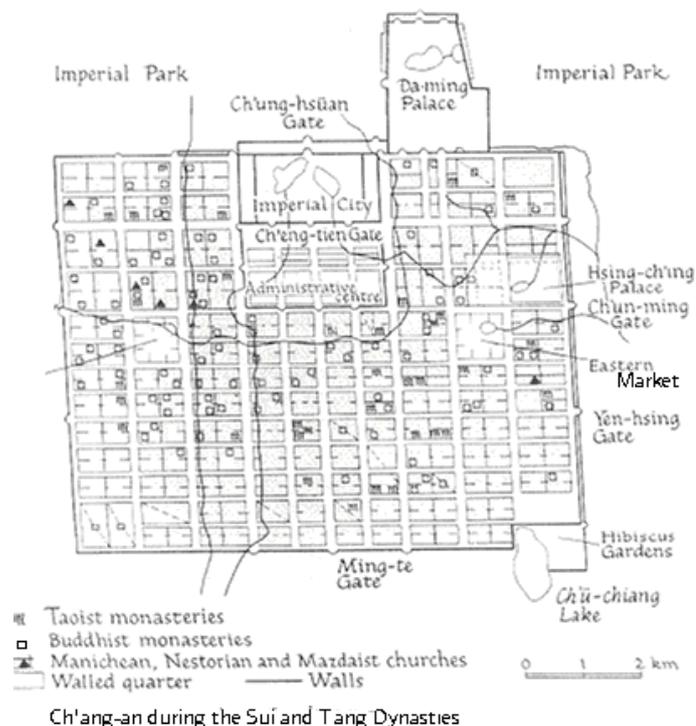
Com a evolução destes assentamentos neolíticos iniciais em aglomerados urbanos mais complexos, concomitante às vantagens econômicas e sociais, começaram a surgir problemas e demandas decorrentes da grande densidade habitacional. Necessidade de sistemas de saneamento e de planejamento urbano, aumento da criminalidade e das taxas de mortalidade, poluição sonora e por descarte de rejeitos, entre outros.

Assim, por esses motivos, desde o nascimento das civilizações mais antigas, a partir de 3.000 a.C. na Ásia, África e Europa, nota-se uma preocupação com o planejamento urbano e o surgimento de padrões na ocupação do solo. O desenho de uma cidade, por exemplo, refletia muito do momento histórico e dos valores em que aquela civilização estava assentada.

Dentre as primeiras cidades planejadas, o *design* mais comum era o *grid*, onde as ruas são perpendiculares entre si. Além da fácil implementação e organização, elas refletiam o movimento de expansão militar de um povo, como no caso romano (HIGGINS, 2009), onde a disposição das ruas era similar às castra (campos militares). Sob domínio de Alexandre o Grande, a civilização grega também adotou o padrão de *grids* para as suas cidades e colônias. Outras cidades, como Mohenjo-Daro, da civilização do Vale do Indo (2.600 a.C., Paquistão moderno), Roma (635 a.C.), Tenochtitlán (1.325 d.C., atual Cidade do México), e Chang'an (720 d.C., atual Xi'an, China), estão entre as cidades da História Antiga e Medieval com mais de um milhão de habitantes que já apresentavam regras de planejamento urbano e disposição em formato de grid.

Nas duas Figuras a seguir estão alguns dos exemplos citados acima:

Figura 2 – Cidade de Chang'an no século VIII



(fonte: BULLIETT, 1997, p. 112)

Figura 3 – Cidade de Tenochtitlán no século XV



(fonte: Museu do Templo Mayor, México)

Um segundo modelo de formação urbana, também presente até os dias atuais, é a radial, onde um conjunto de vias principais convergem a um único ponto. Esta forma de ocupação tem como origem as antigas cidadelas medievais, onde as habitações e comércios foram gradativamente construídos ao redor dos principais templos, castelos e muralhas, formando linhas concêntricas de ocupação. Como exemplos de cidades radiais, pode-se citar Moscou, reconstruída como uma cidade murada no século XVI a partir do Kremlin, depois de sua total destruição pelos tártaros da Criméia, e Amsterdam, planejada e construída a partir de canais concêntricos, que podem ser vistos na foto da Figura 04.

Figura 4 – Cidade de Amsterdam na atualidade



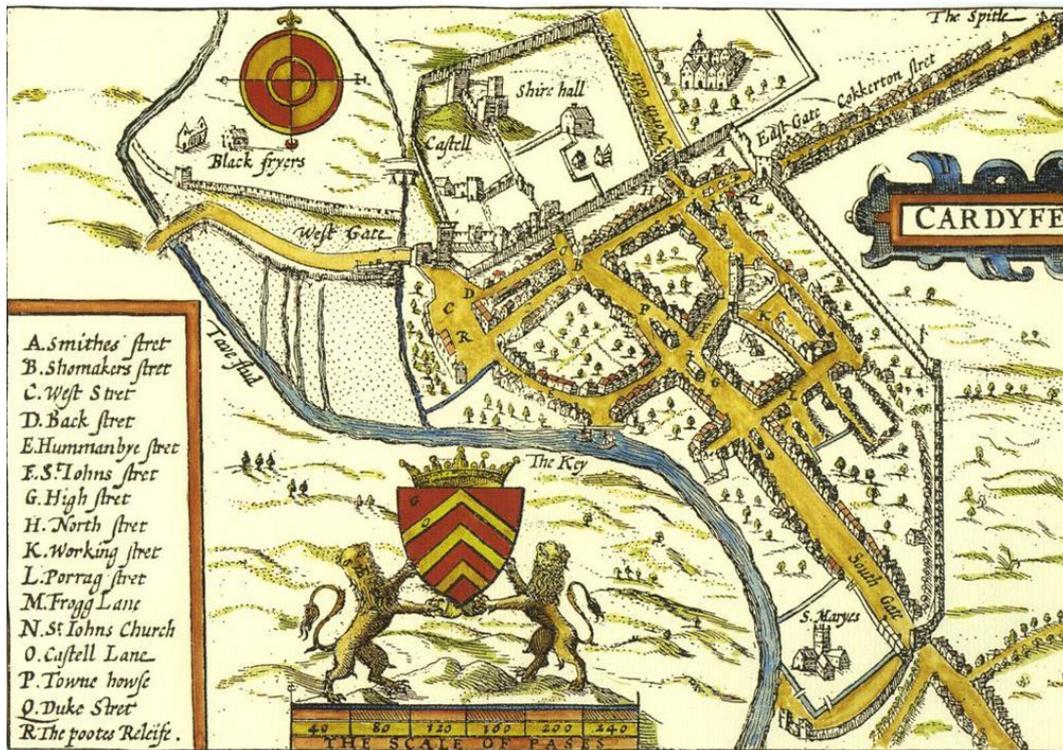
(fonte: Dutch Amsterdam<sup>1</sup>)

Durante a Idade Média e o início da Idade Moderna, haviam poucas cidades de grande porte na Europa e região mediterrânea, podendo-se citar entre estas Bagdá, com 1,2 milhões de habitantes e Constantinopla (atual Istanbul) com 1 milhão (CAMERON, 2009). Com a fragmentação do Império Romano, a instabilidade política e econômica fez com que até o século X a maior parte dos adensamentos habitacionais ocorressem em áreas rurais e de forma fortificada. Entre os séculos X e XIV, muitas cidades surgiram, ou retomaram importância, tendo o desenvolvimento e planejamento vinculado ao renascimento das atividades comerciais de grande escala e a uma maior estabilidade social. Entre estas, pode-se citar Londres e Cardiff (mostrada na Figura 05), no Reino Unido, constituídas a partir de antigas ocupações celtas e romanas (PERRING, 1991).

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.dutchamsterdam.nl/canals> ; Acesso em 29/08/2016

Figura 5 – Cidade de Cardiff no ano de 1610

(fonte: Glamorgan Archives<sup>2</sup>)

No século XVIII, com a Revolução Industrial, a Europa, seguida de outras regiões, experimentou um grande êxodo rural rumo aos grandes centros. Londres torna-se nesse momento a cidade mais populosa do mundo, com mais de um milhão de habitantes. Com o crescimento abrupto e desenfreado da população urbana, Londres, assim como as todas as outras grandes cidades europeias, americanas e asiáticas do período, sofreu com a alta densidade demográfica sem planejamento. A falta de saneamento básico, que culminou na febre de cólera de 1854, a altíssima poluição do Rio Tâmis, só resolvida na década de 1970, e o surgimento de guetos gerado pelo déficit de moradias, foram alguns dos problemas sofridos pela comunidade londrina (WHITE, 2008).

No campo do transporte urbano, os deslocamentos feitos a pé, com embarcações em canais fluviais e artificiais, ou ainda com o auxílio de tração animal, foram cedendo lugar aos novos meios de locomoção, como trens a vapor e elétricos, e ônibus e automóveis com combustão interna. Essa mudança propiciou deslocamentos mais rápidos e eficientes frente às maiores

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.visitcardiff.com/john-speed-cardiff-map-1610-2/> ; Acesso em 29/08/2016

distâncias a serem percorridas nas cidades em rápida expansão. Além disso, a redução no uso dos meios de transporte com tração animal ajudou a diminuir o problema de saúde pública causado pelos rejeitos vindos da grande quantidade de cavalos presentes nas ruas das cidades de maior porte, conforme ilustrado em artigos de jornal durante o século XIX<sup>3</sup>.

A primeira linha de transporte urbano por trilhos do mundo foi a *Swansea and Mumbles Railway*<sup>4</sup>. Era uma linha de bonde com sete estações e 8,85 km de extensão, localizada na cidade de Swansea, País de Gales. Foi inaugurada no dia 25 de março de 1807 movida à tração animal, e adaptada em 1877 para locomotivas a vapor.

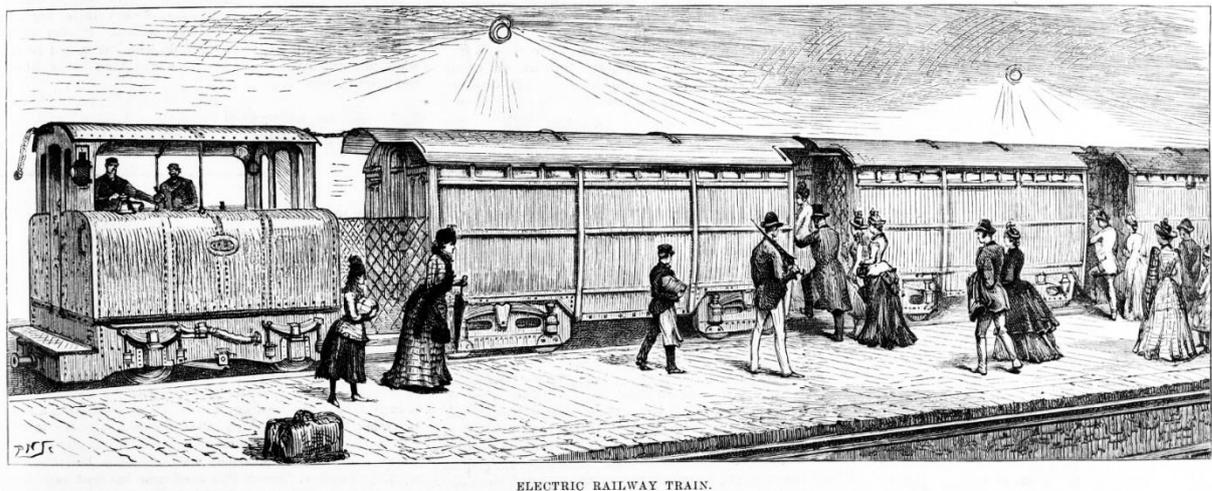
Ainda no Reino Unido, tem-se o primeiro sistema de trens metropolitanos do mundo, com o início de suas operações no dia 10 de janeiro de 1863 na cidade de Londres, sob o nome de *Metropolitan Railway* (WOLMAR, 2004), e que deu origem à palavra "Metrô", usada para designar essa nova modalidade de transporte urbano sob trilhos segregados de outras vias públicas. O método de construção das passagens subterrâneas foi o *Cut-and-cover*, e suas locomotivas eram a vapor. Em 1890, a primeira linha com trens movidos a eletricidade e operando a níveis mais profundos em relação à superfície foi aberta ao público. A *City & South London Railway* possuía 5,1 km na sua inauguração, e apresentava as vantagens de ser menos insalubre para seus passageiros, pela ausência da fumaça da queima de carvão das locomotivas antigas, e afetar pouco as construções da superfície para a implantação das linhas (Ibid.). Na Figura 06, a seguir, está uma ilustração do primeiro trem elétrico do sistema de metrô de Londres.

---

<sup>3</sup> The city's sanitary work: Inside and outside nuisances considered. **New York Times**, Nova York, 15 nov. 1880.

<sup>4</sup> Disponível em: [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/wales/south\\_west/6491379.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/wales/south_west/6491379.stm) ; Acesso em 29/08/2016

Figura 6 – Primeira locomotiva movida a eletricidade no Metrô de Londres



(fonte: Illustrated London News<sup>5</sup>)

Outras cidades pioneiras na construção de sistemas de trens metropolitanos são Boston (1897), Nova York (1904), Paris (1900), e Buenos Aires (1913). Uma foto da construção do *Paris Métro*, no sistema *cut-and-cover*, está apresentada na Figura 07.

Figura 7 – Construção de linha de metrô em Paris, 1902



(fonte: Biblioteca Nacional da França<sup>6</sup>)

<sup>5</sup> Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electric\\_railway\\_train.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electric_railway_train.jpg) ; Acesso em 29/08/2016

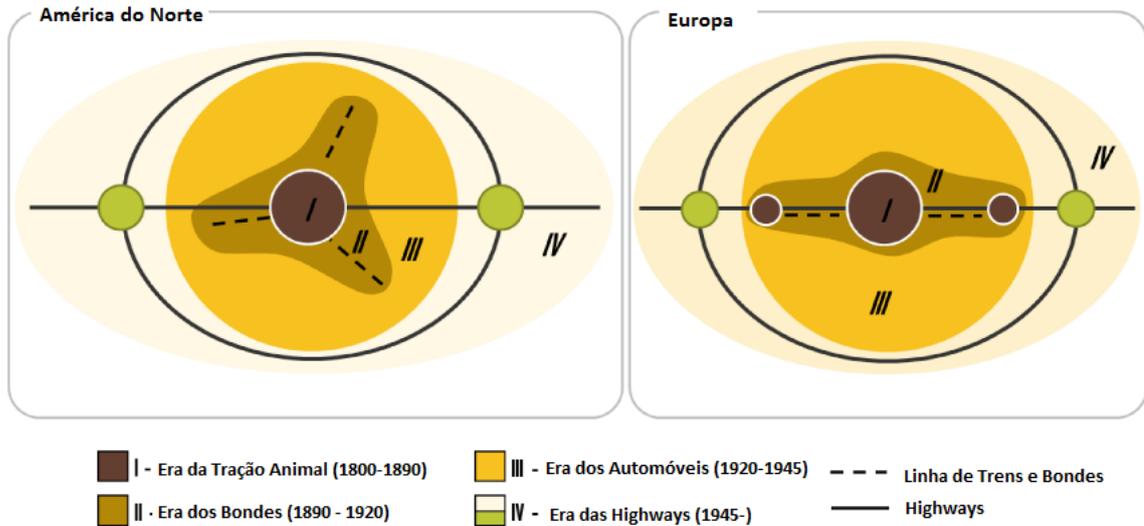
<sup>6</sup> Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Paris\\_Metro](https://commons.wikimedia.org/wiki/Paris_Metro) ; Acesso em 29/08/2016

E em paralelo com o surgimento de sistemas de transporte público nos grandes centros, a indústria automobilística evoluía para a fabricação em massa de veículos com combustão interna. A partir da primeira linha de produção em larga escala, desenvolvida por Ransom Olds em 1901, em Lansing, Michigan (DOMM, 2009), e o início do funcionamento do método de produção em série criado por Henry Ford em 1913, os veículos de transporte particular tornaram-se uma alternativa mais prática e cômoda para o transporte individual, pois proporcionava o deslocamento porta-a-porta, mais conforto ao passageiro, e possuía disponibilidade sem restrições, diferentemente do transporte público.

Ainda que os primeiros carros fossem acessíveis somente para pessoas de maior poder aquisitivo, o aprimoramento das tecnologias utilizadas pela indústria automotiva diminuiu os custos de fabricação dos carros, tornando-os produtos de consumo para as classes médias da Europa, América do Norte e centros emergentes da Ásia e América do Sul. O aumento do transporte individual por carros teve um impacto profundo nos centros urbanos, pois a possibilidade de se escolher o local de moradia longe das áreas mais densificadas, onde geralmente se encontravam os locais de trabalho, para outros onde seria possível encontrar um modo de vida diferenciado e a um custo menor, fez com que os perímetros urbanos se tornassem maiores em extensão e mais demandados de uma infraestrutura para alocar esse novo tráfego. Além disso, outras questões a serem resolvidas surgiram, como o aumento de acidentes de trânsito, a poluição sonora e do ar pelos pela queima de combustíveis, e a deterioração da trafegabilidade das vias urbanas.

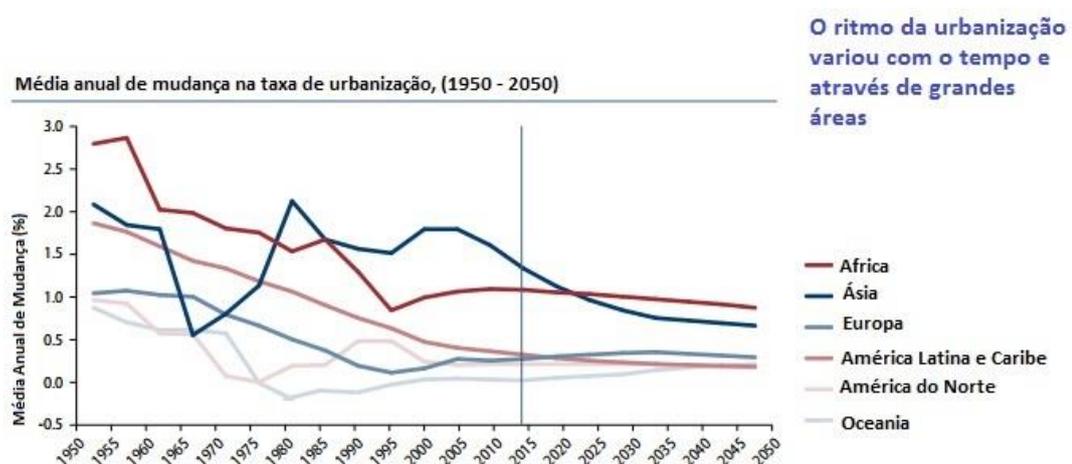
Conforme esquema mostrado na Figura 08, a evolução na ocupação do solo mudou com o crescimento da frota de automóveis. A cidade passa a crescer em torno da área principal, criando, a partir de um determinado estágio de ocupação das partes periféricas, novos pequenos *clusters* de serviços, retirando da área central parte do fluxo de geração de viagens, mas ainda sendo dependente do núcleo principal.

Figura 8 – Padrões no uso do solo em cidades americanas e europeias

(fonte: Adaptado de MULLER, 1995<sup>7</sup>)

Em 2014, mais de 50% da população mundial já estava morando em cidades, contra 30% da década de 1950 e próximo dos 67% esperados para 2050 (UN, 2014), quando o movimento de urbanização tenderá a se estabilizar em todos os continentes, como pode ser visto na Figura 09. Porém, mesmo com a tendência de estabilidade, em números absolutos serão 2,5 bilhões de pessoas a mais vivendo em cidades, somadas aos 4 bilhões de habitantes de aglomerados urbanos hoje.

Figura 9 – Média anual de mudança na taxa de urbanização, 1950 - 2050



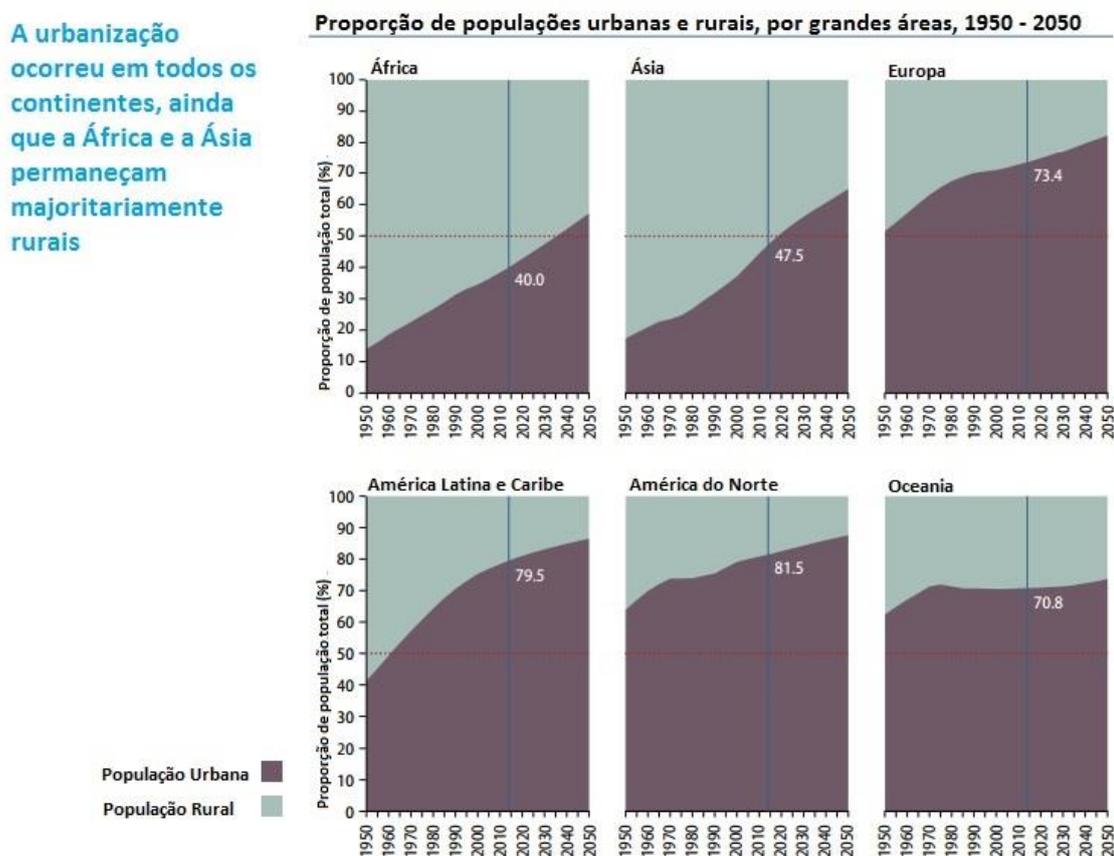
(fonte: Adaptado de UN, 2014, p.9)

<sup>7</sup> Disponível em <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch6en/conc6en/evolurbformna.html> ; Acesso em 29/08/2016

O crescimento urbano, em números absolutos virá principalmente da Ásia e da África, com menção especial à Índia, China e Nigéria (Ibid.). Tóquio, a cidade mais populosa do planeta, com 38 milhões de habitantes, seguida de Nova Délhi com 25 milhões, continuarão a ser os maiores aglomerados urbanos do mundo, com expectativa populacional para 2050 de 37 e 36 milhões respectivamente. As regiões mais urbanizadas são hoje a América do Norte (82% de população vivendo em cidades), América Latina e Caribe (80%) e Europa (73%), contra 40% da África e 48% da Ásia (Ibid.).

Mesmo sendo uma região urbanizada, a América Latina ainda experimenta os efeitos de um processo rápido e desordenado do êxodo rural entre as décadas de 1950 e 80, conforme pode ser visto no quadro da Figura 10. Ainda existem desafios a serem vencidos, como o suprimento da demanda por infraestrutura e serviços de transporte. Os grandes centros asiáticos que passaram pelo mesmo processo de rápida urbanização sofrem de problemas semelhantes, em contraste com regiões mais consolidadas demograficamente como Tóquio e Singapura.

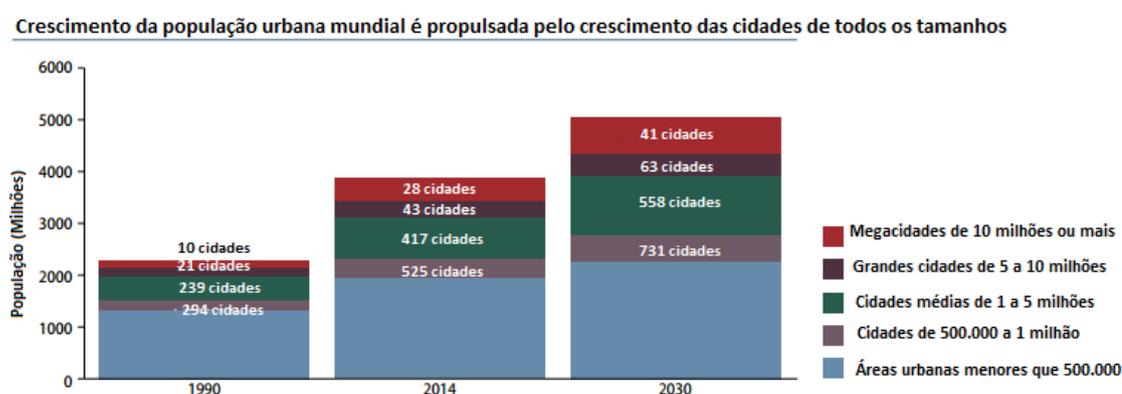
Figura 10 – Populações urbanas e rurais, por continente, 1950-2050



(fonte: Adaptado de UN, 2014, p. 8)

Do ponto de vista da mobilidade urbana, o maior desafio das cidades de médio e grande porte é proporcionar aos seus habitantes formas de deslocamento eficientes e de boa relação custo-benefício. Como pode ser visto na Figura 11, 2 bilhões de pessoas moram em cidades de 500.000 habitantes ou mais, e esse número chegará a 3 bilhões em 2050. As questões do equilíbrio da demanda por transporte individual e coletivo, e do impacto na qualidade de vida e na economia de uma cidade que o tempo gasto nas viagens feitas dentro do ambiente urbano causa, são inevitáveis para as cidades que buscam crescimento social e econômico do curto ao longo prazo.

Figura 11 – Crescimento mundial das grandes cidades, 1990 – 2030



(fonte: Adaptado de UN, 2014, p. 13)

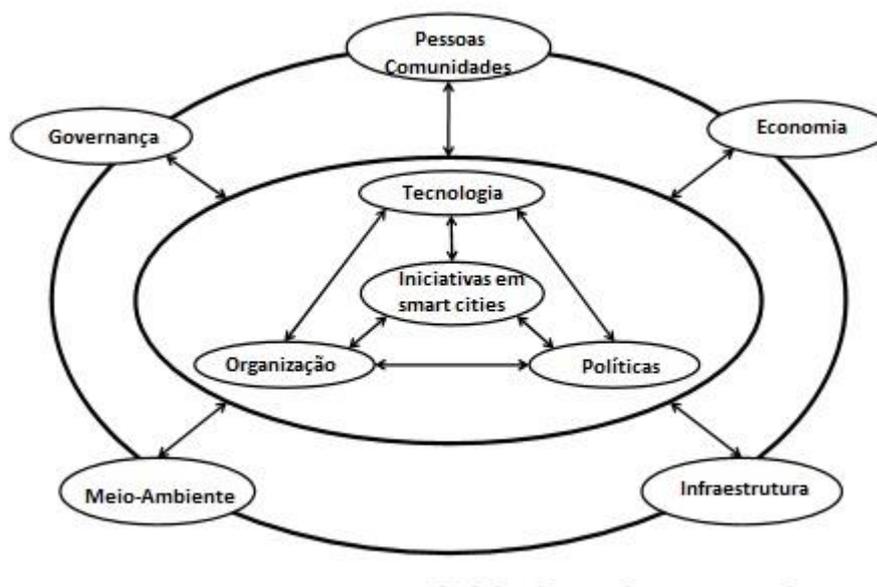
A partir das tendências citadas acima, há um movimento crescente para a criação de cidades "ideais", onde exista a convergência do desejo pela qualidade de vida, e da evolução econômica e social das comunidades, fazendo uso racional dos recursos financeiros e naturais disponíveis. A partir da introdução deste trabalho, conclui-se que o caminho natural para as cidades é o aprimoramento dos processos de gestão e comunicação, tanto dentro dos entes públicos como em suas interações com os *players* privados. Também são imperativas a adoção e a facilitação do uso de novas ferramentas tecnológicas nos diversos níveis de vivência da cidade.

Assim, particularizando para a questão da mobilidade urbana, muitos problemas podem ser facilmente detectados ou evitados, e novas soluções criadas, de forma a otimizar os deslocamentos feitos dentro das cidades. Para tal, pode-se utilizar as ICTs para o monitoramento, coleta e tratamento de dados, e interação entre os diversos agentes que afetam e são afetados direta ou indiretamente por estas questões, conforme esquema da Figura 12:

- Consumidor do serviço transporte;
- Entes econômicos;
- Administração pública;
- Agentes regulatórios;
- Meio ambiente; e
- Infraestrutura tecnológica e de transportes disponíveis.

As interações, demandas e restrições desses agentes definirão e desenvolverão os meios tecnológicos e organizacionais que aquela cidade necessita para seu pleno desenvolvimento.

Figura 12 – Integração entre os agentes formadores de uma cidade inteligente



(fonte: Adaptado de CHOURABI, 2012, p. 6)

As cidades que buscam evoluir nos termos descritos acima são denominadas *smart cities* - cidades inteligentes. No próximo capítulo serão explanados com maior detalhe as principais características dessas cidades, tendo como ponto de vista a mobilidade urbana.

## 3.2 ELEMENTOS DE UMA SMART CITY

### 3.2.1 Elementos Tecnológicos

Uma cidade inteligente tem como característica mais marcante a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação em todos seus níveis, com o objetivo de alcançar uma maior eficiência e interconectividade em seus processos de planejamento, administração e execução da oferta de serviços e infraestrutura.

Neste capítulo serão explanados os conceitos de *Information and Communication Technologies* (ICTs), *Internet of Things* (IoT) e *Big Data*, que formam a base das ferramentas e serviços em desenvolvimento para a otimização da mobilidade urbana.

O conceito de Tecnologias da Informação e da Comunicação (ICTs em inglês), assim como as designações surgidas nos últimos anos para descrever novas ferramentas tecnológicas ligadas ao setor de serviços, é muito amplo, e pode ser utilizado de acordo com o contexto para descrever diversas tecnologias e serviços (ZUPPO, 2012). Mas de maneira geral, no campo empresarial, e mais especificamente para este trabalho na área de mobilidade urbana, ICTs referenciarão meios tecnológicos utilizados por pessoas e organizações para acessar informações por meio da telecomunicação (ZHANG et al., 2008). Isto é, ferramentas tecnológicas que coletam, processam e compartilham dados obtidos ou transmitidos via internet ou de telefonia móvel. A quase totalidade das ferramentas descritas nos próximos capítulos deste trabalho características de cidades inteligentes podem se enquadrar como ICTs. No contexto de transportes, ICTs também podem ser designados como ITS – *Intelligent Transport Systems*.

Já o termo *Big Data* refere-se aos grandes *data sets* (conjunto de dados) que são muito grandes e complexos para serem depurados por métodos tradicionais de processamento de dados. Mas além da magnitude de dados disponíveis, o conceito abarca a utilização de novos meios para extrair destes dados análises de predição de acontecimentos e comportamentos, tanto de sistemas, como de grupos de pessoas ou populações inteiras (CAVANILLAS et al., 2016). Assim, para a descrição apresentada nos capítulos seguintes, o conceito de *Big Data* estará no contexto de tratamento e análise dos dados coletados e gerados pelos ICTs, e cujos resultados

serão utilizados por entes públicos e privados para detectar problemas e demandas, e propor soluções para o ambiente urbano.

E por último, têm-se o termo *Internet of Things* (IoT), que descreve a interligação entre ferramentas (como veículos, celulares, edificações, sinais de trânsito, etc.) e sensores e softwares específicos através da internet. O conceito, assim, está baseado em três componentes, sendo eles a conectividade com a internet, os objetos conectados e a informação ou serviço obtido (GUBBI et al., 2013). Na área da mobilidade urbana, o termo IoT pode ser utilizado como o sistema constituído pelas ferramentas descritas como ICTs, a infraestrutura de comunicação disponível na cidade (redes Wi-Fi, de fibra ótica, etc.), e as pessoas que utilizam os serviços e a infraestrutura de transportes, usufruindo das informações disponíveis através de *smartphones*, sites, e quaisquer outro canal que disponibilize os dados desejados ou permita a interação entre usuário-serviço de transportes.

Nos capítulos seguintes serão descritas diversas ferramentas tecnológicas que se utilizam dos conceitos explanados acima. Para cada item citado, serão dados exemplos de aplicações em funcionamento.

#### 3.2.1.1. Monitoramento Geoespacial das Redes de Transporte

O georreferenciamento de dados sensíveis à análise e ao planejamento de políticas, produtos e serviços na área de mobilidade urbana é um ponto essencial para o desenvolvimento de uma *smart city*.

Figura 13 - Integração de componentes de georreferenciamento na concepção de cidades inteligentes



(Fonte: Adaptado de Banco Mundial<sup>8</sup>)

Figura 14 - Ciclo de processamento de dados georreferenciados



(fonte: Adaptado de Banco Mundial<sup>9</sup>)

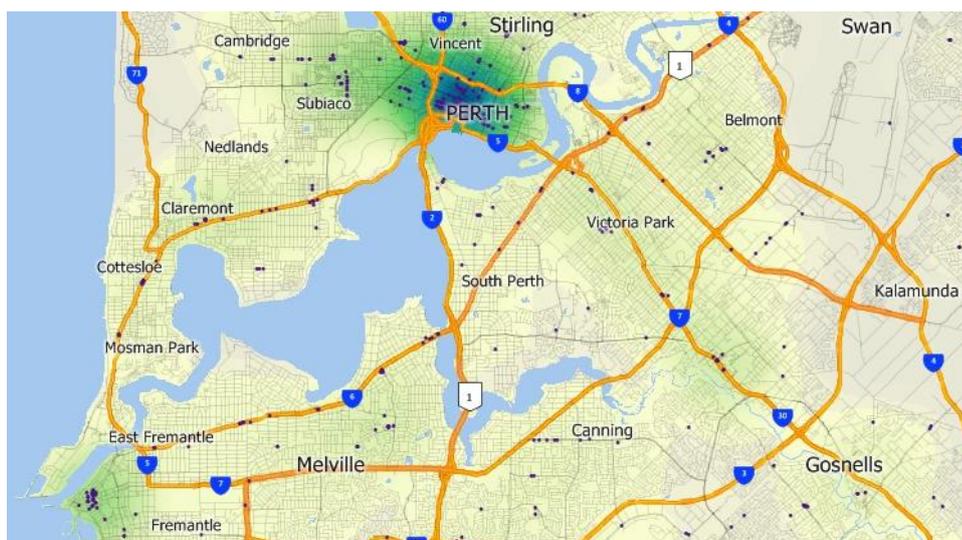
Para este objetivo, é necessária a utilização de um conjunto de ferramentas, que incluem sistemas de coleta de informação, softwares de armazenamento e tratamento de dados, além de aplicativos de interface serviço-usuário.

<sup>8</sup> Disponível em <https://collaboration.worldbank.org/groups/the-smart-cities/blog/2016/03/13/how-gis-supports-planning-of-smart-cities> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>9</sup> Ibid.

Para a execução desse tipo de solução, utilizam-se softwares de bancos de dados monitorados espacialmente do tipo GIS (*Geographic Information Systems*), que possuem em uma mesma interface a estrutura de banco de dados e o georreferenciamento de todas as informações registradas. Entre os mais utilizados, estão o ArcGis, da desenvolvedora Esri, e o Maptitude, da Caliper. Com estes softwares de geoprocessamento, é possível analisar dados, modelar espacialmente os resultados de comportamentos sociais e econômicos, mapear e monitorar a infraestrutura de transportes e a densidade do uso do solo, realizar planos de zoneamento, geração e alocação de tráfego para diversos modos de transporte, entre outros. Abaixo, o mapa da cidade de Perth, Austrália, com um mapa de densidade de estabelecimentos comerciais em uma área específica:

Figura 15 - Mapa georreferenciado da cidade de Perth - Austrália



(fonte: Caliper<sup>10</sup>)

O mapeamento geoespacial é a raiz de todas as ferramentas tecnológicas, de planejamento urbano, governamental e social que compõem uma cidade inteligente. O georreferenciamento de dados inclui os conceitos de *Big Data*, ITS e IoT, e permite o pleno entendimento do ambiente urbano, mapeando toda informação e tendências de demanda dos habitantes em relação aos serviços e infraestrutura oferecidos pelos entes públicos e privados da cidade. Nos

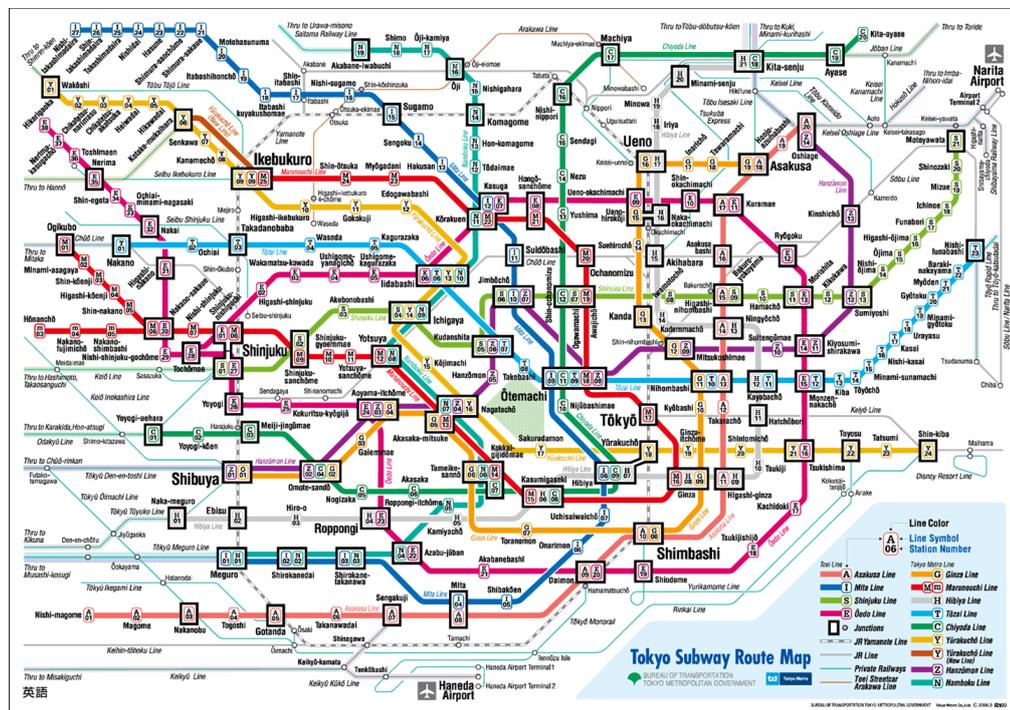
<sup>10</sup> Disponível em [http://www.caliper.com/Maptitude/GIS\\_Software/](http://www.caliper.com/Maptitude/GIS_Software/): Acesso em 22 de outubro de 2016

próximos itens e capítulos, essa questão será explorada em cada uma das ferramentas e exemplos práticos expostos.

### 3.2.1.2. Redes de Transporte Público Integradas

Para atender a demanda da população por deslocamentos dentro da malha urbana, é necessário que, caso se queira incentivar a escolha dos usuários pelo transporte público sobre o transporte individual, deve-se oferecer um padrão de distribuição de linhas e pontos de atendimento deste serviço de forma que ele reflita de maneira consistente o comportamento de viagens da população a ser atendida (ORTÚZAR, 1990). A partir disso, nota-se que o *design* mais eficiente para os sistemas de transporte é o de rede, pois permite uma melhor absorção e otimização das viagens geradas dentro das cidades, e permite a integração entre diversos modos de transportes, como linhas de ônibus, metrô, serviços de aluguel de carros e bicicleta, e quaisquer outra escolha que se queira utilizar para o deslocamento desejado. A seguir, na Figura 16, está o mapa do sistema de metrô de Tóquio, que possui *design* de rede.

Figura 16 - Mapa do Metrô de Tóquio



(fonte: Tokyo Metro<sup>11</sup>)

Contudo, a rede formada não pode ser somente em termos de infraestrutura, mas deve também proporcionar aos seus usuários a confiabilidade, conforto e praticidade necessárias para que se

<sup>11</sup> Disponível em: <http://www.tokyometro.jp/en/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

torne uma opção atrativa. Uma das características para que o sistema de transporte público coletivo e individual torne mais prático ao seu usuário é a integração do método de pagamento entre os modos de transporte disponíveis.

A utilização de cartões de pagamento único já é adotada em muitas cidades de médio e grande porte, e permite que, com uma única recarga, as viagens que são compostas de mais de um meio de transporte, ou mais de uma linha de transporte coletivo do mesmo modo, possa ser paga uma única vez a partir do momento que o usuário entra no sistema de transporte coletivo, ou usar o mesmo cartão para realizar os pagamentos nos diversos meios.

Como exemplo brasileiro, têm-se a cidade de São Paulo. A SPTrans, empresa formada entre os 16 consórcios privados que operam as 1.300 linhas de ônibus disponíveis no município, em conjunto com as empresas públicas Companhia do Metropolitano e CPTM - Companhia Paulista de Trens Metropolitanos – criaram o Bilhete Único<sup>12</sup> em 2004. Mais de 9 milhões de cartões já foram emitidos, fazendo com que o sistema de bilhetagem único paulista seja o segundo maior do mundo, ficando atrás somente do Octopus, de Hong Kong, que possui 31 milhões de cartões em circulação<sup>13</sup>.

O sistema de São Paulo possui integração entre as linhas de ônibus e de trens, e possui planos de pagamento conforme o tempo desejado de uso (período de 24 horas, semanal ou mensal), e de acordo com a forma como a integração é feita, conforme pode ser visto na figura 17 a seguir:

---

<sup>12</sup> Disponível em: <http://bilheteunico.sptrans.com.br/>: Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>13</sup> Disponível em: <http://www.octopus.com.hk/octopus-for-businesses/benefits-for-your-business/en/index.html>: Acesso em 22 de outubro de 2016

Figura 17 - Formas de integração do Bilhete Único da SPTrans

(fonte: SPTrans<sup>14</sup>)

O cadastro para obtenção do Bilhete Único, bem como as recargas, podem ser feitos na Loja Virtual disponibilizada pela SPTrans, e ainda na sede da empresa, nas estações de metrô e em postos autorizados. Os cartões podem se diferenciar conforme o usuário, tendo os estudantes, professores e pessoas com mais de 60 anos o direito de usufruir de valores mais baixos para as tarifas vigentes. Turistas ou usuários eventuais podem adquirir o Bilhete Único Anônimo, com validade de 24 horas ou semanal, onde o cadastro prévio não é exigido (Ibid.).

### 3.2.1.3. Estacionamentos Inteligentes

Estacionamentos Inteligentes são um tipo de ITS que integram o uso de sensores, servidores de dados, painéis e sinais de trânsito, além do uso de aplicativos para *smartphones*, para otimizar a procura dos motoristas por vagas livres em vias públicas ou em estacionamentos privados.

Na cidade de Pisa, na Itália, um sistema de estacionamento inteligente começou a ser implantado, inicialmente na Praça Carrara. A prefeitura contratou as empresas Deutsche

<sup>14</sup> Disponível em: <http://bilheteunico.sptrans.com.br/sobre.aspx>; Acesso em 22 de outubro de 2016

Telekom e Kiunsys para o desenvolvimento do projeto<sup>15</sup>, que foi constituído dos seguintes elementos:

- Sensores instalados em cada uma das vagas de estacionamento, conforme pode ser visto nas figuras 18 e 19, que identificam se o local está em uso ou não;

Figura 18 - Sensor de veículos instalado no pavimento



(fonte: Daily Mail<sup>16</sup>)

Figura 19 - Estacionamento com sensores instalados em Pisa - Itália



(fonte: Ibid.)

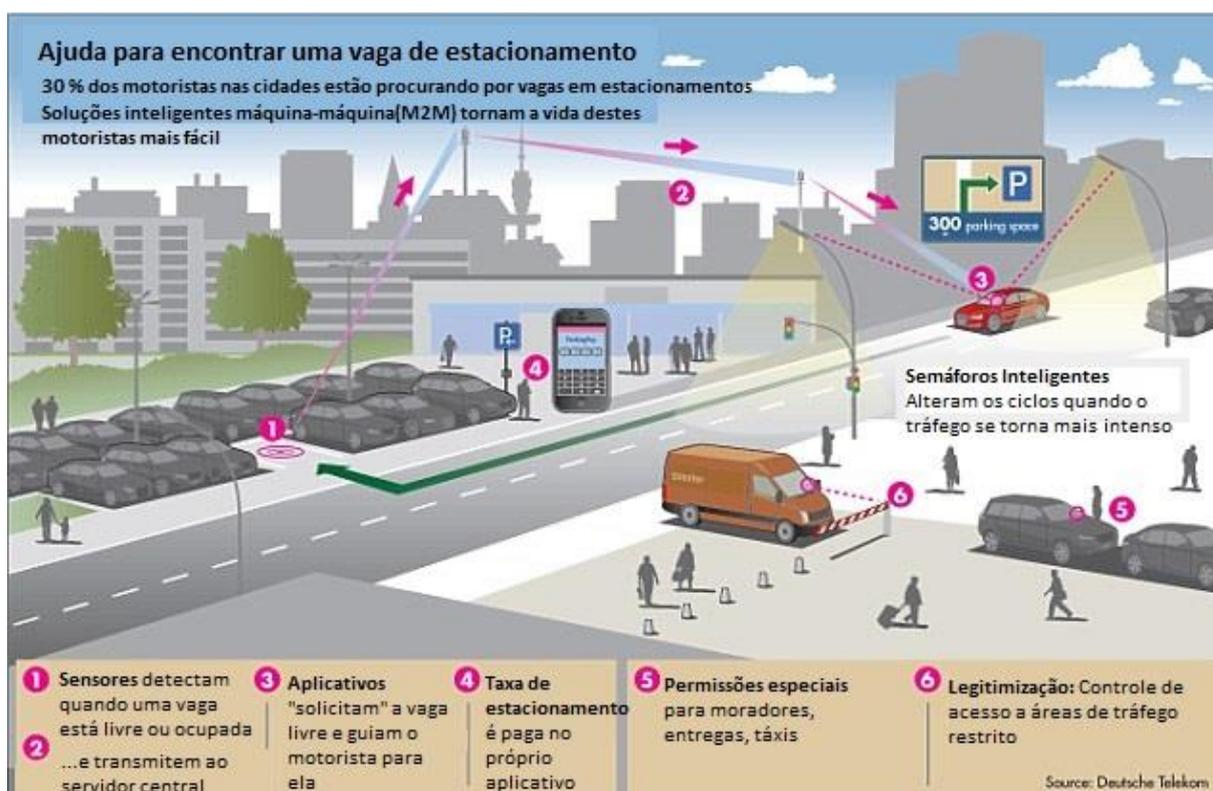
<sup>15</sup> Disponível em: <https://www.telekom.com/media/company/240264> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>16</sup> Disponível em: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2667536/Smart-LAMP-POSTS-end-parking-woes-App-locates-space-lights-guide-spot.html> : Acesso em 22 de outubro de 2016

- Transmissão dos dados gerados pelos sensores, via sinal de celular, para o servidor de dados central da cidade;
- Processamento dos dados e geração de informação, que será transmitida para painéis de trânsito instalados nas ruas próximas ao local de estacionamento e ao aplicativo *mobile Tap&Park*;
- Aplicativo Tap&Park, disponível gratuitamente para os motoristas nos sistemas operacionais Android, iOS e Windows Phone, que permite aos seus usuários localizar as vagas mais próximas, pagar o uso do estacionamento antecipadamente, estender o período de uso da vaga remotamente e ainda receber reembolso de horas não utilizadas.

Abaixo, na Figura 20, o sistema de estacionamento inteligente aplicado na cidade italiana está esquematizado:

Figura 20 - Esquemática de funcionamento do estacionamento inteligente de Pisa



(fonte: Adaptado de Deutsche Telekom<sup>17</sup>)

De acordo com a municipalidade e as empresas desenvolvedoras do projeto<sup>18</sup>, além de tornar a procura por vagas de estacionamento e o sistema de pagamento mais eficientes, o *smart parking* da cidade de Pisa é responsável por diminuir a poluição por emissão de dióxido de carbono e

<sup>17</sup> Ibid.

<sup>18</sup> Ibid.

melhorar o trânsito do local, já que 30% do tráfego interno gerado pelos 90.000 motoristas que circulam na cidade diariamente são de pessoas procurando vagas nas vias públicas.

#### 3.2.1.4. Semáforos e Sinais de Trânsito Automatizados

Sinais de trânsito automatizados, tais como semáforos para carros e pedestres, são equipamentos que combinam os componentes já tradicionais da sinalização e controle de tráfego com o uso de *softwares* de inteligência artificial e sensores em vias, com o objetivo de otimização do fluxo de veículos e pessoas.

Este tipo de ITS é baseado no controle remoto e automatizado dos sinais de trânsito. Pacotes de implementação reconhecidos, como o SCATS – *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System* – utilizam sensores físicos, geralmente laços indutivos, no pavimento das vias para coletar dados sobre intensidade e comportamento do tráfego, e a presença de pedestres em espera nas faixas de travessia<sup>19</sup>. Os dados, que podem ser transmitidos por cabos de fibra ótica ou sinais de celular, são processados por um servidor central que calculará, com base no conjunto de vias e intersecções de uma determinada área de influência, os ciclos ótimos dos semáforos para cada horário e intensidade de tráfego.

Além disso, os técnicos responsáveis pelo monitoramento do servidor podem programar o sistema para priorizar fluxos prioritários pontuais, como ambulâncias, ou permanentes, no caso do transporte público. Ciclos básicos de semáforos também podem ser gravados diretamente na memória dos sinais para que, em caso de falha operacional no servidor ou nos sensores, o controle do tráfego não seja prejudicado<sup>20</sup>.

A cidade de Los Angeles, utilizando um sistema baseado no SCATS, possui atualmente 4.400 intersecções controladas por semáforos automatizados<sup>21</sup>, sob administração do LADOT – *Los Angeles Department of Transportation*. Como resultado desse sistema, batizado de ATSAC – *Automated Traffic Surveillance and Control System* -, o tempo médio de viagem diminuiu 16% e as velocidades aumentaram 12%<sup>22</sup>.

---

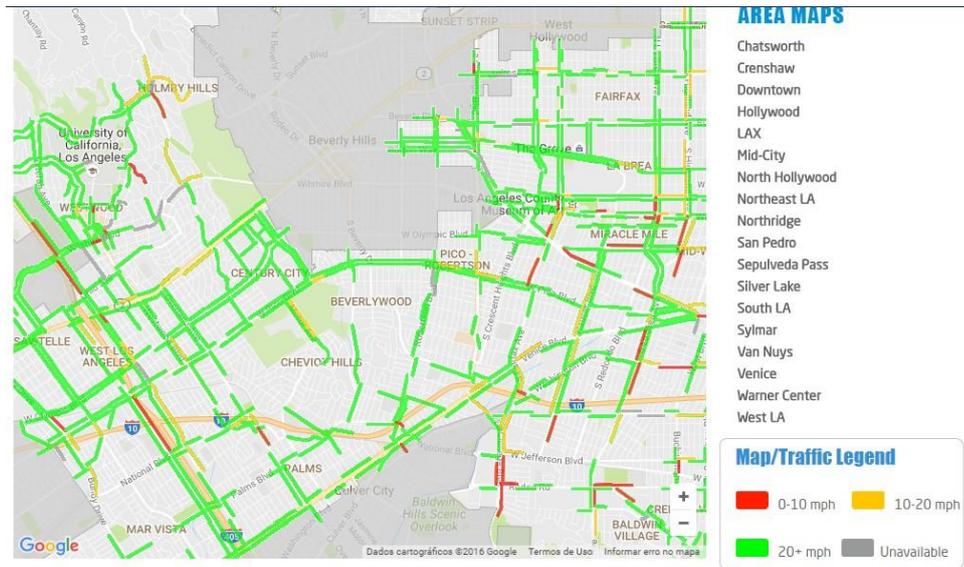
<sup>19</sup> Disponível em: <http://www.scats.com.au/how-scats-works-adaptive.html> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>20</sup> Ibid.

<sup>21</sup> Disponível em: <http://trafficinfo.lacity.org/about-atsac.php> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>22</sup> Ibid.

Figura 21 - Dados de tráfego em tempo real disponibilizados pelo LADOT

(fonte: LADOT<sup>23</sup>)

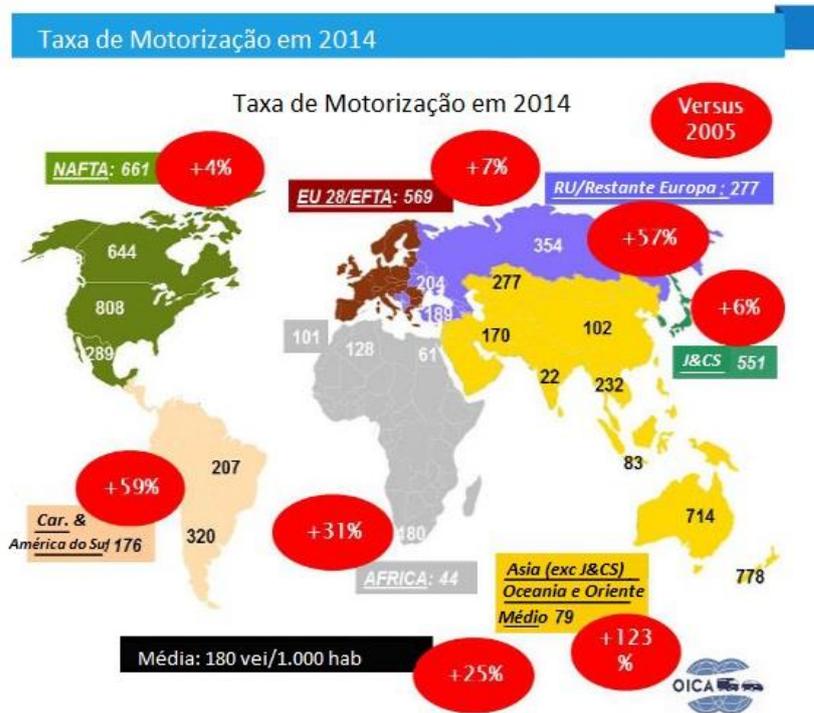
### 3.2.1.5. Compartilhamento de Automóveis

O conceito de *carsharing* ou *car clubs* consiste no aluguel de veículos por curtos espaços de tempo, geralmente inferiores a uma hora (SHAHEEN et al., 1998). Este é um sistema especialmente atrativo para pessoas que necessitam utilizar um veículo individual para locomoção por apenas curtos períodos de tempo ou de forma ocasional.

Em 2014, o número de veículos de uso pessoal atingiu a marca de 1 bilhão de unidades (OICA, 2014), e a taxa de motorização, conforme pode ser vista na figura 22 abaixo, está em ritmo de crescimento em todos os continentes.

<sup>23</sup> Ibid.

Figura 22 - Taxas mundiais de motorização individual

(fonte: Adaptado de OICA<sup>24</sup>)

Porém, já há uma tendência de saturação, e até mesmo queda, observada em regiões estabilizadas demograficamente, na relação Veículos x Quilômetros percorridos, conforme Figura 23 abaixo.

Figura 23 - Relação Veículos x Quilômetros percorridos



(fonte: Adaptado de Department of Infrastructure and Transport, Australia; US Department of Transport<sup>25</sup>)

<sup>24</sup> Disponível em: <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>25</sup> Disponível em: <http://www.economist.com/node/21563280?frsc=dg%7Ca> : Acesso em 22 de outubro de 2016

Esse comportamento tem como causas a estabilização nos países desenvolvidos da infraestrutura dedicada ao transporte individual, à mudança de paradigma das gerações mais jovens em relação à aquisição de um carro, levando-os a adiar esta decisão, e a maior oferta e incentivo às formas de transporte alternativas, racionalizando assim o uso de veículos individuais nas regiões de alta densidade populacional (MARTIN, 2011).

Como efeito dessas mudanças comportamentais, muitas cidades estão incentivando, desde a década de 1990, o estabelecimento de empresas e serviços de compartilhamento de carros, de forma a diminuir a frota de veículos nas ruas (Ibid.) e amenizar desta forma problemas de tráfego. Há estudos que demonstram que para cada carro disponibilizado em serviços de compartilhamento, 15 veículos são retirados das ruas<sup>26</sup>.

Sistemas de compartilhamento de carros, diferentemente dos serviços de alugueis tradicionais de veículos, possuem as seguintes características:

- Podem ser alugados por minutos, horas ou por um dia;
- Os postos de locação são distribuídos por uma determinada área geográfica, não precisando o usuário do serviço deixar o veículo no mesmo posto onde ele foi disponibilizado pela primeira vez;
- Os veículos estão disponíveis 24 horas por dia, e não somente nos horários comerciais e dias úteis;
- A permissão para o uso do serviço de compartilhamento é feita de forma prévia, através de um cadastro, depois do qual o usuário receberá autorização para utilizar o sistema de forma irrestrita;
- Geralmente os postos de locação são integrados com a rede de transporte público e demais *hubs* de transporte, como aeroportos e rodoviárias; e
- Os custos de combustível e limpeza estão inclusos na taxa paga pelo usuário.

Na cidade de Berlin, Alemanha, uma das empresas que oferecem o serviço de compartilhamento de carros, a Car2Go, possui 1.200 veículos elétricos e à gasolina<sup>27</sup>. Após o cadastro online do usuário, sendo ele morador da cidade ou turista, é possível, através do aplicativo *mobile* disponibilizado pela empresa, procurar os carros mais próximos disponíveis, realizar pagamentos, e encontrar estacionamentos já pagos pela Car2Go. Na Figura 24 está um

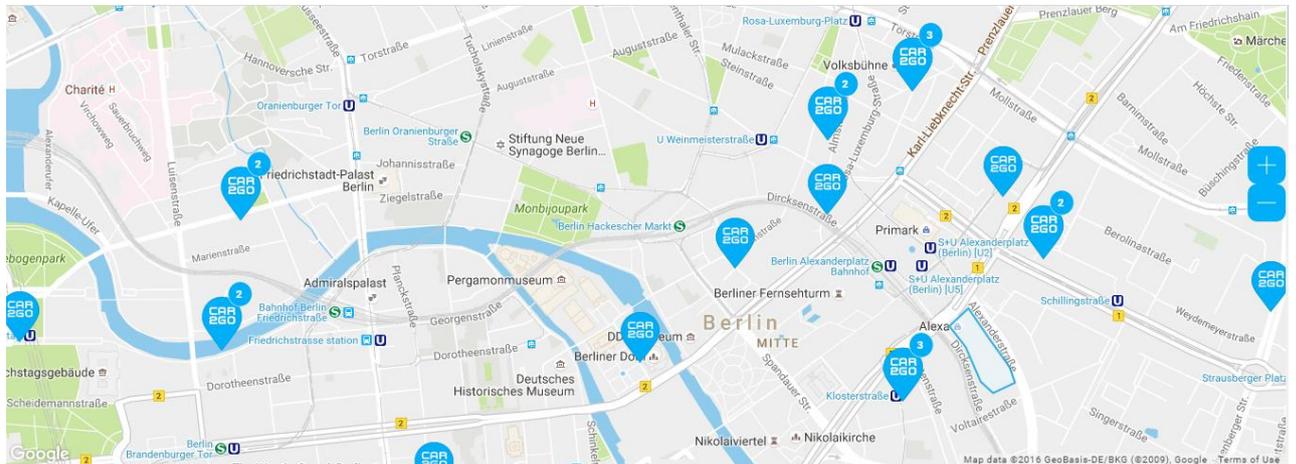
---

<sup>26</sup> Ibid.

<sup>27</sup> Disponível em: [www.car2go.com/DE/en/berlin/](http://www.car2go.com/DE/en/berlin/); Acesso em 22 de outubro de 2016

exemplo do rastreamento em tempo real de carros disponíveis na cidade, e na Figura 25, veículos elétricos da frota fornecida para compartilhamento.

Figura 24 - Mapeamento em tempo real de carros disponíveis para locação na cidade de Berlin



(fonte: Car2Go Berlin<sup>28</sup>)

Figura 25 – Veículos elétricos para locação na cidade de Berlin



(fonte: Car2Go Berlin<sup>29</sup>)

<sup>28</sup> Ibid.

<sup>29</sup> Disponível em: [www.carsharing-news.de/hinter-den-kulissen-von-car2go/](http://www.carsharing-news.de/hinter-den-kulissen-von-car2go/) : Acesso em 22 de outubro de 2016

### 3.2.1.6. Compartilhamento de Bicicletas

O Sistema de compartilhamento de bicicletas surgiu na Europa em 1965, e a partir dos anos 2000, tornou-se um serviço de larga escala com o uso de tecnologias, como cartões de transporte integrados e aplicativos. O *bike sharing* se caracteriza por atender a deslocamentos diários de pequenas e médias distâncias, e eventualmente para o uso recreativo, como passeios e atividades físicas.

Atualmente, existem sistemas de compartilhamento de bicicletas em mais de 700 cidades espalhadas por 50 países, totalizando 806.200 bicicletas em 37.500 estações de locação (SHAHEEN et al, 2015). As características dos sistemas implantados são semelhantes ao do *car sharing*, como a possibilidade de cadastro para uso irrestrito, pacotes e planos de pagamento flexíveis com a frequência de uso, interface sistema-cliente com aplicativos *mobile*, integração com outros modos de transporte e uma rede de estações de locação espalhadas geograficamente.

O modelo de negócios pode ser gerido de forma pública, a partir da municipalidade, de maneira privada ou por Parcerias Público-Privadas - PPPs. É importante notar que o fomento do uso de bicicletas como meio de transporte deve estar associado à implantação de uma infraestrutura específica, como ciclovias e ciclofaixas, desenvolvidas de acordo com a potencialidade de geração de viagens da população com esse modo de deslocamento.

O incentivo do uso da bicicleta como meio de transporte está ligado a uma busca na melhora das condições de trânsito de uma cidade (SHAHEEN et al., 2011), da diminuição das taxas de emissão de poluentes (Ibid.), e até mesmo da melhora da qualidade de vida dos seus habitantes. Há o registro de maior satisfação pessoal, e do sentimento de "pertencimento" à cidade das pessoas que adotam a bicicleta como solução alternativa de transporte diário ou eventual (Ibid.).

Como exemplo, a cidade de Copenhague, na Dinamarca, possui uma das mais altas taxas de adoção do uso de bicicletas como modo de transporte primário, com 30%<sup>30</sup> dos seus habitantes a utilizando como modo principal de deslocamento diariamente. Para tal, a população têm à disposição 400 quilômetros de ciclovias, e um sistema de transporte público integrado com esta rede. Em toda a Dinamarca, é estimado um total de 4 milhões de bicicletas (Ibid.).

---

<sup>30</sup> Disponível em: <http://denmark.dk/en/practical-info/work-in-denmark/transport-infrastructure-in-denmark> : Acesso em 22 de outubro de 2016

Outro caso emblemático é o da cidade de Hangzhou, na China. O transporte com bicicletas é tradicional neste país, mas a partir da década de 1970, com o crescimento econômico e da população urbana, esse modo de deslocamento começou a entrar em declínio (SHAHEEN et al, 2015). Com o deterioração das condições do trânsito e da poluição causada pela frota crescente de carros, o governo de Hangzhou em 2008 criou o serviço público de bicicletas, hoje o maior do tipo no mundo (Ibid.), de forma a incentivar o transporte alternativo e livre de emissões de CO2.

Hangzhou possui 7 milhões de habitantes, e através do *Hangzhou Public Bicycle*, um serviço público, 280.000 viagens são atendidas diariamente com a oferta de 66.500 bicicletas em 2.700 estações (SHAHEEN, 2011). O serviço funciona a partir do uso de cartões inteligentes para *check in* e *check out* automático nas estações. O sistema é monitorado de forma a fornecer ao usuário a informação em tempo real dos locais mais próximos onde bicicletas estejam disponíveis para locação.

Figura 26 - Estação de locação de bicicletas em Hangzhou, China



(fonte: BikeShare<sup>31</sup>)

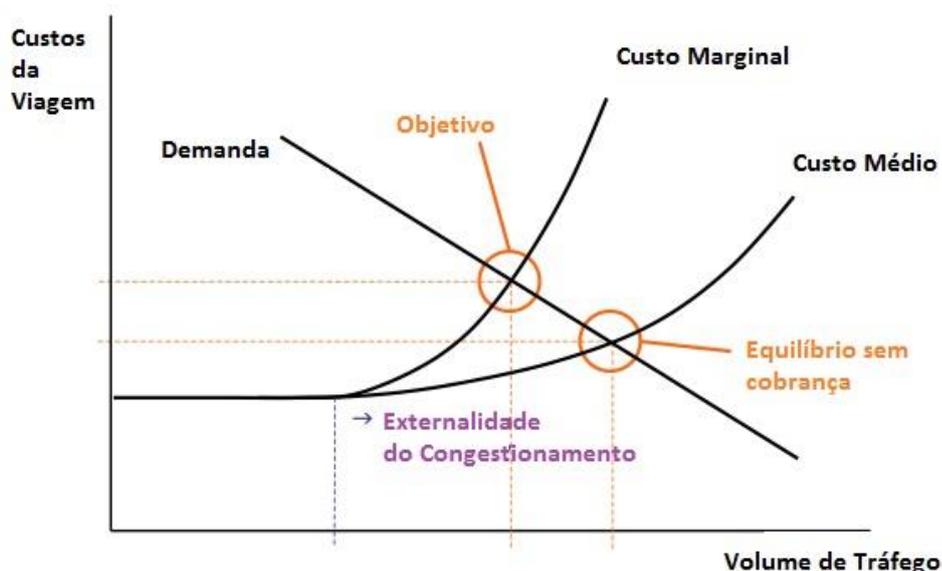
<sup>31</sup> Disponível em: <http://bikeshare.com/2013/10/bike-share-spotting-in-far-east-asia/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

### 3.2.1.7. Pedágios Inteligentes

O pedágio urbano é um mecanismo de controle de demanda utilizado para racionalizar o tráfego de automóveis em partes específicas do perímetro urbano. Cidades como Londres, Singapura, e Estocolmo adotaram essa solução nas suas áreas centrais para amenizar problemas associados ao excesso de tráfego, falta de estacionamentos, e otimização dos deslocamentos realizados, aliando o pedágio urbano com o fomento ao uso do transporte público.

A justificativa para a cobrança pelo uso de vias públicas está no conceito econômico de *congestion pricing* (SMALL, 2007). Essa teoria preconiza que os consumidores devem pagar pela externalidade causada pelo excesso de demanda por determinado bem ou serviço que possui disponibilidade limitada. No caso das vias públicas, a disponibilidade é a capacidade máxima que pode ser atingida antes que o nível de serviço se deteriore.

Figura 27 - Equilíbrio entre oferta e demanda e o Custo Marginal



(fonte: Adaptado de Wikimedia Commons<sup>32</sup>)

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 27, quando o custo por determinado bem tende a zero, a linha da função de demanda (benefício marginal do consumidor) tende a aumentar. Porém, com o aumento do uso desse bem (a via), à medida que o volume de tráfego aumenta, as externalidades causadas pelo excesso de demanda fazem que o custo dessas viagens

<sup>32</sup> Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TE-Pricing-EquilibriumCongestion.png> : Acesso em 22 de outubro de 2016

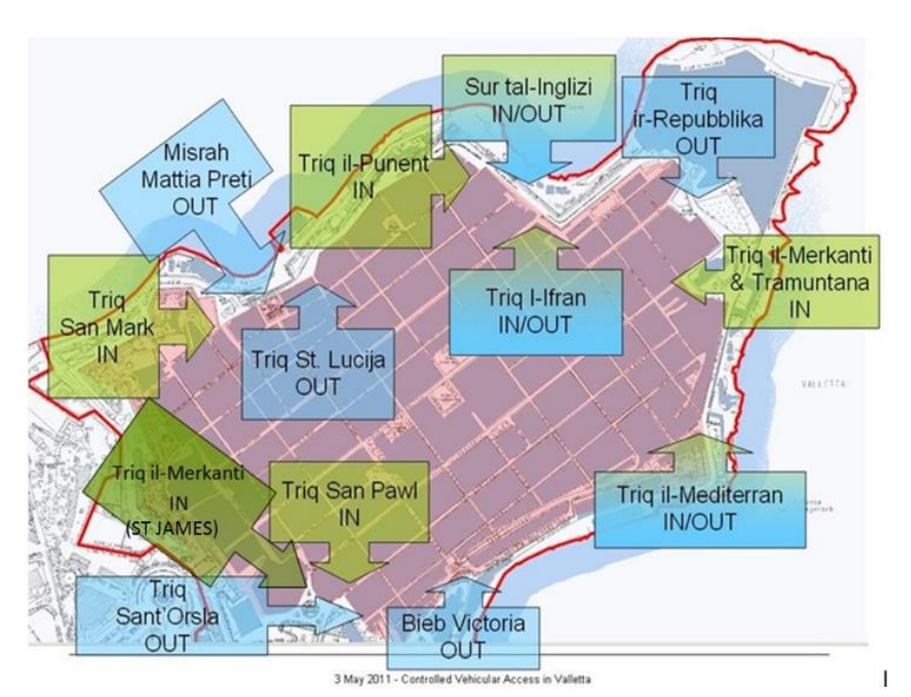
para o consumidor aumente, já que o tempo necessário para a realização deste deslocamento será maior, e o tempo também terá um custo associado (SENNÁ, 2014). A linha *average cost* no gráfico representa o aumento no custo da viagem para o usuário com o incremento do tráfego.

Já a curva *marginal cost* representa o custo total do consumidor e do congestionamento causado para a economia da cidade. O objetivo da cobrança das vias é alcançar o equilíbrio entre o benefício marginal do consumidor e os custos totais causados pelo uso desta mesma via.

Como um exemplo de aplicação do pedágio urbano, tem-se a capital de Malta, Valletta, a menor capital em área total da Europa, com apenas 0,8 km<sup>2</sup> e localizada em uma das ilhas do país. A região metropolitana da cidade tem 355.000 habitantes, e possui um centro histórico, onde moram pouco mais de 6.000 pessoas, que atrai um grande fluxo de turistas. No ano de 2014, haviam 335.000 veículos licenciados na ilha principal (ISON, 2013).

Em 2007, a municipalidade criou o sistema CVA - *Controlled Vehicular Access* -, para racionalizar a grande demanda de acesso por automóveis à área histórica de Valletta. A delimitação do sistema pode ser vista na Figura 28:

Figura 28 - Área com pedágio urbano no centro de Valletta, Malta



(fonte: Governo de Malta<sup>33</sup>)

<sup>33</sup> Disponível em: <http://www.cva.gov.mt/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

O pedágio urbano maltês possui as seguintes características<sup>34</sup>:

- O sistema de controle funciona com a identificação automática das placas dos carros que entram na área de cobrança, através de 27 câmeras posicionadas nas ruas de acesso à área histórica;
- O tempo de permanência no perímetro é livre durante os primeiros 30 minutos, e após o período, a cobrança é calculada proporcionalmente. Horários específicos são livres de cobrança, como fins de semana e feriados.
- A cobrança dos motoristas é efetuada com o método *pay-as-you-go*, que vincula às placas dos veículos licenciados no país contas pelo tempo de uso das vias e estacionamentos.
- O pagamento pelos usuários pode ser efetuados em postos físicos do governo, débito automático em conta corrente, ou por cartão de crédito no site do CVA. Os motoristas podem monitorar pelo mesmo site o histórico de registros de acesso ao perímetro controlado.
- Os residentes da área controlada estão isentos do pagamento pelo uso das vias e estacionamentos.

Como resultados, o centro histórico reduziu o número de veículos entrando em seu perímetro de 10.000 para 7.800 carros\dia, e aumentou o número de vagas de estacionamentos disponíveis simultaneamente para 400 (ISON, 2013). O número de carros visitantes que ficavam na área por mais de oito horas diminuiu 60%, e os que ficam somente entre uma e quatro horas aumentaram 34%, significando assim uma maior número e rotatividade de visitantes no centro histórico (Ibid.).

---

<sup>34</sup> Ibid.

### 3.2.1.8. Veículos Elétricos, Integrados e Autônomos

Veículos autônomos são automóveis que podem realizar viagens sem o comando humano, interpretando o ambiente externo e executando a navegação necessária somente com o auxílio de ferramentas como GPS, radares, odometria, entre outros sistemas de sensores (EPOSS, 2015). Todos esses componentes possuem juntos a capacidade de distinguir a infraestrutura de transportes, sinais de trânsito, pessoas, animais, e outros veículos, agindo em conformidade a cada um deles (Ibid.).

Entre as vantagens na evolução na forma como as pessoas utilizam o automóvel, abdicando da sua direção para um sistema automatizado, está a redução de acidentes de trânsito, diminuição do tráfego causado por má condução, aumento no tempo disponível dos motoristas para outras atividades, diminuição no tempo de viagem pela escolha automática das melhores rotas, entre outros (COLUMBIA UNIVERSITY, 2013). Contudo, veículos com tal funcionalidade atingem seu máximo potencial quando estão em um ambiente propício, onde exista uma rede de ITS nas vias que podem se comunicar com o sistema do carro, ou ainda com os automóveis próximos a ele (USDOT, 2014).

A Universidade de Singapura, em parceria com o MIT, está desenvolvendo um sistema de carros autônomos, a ser utilizado inicialmente em serviços de táxi<sup>35</sup>. O primeiro veículo com permissão para trafegar em vias públicas iniciou suas atividades em setembro de 2016 (Ibid.), e utiliza além dos próprios sensores, o já consolidado sistema de ITS instalado pelas vias públicas da cidade.

---

<sup>35</sup> Disponível em: <http://www.smartnation.sg/initiatives/Mobility/self-driving-vehicle-sdv-technologies>: Acesso em 22 de outubro de 2016

Figura 29 - Carro autônomo nas ruas de Singapura

(fonte: City Lab<sup>36</sup>)

### 3.2.2 Elementos de Planejamento Urbano

A ocupação do solo afeta a questão da mobilidade urbana nas cidades. Tendências adotadas nos últimos anos para a modificação da dinâmica e da demanda por deslocamentos dentro das redes de transporte público e individual tem sido testadas para solucionar os problemas causados pelas excessivas e extensas viagens que ocorrem diariamente nas cidades. Como já é de conhecimento dos planejadores e acadêmicos da área de engenharia de tráfego, o padrão de ocupação do uso do solo em uma determinada área ou bairro reflete diretamente na quantidade e comportamento da geração e atração de viagens que esta zona terá.

A partir dessa problemática, planejadores urbanos tem adotado nas últimas décadas o conceito de uso misto do solo. Este padrão é identificado por misturar em uma mesma região a ocupação residencial, cultural, comercial, governamental, entre outros, de forma a diminuir a demanda por grandes deslocamentos, e aumentar a atratividade das vias e espaços públicos aos pedestres (GEHL, 2013).

---

<sup>36</sup> Disponível em: <http://www.citylab.com/commute/2016/08/why-singapore-leads-in-self-driving-cars/494222/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

Conforme já citado na parte introdutória deste trabalho, durante a maior parte do século XX, a maior parte das cidades do mundo se desenvolveram a partir da dependência do transporte individual ou de massa, que permite que os habitantes de uma aglomeração urbana possam morar a maiores distâncias de seus locais de trabalho ou estudo que seus antepassados dependentes dos deslocamentos à pé ou a tração animal. O resultado foi a formação de grandes subúrbios demandadores de uma massiva infraestrutura de transporte para se locomover aos grandes centros.

Ainda na década de 1960, especialistas e autores iniciaram um movimento de críticas a este modelo urbano (JACOBS, 1961). A partir deste momento, a ideia do uso misto do solo como solução dos problemas de trânsito gerados pelo grande número de deslocamentos começou a tomar forma. Em conjunto com o fomento do uso misto através da mudança nos planos diretores das cidades, uma característica marcante é a integração deste uso com os sistemas de transporte público. Este planejamento do plano diretor em conjunto com a infraestrutura de transportes recebe o nome de *Transit Oriented Development* – TOD (WORLD BANK, 2013).

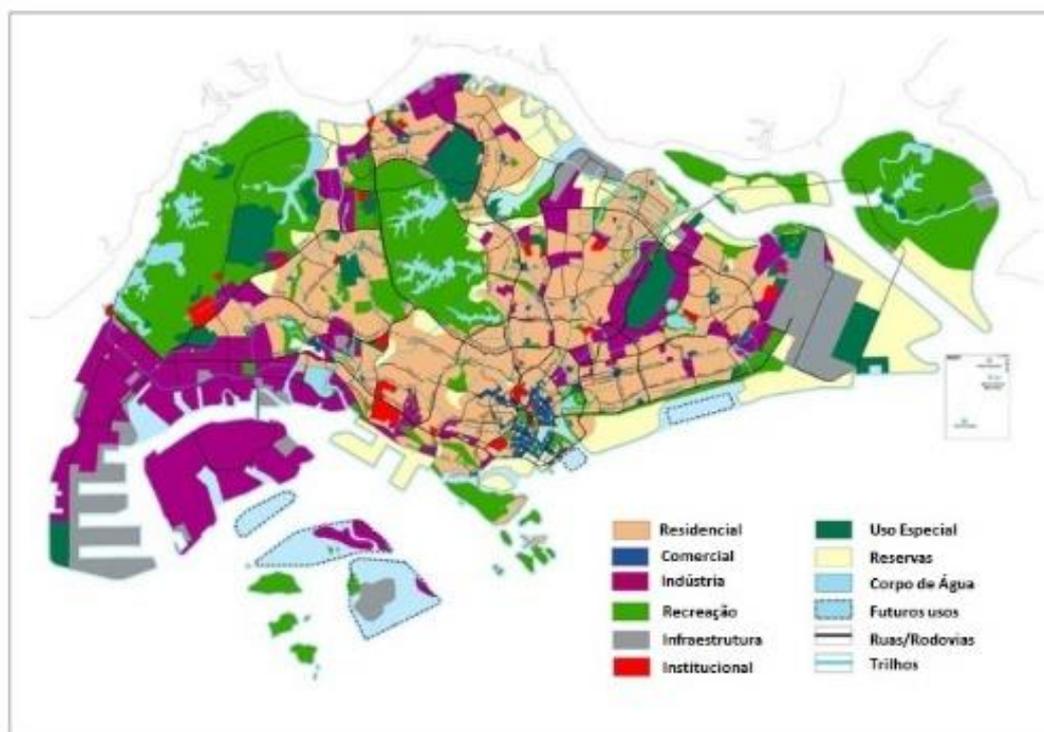
Com o conceito de TOD aliado ao uso misto do solo, é possível além de incentivar o uso mais racional dos meios individuais e coletivos de transporte, otimizar os investimentos necessários na manutenção e construção de infraestrutura de transportes, economizando assim recursos financeiros e físicos, como espaço disponível, da sociedade (Ibid.).

Abaixo, na Figura 30, está um exemplo de organização de uso do solo de forma mista e orientada ao transporte racionalizado. Em Singapura, o perímetro urbano apresenta vários pequenos centros principais, os quais são interligados por vias principais, de alta hierarquia, em conjunto com linhas de transporte público de massa<sup>37</sup>. Em adição a estes pontos, várias áreas abertas, para uso recreativo e de preservação ambiental, estão distribuídas pela cidade, conforme podem ser vistas marcadas em verde na Figura 30.

---

<sup>37</sup> Disponível em: <http://www.mnd.gov.sg/landuseplan/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

Figura 30 - Uso do solo em Singapura



(fonte: Adaptado de Ministry of National Development of Singapore<sup>38</sup>)

### 3.2.3 Elementos Governamentais

O papel que os poderes públicos têm em fomentar, fiscalizar e se posicionar frente às iniciativas vindas de entes privados, bem como criar as suas próprias, é, segundo vários autores, determinante no sucesso na transformação de uma cidade em *smart city*. Ainda há poucos estudos acadêmicos disponíveis à respeito da influência e no papel da governança e da administração pública na concepção e manutenção de uma cidade inteligente, mas já há o consenso (CHOURABI et al., 2012) que estes entes possuem papel essencial para mediar o grande tecido formado entre diversas iniciativas, ICTs e demais serviços criados por empresas, sociedade e entes públicos para tornar a vida nas cidades mais eficiente e agradável aos seus habitantes.

<sup>38</sup> Ibid.

Assim, pode-se listar pontos essenciais a serem adotados pela governança de uma cidade para fomentar projetos e iniciativas inteligentes (Ibid.):

- Colaboração;
- Liderança;
- Formação de parcerias;
- Comunicação;
- Troca e fornecimento de dados;
- Integração de serviços; e
- Ética, Responsabilidade e Transparência.

Uma administração pública inteligente, por meio de seus legisladores, membros do executivo e demais entes públicos devem ter como principal meta servir da melhor forma possível a população (ODENDAAL, 2013), estimular a participação pública na elaboração de projetos e iniciativas (GIFFINGER et al., 2007), mediar e facilitar PPPs, e criar um ambiente atrativo economicamente para a inovação tecnológica e de serviços (ODENDAAL, 2013), seja por meio da abertura da governança de um canal de comunicação transparente para a sociedade, por incentivos fiscais e por leis que não punam os empreendedores com entraves burocráticos (Ibid.). Além disso, a administração pública deve ser transparente quanto às suas atividades, mantendo a sociedade informada de todas as suas ações, planejamentos, despesas e investimentos (MOOIJ, 2003).

### **3.2.4 Elementos Socioeconômicos**

#### **3.2.4.1. Pessoas e Comunidades**

Conforme citado no item 3.2.3. deste trabalho, a participação da sociedade é crítica para o bom desenvolvimento e manutenção de projetos inteligentes. Ainda assim, este fator é constantemente negligenciado quando o assunto “cidades inteligentes” é estudado, sendo os campos relacionados ao desenvolvimento de ICTs e serviços *smart* os que recebem a maior atenção dentro das pesquisas acadêmicas e especializadas (CHOURABI et al.,2012).

A análise do fator social na elaboração e aplicação de planos para a formação de cidades inteligentes é complexa e não pode ser desprezada, pois a maneira com que a sociedade interagirá com as novas ferramentas e serviços disponibilizados será a chave entre o sucesso ou

o fracasso na concepção de uma *smart city* (Ibid.). Decisões tomadas exclusivamente “de cima para baixo” por entes públicos e privados sem estudar e considerar as necessidades, desejos e problemas que as comunidades possuem, é executar um planejamento à parte da realidade da cidade (Ibid.).

Um erro comum ao planejar ferramentas e serviços é considerar que os indivíduos fazem escolhas unicamente com o objetivo de maximizar sua utilidade individual, ao invés de somar às suas decisões a assimetria de informações, a reciprocidade, o contexto social, e outras questões psicológicas que tornam as escolhas e necessidades de uma pessoa um comportamento de difícil previsão e não-linear (McFADDEN, 2013).

Sob esta ótica de não-linearidade deve-se estimular a participação organizada da sociedade no processo de delineamento do planejamento urbano (GIFFINGER et. Al., 2007), utilizar ferramentas de análise e tratamento para o *Big Data* formado pelos ICTs de uma cidade inteligente, além de outras formas de coleta de informações, como as pesquisas declaradas (ORTUZAR, 1990). Assim, a tarefa de detectar as predisposições, necessidades e anseios dos habitantes de uma cidade não será mais fácil, mas gerará resultados mais acurados.

#### 3.2.4.2. Economia Inteligente

A Economia é um dos principais motivos que impulsionam cidades a planejar suas ações de forma mais eficiente e inovadora. Um ambiente econômico atrativo e dinâmico é um dos pilares de uma cidade inteligente (CHOURABI et al.,2012), visto que o fomento de novos empreendimentos, desenvolvedores de novas tecnologias e serviços só pode prosperar onde a liberdade econômica, a integração eficiente com mercados regionais e globais, o incentivo aos pequenos, médios e grandes empreendedores, além da flexibilidade de negociação no mercado de trabalho, existam (GIFFINGER et al.,2007).

A cidade israelense de Tel Aviv é um exemplo de como o desenvolvimento de uma economia livre e dinâmica auxilia na implantação de projetos *smart* e no conseqüente aumento da qualidade de vida de sua população. O município, o segundo maior de Israel, possui 414.000 habitantes, e sua região metropolitana 3,6 milhões, concentrando 46% de toda a população do país. Desde o início dos anos 2000, identificando uma saturação na infraestrutura e nos serviços

da cidade, a municipalidade de Tel Aviv<sup>39</sup>, em conjunto com seus residentes e empresas privadas, desenvolveu o projeto Digi-Tel em 2011. O objetivo era desenvolver soluções aos problemas existentes, além de engajar socialmente a população local, fazendo-os parte de todos os processos da cidade, desde o planejamento urbano até na criação de novas empresas e projetos (IDB, 2016).

Além das medidas e ferramentas comuns às cidades inteligentes, citadas em itens anteriores deste trabalho, Tel Aviv destacou-se por incentivar a criação e instalação de muitas empresas de tecnologia na cidade (IDB, 2016). Isto foi possível com uma legislação municipal atrativa às pequenas e grandes empresas nacionais e estrangeiras, criação de programas de empreendedorismo para os moradores locais, e a interação entre universidades e investidores privados<sup>40</sup>. Em 2014, Tel Aviv recebeu o *World Smart Cities Awards* por seu projeto DigiTel<sup>41</sup>.

---

<sup>39</sup> Disponível em: <https://www.tel-aviv.gov.il/en/abouttheCity/Pages/SmartCity.aspx> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>40</sup> Ibid.

<sup>41</sup> Disponível em: <http://www.smartcityexpo.com/awards-2014> : Acesso em 22 de outubro de 2016

## 4 CIDADES INTELIGENTES AO REDOR DO MUNDO

Neste capítulo, três cidades serão estudadas com maior detalhe, onde as suas principais iniciativas “inteligentes” serão listadas. A escolha por estas cidades em específico se explica pelas diferenças que elas apresentam entre si.

A cidade espanhola de Santander é uma cidade de origem medieval, de porte médio, com 180.000 habitantes. Londres e Singapura são centros de relevância mundial, sendo pontos de encontro de culturas distintas.

### 4.1 SINGAPURA

Singapura é uma cidade-estado asiática localizada em um arquipélago no extremo sul da península da Malásia, ficando a maior ocupação na ilha de Pulau Ujong. Possui 5.535.000 habitantes e densidade de 7.967 habitantes\km<sup>2</sup>, a terceira maior do mundo. Sua economia é baseada nos setores financeiro e de tecnologia, indústria naval e de componentes eletrônicos, além de ser considerada um dos maiores hubs logísticos do mundo pelo Banco Mundial<sup>42</sup>.

Independente desde 1965 da Malásia, a República de Singapura tem uma população diversificada, dada as diversas ondas migratórias que ocorreram ao longo de sua história e aos 123 anos de colonização britânica. 75 % da população é etnicamente chinesa, 13,4% malaia, 9,2 % indianos da etnia Tamil, e 3,3% de outros grupos. Possui quatro idiomas oficiais, sendo eles o inglês, mandarim, tamil e o malaio, e uma cultura diversificada que expressa claramente essa fusão de povos, seja na arquitetura, culinária ou nos costumes locais. Como resultado, todas as placas públicas são escritas nos quatro idiomas oficiais, como pode ser visto na figura 31:

---

<sup>42</sup> Disponível em: <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2015/10/27/singapore-world-bank-group-agree-to-establish-major-infrastructure-and-urban-development-hub> : Acesso em 27 de outubro de 2016

Figura 31 - Placas de informações turísticas em Singapura

(fonte: Mnn.com<sup>43</sup>)

Atualmente, 12% de toda a ocupação do solo do arquipélago é dedicada às vias para automóveis e demais infraestruturas de transporte, como sistemas de trens e aeroportos, além da existência de uma frota de veículos particulares que ultrapassa um milhão de unidades<sup>44</sup>. Esses fatores, somadas a uma grande população ocupando um espaço sem perspectivas de crescimento, torna essencial a adoção de medidas racionalizadoras do uso dos recursos espaciais e econômicos, e da demanda da população pela infraestrutura de transporte.

Uma das medidas adotadas pelo governo de Singapura para controle de demanda de carros mais conhecida mundialmente, é o COE – *Certificate of Entitlement*. Este certificado funciona como uma licença para uso de veículos particulares no país, e é emitido pelo LTA – *Land Transport Authority* - desde 1990. A licença tem validade de dez anos, e o preço pago por ela muitas vezes excede o valor do próprio carro a ser usado. O seu custo possui uma fórmula de cálculo, que depende da frota atual em circulação, a projeção de motoristas com licenças a vencer e a cota estabelecida de frota ideal para um determinado período (IMF, 2001). Como exemplo, a cotação do COE para o dia 7 de setembro de 2016 estava em até 57.000 Dólares de Singapura (SGD), ou R\$ 135.600<sup>45</sup>. Além disso, o governo adiciona *sin taxes* aos veículos, tornando-os ainda mais caros de serem adquiridos<sup>46</sup>.

<sup>43</sup> Disponível em: <http://www.mnn.com/lifestyle/arts-culture/stories/9-of-the-worlds-most-multilingual-countries> ; Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>44</sup> Disponível em: <http://www.smartnation-forbes.com/> ; Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>45</sup> Disponível em: [http://www.oneshift.com/new\\_cars/lcoe.php](http://www.oneshift.com/new_cars/lcoe.php) ; Acesso em 7 de setembro de 2016

<sup>46</sup> Disponível em: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2011-02-16/bmw-3-series-costs-260-000-as-singapore-tax-keeps-cars-for-rich> ; Acesso em 22 de outubro de 2016

A partir de 2014, Singapura integrou todos os *masterplans* e iniciativas ligadas à inovação tecnológica e de planejamento do país em um único projeto chamado *Smart Nation*<sup>47</sup>. A ambição do governo é tornar a cidade-estado a primeira nação inteligente do mundo. O desenvolvimento e adoção de ICTs, banco de dados abertos, e sistemas no formato IoT para aplicação no cotidiano da cidade já possui, de forma consistente e organizada 10 anos, e o chamado *e-governance* (governo eletrônico), onde a administração pública mantém seus processos e inter-relações de forma predominantemente digital, já é aplicado desde os anos 1980 (IDB, 2016).

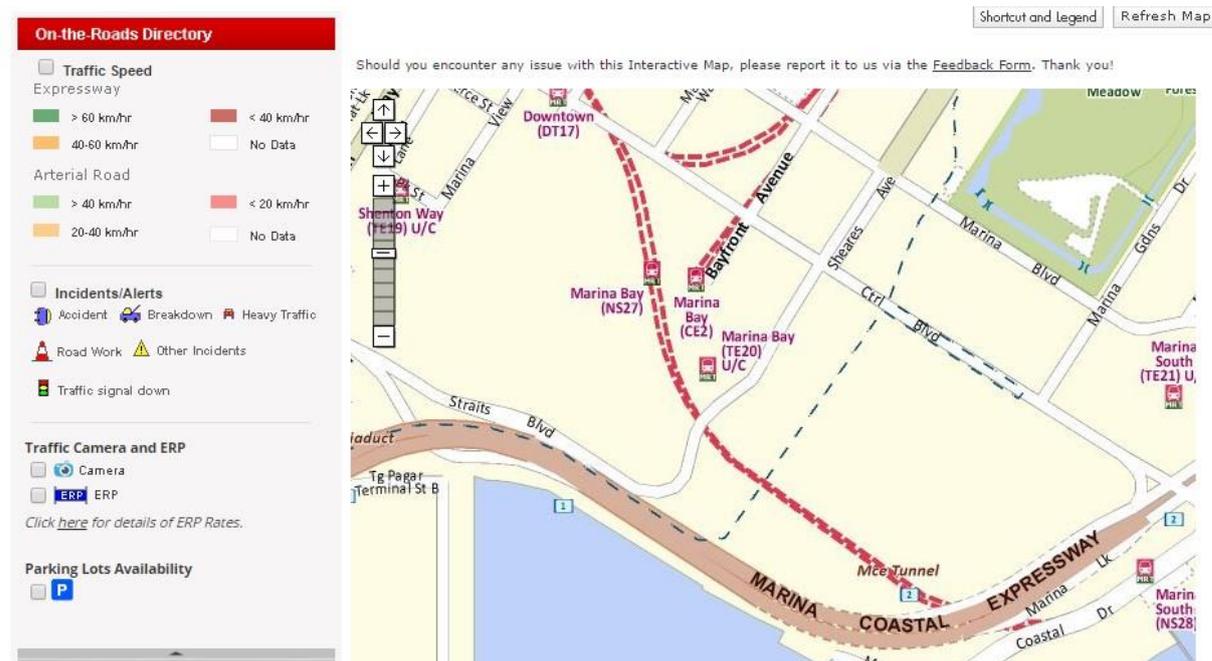
No campo da mobilidade urbana, a prioridade é realizar a integração holística entre todos os modos de transporte, de forma que os deslocamentos se tornem mais eficientes e menos penosos à população. Além da iniciativa de controle de frota citada anteriormente, o sistema de transporte público de massa da cidade, composto de ônibus e metrô, oferece passagens gratuitas nas horas matinais que se antecedem ao pico, e há a cobrança de *sin taxes* para veículos que utilizam ruas e rodovias em certos horários ou já congestionadas, sendo uma forma de pedágio dinâmico. Aos motoristas, o portal de informações *One Motoring*<sup>48</sup> oferece aplicativos interativos como informações do trânsito em tempo real, câmeras instaladas nas vias, simulador de rotas com cobranças menores, informações sobre estacionamentos e serviços de táxi, pagamentos *online* de multas, vagas de estacionamento, pedágios, entre outros. A seguir, na Figura 32, está uma tela das informações do trânsito em tempo real.

---

<sup>47</sup> Disponível em: <http://www.smartnation.sg/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>48</sup> Disponível em: <https://www.onemotoring.com.sg/content/onemotoring/en.html> : Acesso em 22 de outubro de 2016

Figura 32 – Mapa em tempo real das condições de trânsito em Singapura

(fonte: One Motoring<sup>49</sup>)

As informações sobre condições de trânsito e estacionamento também são disponibilizadas pelo aplicativo MyTransport.SG, distribuído para as plataformas *Android* e *iOS*<sup>50</sup>. O MyTransport.SG também atende aos usuários de transporte público, oferecendo em tempo real as melhores rotas de ônibus e trens, além da opção de personalização dos deslocamentos caso o usuário esteja realizando sua rota de bicicleta ou procurando por áreas recreativas, como parques<sup>51</sup>. Caso o morador ou turista necessite de outros tipos de informação, o hub criado pelo projeto *Smart Nation* disponibiliza onze aplicativos que atendem a uma gama de interesses e serviços, como saúde, pontos históricos, interação com órgãos públicos e fornecimento de estatísticas diversas<sup>52</sup>.

Singapura também tem sido pioneira em estimular o desenvolvimento e o uso de carros autônomos em suas vias, conforme visto no item 3.2.1.8, e na sinergia entre o uso do solo e a mobilidade urbana da cidade, citado no item 3.2.2.

<sup>49</sup> Disponível em: <https://www.onemotoring.com.sg/content/onemotoring/en/imap.html> Acesso em 27 de outubro de 2016

<sup>50</sup> Disponível em [https://www.mytransport.sg/mobile/mytransport\\_mobile.html](https://www.mytransport.sg/mobile/mytransport_mobile.html) Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>51</sup> Ibid.

<sup>52</sup> Disponível em: <http://www.smartnation.sg/apps> Acesso em 22 de outubro de 2016

O *Big Data* gerado por todo o sistema de ICTs, comportamento de tráfego, uso de transporte público, e pela própria governança, é mantido pelo governo e disponibilizado<sup>53</sup> para população e desenvolvedores de potenciais serviços e produtos, além de auxiliar na intercomunicação entre órgãos do governo.

Entre as principais políticas públicas adotadas, está o programa *Smart Nation Fellowship Programme*<sup>54</sup>, onde há o incentivo de desenvolvedores de aplicativos e ferramentas tecnológicas diversas, individuais ou empresas, criarem soluções dentro do setor público de Singapura. De maneira geral, o país incentiva empresas de tecnologia a investirem ou serem criadas pela população local. Há instalados na cidade vários *campi* de empresas cujo objetivo é testar novas soluções, com a garantia de que se bem sucedidas, poderão ser aplicadas e comercializadas não somente em Singapura, mas graças à grande abertura comercial que a cidade-estado possui, com todo o mercado global<sup>55</sup>.

Figura 33 – *Campi* de inovação em funcionamento na cidade-estado de Singapura



(fonte: Smart Nation<sup>56</sup>)

<sup>53</sup> Disponível em: <http://www.smartnation.sg/resources/open-data> Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>54</sup> Disponível em: <https://fellowships.data.gov.sg/> Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>55</sup> Disponível em: <http://www.smartnation.sg/about-smart-nation> Acesso em 22 de outubro de 2016

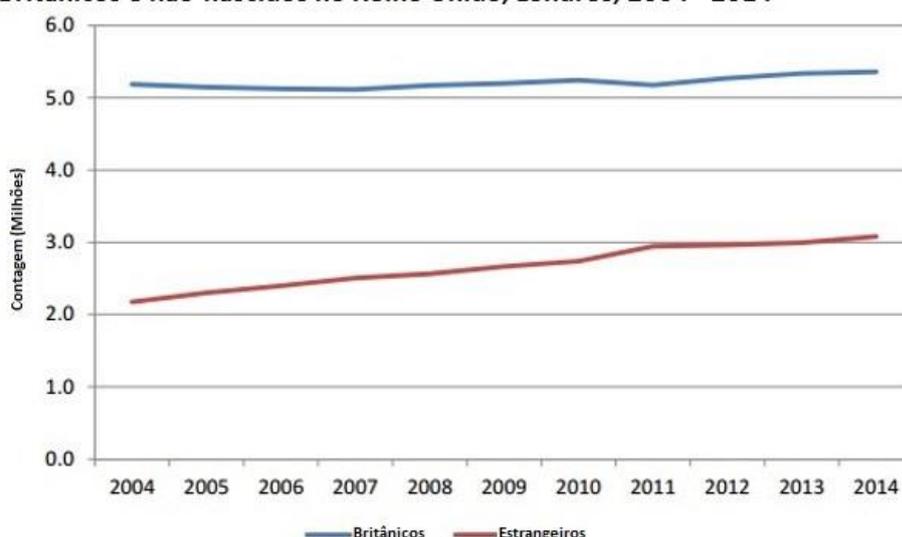
<sup>56</sup> Ibid.

## 4.2 LONDRES – REINO UNIDO

Londres, além de ser a capital da Inglaterra e do Reino Unido, é a maior cidade do país, com 8.600.000 habitantes. Destes, 3 milhões são estrangeiros<sup>57</sup>, sendo indianos, irlandeses, poloneses e paquistaneses as nacionalidades mais representativas. O grande fluxo de novos moradores vindos de outros países se acelerou a partir de 2004, tendo no intervalo de dez anos um acréscimo de 1 milhão de novos residentes na cidade, enquanto que a população britânica se manteve constante, conforme pode ser visto na figura abaixo:

Figura 34 – Cidadãos britânicos e estrangeiros em Londres – 2004 a 2014

**Figura 1: Britânicos e não-nascidos no Reino Unido, Londres, 2004 - 2014**



(fonte: Adaptado de Greater London Authority<sup>58</sup>)

A ocupação da área onde hoje se localiza a cidade de Londres iniciou-se na época do Império Romano, no ano de 43 D.C (PERRING, 1991), sendo antes utilizada de forma esparsa por tribos celtas. Foram os romanos que deram origem ao topônimo da cidade, batizando o entreposto criado de *Londinium*. Após a queda de Roma, o local aos poucos ganhou importância durante a sequência de reinos saxões que se seguiram durante a idade média, deixando muitas edificações que podem ser vistas atualmente na parte central da cidade.

<sup>57</sup> Disponível em <https://files.datapress.com/london/dataset/london--country-of-birth-estimates--2004-2013-/2015-09-23T12:22:38/Update-09-2015-country-of-birth-2004-2014-london.pdf> Acesso em 22 de outubro de 2016

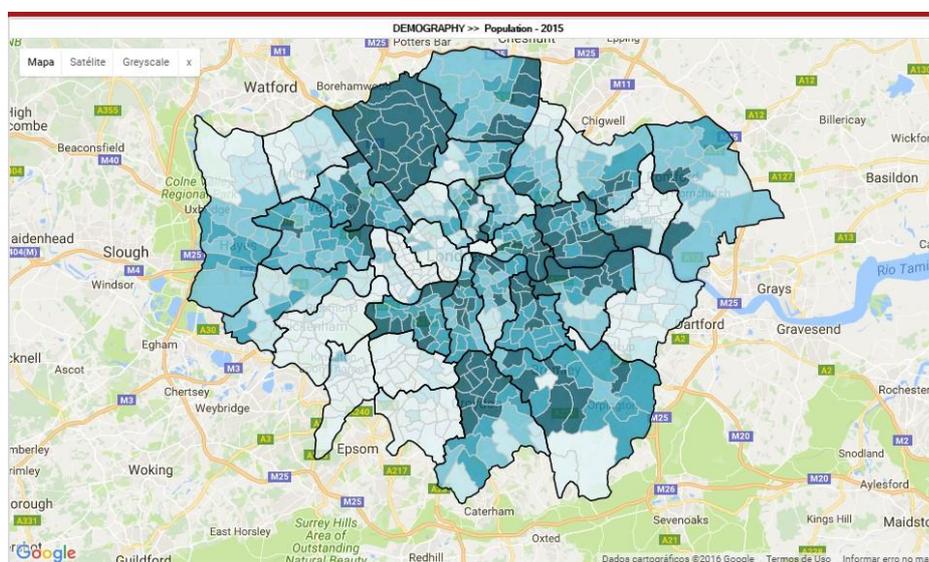
<sup>58</sup> Ibid.

No início da Idade Moderna, Londres já possuía grande importância comercial, pois além de ser capital do Império Britânico, era sede das companhias de comércio *Royal Exchange* e *East India Company*. Porém, foi durante a Revolução Industrial no século XVIII que a cidade teve seu maior salto demográfico. No ano de 1801, Londres atingiu 1 milhão de habitantes<sup>59</sup>, e cinquenta anos depois, 2,3 milhões<sup>60</sup>. De fato, até 1925, a capital britânica era a cidade mais populosa do mundo, quando perdeu o posto para Nova York.

A partir da década de 1930, com o declínio do Reino Unido como potência mundial e as ondas migratórias para outras regiões do país, Londres, após atingir a marca de 8 milhões de habitantes, viu sua população diminuir gradualmente até os anos 1980, quando a população total era de 6.600.000 pessoas<sup>61</sup>. Com a retomada do crescimento econômico britânico, e o ressurgimento como cidade global, o movimento demográfico londrino se tornou novamente positivo, atingindo em 2011 a marca de 8,1 milhões de habitantes.

A densidade demográfica é alta, com 5.500 habitantes/km<sup>2</sup>. Contudo, a população está distribuída de forma heterogênea dentro do perímetro urbano, conforme pode ser visto na Figura 25 a seguir:

Figura 35 – População de Londres distribuída em distritos



(fonte: London Datastore<sup>62</sup>)

<sup>59</sup> Disponível em <http://www.visionofbritain.org.uk/unit/10097836/theme/POP> Acesso em 22 de outubro de 2016

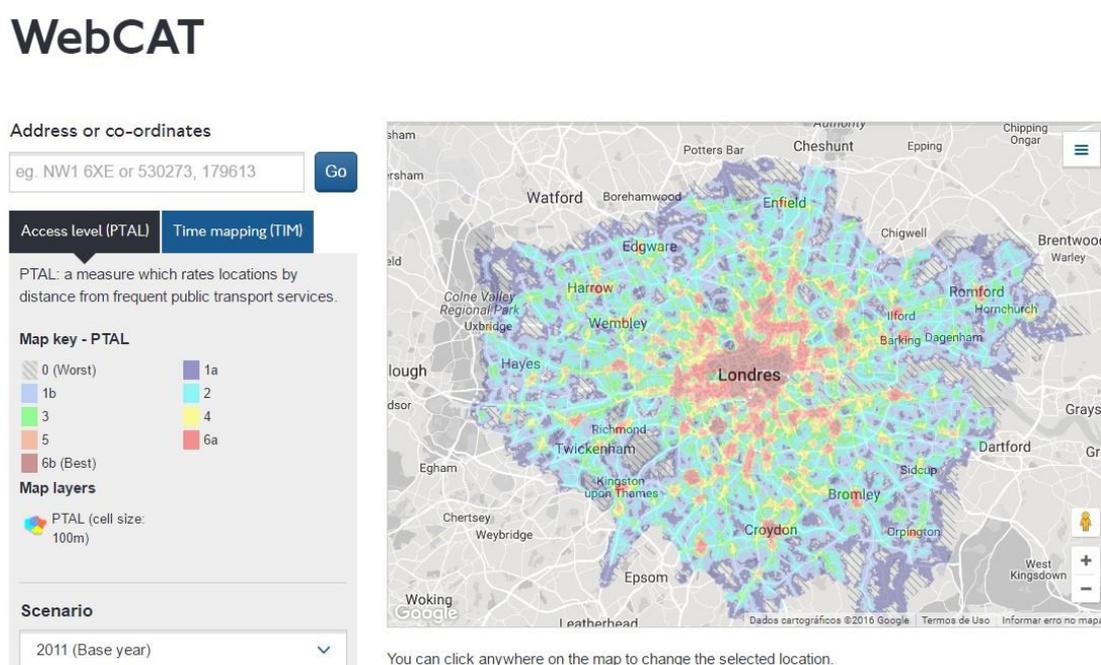
<sup>60</sup> Ibid.

<sup>61</sup> Ibid.

<sup>62</sup> Disponível em <http://londondatastore-upload.s3.amazonaws.com/instant-atlas/ward-profiles-html/atlas.htm> Acesso em 23 de outubro de 2016

A empresa pública *Transport for London*, que gerencia o sistema de transporte público municipal, disponibiliza a plataforma WebCAT<sup>63</sup> sobre informações georreferenciadas dos serviços oferecidos, além de estimar através do *Public Transport Accessibility Levels* a qualidade de oferta de modos de transporte em todo território londrino, além de gerar tempos de viagem. Na Figura 36 está o mapa com as classificações de qualidade de oferta de transporte público. Nota-se que a região central apresenta a melhor disponibilidade do sistema público, seguido de pontos nodais periféricos.

Figura 36 – Mapa da disponibilidade de transporte público em Londres



(fonte: Transport for London<sup>64</sup>)

O sistema de transporte público londrino é referencial para as demais cidades. Possui o metrô mais antigo do mundo, já mencionado no item 3.1, e uma densa linha de trens leves e ônibus, também icônicos. A cidade também possui linhas de transporte público fluvial pelo Rio Tâmisa, cujo mapa pode ser visto na Figura 37 a seguir.

<sup>63</sup> Disponível em <https://tfl.gov.uk/info-for/urban-planning-and-construction/planning-with-webcat> Acessos em 23 de outubro de 2016

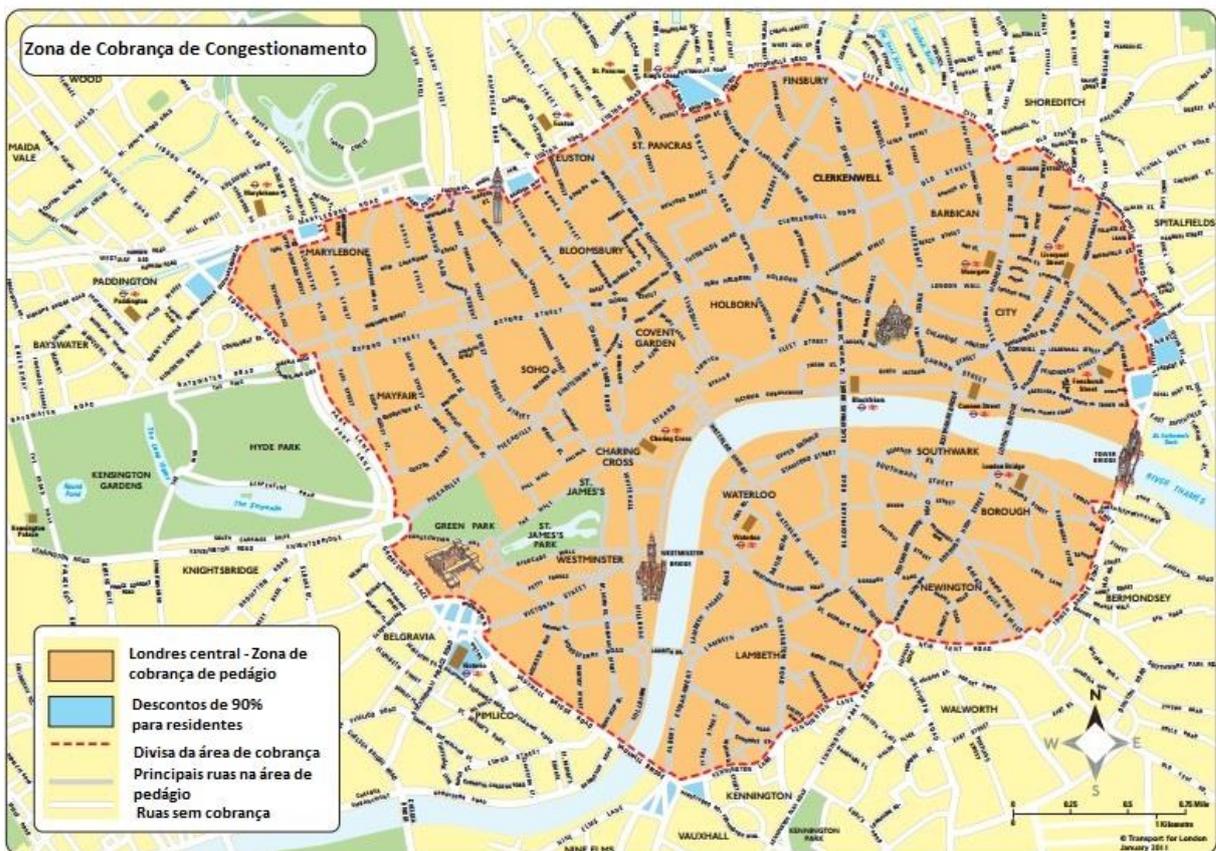
<sup>64</sup> Ibid.



detecção dos automóveis é feita de forma automática, pela leitura da placa por câmeras, e o pagamento pode ser efetuado pelo site da TfL, ou pela central de atendimento por telefone.

Veículos de serviços essenciais, como ambulâncias, viaturas e táxis, são isentos do pagamento, bem como automóveis cujos donos possuem algum tipo de deficiência física. Residentes do perímetro, donos de motocicletas ou de carros com baixa emissão de CO<sub>2</sub> possuem descontos no pagamento do pedágio.

Figura 38 – Perímetro do pedágio urbano em Londres



(fonte: Adaptado de Transport for London<sup>69</sup>)

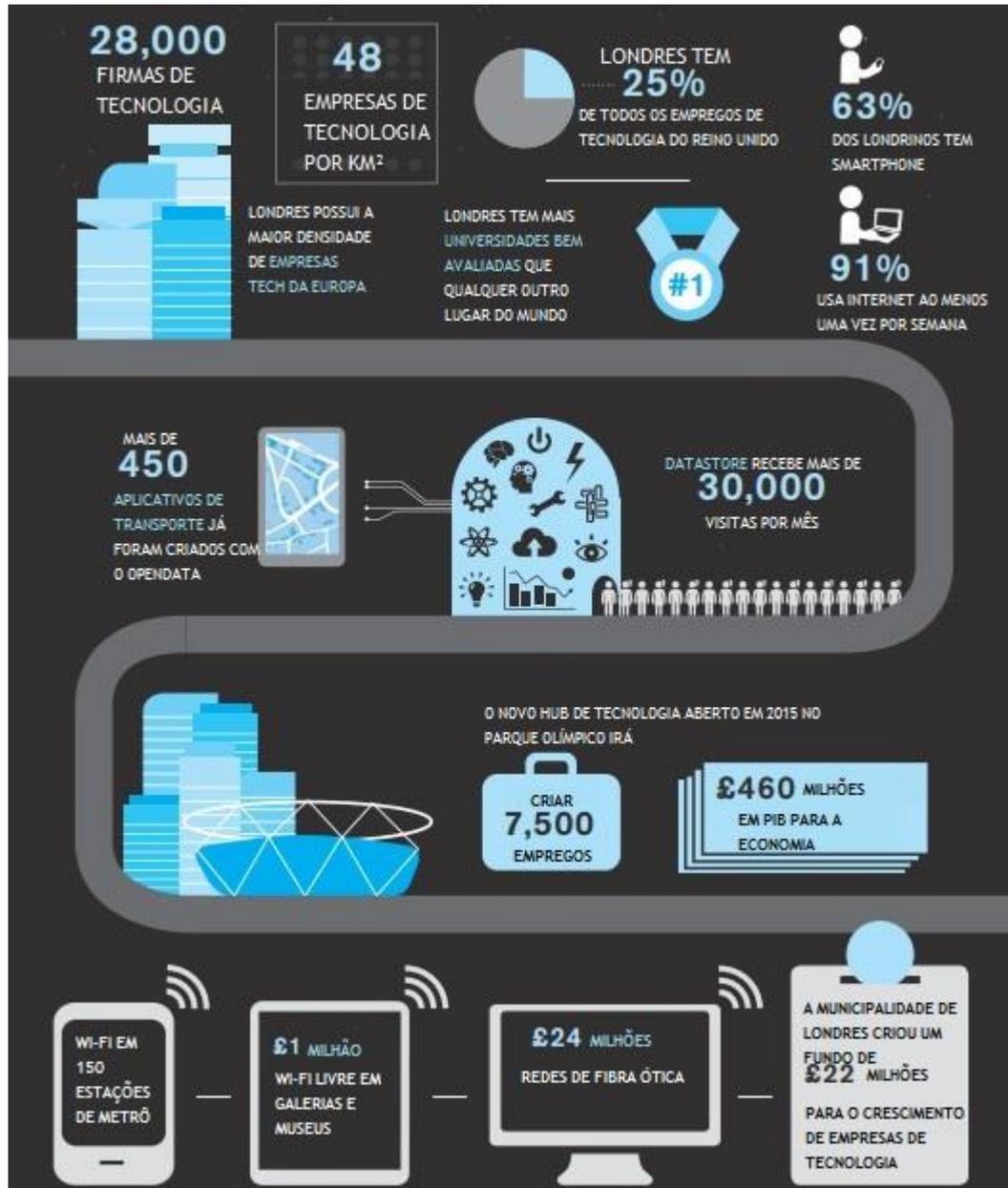
A municipalidade londrina lançou em 2013 seu *Smart London Plan*<sup>70</sup>, onde integrou iniciativas anteriores com novas metas a serem cumpridas nas próximas décadas. O plano está baseado na estimativa que a população de Londres ultrapassará a marca de 10 milhões de habitantes em

<sup>69</sup> Disponível em <http://content.tfl.gov.uk/congestion-charge-zone-map.pdf> Acesso em 23 de outubro de 2016

<sup>70</sup> Disponível em: [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/gla\\_smartlondon\\_report\\_web\\_4.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/gla_smartlondon_report_web_4.pdf) Acesso em 23 de outubro de 2016

2036, e que seus serviços e infraestrutura disponíveis devem estar de acordo com esse aumento de demanda. Para isso, aposta-se na inovação tecnológica, nas parcerias público-privadas, e na atração de investimentos e novas empresas para a cidade, conforme pode ser visto no infográfico da Figura 39:

Figura 39 – Panorama tecnológico atual de Londres



(fonte: Adaptado de Greater London Authority<sup>71</sup>)

<sup>71</sup> Ibid.

Entre as medidas já em funcionamento está a *London Data Store*, que disponibiliza o *Big Data* da cidade para a população, órgãos governamentais e desenvolvedores de novas ferramentas e aplicativos. Só na área de mobilidade, mais de 400 aplicativos já foram criados para o uso do sistema e infraestrutura de transporte público e individual.

O *Data Science Institute*<sup>72</sup>, instalado dentro do *Imperial College London*, permite que a comunidade acadêmica, em conjunto com a municipalidade e demais parceiros nacionais e estrangeiros interessados, estudem e desenvolvam novas formas de pesquisa e análise de grandes *datasets*, além de treinar novos pesquisadores. Já as iniciativas *Smart London Districts Network*, e os *Living Labs* do *Intel Collaborative Research Institute* permitem que empreendedores desenvolvam novas tecnologias e as testem em diferentes distritos da cidade<sup>73</sup>, como Hyde Park, Brixton e Enfield.

#### 4.3 SANTANDER – ESPANHA

A cidade de Santander se encontra na costa norte da Espanha, e é a capital da região autônoma da Cantábria. O local onde se encontra o município é ocupado desde a época do Império Romano (GONZALES, 2002), e se desenvolveu durante a Idade Média a partir de seu porto marítimo. Possui médio porte, e sua população se manteve constante desde a década de 1980, com 180.000 habitantes de origem majoritariamente espanhola.

A economia da cidade se apoia no setor de serviços, especialmente no turismo e no setor bancário, sendo sede do banco Santander. Quanto à ocupação do solo, as construções históricas, concentradas na região central, dividem espaço com edificações mais modernas, e a densidade populacional urbana alta, com 5.100 hab\km<sup>2</sup><sup>74</sup>.

---

<sup>72</sup> Disponível em <https://www.london.gov.uk/what-we-do/business-and-economy/science-and-technology/smart-london/smart-london-case-studies/data> Acesso em 23 de outubro de 2016

<sup>73</sup> Disponível em <https://www.london.gov.uk/what-we-do/business-and-economy/science-and-technology/smart-london/smart-london-case-studies> : Acesso em 23 de outubro de 2016.

<sup>74</sup> Disponível em: <http://santanderspain.info/geografia/>: Acesso em 22 de outubro de 2016

Figura 40 - Região central da cidade de Santander



(fonte: Ayuntamiento de Santander<sup>75</sup>)

A partir da primeira década dos anos 2000, a municipalidade de Santander, em conjunto com a Universidade da Cantábria, que possui sede na cidade, e representantes comunitários e empresariais, começaram a se organizar de forma a delinear um planejamento de médio a longo prazo para o município (IDB, 2016). O objetivo era encontrar soluções inovadoras para os problemas econômicos e de infraestrutura existentes. O primeiro plano de desenvolvimento resultante foi o *Plan Estratégico Santander 2010 – 2020*<sup>76</sup>, seguido do *Smart Santander*<sup>77</sup>, fomentado pela comunidade europeia e financiada por 15 parceiros públicos e privados, com orçamento de €8,67 milhões (IDB, 2016).

Na fase inicial do projeto, em 2011, 12.000 sensores, *chips* e ferramentas diversas (hoje sendo mais de 20.000) foram instaladas por toda a cidade, de forma a atender atividades distintas do cotidiano da população, como transporte público, meio ambiente, lojas, todos com fornecimento de informações para os habitantes via *smartphones*, painéis de rua ou *sites* da municipalidade (Ibid.). Essa experiência baseado no conceito de IoT fez com que a cidade se tornasse um laboratório para estas novas iniciativas desenvolvidas pela Universidade da Cantábria em conjunto com empresas e outras instituições de ensino europeias (Ibid.). Abaixo, na Figura 44, um esquema de como funciona o sistema implantado na cidade:

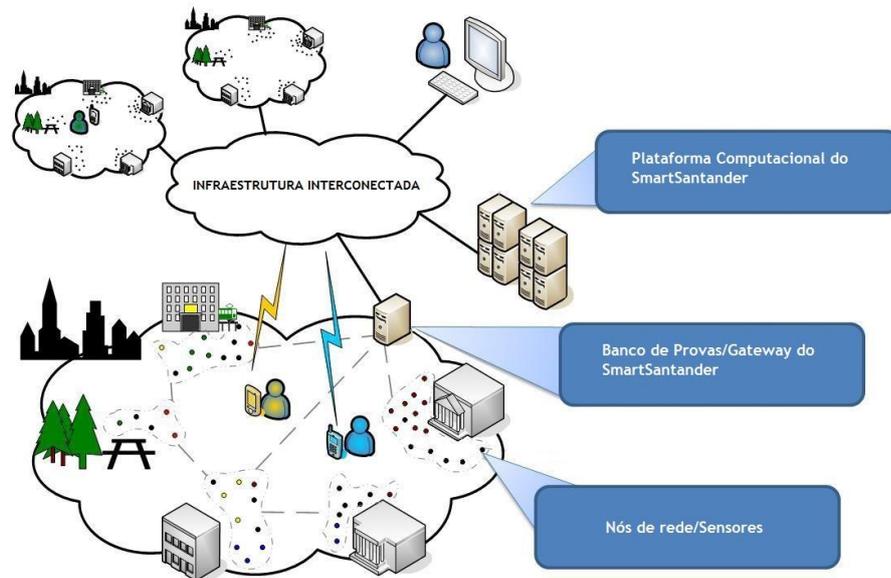
---

<sup>75</sup> Ibid.

<sup>76</sup> Disponível em: <http://www.planestrategicosantander.com/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>77</sup> Disponível em: <http://www.smartsantander.eu/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

Figura 41 - Implantação do conceito de IoT no projeto *Smart Santander*



(fonte: Adaptado de Smart Santander<sup>78</sup>)

Entre os 20.000 sensores instalados atualmente, 200 estão instalados ao longo das vias da cidade para monitoramento de tráfego, e 10 são painéis de rua informando motoristas a respeito de 400 vagas públicas de estacionamento, também com sensores de monitoramento instalados. A frota de ônibus também possui chips instalados, e assim podem ter sua localização disponível para os usuários de transporte público (Ibid.).

Figura 42 - Placa de rua com informações sobre vagas de estacionamento disponíveis



(fonte: Deutsche Welle<sup>79</sup>)

Para informações e monitoramento dos sistemas de transporte disponíveis na cidade, como táxis, aluguel de bicicletas, vagas de estacionamento, linhas de transporte público, e situação

<sup>78</sup> Disponível em: <http://www.smartsantander.eu/>: Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>79</sup> Disponível em: <http://www.dw.com/en/smart-city-santander-takes-lead-in-europe/a-16945649> : Acesso em 22 de outubro de 2016

de tráfego, há o aplicativo para Android e iOS chamado SmartSantanderRA<sup>80</sup>. O aplicativo utiliza o conceito de realidade aumentada do IoT para fornecimento de informações, ou seja, baseada na localização exata do usuário. Além da mobilidade urbana, é possível obter dados sobre estabelecimentos comerciais, pontos turísticos, serviços essenciais básicos (hospitais e escolas), entre outros. Outro canal de comunicação, *El Pulso de la Ciudad*<sup>81</sup>, permite que o moradores informem, através de avisos, fotos e marcações geográficas, problemas diversos relacionados a atraso de ônibus, falta de táxis nas paradas, infrações de trânsito, entre outros.

Figura 43 - Telas do aplicativo SmartSantanderRA



(fonte: Smart Santander<sup>82</sup>)

Santander também possui seu banco de dados aberto à população, chamado *Datos Abiertos*<sup>83</sup>, onde os dados coletados por todas as ferramentas de IoT integradas ao sistema estão divididos em 85 *datasets* e 1135 subáreas de interesse, como informações mapeadas de urbanismo, frota de ônibus, e rede viária. O uso desses dados é liberado tanto para fins acadêmicos como comerciais. Os servidores que coletam, tratam e disponibilizam as informações da plataforma criada para a cidade são mantidos pela municipalidade e pela Universidade da Cantábria.

<sup>80</sup> Disponível em: <http://www.smartsantander.eu/index.php/blog/item/174-smartsantanderra-santander-augmented-reality-application> : Acesso em 22 de outubro de 2016

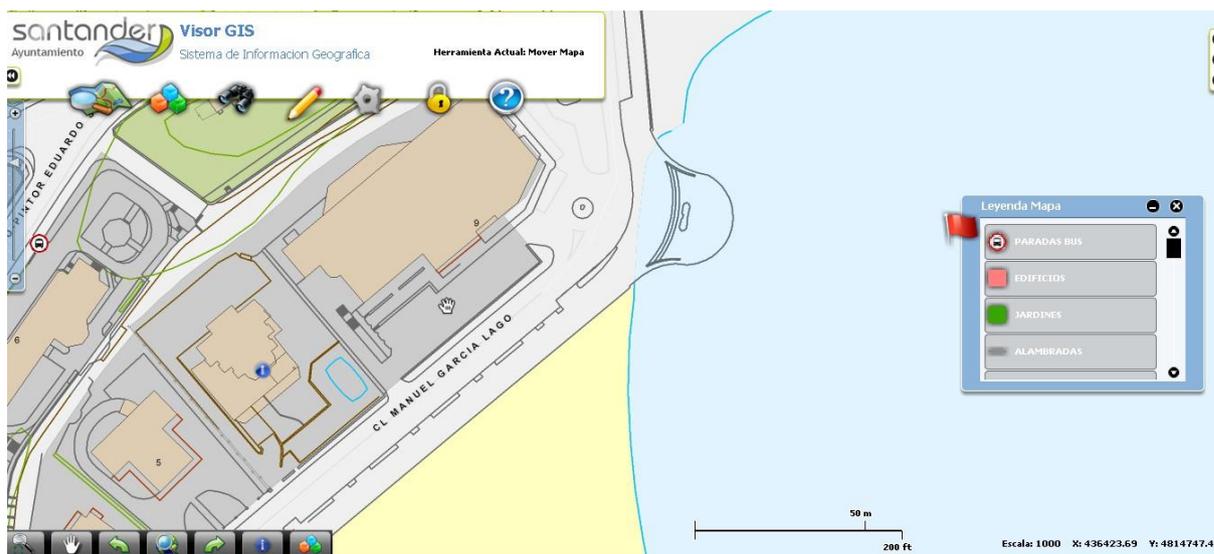
<sup>81</sup> Disponível em: <http://www.elpulsodelaciudad.com/> : Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>82</sup> Disponível em: <http://www.smartsantander.eu/index.php/blog/item/174-smartsantanderra-santander-augmented-reality-application>: Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>83</sup> Disponível em: <http://datos.santander.es/>: Acesso em 22 de outubro de 2016

No setor de planejamento urbano, é disponibilizado um mapa interativo GIS da cidade<sup>84</sup>, onde é possível acompanhar e fiscalizar o plano urbanístico determinado pelo governo municipal.

Figura 44 - Mapa em formato GIS da cidade de Santander



(fonte: Ayuntamiento de Santander<sup>85</sup>)

No campo da governança, as decisões envolvendo projetos novos ou existentes podem ser tomados exclusivamente pelos integrantes do governo municipal, ou com a participação da sociedade, dependendo da natureza das ações a serem tomadas (IDB, 2016). Para cada serviço executado, há um contrato independente entre a municipalidade e o ente público ou privado que executa o serviço ou fornece equipamentos. Neste contrato, usualmente há um “líder” dentro da administração pública que receberá os fundos da União Europeia para a execução do projeto, e distribuirá este pagamento entre o(s) ente(s) que compõem o contrato.

O governo municipal também organiza eventos periódicos para a população, como cursos em novas tecnologias, palestras e audiências públicas, onde é possível propor uma interação entre a administração pública e a sociedade, seja na forma da proposição de novos projetos e serviços, exposição de problemas a resolver, ou ainda o fomento de inovações tecnológicas entre o setor público e o privado (Ibid.)

<sup>84</sup> Disponível em: <http://santander.es/ciudad/planeamiento-urbanistico>: Acesso em 22 de outubro de 2016

<sup>85</sup> Ibid.

## 5 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE CIDADES INTELIGENTES

Em sequência à análise do planejamento e das iniciativas que as três cidades selecionadas estão executando para tornar seus ambientes urbanos mais inteligentes e integrados com as necessidades de seus habitantes, uma avaliação dos panoramas expostos foi feita com base no estudo inicial das principais ferramentas que compõem as *smart cities*.

As três cidades desta análise foram escolhidas pelas diferenças socioeconômicas entre si. Como consequência destas diferenças, a forma de planejamento e execução de iniciativas inteligentes também resultou distinta entre elas.

### 5.1 SINGAPURA

A primeira cidade estudada, Singapura, é icônica quando se aborda o tema de cidades inteligentes. Vários fatores contribuíram para que a cidade-estado asiática chegasse a esse patamar. O rompimento em 1965 com a Malásia, resultando em uma escassez de recursos físicos para o desenvolvimento da população de Singapura, seguida da ascensão de Lee Kuan Yew, primeiro-ministro “mãos-de-ferro” que delineou a economia de uma ilha antes pobre para os conceitos do livre-mercado e abertura para os mercados globais, foi marcante para que este pequeno país se tornasse o 3º do mundo em PIB *per capita* e 11º no Índice de Desenvolvimento Humano.

O pouco espaço disponível para crescimento e desenvolvimento forçou Singapura a se voltar ao ambiente externo para poder sobreviver. O cenário político favorável à concepção de leis fiscais e trabalhistas flexíveis e convidativas ao investimento estrangeiro permitiram que Singapura em poucas décadas desse um salto econômico, educacional e tecnológico frente às outras nações asiáticas.

Com um passado de colonização britânica, e uma população heterogênea etnicamente formada sobretudo por chineses e malaios, a sociedade singapurense conseguiu misturar harmonicamente os fundamentos ocidentais com valores tradicionais do oriente. Os reflexos dessa fusão estão presentes no dialeto *Singlish* (*Colloquial Singaporean English* – mistura do

inglês com chinês e expressões malaias), nos templos de várias religiões, na culinária, e na receptividade aos inúmeros expatriados que vivem no país.

Com este ambiente favorável, é compreensível que Singapura já apresente várias iniciativas *smart* consolidadas. Desde 2014, o projeto *Smart Nation* agrega todos os novos programas, além dos já existentes anteriormente. O objetivo é fomentar estudos e investimentos em novas ICTs e aprimorar o planejamento urbano, em conjunto com a iniciativa privada e a população local, para conduzir o pequeno país conforme as demandas da sociedade, e ao mesmo tempo de maneira economicamente e ambientalmente sustentável.

Alguns elementos, como a busca por uma governança mais inteligente e eficiente, já existem desde os anos 1980, e a adoção de novas tecnologias no campo das ICTs e de *Big Data* aconteceu à medida que elas foram sendo consolidadas e utilizadas pelas empresas investidoras ou parceiras da cidade-estado. Hoje, Singapura está na vanguarda do desenvolvimento de novas soluções dentro da área de mobilidade urbana, como o teste de veículos autônomos, o planejamento do uso do solo, sistemas de transporte e infraestrutura integrados com seus usuários no conceito de IoT, além da ótima qualidade de vida alcançada por seus habitantes.

Assim, conclui-se que, se Singapura ainda não atingiu seu objetivo de ser a primeira nação inteligente do mundo, ela já é a referência máxima no desenvolvimento e execução de soluções para criar uma cidade mais inteligente.

## 5.2 LONDRES – REINO UNIDO

Dois mil anos separam a primeira ocupação permanente e a cidade cosmopolita que Londres se tornou. O tecido urbano londrino passou por inúmeras modificações e problemas inerentes às eras da história que vivenciou.

Como o movimento mais acentuado de crescimento demográfico e modificação do tecido urbano ocorreu durante os últimos 200 anos, Londres teve tempo de sanar deficiências na sua infraestrutura e planejar a oferta futura de serviços essenciais como saneamento e transporte, áreas nas quais já teve problemas graves.

Sua população é bastante heterogênea, reflexo de seu papel como cidade global e hub comercial desde os tempos das grandes navegações. Muitos habitantes são descendentes dos moradores de antigas colônias britânicas, como Índia e Paquistão, ou fazem parte dos fluxos recentes de imigração das mesmas ex-colônias ou da Rússia, Irlanda, Polônia, países árabes e demais nações britânicas.

Tendo um alto Índice de Desenvolvimento Humano e PIB *per capita*, o maior desafio da municipalidade é manter a qualidade de vida oferecida à população e seu protagonismo mundial. Para isso, o governo municipal, através do *Smart London Plan*, propõe metas de desenvolvimento de seus serviços e infraestrutura para atender às expectativas da sociedade e dos empreendedores.

No campo da mobilidade urbana, são disponibilizados sistemas de transporte público densificados e integrados, seja pela disposição das linhas em rede, seja pela utilização de métodos de pagamento unificado como o *Oyster Card* e cartões de banco com tecnologia *contactless*. Ainda há o incentivo ao uso de modos alternativos de transporte, como bicicletas e transporte fluvial, mostrando que a cidade aproveita de forma inteligente todos os recursos disponíveis para melhorar a oferta de serviços de deslocamento para a população.

Já a implantação do pedágio urbano, apesar de polêmico, ajudou a diminuir os problemas de tráfego e de poluição na região central de Londres. Ao contrário de Singapura, onde os locais de cobrança são dinâmicos, somente há a restrição no centro da cidade. São oferecidas alternativas a quem não deseja pagar pelo pedágio, como linhas de ônibus e de metrô, sendo essa região a melhor servida de opções de transporte público.

A municipalidade mantém todos os seus dados abertos à população, tornando assim a máquina estatal transparente, e por consequência mais eficiente pela constante vigilância e cobrança da sociedade. O governo municipal estimula o empreendedorismo local e externo através de uma legislação amigável e pouco burocrática.

Conclui-se que Londres está sendo bem sucedida no seu processo de se tornar uma *smart city*, já tendo consolidadas várias das características pertinentes à uma cidade inteligente, como ser *tech friendly*, ter uma governança transparente e acessível à sociedade, um ambiente propício

ao florescimento de novas empresas, e uma população que se integra harmonicamente às ICTs e demais ferramentas inteligentes. Londres consegue, desde seu nascimento, manter sua identidade tradicional britânica e absorver pessoas e ideias estrangeiras, construindo a partir do que há de melhor dos dois lados um ambiente aberto às inovações e à evolução perene de sua sociedade.

### 5.3 SANTANDER – ESPANHA

A cidade espanhola de Santander é, junto com Londres, a cidade mais antiga analisada neste estudo. Porém, ao contrário da capital britânica, Santander cresceu apenas de forma moderada, se tornando um centro econômico, turístico e educacional regional. Este referencial educacional, com a presença da Universidade da Cantábria, que viabilizou o desenvolvimento do projeto *Smart Santander*, financiado por parceiros privados e pela União Europeia.

Sendo uma cidade com população homogênea de alta escolaridade, de médio porte mas grande densidade habitacional, Santander foi considerada um bom laboratório para que os centros acadêmicos europeus, entre eles a Universidade da Cantábria, colocassem em prática novos sistemas tecnológicos e de gestão voltadas às *smart cities*. Além desses fatores, a disponibilidade do governo e população local em adotar essas mudanças, e o bom número de investidores públicos e privados interessados, tornou o *Smart Santander* uma realidade bem sucedida.

Dez anos ainda não se passaram entre as primeiras parcerias firmadas entre a municipalidade e universidades, população e empresas, mas hoje já é possível considerar Santander como uma cidade inteligente. No município estão consolidadas as características mais marcantes de uma *smart city*, como o pleno funcionamento de ICTs, adoção de ferramentas de gestão e legislação eficientes e transparentes por parte do governo municipal, e a integração orgânica entre os sistemas implantados e a sociedade, seja na forma da tomada de decisões de forma participativa, seja como participantes ativos no ambiente baseado no conceito de *Internet of Things* estabelecido na cidade.

O exemplo espanhol comprova que para ser uma *smart city* não é necessário que a cidade tenha grande afluência de recursos financeiros e pessoas, como no caso de Londres ou Singapura, desde que haja planejamento e organização por parte de seus habitantes e governança.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Figura 45 – Elementos essenciais para uma Cidade Inteligente



(fonte: Elaboração Própria)

Para o desenvolvimento deste trabalho, procurou-se identificar e delinear as principais iniciativas e ferramentas que caracterizam as cidades inteligentes. Este foi um objetivo desafiador, visto que o conceito de *smart cities* é recente, e há pouco material acadêmico disponível sobre o assunto. A maior parte da pesquisa foi realizada a partir de fontes institucionais e governamentais, cabendo para a construção do tema a contextualização dos novos conceitos partindo da realidade imediatamente anterior à iniciativa adotada.

Basicamente, cidades inteligentes são ambientes urbanos que se utilizam de ferramentas e soluções calcadas nos conceitos de *Internet of Things*, *Information and Communication Technologies* e *Big Data*. São planejados e executadas iniciativas e sistemas a partir das necessidades na cidade, população e setor produtivo, com o objetivo de aumentar a qualidade de vida de seus habitantes, tornar os serviços e infraestrutura ofertados mais eficientes, e alavancar a economia local.

De fato, esse novo panorama tecnológico está revolucionando diversas outras áreas e indústrias, e no caso do planejamento urbano não seria diferente, já que o crescimento da população das cidades deu um salto nas últimas décadas, e tende a se acentuar em números absolutos nos próximos vinte anos. A solução de problemas inerentes ao ambiente urbano torna a adoção de ferramentas tecnológicas mais sofisticadas um caminho natural para a gestão das cidades.

Entre estas ferramentas, o monitoramento geoespacial das redes de transporte pode ser considerada a raiz de todas as ICTs a serem implantadas. A coleta e o georreferenciamento de informações por um sistema de sensores é a base de funcionamento de todas as ferramentas ligadas ao gerenciamento de tráfego, monitoramento de uso da infraestrutura de transportes, predição de geração e alocação de viagens entre zonas da cidade, e à otimização de todos os modais, em especial os de transporte público.

Outra característica marcante é a preferência por tecnologias energeticamente eficientes e limpas. O desenvolvimento e incentivo de uso de veículos elétricos já é realidade em muitas cidades. Além da busca por eficiência energética através de fontes renováveis, a diminuição da poluição gerada majoritariamente por combustíveis fósseis é um dos fatores determinantes para que municipalidades adotem em suas frotas de transporte público, ou ofereçam incentivos fiscais para que pessoas e empresas façam esta opção.

Já o uso do solo também influencia a dinâmica de interação dos habitantes de uma cidade com o espaço urbano e sua rede de transportes. Modelos comuns de organização urbana até a década de 1990, onde os centros das cidades dedicados às atividades profissionais eram cercados por subúrbios residenciais, está sendo preterido a um planejamento de ocupação mista da malha urbana. A ideia do uso misto do solo não é recente, mas somente nas últimas décadas os planejadores urbanos iniciaram um movimento de mudança nos planos diretores de diversas cidades, de maneira a incentivar esse novo arranjo. Bairros de vocação múltipla diminuem a demanda por grandes deslocamentos, seja por transporte individual ou coletivo, aumentam a interação das pessoas com a cidade e seus espaços públicos, e por consequência destes fatores, há o crescimento na qualidade de vida da população.

Observa-se que a maioria das municipalidades que possuem planejamentos inteligentes mais consolidados, já apresentavam índices de desenvolvimento e de riqueza *per capita* elevados. Estas cidades já estavam em um patamar em que, tendo suas necessidades básicas já resolvidas, se voltaram à inovação tecnológica para alcançar novos níveis de crescimento e de competitividade frente às demais, já com vistas ao futuro das suas populações.

Porém, como o exemplo de Santander demonstra, a pujança econômica não é um pré-requisito para se tornar uma *smart city*. Comparada aos grandes centros, como Singapura ou Londres, Santander não possui a mesma relevância econômica, sendo somente uma cidade de influência regional. Mas a abertura e a iniciativa da municipalidade e da população local em realizar mudanças foi fator decisivo para que a atração de desenvolvimento de projetos e investimentos fosse possível.

Conclui-se que, ainda que a adoção de ICTs e de sistemas no formato IoT sejam a alma de uma cidade inteligente, elas só são possíveis de serem adotadas quando o ambiente da cidade é favorável para tal. E este ambiente favorável é construído com dois pilares, sendo eles a receptividade e iniciativa social, e a estrutura governamental flexível e compatível com a economia aberta, dinâmica e global.

**Receptividade e Iniciativa Social** significam que, a população da cidade deve estar engajada para propor e executar as mudanças necessárias para a evolução do seu ambiente. Os habitantes devem ser politicamente ativos quanto aos atos e planejamentos feitos pela governança, cobrando e sugerindo aos seus representantes a resolução dos problemas existentes, e propondo novas ideias e soluções para os serviços e a infraestrutura da cidade.

**Estrutura Governamental flexível e compatível com a economia aberta, dinâmica e global** significa que, a municipalidade deve manter sua estrutura de forma eficiente, enxuta e transparente. Todos os dados referentes às suas finanças, planejamento urbano e inter-relações internas e externas devem estar disponíveis para o escrutínio público.

Também significa que o governo municipal deve proporcionar uma legislação aberta, não burocratizada, e amigável à livre iniciativa, seja ela dos empreendedores locais, como dos externos. A municipalidade não deve colocar entraves na dinâmica natural econômica nem penalizar com altos impostos sua população e seus empresários.

Leis relacionadas ao planejamento urbano só devem ser feitas para organizar o uso do solo, de forma a otimizá-lo, correlacioná-lo harmonicamente com o sistema de transporte, e aumentar a qualidade da vivência das pessoas com a cidade. O enfoque no meio ambiente deve existir no

incentivo ao uso de veículos que não utilizem combustíveis fósseis, na preservação de áreas verdes, como parques, e ao bom uso dos recursos naturais, como rios e lagos.

Assim, *smart cities* só nascem quando, na própria sociedade, surge o desejo e a iniciativa de tornar seu ambiente urbano mais eficiente e evoluído em todos os seus níveis.

## REFERÊNCIAS

- ARTHUR D. LITTLE; UITP. **The Future of Urban Mobility 2.0**. Boston, Massachusetts, 2014.
- BAIROCH, PAUL. **Cities and Economic Development: From the Dawn of History to the Present**. Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 1998.
- BULLIETT, RICHARD. **The Earth and Its People: A global History**. 2 ed. Boston, Massachusetts: Wadsworth Publishing, 1997.
- CAMERON, AVERII. **The Byzantines**. Hoboken, Nova York: Wiley-Blackwell, 2009.
- CAVANILLAS, JOSE MARIA,; CURRY, EDWARD,; WAHLSTER, WOLFGANG. **New Horizons for a Data-Driven Economy: A Roadmap to Usage and Exploitation of Big Data in Europe**. Londres: Springer Open, 2016.
- CHOURABI, H.; NAM, T.; GIL-GARCIA, J.R.; PARDO, T.A.; MELLOULI, S.; SCHOLL, H. J.; WALKER, S.; NAHON. **Understanding Smart Cities: An Integrative Framework**. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCE (HICSS), 45<sup>th</sup>, 2012, Maui, HI. **Anais...Maui: IEEE**, 2012, p. 2289-2297.
- COLUMBIA UNIVERSITY. The Earth Institute. **Transforming Personal Mobility**. Nova York, 2013.
- DOMM, ROBERT. **Michigan Yesterday & Today**. Nova York: Voyageus Press, 2009.
- EUROPEAN TECHNOLOGY PLATFORM ON SMART SYSTEMS INTEGRATION. **European Roadmap Smart Systems for Automated Driving**. Berlin, 2015.
- GIFFINGER, R.; FERTNER, C.; KRAMAR, H.; KALASEK, R.; PICHLER-MILANOVIC, N.; & Meijers, E. **Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities**. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology, 2007.
- GEHL, JAN. **Cidades Para Pessoas**. Tradução de Anita Di Marco. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- GLAESER, E.L. Are cities Dying? **The Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v.12, n. 02, p. 139-160, 1998.
- GONZALEZ, LORENA FERNANDEZ. **Santander, Una Ciudad Medieval**. Santander: Estvdio, 2002.
- GUBBI, JAYAVARDHANA,; BUYYA, RAJKUMMAR. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Journal of Future Generation Computer Systems**. Amsterdam, v. 29, n. 07, p. 1645-1660, 2013.
- HALL, R.E. **The Vision of a Smart City**. Upton, Nova York: UNT Digital Library, 2000.
- HARRISON, C.; ECKMAN, B.; HAMILTON, R.; HARTSWICK, P.; KALAGNANAM, J.; PARASZCZAK, J.; WILLIAMS, P. Foundations for Smarter cities. **IBM Journal of Research and Development**, Nova York, v. 54, n. 04, p. 350-365, 2010.

- HIGGINS, HANNAH. **The Grid Book**. Boston, Massachusetts: The MIT Press, 2009.
- INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK. Institutions for Development Sector, Fiscal and Municipal Management Division. **International Case Studies of Smart Cities: Santander, Spain**. Washington DC, 2016.
- INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK. Institutions for Development Sector, Fiscal and Municipal Management Division. **International Case Studies of Smart Cities: Tel Aviv, Israel**. Washington DC, 2016.
- INTERNATIONAL MONETARY FUND. IMF Institute. **Rationing Rules and Outcomes: The Experience of Singapore's Vehicle Quota System**. Washington DC, 2001.
- ISON, STEPHEN G.; ATTARD, MARIA. The Smeed Report and Road Pricing: The Case of Valletta, Malta. **Bank of Valletta Review**. Valletta, n. 47, 2013.
- JACOBS, JANE. **The Death and Life of Great American Cities**. Republished Edition. Nova York: Vintage Books, 1992.
- McFADDEN, DANIEL, L. **The New Science of Pleasure**. Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research, 2013.
- MOOIJ, JOS. Smart Governance: Politics in the Policy Process in Andhra Pradesh, India. **Overseas Development Institute Working Paper**. Londres, n. 228, 2003.
- O'FLAHERTY, B. **City Economics**. 1.ed. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2005.
- ODENDAAL, N. Information and Communication Technology and Local Governance: Understanding the Difference between cities in development and emerging economies. **Computer, Environment and Urban Systems**. Amsterdam, v. 06, n. 27, p. 585-607, 2003.
- ORTUZAR, JUAN DE DIOS.; WILLUMSEN, LUIS G. **Modelling Transport**. 4<sup>th</sup> edition. Londres: Wiley, 2011.
- PERRING, DOMINIC. **Roman London**. Abingdon-on-Thames: Routledge, 1991.
- SENNA, LUIZ AFONSO DOS SANTOS. **Economia e Planejamento dos Transportes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- SHAHEEN, SUSAN A.; GUZMAN, STACEY. **Worldwide Bikesharing**. Berkley, California: University of California Transportation Center, 2011.
- SHAHEEN, SUSAN A.; MARTIN, ELLIOT W.; CHAN, NELSON D.; COHEN, ADAM P.; POGODZINSKI. **Public Bike sharing in North America during a Period of Rapid Expansion: Understanding Business Models, Industry Trends and User Impacts**. San Jose, California: Mineta Transportation Institute, 2014.
- SHAHEEN, SUSAN A.; ZHANG, HUA.; MARTIN, ELLIOT.; GUZMAN, STACEY. China's Hangzhou Public Bicycle. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Berkley, California, n. 2247, p. 33-41, 2011.

SMALL, KENNETH A.; VERHOEF, ERIK T. **The Economics of Urban Transportation**. Nova York: Routledge, 2007.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights**. Nova York, 2014.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. National Highway Traffic Safety Administration. **Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application**. Washington DC, 2014.

WHITE, JERRY. **London in the Nineteenth Century: A Human Awful Wonder of God**. Londres: Vintage Books, 2008.

WOLMAR, CHRISTIAN. **The Subterranean Railway: How the London Underground was built and how it changed the city forever**. Londres: Atlantic Books, 2004.

WORLD BANK. Urban Development Series. **Transforming Cities with Transit: Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban Development**. Washington DC, 2013.

ZHANG, P.; AIKMAN, S.; SUN, H. Two Types of Attitudes in ICT Acceptance and use. **International Journal of Human Interaction**. Taipei, Taiwan, v. 07, n. 24, p. 628-648, 2008.

ZUPPO, COLRAIN M. Defining ICT in a Boundaryless World: The Development of a Working Hierarchy. **International Journal of Managing Information Technology**. Manteca, California, v. 04, n. 03, 2012.

