

Cartilha de Cidades



Janeiro de 2018

Este documento sintetiza aprendizados do Estudo “Internet das Coisas: Um Plano de Ação para o Brasil” e documentos de outras instituições, e busca oferecer recomendações para gestores públicos interessados em incorporar soluções de IoT. Este documento está em sua versão inicial, e irá incorporar atualizações e eventuais correções em novas edições. Sugestões podem ser enviadas para estudoiot.fep@bndes.gov.br.

Foto da capa

Getty Images

Cartilha de Cidades



Janeiro de 2018



1

CAPÍTULO

IoT e as cidades..... 7

- 1.1 O que é Internet das Coisas? 7
- 1.2 Introdução à IoT no ambiente de cidades..... 9
- 1.3 Exemplos dos desafios de cidades e como IoT pode ajudar 11
 - 1.3.1 Mobilidade 12
 - 1.3.1.1 Exemplo de como o IoT pode ajudar a melhorar a mobilidade nas cidades? 13
 - 1.3.2 Segurança pública 15
 - 1.3.2.1 Exemplo de como o IoT pode ajudar a melhorar a segurança nas cidades 16
 - 1.3.3 Eficiência energética e saneamento 18
 - 1.3.3.1 Como IoT pode ajudar na racionalização do uso de energia nas cidades? 19

2

CAPÍTULO

Aplicações já implementadas no Brasil e no Mundo 23

- 2.1 Iniciativas brasileiras com a implementação de IoT para superação de desafios urbanos 23
 - 2.1.1 Fortaleza: 6ª cidade com melhor mobilidade urbana do Brasil 25
 - 2.1.2 Águas de São Pedro: Investimentos do setor privado em IoT 25
 - 2.1.3 Aparecida do Norte: Programa piloto da iniciativa privada em *smart grid* 26
 - 2.1.4 Rio de Janeiro: Revitalização de bairro para utilização de IoT 27
 - 2.1.5 Região metropolitana de Porto Alegre: Implementação de IoT em bairro piloto aumenta segurança 28
 - 2.1.6 Paulínia: Implementação de piloto em resíduos sólidos com instalação de lixeiras inteligentes 28
 - 2.1.7 Minas Gerais e Ceará: Novos bairros inteligentes construídos para utilização de IoT 28
 - 2.1.8 Belo Horizonte: Modelo de iluminação pública inteligente através de Parceria Público-Privada (PPP) 29
 - 2.1.9 Caraguatatuba: Substituição de 100% da iluminação pública com aplicação de IoT e PPP 30

2.1.10	São José dos Campos: Implementação de soluções de IoT	30
2.1.11	Itu: Utilização de PPP para projeto de 3.300 lixeiras inteligentes	31
2.1.12	São Luís do Paraitinga: Primeiros passos para uma cidade inteligente	31
2.2	Iniciativas internacionais com a implementação de IoT para superação de desafios urbanos	32
2.2.1	São Francisco, Estados Unidos: Parquímetros inteligentes adequam o preço de acordo com a demanda atual por vagas na cidade	32
2.2.2	Los Angeles, Estados Unidos: IoT para controle de congestionamentos.....	33
2.2.3	Nova Iorque, Estados Unidos: Sistema de detecção de tiros aumenta segurança da população e auxilia combate ao crime	33
2.2.4	Copenhague, Dinamarca: Semáforos inteligentes priorizam a travessia de bicicletas e ônibus e incentivam o uso de transporte público e sustentável ..	34
2.2.5	Barcelona, Espanha: Sistema de Irrigação controlado remotamente economiza recursos públicos e reduz consumo de água da cidade	35
2.2.6	China, Sichuan: O sistema de alerta inicial de terremotos na China dá às pessoas valiosos segundos para se preparar para o tremor e salvar suas vidas	36

Caminhos para a implementação de IoT nas cidades Brasileiras . 39

3.1	Passo a passo para estruturação de iniciativas em IoT	39
3.2	Pontos de atenção para os gestores durante a estruturação do projeto.....	42
3.2.1	Privacidade em cidades inteligentes	43
3.2.1.1	Coleta, processamento, armazenamento e acesso de dados pessoais.....	43
3.2.2	Segurança da informação	46
3.2.3	Interoperabilidade.....	47
3.2.3.1	O desafio dos silos digitais	47
3.2.3.2	Formas de interoperabilidade.....	50
3.2.3.3	Formas de promover a interoperabilidade	52
3.2.3.4	Capacidade de análise dos dados	53
3.2.4	Dificuldades para contratação de soluções de IoT	55
3.3	O caso da Iluminação Pública	56
3.3.1.1	Competências para gestão da iluminação pública.....	57
3.3.1.2	Financiamento da iluminação pública	57
3.3.1.3	Capacidades e experiências de PPPs de iluminação Pública.....	59
3.1.4.7	Privacidade em Iluminação Pública Inteligente	61



São Paulo, SP

IoT e as cidades

1.1 O que é Internet das Coisas?

A **Internet das Coisas (IoT)** é uma infraestrutura global que habilita serviços avançados por meio da interconexão entre coisas (físicas e virtuais), com base nas tecnologias de informação e comunicação (TIC)¹. Em sentido amplo, trata-se não apenas de conectar coisas, como veículos e eletrodomésticos, mas também de dotá-las do poder de processar dados, tornando-as “inteligentes”. Por isso, a IoT vem ganhando espaço não somente pelo surgimento de tecnologias disruptivas, mas também pela evolução de um conjunto de tecnologias já disponíveis, que estão se tornando mais acessíveis, possibilitando sua adoção em massa. De forma geral, três requisitos são considerados básicos para que um caso de uso seja considerado IoT, como descrito no QUADRO 1.

Três características de uma solução IoT

Três pré-requisitos:



- **Recebimento de dados** digitais vindos de **sensores** e/ou indo para **atuadores** (por exemplo, sensor de temperatura em um motor).



- **Conexão com uma rede** fora do objeto.



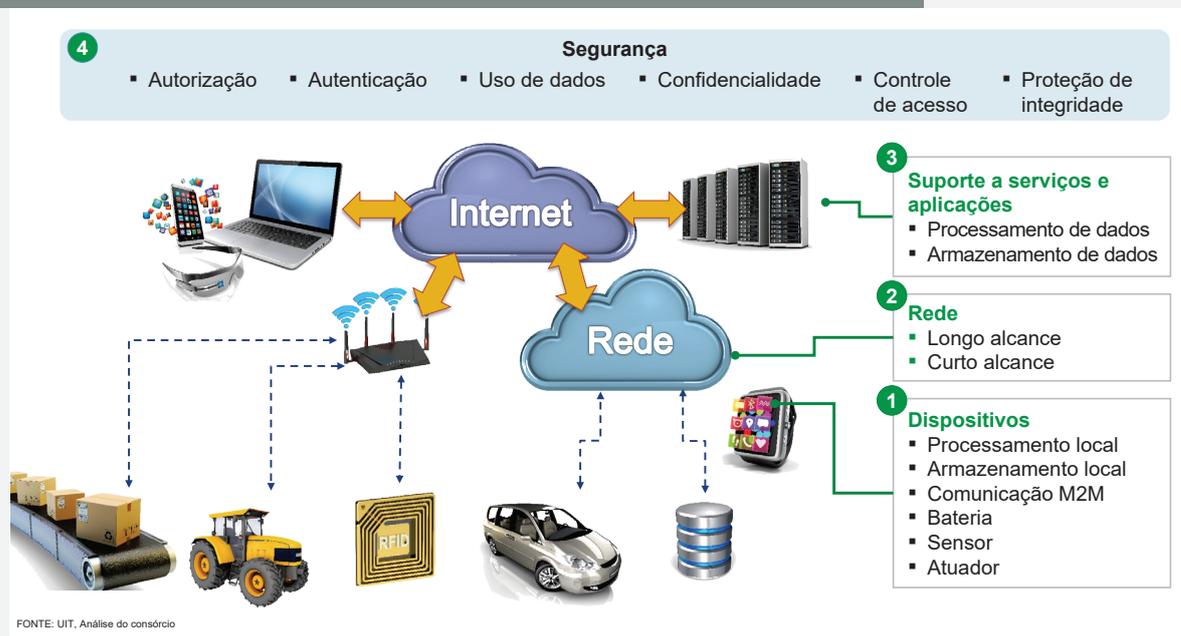
- Capacidade de **processar dados** de forma **automática** (sem intervenção humana).

¹ De acordo com a União Internacional das Telecomunicações (UIT), recomendação ITU-T Y.2060, disponível em www.itu.int.



Por exemplo, um trator, além de arar a terra, passa também a coletar uma extraordinária quantidade de dados como nutrientes e umidade do solo, que serão posteriormente analisados por uma aplicação hospedada em um data center. Os dados coletados serão analisados por computadores que produzirão relatórios para o agricultor tomar decisões sobre onde e quando plantar. Em uma linha de montagem, sensores fornecem dados que são analisados e alertam sobre o melhor momento para realizar uma parada para manutenção. Dispositivos vestíveis fornecem informações ao médico sobre indicadores relacionados à saúde de um paciente. No caso de cidades, semáforos inteligentes identificam o fluxo de veículos e pedestres em um dado cruzamento e otimizam o tempo de abertura do sinal a cada momento, enquanto detectores de ruídos podem identificar disparos de tiros e enviar rapidamente alarmes para as forças de segurança.

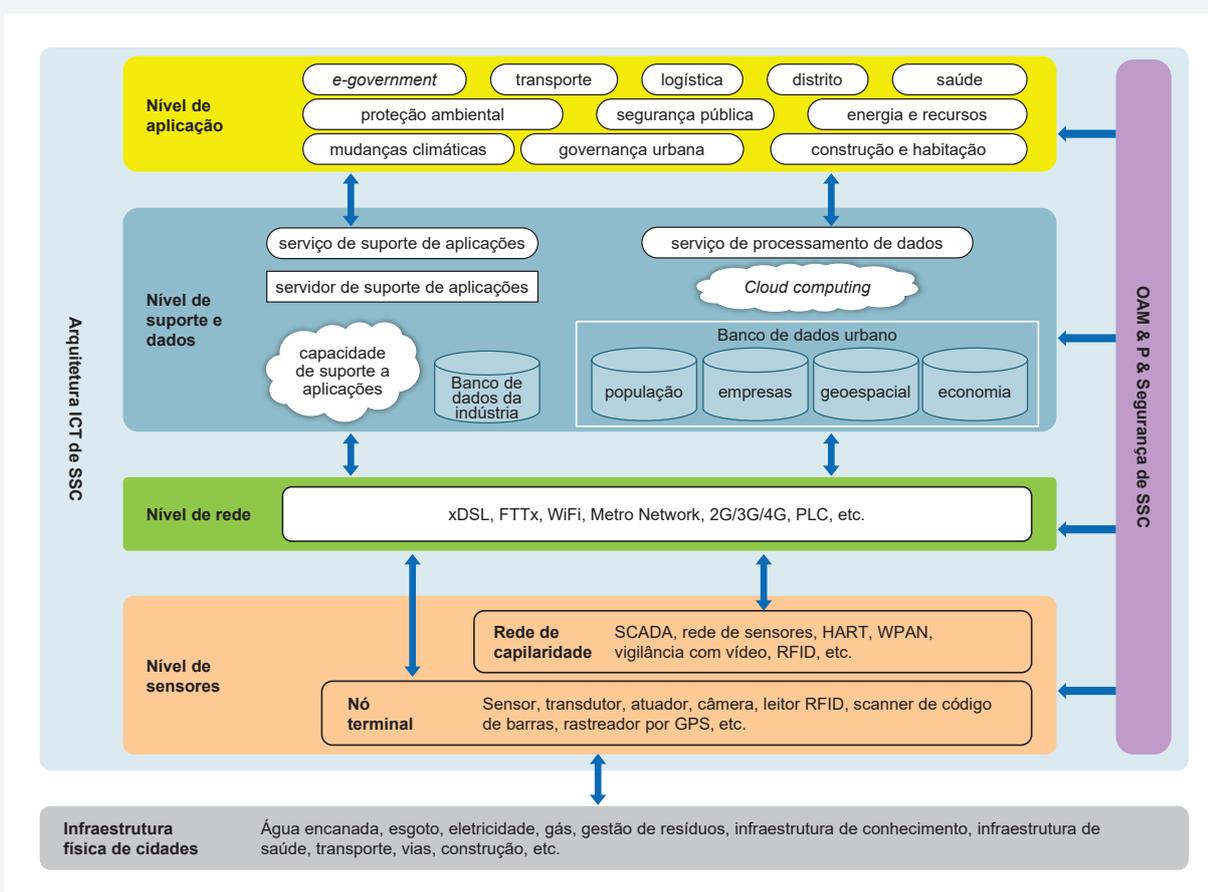
As 4 camadas tecnológicas das soluções de IoT



1.2 Introdução à IoT no ambiente de cidades

A aplicação de Internet das Coisas (IoT) em cidades pode trazer inúmeros benefícios aos cidadãos e à gestão pública, seja na área de transporte, segurança seja na eficiência energética, entre outras. A IoT pode, por exemplo, viabilizar o monitoramento em tempo real dos movimentos na cidade, o que permite fundamentar de maneira mais concreta o desenvolvimento de políticas públicas, com base em maior quantidade de dados.

A figura abaixo detalha uma arquitetura da inserção de tecnologias da informação e comunicação (TICs) para Cidades Inteligentes:



O esquema ilustra não apenas a integração tecnológica das soluções IoT, mas também sua inserção na infraestrutura e políticas urbanas. Assim, na camada inferior, estão representados os diferentes equipamentos ou infraestrutura que podem incorporar as soluções IoT, tais como avenidas, semáforos, postes de iluminação pública, redes de água e esgoto, entre outras.



A segunda camada, representada em laranja, é constituída pelos diversos dispositivos das soluções de IoT. Estes dispositivos são responsáveis pelo sensoramento, ou seja, captação de informações a partir da infraestrutura física da Cidades. Um exemplo seria um sensor de pressão hídrica instalado na rede de água, voltado à identificação de fontes de vazamento.

Uma vez que a informação é captada, os dispositivos enviam os dados por alguma das redes de comunicação disponíveis. Esta camada de comunicação, representada em verde, normalmente inclui a rede 4G de telefonia móvel, mas pode incluir outras tecnologias, como *Wi-Fi*, *bluetooth* entre outras.

Estas redes levam os dados coletados a partir dos dispositivos IoT até unidades de processamento e análise, indicado em azul. Nesta camada, os dados de diferentes dispositivos são reunidos e interpretados. É importante destacar que uma parte expressiva dos ganhos potenciais da aplicação de soluções de IoT se dá pela combinação de informações de múltiplas bases, incorporando sensores utilizados em diferentes infraestruturas. Para isso, a Cidade poderá recorrer a sistemas de análise de grandes bancos de dados.

Por fim, o conhecimento gerado a partir da interpretação dos dados alimenta a gestão e planejamento de diferentes políticas públicas, representadas na camada em amarelo.

A implantação de uma solução de IoT deve, portanto, ser adequada a cada uma dessas camadas para que seus benefícios sejam materializados em ganhos de eficiência na gestão pública e na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

No mundo, o ganho econômico potencial máximo que a Internet das Coisas pode trazer ao ambiente de cidades é de cerca de US\$ 1,6 trilhão em 2025. Apenas no Brasil, esse ganho econômico potencial é estimado em US\$ 27 bilhões. Economias com iluminação pública, monitoramento do tráfego em tempo real e redução da mortalidade causada pela violência são exemplos de aplicações nas quais IoT pode trazer ganhos aos municípios.

No Brasil já existem experiências com IoT. Pilotos implementados, principalmente, em cidades pequenas e médias aparecem em número razoável, liderados, em muitos casos, por empresas do setor privado em projetos experimentais. O governo brasileiro iniciou esforços para programas estruturantes, com foco na construção de

infraestrutura de conectividade robusta e também na melhoria de apoio a propostas fim a fim nos serviços para os cidadãos.

Para ocorrer uma transformação dos municípios, fundamentada nos benefícios de IoT e levando a iniciativa do governo a um próximo patamar, o país enfrentará barreiras relacionadas com a capacitação de servidores públicos, o levantamento de recursos para investimentos em momentos de crise econômica, os desafios na contratação pública, o tratamento de dados dos cidadãos e a cooperação entre municípios, entre outras.

Esta cartilha apresenta de forma sintética os fundamentos de modelos de apoio a cidades, desde os elementos básicos para implementação de IoT até o suporte a pilotos específicos, por meio de iniciativas relevantes que abordam as barreiras mencionadas.

O objetivo deste documento é (1) apresentar as condições de contorno e o cenário atual brasileiro na aplicação de IoT em cidades, (2) observar programas estruturantes internacionais de referência para aplicação de pilotos de IoT em larga escala nas cidades e (3) propor recomendações para implantação de IoT nas Cidades com base nos casos existentes e apontar para uma agenda de aperfeiçoamento do cenário institucional de IoT em cidades.

1.3 Exemplos dos desafios de cidades e como IoT pode ajudar

As cidades brasileiras possuem diversos desafios que podem ser atendidos por IoT, desde educação e formação humana até atividade econômica. O estudo “Internet das coisas: um plano para o Brasil” reportou dez eixos de oportunidades e desafios nos municípios. Embora todos sejam relevantes e contribuam para determinar a qualidade de vida dos cidadãos, identificou-se que as aplicações de Internet das Coisas têm impacto significativo em quatro eixos: mobilidade, segurança pública, eficiência energética e saneamento, e saúde.

Os eixos mobilidade, segurança pública, eficiência energética e saneamento foram identificados como os de maior potencial para aplicações que poderiam ser implementadas no curto e médio prazo. A cartilha mantém então estes quatro focos,



enquanto o tema de Saúde é objeto de um estudo específico disponível no sítio do estudo “Internet das coisas: um plano para o Brasil”.



1.3.1 Mobilidade

Entre os desafios em mobilidade urbana, destacam-se o tempo de deslocamento e experiência no trânsito e a gestão do transporte público. Cada uma dessas dimensões será detalhada a seguir:

- **Tempo de deslocamento e experiência no trânsito:** Nos últimos 10 anos, o número de automóveis no país cresceu mais de 180%². Esse fato, somado à taxa de ocupação média de 1,3 passageiro por veículo³, acabou impondo um cenário desafiador para o transporte, provocando congestionamento nas cidades brasileiras, que estão entre aquelas com maior índice de lentidão no trânsito do mundo. O país possui 4 das 50 cidades mais congestionadas do mundo⁴. O tempo e custo de deslocamento acaba desincentivando a participação de parcelas dos

2 DENATRAN – Relatórios estatísticos – frota de veículos (consulta em julho de 2017).

3 Taxa de ocupação média de uma das três maiores metrópoles brasileiras, segundo entrevista realizada pelo estudo.

4 Índice de Tráfego TomTom (consulta em Janeiro de 2018)

cidadãos no mercado de trabalho: 58% dos extremamente pobres gastam menos de 30 min no trânsito por dia, refletindo a incapacidade de chegar aos postos de trabalho nas áreas centrais. Além disso, estima-se que, anualmente, o Brasil tenha prejuízos de cerca de R\$ 62 bilhões devido ao tempo perdido no trânsito das grandes cidades⁵.

- **Gestão do transporte público:** considerando que cerca de 25% da população brasileira utiliza transporte público como principal meio de locomoção⁶, o país tem oportunidades para melhorar sua rede através do aumento da eficiência, qualidade e segurança e melhoria de fatores de governança (por exemplo, transporte intermetropolitano).

Quanto à eficiência, os cidadãos de diversas cidades se encontram insatisfeitos. Em uma das três maiores cidades do país, apenas 34% dos cidadãos consideram o transporte de ônibus bom ou excelente⁷. Da mesma forma, em uma das três cidades mais populosas do Brasil, as queixas referentes aos ônibus mais que dobraram de 2012 a 2014⁸.

Com relação à qualidade e segurança do transporte, novamente as grandes cidades apresentam desafios. Segundo pesquisa de agência de transportes de uma metrópole brasileira, a principal crítica das mais de 120 mil reclamações recebidas em 2013 é o tempo de espera pelos ônibus de determinadas linhas, o que motivou cerca de 30% das reclamações. Em seguida, são os casos em que os motoristas não atenderam ao pedido de embarque e desembarque de passageiros, representando cerca de 20% das queixas.

1.3.1.1 Exemplo de como o IoT pode ajudar a melhorar a mobilidade nas cidades?

Em grandes centros urbanos, a mobilidade é um desafio crescente em decorrência do aumento e adensamento populacional desordenado que se reflete diretamente no custo e tempo de deslocamento. Por meio do uso das tecnologias da informação e comunicação para o controle adaptativo da sinalização de trânsito, a IoT tem o potencial de gerar impacto positivo nas cidades, culminando na redução de custos, de

5 Mobilidade Urbana: Desafios e Perspectivas para as Cidades Brasileiras, 2015”.

6 “Retratos da Sociedade Brasileira”, setembro de 2015, CNI

7 Pesquisa da ANTP, 2014.

8 Rio Como Vamos/teleatendimento 1746



consumo de combustível, no aumento de qualidade de vida através da diminuição do tempo gasto no deslocamento e na redução da geração de poluição atmosférica etc.

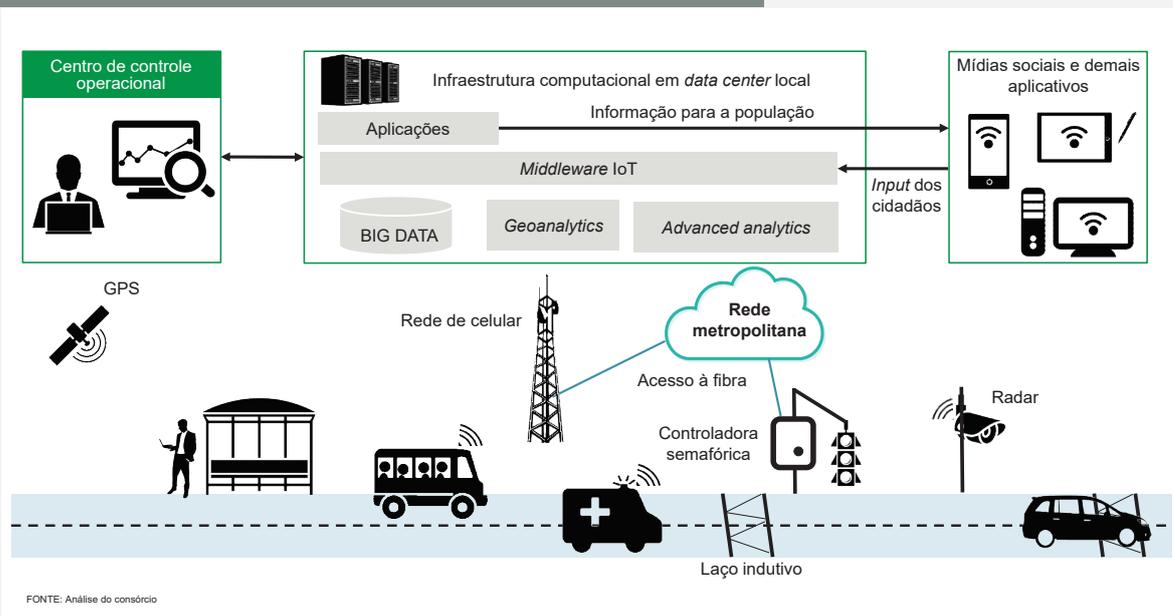
SEMAFORIZAÇÃO ELETRÔNICA ADAPTÁVEL

Sinais de trânsito tradicionais são pré-programados por períodos de meses, mantendo os tempos de abertura independente do fluxo de veículos em cada momento do dia. As variações do trânsito ao longo do dia criam gargalos nos cruzamentos e congestionamentos que poderiam ser evitados ou minimizados.

Semáforos eletrônicos adaptáveis permitem que o tempo de abertura ótimo seja calculado automaticamente, de acordo com as informações de fluxo de veículos obtidas por meio de sensores próximos ou acoplados nos semáforos.

A solução deve contar com um conjunto de sensores capazes de identificar as condições do trânsito, em especial o fluxo nas ruas e avenidas e a localização de veículos de transporte público, de emergência e segurança. Assim, os dados gerados pelos sensores são transportados e armazenados em ambiente computacional de alta capacidade e os algoritmos avançados podem ajustar em tempo real a sinalização para otimizar a mobilidade.

Controle de tráfego centralizado e adaptável





1.3.2 Segurança pública

A análise dos desafios de segurança nas cidades passa pelo entendimento das origens da violência, dos incidentes e da responsividade. É fundamental também ter clareza sobre o papel e as alavancas de atuação de cada esfera de governo.

Além de eventualmente dispor de guarda municipal para a proteção do patrimônio público, o município pode desempenhar papel determinante por meio da melhoria de espaços urbanos (como iluminação pública, requalificação de espaços públicos). Por isso, deve atuar de forma coordenada com forças policiais estaduais e federais.

- **Conjuntura e contexto da violência:** o Brasil, apesar de atuar no combate ao crime, poderia ser mais ativo na sua prevenção. Segundo especialistas, iniciativas para aumentar a segurança nas cidades deveriam se concentrar mais em alterar o fluxo de indivíduos em situação de risco, mas, atualmente, grande parte do esforço é direcionada ao chamado “estoque”, isto é, indivíduos que já praticam a violência. Os conceitos de segurança primária (foco no ambiente físico ou social), secundária (foco em indivíduos em situação de risco) e terciária (foco em indivíduos que cometeram delitos) geram diferentes implicações para as políticas públicas. Sendo assim, o melhor entendimento desses conceitos nas diferentes esferas do governo pode beneficiar a atuação nas respectivas atribuições.
- **Incidentes:** Incidentes: o Brasil ocupa o 1º lugar em número de homicídios absolutos e o 10º em violência no mundo⁹ em termos relativos, com crescimento na taxa de homicídios em 4% ao ano¹⁰, ou quatro vezes a taxa de crescimento populacional no mesmo período (2011 a 2015). Como resultado, 19 das 50 cidades mais violentas do mundo estão no Brasil¹¹. Apesar de intensa, a violência é concentrada: 98% dos homicídios acontecem em apenas 2% dos endereços¹².
- **Responsividade:** no Brasil, a resposta a ocorrências apresenta importantes oportunidades de melhoria. A taxa de elucidação de crimes no país, por exemplo, encontra-se distante de países de referência: somente 5%-10% dos homicídios são elucidados. Apesar de a taxa brasileira ser maior que a do México (2%), ela ainda

9 Dados do Banco Mundial.

10 Anuário brasileiro de segurança pública, 2016.

11 Conselho Cidadão pela Seguridade Social Pública e Justiça Penal (México), 2017.

12 Índice obtido através de entrevistas com especialistas em segurança, no âmbito do estudo.



está longe da dos Estados Unidos (60%) e do Canadá (75%)¹³. Entre as possíveis causas, destacam-se a baixa integração entre polícias e as oportunidades de melhoria na gestão dessas forças policiais.

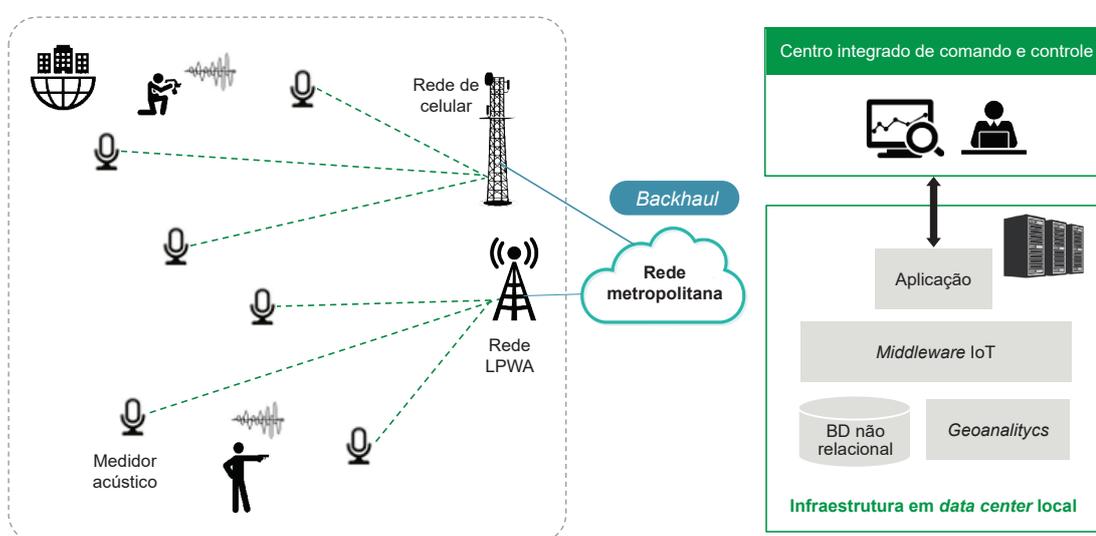
- Outros desafios (por exemplo, sentimento de segurança e terrorismo): a confiança da população brasileira nas instituições de segurança é extremamente baixa: 57% dos brasileiros avaliam a segurança no país de forma geral como “péssima”, enquanto 26% a avaliam como “ruim”. No entanto, existe uma oportunidade de melhoria nesta questão.

1.3.2.1 Exemplo de como o IoT pode ajudar a melhorar a segurança nas cidades

O monitoramento de eventos no ambiente urbano através de dispositivos dotados de microfones capazes de captar e identificar sons possibilita coordenar a ação policial para atuar mais rapidamente nos incidentes, na redução de crimes e salvamento de vidas. A solução de monitoramento de crimes é composta de sensores de áudio que monitoram o ambiente e geram um alerta sempre que determinado som (por exemplo, um disparo de arma de fogo) é reconhecido. A aplicação centralizada envia notificações para a central de controle operacional coordenar a força policial.

Monitoramento de crime por sensores

Visão sistêmica da solução

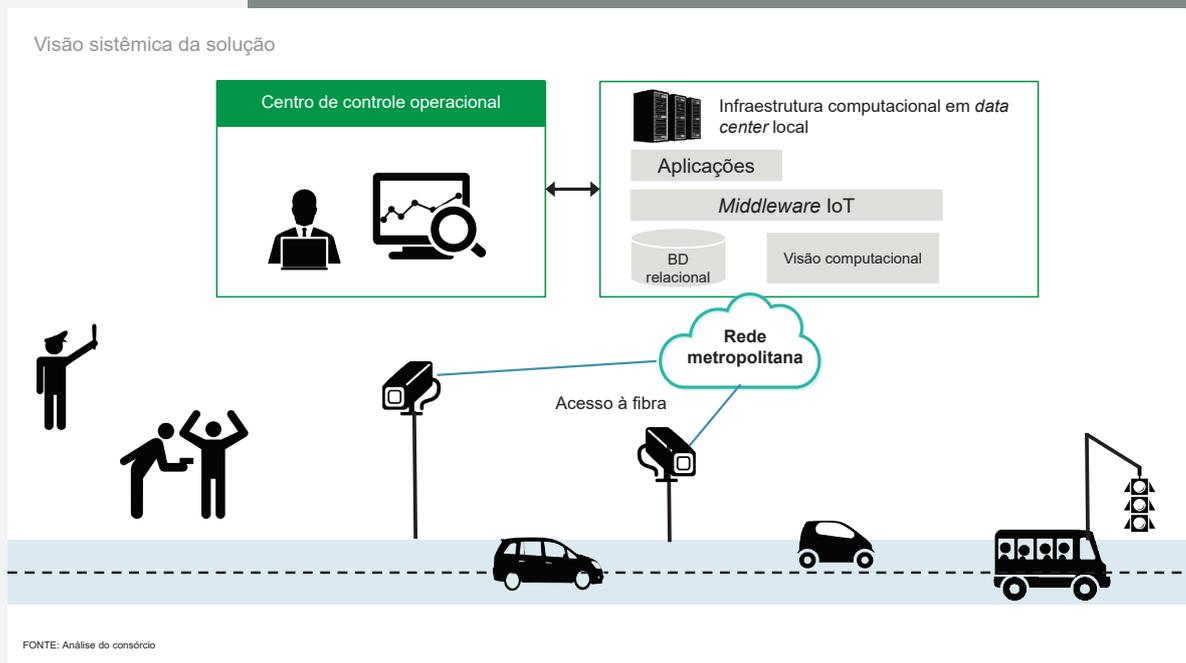


FONTE: Análise do consórcio

¹³ Statcan, Murderdata, Conselho Nacional do Ministério Público, INEGI, Jeong-Yong Byun & Aziz Nasridinov (2014), Dlodlo et al. (2013).

O monitoramento do ambiente urbano por meio de câmeras conectadas de alta definição, capazes de gerar informação em tempo real para o centro de controle operacional, traz grande impacto no serviço de segurança pública e na mobilidade urbana.

Monitoramento por vídeo (segurança e mobilidade)



Além disso, com o amadurecimento das tecnologias, cada vez mais será possível que os sistemas possam tomar decisões rápidas a partir da interpretação das imagens e sem intervenção humana.

A solução consiste na implantação de câmeras no ambiente urbano capazes de gerar imagens de alta definição. As câmeras são conectadas por infraestrutura de rede de fibra óptica e as imagens são armazenadas e processadas em ambiente computacional centralizado, e acessadas pelo centro de controle operacional. **As imagens são processadas automaticamente para realizar ações como contagem de veículos e detecção de incidentes.**



1.3.3 Eficiência energética e saneamento

A qualidade do ambiente onde o cidadão vive é um importante indicador de sua condição de vida, podendo tornar-se um fator de risco para o desenvolvimento de doenças. Com relação aos recursos de energia e saneamento, a gestão e a distribuição dos serviços básicos exercem importante influência na saúde e bem-estar da população. A seguir, descrevemos os desafios e as oportunidades desses fatores no contexto brasileiro.

- **Qualidade do ar e da água:** as metrópoles brasileiras enfrentam desafios para manter um ambiente saudável para seus cidadãos. Nomear a cidade e indicar fonte em nota de rodapé, por exemplo, apresenta concentrações de poluentes (NO_2 e O_3) 5 a 7 vezes maiores que outras metrópoles mundiais, como Londres, Buenos Aires, Bogotá e Melbourne. Quanto à qualidade da água, 44% dos pontos de monitoramento de água urbana no Brasil apresentam qualidade “ruim” ou “péssima”, sendo o recurso considerado impróprio para consumo¹⁴.
- **Gestão e distribuição de água, energia e outros (por exemplo, resíduos sólidos):** há enormes disparidades entre as capitais quanto à gestão de recursos básicos: enquanto São Paulo possui 6,2% dos domicílios sem saneamento adequado, o Rio de Janeiro possui 14,1% e Belém 88,4%. Em Bogotá, por exemplo, apenas 1,6% dos domicílios não tem saneamento adequado¹⁵. Com relação aos resíduos sólidos, um percentual representativo do lixo encontra destino inadequado: 41,3% de todo lixo gerado no país (o equivalente a mais de 82 mil toneladas por dia) são depositados em lixões ou aterros controlados e não em aterros sanitários¹⁶. Mesmo entre os recursos distribuídos, existem desafios: em média, 37% da água tratada em todo país é perdida nos sistemas de distribuição por falta de manutenção e acompanhamento¹⁷, número que pode chegar a 60% em alguns estados¹⁸.

A iluminação pública também apresenta oportunidades de melhoria. O maior programa de economia de energia de uma das principais empresas do segmento no

14 “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – 2013”, Agência Nacional de Águas.

15 IBGE, PNAD 2015; World Council on City Data - Data for Cities 2014/2015

16 “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015” - ABRELPE

17 Estudo Trata Brasil “Perdas de Água: Desafios ao Avanço do Saneamento Básico e à Escassez Hídrica – 2015

18 Índice obtido através de entrevistas com especialistas em saneamento, no âmbito do estudo.

Brasil economizou, sozinho, mais de 15 bilhões de kWh somente em 2015.¹⁹ Como cerca de 4% da demanda por energia é em iluminação pública²⁰, a eficiência na iluminação pode representar importantes ganhos para o país.

A amplitude e complexidade dos desafios das cidades brasileiras são grandes e requerem soluções conjuntas. A Internet das Coisas pode contribuir para a superação desses desafios, em especial nas áreas descritas anteriormente.

1.3.3.1 Como IoT pode ajudar na racionalização do uso de energia nas cidades?

No conceito de redes de energia inteligente (*smart grid*), em que os consumidores de energia também podem ser produtores através do uso de tecnologias de geração distribuída, como painéis fotovoltaicos, os medidores de energia inteligentes e conectados permitem a precificação dinâmica em função da disponibilidade energética e demanda instantâneas. Essa infraestrutura de medição avançada (AMI – Advanced Metering Infrastructure) também possibilita observar a qualidade da rede e comportamentos anômalos, como fraudes, além de permitir o desligamento e religamento automático do fornecimento de energia.

A solução contempla a medição avançada, que consiste em um sistema que, além de coletar as informações referentes ao volume de energia consumido e gerado pelos usuários, permite analisar a demanda e influir na resposta da demanda por meio do envio de informações de preços.

O uso de medição avançada deve ser impulsionado pela adoção da “tarifa branca”. A “tarifa branca” permite a cobrança, pelas concessionárias, de tarifas diferenciadas por horário de uso. A tarifa branca foi originalmente inserida na Resolução Aneel nº 414/2010 pela Resolução nº 502/2012, sendo qualificada como de adesão voluntária pelo consumidor e contendo tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica a depender do horário de utilização. As condições de implementação foram posteriormente regulamentadas pela Agência por meio da Resolução nº 733/2016.

A partir do começo de 2018 as distribuidoras de energia elétrica deverão instalar gratuitamente medidores capazes de mensurar energia ativa em quatro diferentes postos tarifários, aos usuários que solicitarem a migração. Para os consumidores

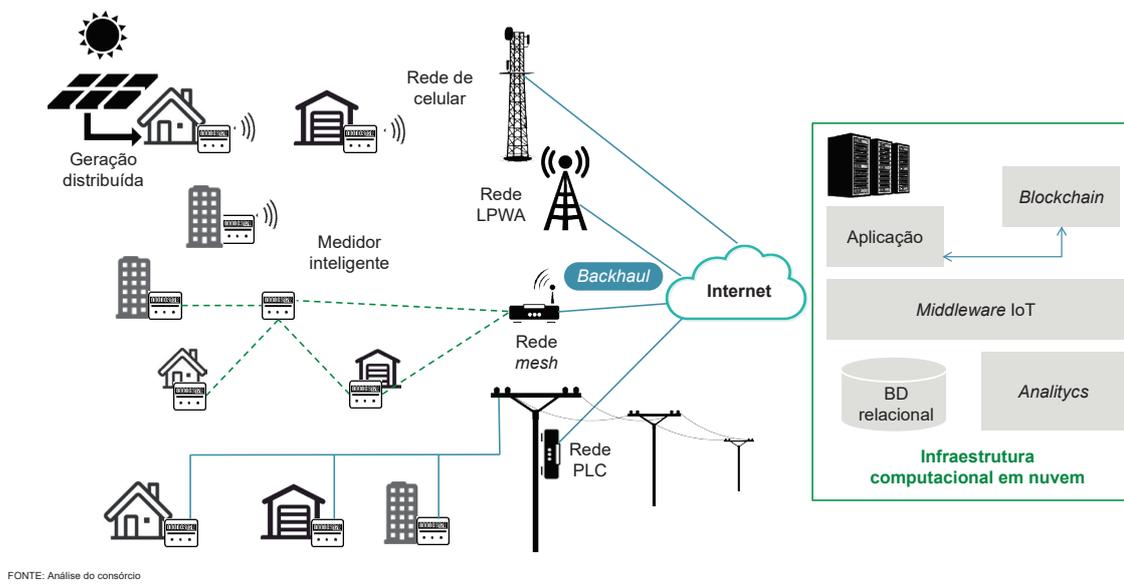
19 “Resultados PROCEL 2017”, Eletrobrás

20 PROCEL RELUZ, Eletrobrás



Medidores inteligentes e gestão da demanda de energia

Visão sistêmica da solução



que não aderirem a essa nova modalidade de tarifa a instalação dos novos aparelhos não é obrigatória. A instalação dos novos medidores deverá ocorrer em até 30 dias da solicitação e o consumidor será autorizado a regressar à modalidade tarifária convencional, que deverá ser implementada dentro do mesmo prazo (cf. Resolução ANEEL nº 733/2016).

Segundo a regulamentação vigente, a tarifa branca será destinada aos consumidores residenciais e comerciais (Grupo B), salvo a iluminação pública e as unidades consumidoras de baixa renda. Conforme mencionado anteriormente, o consumidor com consumo acima de 250 kWh por mês poderá solicitar a adesão à tarifa branca a partir de janeiro de 2018, os consumidores com consumo superior a 250 kWh mensais poderão migrar em janeiro de 2019 e os demais consumidores poderão aderir a partir de 2020.

Outra possível aplicação de IoT é na telegestão da iluminação pública, que traz significativa redução nos custos da operação. Essa economia se dá através da identificação automática de problemas, como queimas das lâmpadas, o que diminui ou mesmo elimina a necessidade de rondas e atendimento por call center, e custos de energia elétrica, com a medição real do consumo associada a ações de dimerização dinâmica.

A solução consiste de luminárias dotadas de processamento e conectividade embarcados ou relés fotoelétricos inteligentes, que são acoplados a luminárias convencionais que monitoram grandezas relevantes para a operação, enviando-as para aplicação centralizada para assim realizar o processo de tomada de decisão.



Porto Alegre, RS

Aplicações já implementadas no Brasil e no Mundo

2.1 Iniciativas brasileiras com a implementação de IoT para superação de desafios urbanos

A **Internet das Coisas** já é realidade em diversas cidades, com geração de benefícios significativos e demonstração de potencial de avanço. O exame dos casos permite compreender os fatores-chave para adoção e perceber as barreiras e riscos do atual cenário.

As principais características dos projetos de IoT existentes no Brasil são:

- **Adoção de projetos piloto de concessionárias ou operadoras de telefonia com recursos de P&D**, sem objetivos imediatos de escalar soluções para o universo de suas áreas de atuação. Na maioria dos casos, a responsabilidade pelo planejamento, implantação e uso dos dados é das empresas.
- **Capacidade técnica e de gestão é significativamente maior do que a média nacional nos municípios que tiveram papel ativo na adoção de serviços IoT.** Essa capacidade mostra-se determinante para a extração de maiores benefícios das tecnologias (gestão própria dos dados, compartilhamento dos benefícios gerados com a população, flexibilidade das infraestruturas para integração ou adaptação a futuras soluções). Sem o fortalecimento da capacidade técnica local, a possibilidade de multiplicação desses casos é limitada.
- **Grande presença de aplicações em energia, com o novo cenário de iluminação pública**, marcado pela transferência da titularidade do serviço para municípios e pela viabilidade do modelo de negócios baseado em parcerias público-privada (PPPs). Apesar de o novo modelo indicar elevados ganhos de eficiência e redução de custos, as administrações municipais deve implementar contratos que sejam sustentáveis e justos, compartilhando os ganhos de forma equilibrada com as empresas. Também é importante observar oportunidades que surgem da incorporação de outros sensores à rede de iluminação, para viabilizar outros serviços, como vigilância ou comunicação, por exemplo. Mais do que a simples substituição de lâmpadas pela tecnologia LED (*Light Emitting Diode*)²¹, os projetos de referência de IoT em iluminação pública utilizam inteligência na rede e tecnologias de sensoramento no poste, dimerização e acionamento por movimentação e presença.

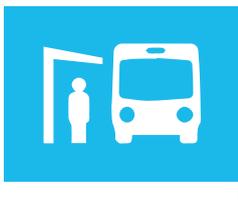
21 *Light Emitting Diode*, ou “diodo emissor de luz”, que permite reduzir a energia gasta com iluminação.

Uso de IoT em cidades e centros de pesquisa



Além das cidades que aplicaram IoT, centros de pesquisa especializados no tema de *smart cities* também representam importantes exemplos de mobilização desse assunto no país.

A seguir, apresentamos uma breve descrição dos recentes casos de adoção de IoT em cidades brasileiras.



2.1.1 Fortaleza

6ª cidade com melhor mobilidade urbana do Brasil

Lançado em 2013, o Plano de Ações Imediatas de Transporte e Trânsito de Fortaleza (PAITT) é um programa para melhorar a fluidez e velocidade do trânsito em Fortaleza. Segundo o prefeito responsável pelo programa, “[...] o PAITT envolve o uso do conhecimento, tecnologia e fiscalização para resolver problemas de trânsito”. Ele inclui duas iniciativas relacionadas com IoT: implementação de GPS em ônibus para permitir maior previsibilidade no itinerário das linhas e um projeto piloto de compartilhamento de carros elétricos com recursos de IoT.

O programa alcançou impactos importantes na cidade. A velocidade média em vias consideradas fundamentais no programa teve aumento de até 54%, e o tempo de viagem nessas mesmas vias caiu até 36%.



Fortaleza, CE



2.1.2 Águas de São Pedro

Investimentos do setor privado em IoT

A cidade de Águas de São Pedro, estância turística localizada no estado de São Paulo, tornou-se referência em cidades inteligentes após um projeto financiado por uma grande operadora de telecomunicações em parceria com parceiros tecnológicos de soluções verticais e fundações educacionais.

Iniciado em 2013, o projeto envolveu 14 serviços inteligentes, com destaque para a implementação de:



Águas de São Pedro, SP



“ O grande aprendizado deste projeto é a necessidade de uma definição detalhada dos papéis e responsabilidades de cada ator envolvido no projeto”

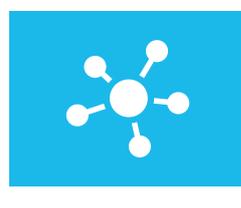
(Antônio César S. Santos, especialista em IoT e Inovação da Telefônica Digital)

- 500 sensores de estacionamento para informar aos moradores e visitantes, por meio de aplicativo, a disponibilidade de vagas de estacionamento nas principais vias do município, esta solução tinha como objetivo otimizar o tráfego de veículos no centro da cidade principalmente em finais de semana e alta temporada quando o volume de veículos na cidade é muito intenso.
- Iluminação pública inteligente, instalada em um dos principais parques da cidade que além de controlar o status das lâmpadas (indicando problemas ou lâmpadas queimadas) também controlavam sua operação, acendendo, apagando e ajustando a intensidade da luz de acordo com a necessidade.
- Câmeras inteligentes de monitoramento das vias públicas, com geração de alarmes de acordo com regras pré-estabelecidas como veículos trafegando na contramão, monitoramento contra vandalismo de prédios e itens do mobiliário urbano que percebem uma alteração incomum em uma imagem (ex: desaparecimento de um busto/estátua em uma praça) ou pichação em uma parede.

Entre os impactos do projeto, estão a redução de até 30% no consumo de energia elétrica no parque onde o projeto foi implementado, modernização da infraestrutura de redes da cidade com aumento da velocidade de conexão de internet em 150% e formação de um ecossistema de desenvolvedores focados em soluções para as cidades.



Aparecida, SP



2.1.3 Aparecida do Norte

Programa piloto da iniciativa privada em *smart grid*

Criado em 2011 pela concessionária de energia da cidade, em parceria com a Secretaria de Energia de São Paulo e a Prefeitura de Aparecida, o projeto prevê a instalação de medidores inteligentes em torno de seus 15 mil domicílios. O projeto também planeja implementar pilotos de eficiência energética, mobilidade elétrica (com instalação de cinco pontos de recarga de veículos elétricos) e iluminação pública eficiente (substituição de mais de 200 luminárias públicas com redução prevista de mais de 40% do consumo de energia).



2.1.4 O Rio de Janeiro

Revitalização de bairro para utilização de IoT

Fundado em 2010, o Centro de Operações Rio (COR) integra cerca de 30 agências da cidade que acessam dados de câmeras e sensores com objetivo de melhorar o trânsito e a gestão de emergências na cidade. Referência na América Latina em cidades inteligentes, o COR monitora dados de ativos fixos, semidinâmicos e em tempo real, para informar a população e os gestores públicos de forma ágil.

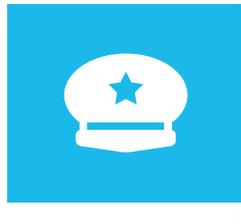
Também no Rio de Janeiro, a região da Praça Mauá foi escolhida para as transformações do Programa de Inovação Social e Urbana de empresa multinacional de conectividade. Ele apresenta 15 soluções inteligentes desenvolvidas pela empresa e startups de tecnologia, e suas principais soluções em IoT incluem:

- **Monitoramento da qualidade do ar:** sete estações ambientais, integradas à plataforma de IoT capturam informações climáticas em tempo real para analisar as tendências da cidade.
- **Monitoramento e gerenciamento de bueiros:** sistema monitora e gerencia o lixo sólido acumulado nos 28 bueiros da região com sensores volumétricos e coletores removíveis conectados, que avisam automaticamente quando estão obstruídos.
- **Sensores de ruído:** sistema programado para detectar ruídos incomuns na área, como tiros e explosões, e informar automaticamente a central de controle.





Canoas, RS



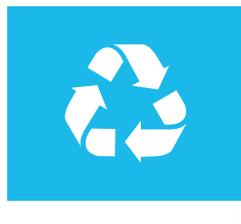
2.1.5 Região metropolitana de Porto Alegre

Implementação de IoT em bairro piloto aumenta segurança

Primeira na América Latina a implementar a tecnologia, Canoas, cidade da região metropolitana de Porto Alegre, conta com mais de 30 sensores para detectar ruídos de alerta, como disparos de armas de fogo, que avisam automaticamente a Central Integrada de Monitoramento do Gabinete de Gestão Integrada Municipal. O bairro escolhido para o piloto, Guajuviras, sofria com altos índices de homicídio, que foram reduzidos em 38% com a adoção de ações de segurança, por meio da instalação dos equipamentos.



Paulínia, SP



2.1.6 Paulínia

Implementação de piloto em resíduos sólidos com instalação de lixeiras inteligentes

Uma das pioneiras a usar o sistema de lixeiras inteligentes na América Latina, Paulínia instalou cerca de 25 estações de coleta de lixo na cidade, reduzindo em até 30% os custos desse serviço. Além de o sistema informar automaticamente quando está cheio, evita enchentes, por ser subterrâneo, e otimiza a mão de obra utilizada na coleta dos resíduos.



Uberlândia, MG

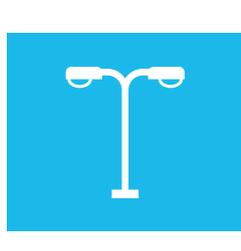


2.1.7 Minas Gerais e Ceará

Novos bairros inteligentes construídos para utilização de IoT

O bairro da Granja Marileusa, em Uberlândia (MG), foi criado pela iniciativa privada para receber aplicações de IoT. Com infraestrutura de rede de energia e dados, oito dutos de telefonia e redundância, o bairro tem mais de 95 casas com monitoramento por vídeo e fibra óptica instalada. Equipado de lixeiras com sensores de volume, o bairro ainda deu origem a um micropolo tecnológico e possui espaço de *coworking* para atrair empresas inovadoras.

Já o projeto *Smart City Laguna*, desenvolvido em Croatá (CE), também realizado pela iniciativa privada, pretende ser a primeira cidade inteligente social do planeta. Criado em 2011, ele se baseia nos pilares de inclusão social, planejamento urbano, meio ambiente e tecnologia. Com a construção de casas apoiadas pelo programa Minha Casa, Minha Vida, o bairro prevê uso gratuito de tecnologias que obtêm informações sobre o local e o monitoramento de recursos como água e energia. O projeto já possui parceiros privados para o fornecimento de medidores inteligentes, postes inteligentes, sinal gratuito de *Wi-Fi* e sistemas de segurança²².



2.1.8 Belo Horizonte

Modelo de iluminação pública inteligente através de Parceria Público-Privada (PPP)

Eleita a quarta cidade mais inteligente e conectada do Brasil²³, Belo Horizonte será a primeira capital do país a modernizar 100% de sua iluminação pública para LED e utilizar serviço de telegestão, que trará no mínimo 45% de economia de energia, permitirá maior controle e monitoramento específico de cada local de iluminação, e viabilizará:

- A alteração da intensidade da iluminação, gerando mais economia ao município.
- A troca de informações e integração do serviço com outros equipamentos, como semáforos e câmeras.
- A atuação mais rápida na manutenção do sistema, sem necessidade de vistoria ou abertura de chamado pelos munícipes.
- A exploração, em conjunto com o município, de receitas acessórias por meio da cobertura de rede de telegestão.
- Futuramente, a criação de uma grande rede *Wi-Fi* (O município já possui cobertura *WiFi* em diversas localidades).

O contrato, de aproximadamente R\$ 500 milhões, terá duração de 20 anos e contemplará 182 mil pontos de iluminação em todo o município.

22 “Bairros que já nascem digitalizados”, Valor econômico, 2017.

23 *Ranking* “Connected Smart Cities 2017”.



Croatá, CE



Belo Horizonte, MG



“ O município de Belo Horizonte instituiu uma diretoria de iluminação pública com reuniões periódicas para discutir os temas relevantes da iluminação. Existem profissionais com conhecimento técnico que ajudam a planejar e aprofundar ações. Para que o processo funcione bem é importante ter do lado do município profissionais que conheçam a dinâmica das atividades ligadas à iluminação.”

(Marcelo Menegatto, CTO da BH Iluminação Pública S.A).



Caraguatatuba, SP



2.1.9 Caraguatatuba

Substituição de 100% da iluminação pública com aplicação de IoT e PPP

Uma das primeiras cidades do estado de São Paulo a firmar uma PPP para a iluminação pública, Caraguatatuba já substituiu cerca de 6 mil lâmpadas e planeja trocar 100% da iluminação pública até julho de 2018. Implantando o sistema de luminárias preparadas como plataforma básica para a criação de uma rede *smart grid*, ele permite que o prefeito controle e receba informações da rede por um *smartphone*. No futuro, podem ser instalados *microchips* capazes de receber aplicativos, como câmeras de segurança, *Wi-Fi* e detectores de sons.



São José dos Campos, SP



2.1.10 São José dos Campos

Implementação de soluções de IoT

Considerada a 37^a cidade mais inteligente do país²⁴, São José dos Campos, por meio de parceria com o setor privado, vem empregando sensores climáticos e de detecção de disparos e de ruídos, por exemplo, para medir temperatura, umidade e níveis de CO₂. A cidade também se beneficiará da introdução de uma rede de *Wi-Fi* pública, de um sistema de iluminação pública inteligente, de um sistema de resposta de emergência, composto por 500 câmeras conectadas, de sistemas de *software* e de 205 km de cabos de fibra óptica.

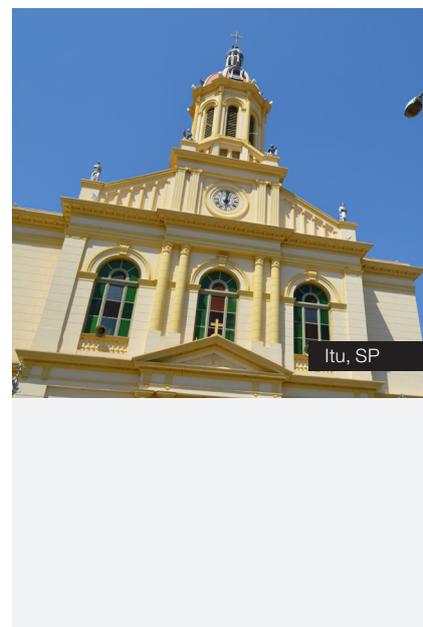
24 Ranking "Connected Smart Cities 2017".



2.1.11 Itu

Utilização de PPP para projeto de 3.300 lixeiras inteligentes

Localizada no interior de São Paulo, Itu, por meio de uma PPP vigente até 2041, implantou um sistema inteligente de coleta de resíduos, com 3.300 contêineres distribuídos pela cidade. Os contêineres de resíduos possuem sensores que alertam quando estão chegando ao limite. Após estudos que levam em conta a existência de estabelecimentos geradores de resíduos, os contêineres também estão conectados a um sistema de monitoramento capaz de indicar a necessidade de reparos ou substituições. As economias e ganhos de eficiência são resultado da melhor roteirização da coleta.



Itu, SP



2.1.12 São Luís do Paraitinga

Primeiros passos para uma cidade inteligente

Iniciada em 2013, uma parceria entre a concessionária de energia local e a prefeitura de São Luís do Paraitinga, São Paulo, vem testando diversas ações para tornar o município mais inteligente. Utilizando recursos de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica, a concessionária local investiu cerca de R\$ 18 milhões em um projeto-piloto que visa implantar tecnologias para gestão e economia de energia elétrica. A iniciativa é formada pelas vertentes: medição inteligente, geração distribuída, iluminação pública, veículos elétricos e interação com consumidores.

No caso da medição inteligente, foi instalada uma rede com sensores que alertam sobre a falta de energia e variações na tensão. Aliada à rede de sensores, foram instalados 6.000 medidores inteligentes nas residências, que permitem a operação remota e a gestão detalhada do consumo de energia elétrica. Além disso, foi realizada a troca da iluminação pública convencional por LED com sistema de gestão, permitindo a dimerização e gestão remota do consumo.

O projeto também implantou placas fotovoltaicas, que transformam luz solar em energia elétrica, em residências e prédios públicos, com o objetivo de estudar



São Luis do Paraitinga, SP



“ Uma boa relação entre a concessionária local e a prefeitura foi essencial para garantir o sucesso de execução do projeto. A parceria com a prefeitura contribui tanto para o engajamento da população como, também, assegura as condições de trabalho.”

(Alexandre da Silva, gerente de projetos da Elektro com foco em Pesquisa e Desenvolvimento)

os impactos da microgeração no planejamento, operação e segurança da rede. Veículos elétricos como ônibus e bicicletas também foram incorporados ao projeto para estudo dos aspectos regulatórios e viabilidade técnico-econômica.

Finalmente, o projeto investiu significativamente na interação com os consumidores e a prefeitura local. Foi criado um espaço de demonstração de tecnologia avançadas para a gestão de energia. Um personagem chamado “Esmart” foi criado para trabalhar o projeto nas escolas, discutindo temas como engenharia elétrica e eficiência energética. Outra iniciativa é o Portal do Consumidor, onde os usuários poderão ver a gestão do consumo, criar metas, e receber dicas de sobre racionalização do consumo e energia.

2.2 Iniciativas internacionais com a implementação de IoT para superação de desafios urbanos

No mundo, diversas iniciativas envolvendo Internet das Coisas tem gerado benefícios em áreas da cidade tão diversas quanto mobilidade, segurança e manutenção. Neste capítulo, são descritos casos com potenciais aplicação de IoT ainda não explorados de forma exaustiva no Brasil com atuação direta em assuntos relevantes para o país.

2.2.1 São Francisco, Estados Unidos

Parquímetros inteligentes adequam o preço de acordo com a demanda atual por vagas na cidade

A Agência Municipal de Transportes de São Francisco (SFMTA) criou a SF Park para usar novas tecnologias e desenvolver políticas que gerem melhora do tráfego na cidade.

A solução implantada parte do princípio que ajudar motoristas a encontrar o melhor lugar para estacionar reduz o trânsito para todos, tornando as ruas menos congestionadas e mais seguras. Os parquímetros passaram a aceitar cartões de crédito e débito e a ajustarem o preço de forma dinâmica e periódica para se ajustar à demanda por vagas (os preços variam de 50 cents até 7 dólares por hora). Preços definidos por demanda encorajam motoristas a estacionarem em áreas e garagens subutilizadas, reduzindo a demanda em áreas altamente congestionadas.

7 mil dos 28 mil pontos de parquímetro fizeram parte do piloto, além de 15 dos 20 espaços de garagem gerenciados pela cidade. No início de 2018, esperase expandir a solução para todos os parquímetros gerenciados pela SFMTA e também os da região do Porto de São Francisco.

Além disso, o SFPark usa sensores em locais de estacionamento para detectar quando eles estão ocupados. Usando o site SFPark ou o aplicativo, os cidadãos podem ver onde há espaços livres e quanto custará a tarifa.



São Francisco, Estados Unidos

2.2.2 Los Angeles, Estados Unidos IoT para controle de congestionamentos

A cidade de Los Angeles é uma das 10 cidades mais afetadas por congestionamento de acordo com a lista da Forbes de 2015.

Sensores nas estradas espalhados por cada interseção enviam atualizações em tempo real sobre o fluxo de tráfego através de cabos de fibra óptica para uma central abaixo do centro da cidade. O sistema computadorizado, que executa um *software* desenvolvido pela própria cidade, analisa os dados e faz ajustes automaticamente segundo a segundo, adaptando-se às mudanças de condições e usando uma amostra de dados passados para prever em quais regiões o tráfego pode congestionar. Todo o processo é realizado sem envolvimento humano.



Los Angeles, Estados Unidos

2.2.3 Nova Iorque, Estados Unidos Sistema de detecção de tiros aumenta segurança da população e auxilia combate ao crime

O Departamento de Polícia de Nova York começou a usar em 2015 um sistema de detecção que identifica o local de um tiroteio e envia a informação para o departamento de polícia em menos de 1 minuto.



Nova Iorque, Estados Unidos

Centenas de minúsculos sensores ficam instalados em telhados e postos luminosos em diversas regiões propensas a violência com arma de fogo, em bairros como Brooklyn. Em 2016, o sistema cobria uma área de 75 km².

Os sensores possuem microfones e um chip programado para ignorar som ambiente e marcar sons específicos. Tais sensores possuem GPS acoplado capaz de fornecer a localização e tempo precisos que são enviados para o departamento de polícia. Especialistas são encarregados de avaliar os

resultados e definir se realmente se trata do som de uma arma de fogo ou não. Caso os especialistas concordem, um aviso é enviado para a central de polícia.

2.2.4 Copenhague, Dinamarca

Semáforos inteligentes priorizam a travessia de bicicletas e ônibus e incentivam o uso de transporte público e sustentável



Copenhague, Dinamarca

Cerca de 40% dos moradores de Copenhague viajam de bicicleta todos os dias. A cidade decidiu instalar um Plano de Ação de Sistemas de Transporte Inteligente para tornar mais atrativo o uso de bicicletas e ônibus. As autoridades locais esperam que ao fazer o ônibus e a bicicleta serem mais rápidos e eficientes, os cidadãos utilizarão mais esses meios de transporte ao invés do carro.

Os ônibus da cidade devem comunicar detalhes sobre sua viagem a um sistema, incluindo a posição geográfica, número de passageiros e atrasos de

agendamento. Em resposta, os semáforos podem permanecer verdes por até 30 segundos a fim de manter os ônibus em movimento, dando especial prioridade aos ônibus que estão superlotados ou atrasados. Os semáforos também estão integrados com outros sistemas de trânsito inteligentes já implementados na cidade. As “ondas verdes” são trechos com semáforos programados para que ciclistas andando em aproximadamente 12 milhas por hora nunca passem por um farol vermelho. Os

semáforos inteligentes se ajustam a mudanças dessa velocidade média, aumentando o tempo do farol quando ciclistas estiverem andando em uma velocidade menor graças a eventos como chuva e ventos fortes.

A expectativa é que os novos semáforos reduzam o tempo de viagem do ônibus em até 20% e o tempo de deslocamento da bicicleta em até 10%. Instalar o sistema inteligente em Copenhague custará à cidade US \$ 8,9 milhões integrando 380 semáforos.

2.2.5 Barcelona, Espanha

Sistema de Irrigação controlado remotamente economiza recursos públicos e reduz consumo de água da cidade

Os jardineiros de Parques e Jardins de Barcelona controlarão as operações de rega nas áreas verdes da cidade usando um tablet. Este dispositivo permitirá que eles controlem o novo sistema de gerenciamento de rega da cidade, uma plataforma inteligente onde eles podem abrir e fechar as válvulas eletrônicas que controlam o processo de irrigação, para fornecer às plantas a quantidade exata de água necessária.

No primeiro passo, cada área do Poblenou Central Park foi estudada e analisada para conhecer suas necessidades específicas, analisando as espécies e suas necessidades de água. Foram instalados sensores de umidade debaixo do solo, responsáveis por medir a umidade e o fluxo de água em diferentes pontos estratégicos do parque.

Os sensores são colocados dentro de caixas impermeáveis que garantem uma grande durabilidade. Além disso, os dispositivos são alimentados por uma bateria de longa vida com autonomia de um ano. Os dados coletados são enviados diretamente enviados para uma central.

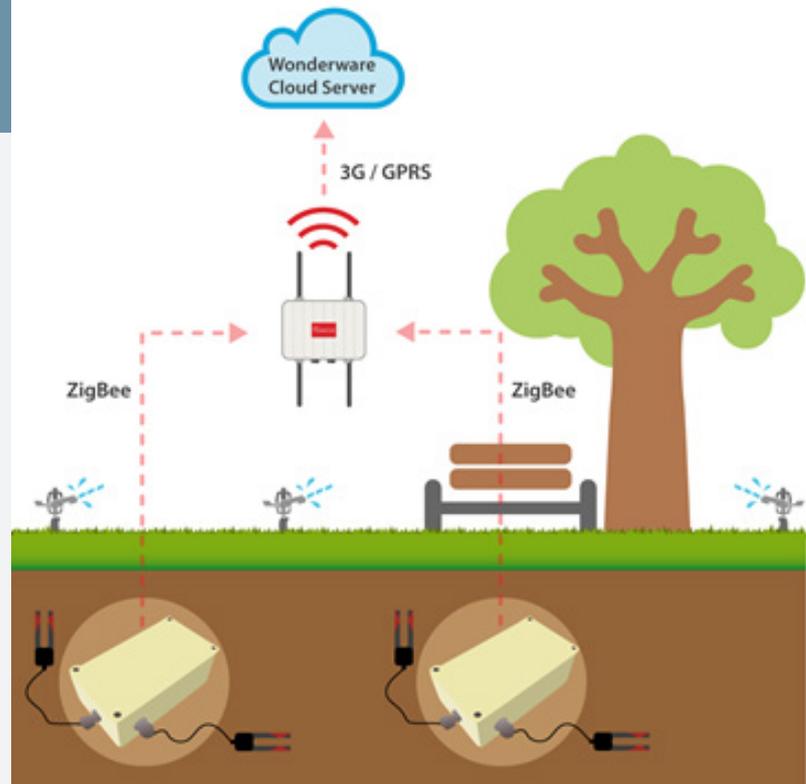
Os dados dos sensores, combinados com dados das estações meteorológicas e pluviômetros da cidade, permitem ajustar a quantidade de água utilizada e reduzir a conta de água municipal em até 25%. Isto significa uma economia anual estimada de quase 425 mil euros. A ferramenta foi desenvolvida pelos serviços urbanos e departamentos de TI do Conselho Municipal de Barcelona.



Barcelona, Espanha



Representação do sistema de irrigação utilizado



2.2.6 China, Sichuan

O sistema de alerta inicial de terremotos na China dá às pessoas valiosos segundos para se preparar para o tremor e salvar suas vidas

Em 2017, pessoas em toda a região de Sichuan na China ganharam segundos vitais para se preparar para o terremoto mortal que ocorreu na região, graças ao sistema de alerta de terremotos da China.

Sistemas parecidos poderiam ser implementados no Brasil para aviso prévio de enchentes e deslizamentos, fornecendo segundos valiosos que poderiam salvar vidas em áreas reconhecidas por esse tipo de desastre.

Desenvolvido pela *China Earthquake Administration* na sequência do tremor de magnitude 7,9 ocorrido em 2008 que deixou mais de 80 mil mortos, o sistema alertou as pessoas na região mais de um minuto antes do tremor inicial atingido no município de Jiuzhaigou em agosto de 2017. Na capital da província de Chengdu, a cerca de 300 km do epicentro, as pessoas foram notificadas do tremor iminente 71 segundos antes, por meio de mensagens enviadas para seus telefones celulares ou transmitidas

através de terminais de endereço público. Pessoas a 95 km do epicentro em Longnan, província de Gansu, obtiveram 19 segundos vitais para preparar.

O sistema funciona por meio da detecção das ondas P criadas por um terremoto. Estas são ondas em movimento rápido, mas usualmente inofensivas que dão uma advertência das ondas S mais lentas, muito mais perigosas que vem em seguida.

À medida que as ondas são captadas por uma rede de sismógrafos, alertas são enviados para redes de televisão, operadoras de telefonia, Internet, rádio de emergência e equipamentos especializados de recepção para avisar a população do tremor que está por vir.

Ao ser ativado nos celulares da população, por exemplo, a notificação emite um som súbito como um alarme de defesa aérea nos celulares, então, uma voz lê a contagem decrescente para o terremoto.

A *China Earthquake Administration* até agora investiu cerca de 2 bilhões de yuans (US \$ 300 milhões) no sistema de alerta precoce e relatório de intensidade rápida de tremores. O sistema tem a mesma base de funcionamento de sistemas usados em outros países como Japão, México e EUA.





São Paulo, SP

Caminhos para a implementação de IoT nas cidades Brasileiras

O presente capítulo visa apresentar um caminho para que gestores públicos possam avançar na implementação de soluções de IoT em suas cidades. A primeira parte do capítulo visa apresentar os principais passos que um gestor deverá seguir para estruturar um projeto de IoT em sua cidade. A segunda parte discute os principais pontos de atenção relacionados à segurança e privacidade de dados que um gestor deverá atentar-se durante a implementação de um projeto de IoT. A terceira parte detalha o caminho a ser trilhado para uma das soluções com maior probabilidade de implantação no curto prazo: IoT em iluminação pública com foco em modelo de PPP.

3.1 Passo a passo para estruturação de iniciativas em IoT

O Banco Interamericano estudou uma série de projetos ao redor do mundo relacionados ao objetivo de tornar as cidades mais inteligentes. O documento “Caminho para as smart cities: da gestão tradicional para a cidade inteligente” apresenta uma série de etapas que um gestor público deveria seguir para implementar projetos de sucesso. Como grande parte dos projetos de cidades inteligentes utilizam soluções de IoT, o documento do Banco Interamericano foi utilizado como inspiração para a definição do passo a passo para estruturação de soluções de IoT em cidades.

O passo a passo para estruturação de soluções de IoT pelo gestor público está organizada em 8 passos:

1. **Liderança e vontade política:** o papel dos prefeitos como entes apoiadores do tema tecnológico e de IoT é central, seja como executores de iniciativas específicas, ou como líderes da transformação digital municipal. Além da

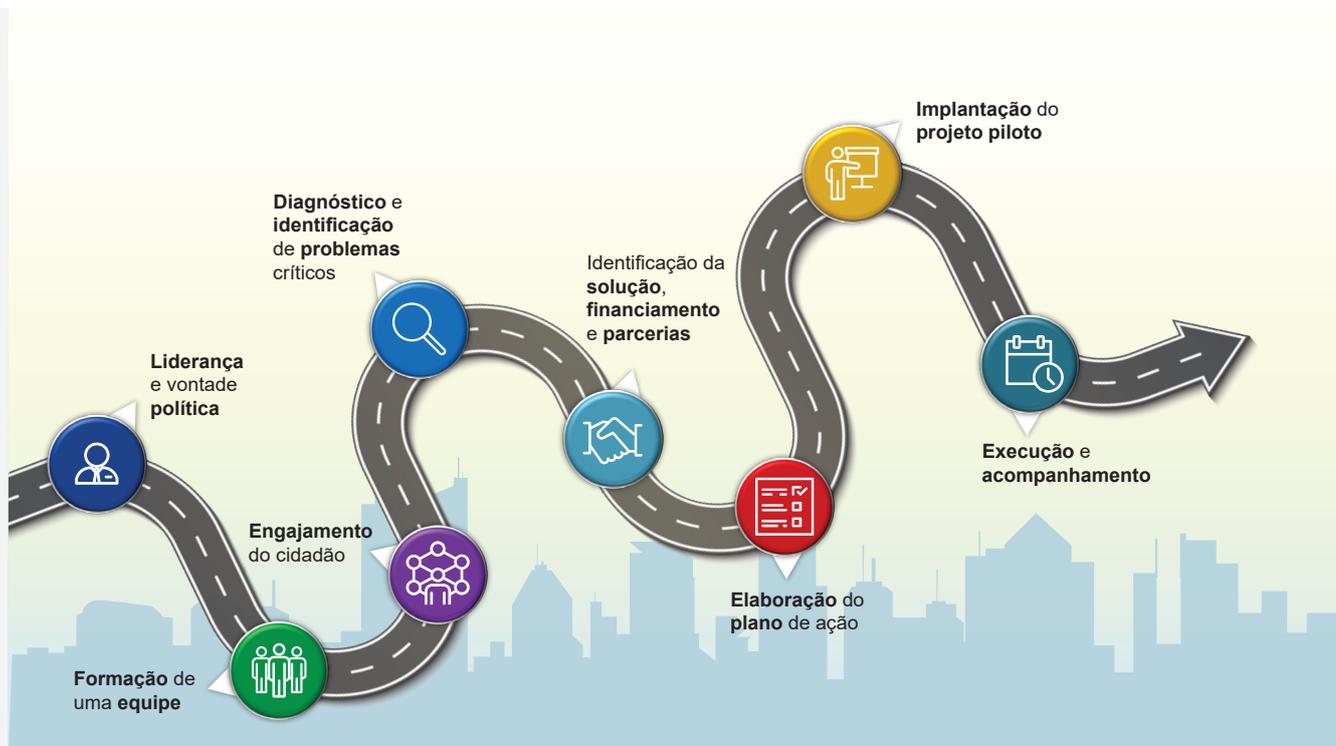


figura do prefeito, a equipe e liderança do município (por exemplo, secretários municipais) precisam estabelecer agenda clara no tema tecnológico para definir prioridades da gestão municipal. O papel do prefeito é liderar um projeto com visão abrangente e integrada, que promova a colaboração entre instituições com foco no desenvolvimento de um modelo de gestão multissetorial.

2. **Formação de uma equipe:** a capacidade de implementação de iniciativas passa pela existência de uma equipe de gestores públicos com conhecimento técnico sobre o tema. Como soluções de IoT integram diversas áreas do conhecimento, a equipe que lidera o projeto pela prefeitura deverá ser multidisciplinar. Esta equipe deverá ter um gestor e membros dedicados trabalhando no dia a dia do projeto. Esta equipe deverá elaborar o planejamento detalhado e acompanhar a execução das atividades relacionadas à implementação do projeto. A capacitação dos membros das diferentes secretarias com o intuito de clarificar os benefícios de IoT e da integração de seus dados é de suma importância para permitir a extração do máximo benefício possível após a coleta e processamento dos dados.
3. **Engajamento do cidadão:** a necessidade de aplicação de IoT nos municípios nasce dos desafios enfrentados por seus cidadãos. A participação dos cidadãos no processo de escolha é de fundamental importância. Com um mecanismo de escuta efetivo do cidadão, o município estará preparado para colocar para seus habitantes quais problemas e soluções devem receber a Internet das Coisas. Os usuários também deverão ter a oportunidade de avaliar e oferecer ideias para aprimoramento das soluções implantadas.
4. **Diagnóstico e identificação de problemas críticos:** uma das primeiras atividades dos gestores públicos comprometidos em modernizar suas cidades é o diagnóstico do município, onde deverão ser analisadas as condições atuais da cidade. Nesta fase, os gestores deverão mapear os principais problemas que podem ser mitigados ou resolvidos com a implantação de soluções de IoT. Deverá ser estabelecido um ordenamento das prioridades da gestão no curto e médio prazo.
5. **Identificação da solução, financiamento e parcerias:** após a identificação do problema a ser endereçado, é necessária uma análise de custo-benefício das alternativas tecnológicas disponíveis. Neste momento devem ser também estudadas as opções de financiamento dos investimentos e uma busca por parceiros para o projeto. Os parceiros deverão contribuir para a implementação da

solução e pode envolver empresas, universidades e o governo federal e estadual. O resultado desta análise deve conter uma avaliação dos pontos positivos e negativos de cada solução tecnológica, aliado à uma priorização das soluções de IoT estudadas. Sugere-se que a priorização seja feita por meio de uma classificação das soluções de acordo com o respectivo potencial de impacto e facilidade de execução. Restrições socioambientais e legais também deverão ser estudadas. Além disso, deve ser avaliado qual o formato apropriado de contratação dos serviços de IoT (compra, concessão ou outros formatos).

6. **Elaboração do plano de ação:** a etapa anterior servirá como referência para o desenvolvimento de um plano de ação. O plano de ação deverá conter a descrição das ações necessárias para a implementação da solução identificada. Dessa forma, nesta etapa deverão ser elaborados (i) o cronograma detalhado de implementação com identificação dos responsáveis por cada atividade e marcos de entrega, (ii) orçamento com definição da origem dos recursos e (iii) plano de monitoramento com definição dos indicadores de monitoramento.
7. **Implantação do projeto piloto:** a elaboração do plano de ação permite que os gestores públicos identifiquem algumas das barreiras para implantação de uma solução de IoT nas cidades. Todavia, por mais detalhado que seja o planejamento, ele dificilmente irá identificar todos os problemas de implantação que poderão ocorrer. Como forma de antecipar problemas e oferecer soluções antes da plena operação da solução, é recomendável a elaboração de um projeto piloto. O projeto piloto consiste na implantação em menor escala da solução desejada com intuito de testá-la e avaliar o efetivo benefício propiciado pela solução em relação ao seu custo. Após a implantação do piloto, o gestor deverá otimizar o plano de ação da solução completa com base nas lições aprendidas com o projeto piloto.
8. **Execução e acompanhamento:** o último passo consiste na implantação da solução em escala completa. Neste momento deverá ser colocado em execução o plano de ação desenvolvido nas etapas anteriores. O sucesso da execução não depende apenas de um plano de ação robusto, mas também de uma estrutura de governança e monitoramento que assegurem que as atividades previstas são executadas por pessoas capacitadas, da forma correta e no tempo adequado. Os indicadores de acompanhamento de cada atividade são pontos chave do monitoramento, devendo estar claros para todos os envolvidos com o projeto.



3.2 Pontos de atenção para os gestores durante a estruturação do projeto.

O item anterior descreveu os principais passos para estruturação de uma solução de IoT para o ambiente de cidades. Durante esta estruturação, o gestor público deverá ater-se à três aspectos fundamentais para viabilidade técnico, econômica e social da solução em escala:

- Privacidade
- Segurança da informação
- Interoperabilidade
- Capacidade de análise de dados
- Dificuldades para contratação de soluções de IoT

As próximas páginas deste documento detalham quais os pontos de atenção, relativos à privacidade, segurança da informação e interoperabilidade, deverão ser incorporados durante a estruturação de uma solução de IoT.

3.2.1 Privacidade em cidades inteligentes

A crescente utilização de dispositivos tecnológicos dispersos pelo espaço urbano, capazes de coletar dados sobre os cidadãos, monitorar suas atividades e até mesmo identificá-los, traz à tona diversas questões referentes à proteção da privacidade e dos dados pessoais dos indivíduos²⁵. **Para que o planejamento público das cidades inteligentes seja uma realidade bem-sucedida, é imprescindível que a privacidade dos cidadãos seja garantida primeiro na implementação das cidades inteligentes.** Para tal, além de boas práticas de gestão a serem adotadas pelo Poder Público, que levem em conta as determinações da atual legislação difusa sobre o tema - em especial, pelo Marco Civil da Internet e o Decreto nº 8.771/2016.

3.2.1.1 Coleta, processamento, armazenamento e acesso de dados pessoais

A implementação de projetos ligados à Internet das Coisas em ambientes públicos situados em cidades inteligentes perpassa tanto cenários em que há coleta de dados considerados como “pessoais”, já que identificam ou permitem a identificação do titular de dados, quanto hipóteses nas quais as informações coletadas por dispositivos e sensores não permitem assinalar a identidade do cidadão.

No caso de soluções em que não há coleta de dados pessoais - como a “fotografia da multidão”, onde os dados sejam anonimizados e agregados - seja pelo Poder Público ou pela iniciativa privada, a exigência de conformidade com o regime legal de proteção de dados pessoais é afastada. Nessas hipóteses, não há necessidade de se obter a autorização prévia do titular para a coleta, processamento, armazenamento e compartilhamento de dados, desde que haja uma anonimização e agregação efetiva dos dados coletados.

É o caso, por exemplo, de sensores voltados à obtenção de informações para fins de análise de mobilidade urbana, que monitoram a circulação e o comportamento de pedestres meramente por meio de mapas de calor. Nesse caso, não há identificação de cada indivíduo, mas apenas o registro das informações calorimétricas. Outras circunstâncias em que não há por princípio coleta de dados pessoais envolvem a coleta de dados técnicos objetivos, como dados como humidade do ar, índices de poluição, volume de ruídos, temperatura, pressão atmosférica, radiação, dentre outros.

²⁵ Conforme o art. 14, I, do Decreto nº 8.771, de 2016, será qualificado como pessoal o “dado relacionado à pessoa natural identificada ou identificável, inclusive números identificativos, dados locacionais ou identificadores eletrônicos, quando estes estiverem relacionados a uma pessoa”.



Em outras situações, entretanto, soluções IoT em cidades inteligentes implicam a coleta de dados pessoais. Nesses casos, um rol distinto de normas e práticas aplica-se com relação ao setor público e ao setor privado.

Em cenário no qual é a iniciativa privada que implementa dispositivos de IoT, há a incidência integral das obrigações legais em vigor decorrentes do Marco Civil, Decreto nº 8.771/16 e outras normas setoriais. Como resultado, deve haver obtenção de consentimento válido para a coleta, tratamento, uso e transferência de dados pessoais, com a prestação de informações sobre a finalidade do tratamento, armazenamento e compartilhamento dos dados. A alternativa é que os dados sejam coletados de forma anonimizados e agregada, o que desconfiguraria sua natureza de dados pessoais. No entanto, nesses casos, é preciso haver segurança objetiva de que os dados não são passíveis de desanonimização, isto é, a possibilidade de que com o emprego de meios técnicos, ou ainda, o cruzamento daqueles dados com outros bancos de dados, eles possam então identificar indivíduos, voltando a se configurar como dados pessoais.

Por sua vez, em relação ao uso de dispositivos IoT em cidades inteligentes pelo Poder Público, o órgão ou entidade pública que colete dados pessoais deverá respeitar o quadro legal de proteção de dados pessoais, salvo quando a coleta de dados seja necessária e inerente à prestação de serviço público essencial, em atenção ao interesse público.²⁶

De imediato, nota-se que, no âmbito da prestação de serviços públicos, haverá muitos casos em que será necessária a identificação do titular de dados como requisito inerente à prestação de um serviço público essencial. Nesses casos, dada a essencialidade dos serviços, os cidadãos que dele se utilizam não possuem a possibilidade de “não utilizar” o serviço embarcado com soluções de IoT. Por exemplo, um morador de uma grande cidade como São Paulo não pode simplesmente “optar” por não usar o serviço de transporte público municipal, justamente porque depende do uso desse serviço para seu deslocamento cotidiano e, como resultado, para sua sobrevivência econômica. Nesses casos, mesmo que venha a “consentir”

²⁶ A ressalva nesses casos é de que o dado coletado deve ser utilizado apenas para a finalidade em que foi obtido. Por exemplo, o Poder Público pode coletar dados pessoais necessários para a gestão de um sistema de bilhetagem eletrônica (como o “Bilhete Único” da cidade de São Paulo) no âmbito do transporte público municipal. Como esses dados são essenciais para a boa prestação do serviço, o consentimento ficaria dispensado. No entanto, os dados devem ser usados apenas para a finalidade específica de gestão do serviço e devem ser guardados com elevados níveis de segurança, não podendo ser cedidos a terceiros alheios à própria gestão do serviço. Outros dados que porventura possam vir a ser coletados que não são necessários para a prestação do serviço em si devem ser objeto de consentimento prévio, livre, expresso e informado por parte dos titulares dos dados.

sobre a coleta de dados atrelada ao uso do serviço, esse consentimento não é livre, expresso e informado, haja vista a dependência do usuário para com aquele serviço. Nesses casos, há uma responsabilidade adicional do Poder Público, uma vez que o dado pessoal precisará ser coletado de qualquer forma, independentemente da manifestação de vontade do usuário do serviço público. Como visto acima, o dado poderá ser coletado, mas o Poder Público deverá assegurar a segurança daquele dado, bem como deverá se ater à finalidade específica para a qual o dado foi obtido, ficando vedada a transferência dos dados para terceiros alheios à prestação do serviço.

No âmbito do processamento de dados pessoais, por sua vez, um dos problemas emergentes é o uso de dados para finalidade diversa da consentida pelo indivíduo.²⁷ Muito embora a coleta de dados pessoais possa permitir ao Poder Público obter padrões de consumo de água e eletricidade, tornar a segurança pública mais eficaz, ou até mesmo alavancar a transparência das ações governamentais e a aproximação entre os indivíduos e o Estado, é necessário que cada uso atenda especificamente à finalidade daquele serviço. Para que os dados sejam utilizados para outra finalidade que não aquela do serviço (ou informada ao cidadão quando do seu consentimento original), entende-se que seria necessário obter novo consentimento do cidadão ou a anonimização, agregação e utilização de técnicas como privacidade diferencial, sempre de forma tecnicamente segura e à prova de desanonimização.

Quanto ao armazenamento, é recorrente a preocupação com a segurança tanto dos dispositivos tecnológicos utilizados nas soluções de IoT, pois estes são comumente compostos de hardware e *software* vulneráveis, quanto dos dados coletados. Sendo assim, fica patente a necessidade de adoção de medidas de privacidade e segurança da informação no armazenamento de dados pessoais.

Como forma de mitigar riscos, recomenda-se a adoção de medidas de *privacy by design* para o armazenamento de dados obtidos por soluções IoT em cidades inteligentes, bem como para o referido processamento e até mesmo compartilhamento de dados. Entre tais ferramentas, estão a privacidade diferencial, agregação e anonimização de dados coletados por dispositivos IoT.²⁸

27 Pode ser o caso do uso de dados pessoais para investigação forense ou fins comerciais por parte do Poder Público, por exemplo.

28 A Estônia tem histórico de armazenamento de dados sensíveis utilizando a tecnologia *blockchain*, sistema que também configura alternativa de interesse para a proteção de dados pessoais. No caso em questão, o país utiliza do mecanismo para registrar informações médicas dos cidadãos do país de forma segura. Disponível em: <https://www.economist.com/news/business/21722869-anti-establishment-technology-faces-ironic-turn-fortune-governments-may-be-big-backers>. Acesso em 22 de agosto de 2017.



Com relação ao acesso aos dados pessoais, órgãos e entidades estão sujeitos ao dever de publicidade, previsto no art. 37 da Constituição Federal, e devem observar o regime de transparência disposto na Lei de Acesso à Informação. A LAI atribui a órgãos públicos a obrigação de fornecer aos cidadãos informações de interesse público, seja independente de solicitação (transparência ativa) ou após demanda apresentada por cidadão (transparência passiva).

A LAI inclui entre as informações de interesse público aquela “produzida ou custodiada por pessoa física ou entidade privada decorrente de qualquer vínculo com seus órgãos ou entidades, mesmo que esse vínculo já tenha cessado”. Exclui-se, entretanto, as informações de “cunho pessoal”, referentes à pessoa natural identificada ou identificável. Estas informações serão de acesso restrito, sendo necessário consentimento para a sua disponibilização. Como resultado, verificasse que os dados que identifiquem ou permitam a identificação de cidadãos, coletados por órgãos e entidades públicas por meio de soluções em IoT em cidades inteligentes, não poderão ser acessados e divulgados publicamente, senão na ocasião de consentimento do titular do dado, quando esse consentimento for válido (como mencionado acima, o consentimento poderá não ser válido quando tomado no âmbito ou como requisito para a utilização de serviço público essencial).

3.2.2 Segurança da informação

Diante do desenvolvimento da Internet das Coisas no Brasil, da expansão de vulnerabilidades em redes e da natureza “sem fronteiras” de incidentes em segurança da informação, a discussão sobre medidas relacionadas à cibersegurança nos âmbitos do Poder Público e da iniciativa privada ganha destaque.

Discutem-se modelos de governança tanto para a cooperação internacional, quanto em relação ao arranjo institucional interno brasileiro. No âmbito local, faz-se necessário, ainda, encontrar alternativas para incentivar a adoção de medidas protetivas à segurança da informação pela iniciativa privada, seja pela adoção de mecanismos voluntários de certificação de dispositivos ou pelo respeito a critérios mínimos de segurança em infraestruturas críticas.

Um dos pontos em que se prevê a adoção de medidas concretas é a certificação voluntária sobre a segurança de dispositivos ligados à Internet das Coisas. A estruturação de sistema de certificação baseado na auto-avaliação voluntária, sem

a imposição de obrigações legais aos aderentes, tem o potencial de criar cultura de transparência na prestação de informações ao usuário e incentivar a adoção de alto padrão de segurança pela iniciativa privada.

Outro aspecto importante na temática da segurança da informação é o grau de segurança de infraestruturas consideradas críticas, como redes de saneamento básico e energia elétrica.²⁹ Isso porque, no contexto do desenvolvimento de IoT, há uma tendência de aumento da conectividade desses sistemas essenciais, o que aumenta, igualmente, a exigência de segurança da informação nestes setores, considerando o potencial impacto social causado por um possível ataque ou falha de segurança.

3.2.3 Interoperabilidade

3.2.3.1 O desafio dos silos digitais

Como discutido anteriormente neste documento, são inúmeros os desafios enfrentados pelos cidadãos no dia a dia das cidades. Assim, é grande a necessidade de busca por soluções que enderecem estes desafios. Contudo, uma realidade comum nas prefeituras é os que os diferentes departamentos ou secretarias busquem por soluções de tecnologia para problemas isolados existentes dentro do seu escopo de atuação. Este relacionamento entre prefeitura e fornecedores, que é apenas orientado a problemas pontuais, resulta na aquisição de diversas tecnologias não integradas.

Como consequência deste comportamento, silos digitais são criados. Os silos resultam em dois problemas principais. Primeiramente eles possuem custos mais elevados do que soluções integradas uma vez que diversos componentes que poderiam ser aproveitados por todos os sistemas, como a infraestrutura de rede, são replicados.

Em segundo lugar, e mais importante, a falta de cooperação entre as diversas aplicações não permite a criação de soluções que habilitem inovações e maximizem os resultados. Por exemplo, o sistema de iluminação pública pode tirar grandes vantagens ao utilizar informações do sistema de mobilidade urbana, como utilizar

²⁹ Segundo a Portaria nº 2/2008 do GSI/PR, são infraestruturas críticas as instalações, serviços e bens que, se forem interrompidos ou destruídos, provocarão sério impacto social, econômico, político, internacional ou à segurança nacional. Destas, são infraestruturas críticas prioritárias as áreas de energia, água, transporte, telecomunicações e finanças. Disponível em <http://contadores.cnt.br/legislacoes/portaria-gsipr-no-2-de-8-de-fevereiro-de-2008.html>.

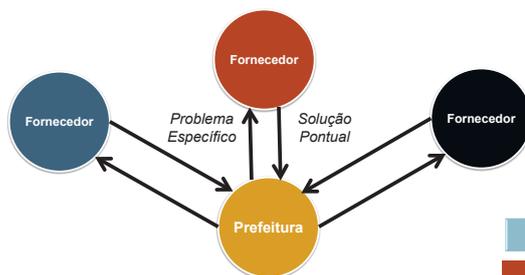


a informação da contagem de carros em uma dada rua para tomar a decisão de qual nível de luminosidade é o mais adequado. Neste caso, é possível tanto reduzir o consumo de energia quando a iluminação não é requerida em sua máxima capacidade, como evitar acidentes em momentos de maior demanda através do aumento da luminosidade.

A utilização de diversas soluções desconexas pode levar a digitalização da cidade mas uma cidade que não se preocupa em tirar o máximo resultado através da livre cooperação entre as aplicações não pode ser elevada ao patamar de cidade inteligente. Em suma, a digitalização é resultado da aplicação da tecnologia, mas a inteligência está em como utilizar a tecnologia através de um planejamento integrado. Assim, o primeiro passo para evitar os silos digitais e fomentar a interoperabilidade é a definição e estruturação de um Plano Diretor de Tecnologia da Cidade Inteligente (PDTCI).

O PDTCI deve elencar todos os desafios a serem endereçado para que, a partir de uma visão ampla da demanda, sejam definas quais soluções serão adotadas. A criação e adoção do PDTCI devem objetivar:

O relacionamento orientado à problemas resulta na criação de silos digitais



Cidade Digital			
Mobilidade Urbana	Iluminação Pública	Segurança Pública	Medição Inteligente
Aplicações	Aplicações	Aplicações	Aplicações
Rede	Rede	Rede	Rede
Recursos: Semáforos, câmeras, contadores de carros, etc.	Recursos: Lâmpadas, sensores de iluminação, atuadores, etc.	Recursos: Câmeras, viaturas, etc.	Recursos: Medidores de energia, luz e gás.

- Evitar desperdício financeiro com aquisições de tecnologias redundantes;
- Compartilhar a infraestrutura de dispositivos, telecomunicações e informática entre diversas aplicações;
- Seguir padrões consolidados;
- Adotar soluções abertas e customizáveis;

O PDTCI parte das premissas do Plano Diretor da Cidades, que abarca questões mais amplas e estratégicas da cidade, e considerando restrições, prioridades e premissas deve ser a base para a criação dos planos táticos que irão efetivamente resultar na implantação das soluções de tecnologia.

O Plano Diretor de Tecnologia da Cidade Inteligente é um instrumento fundamental para evitar que os silos digitais ocorram

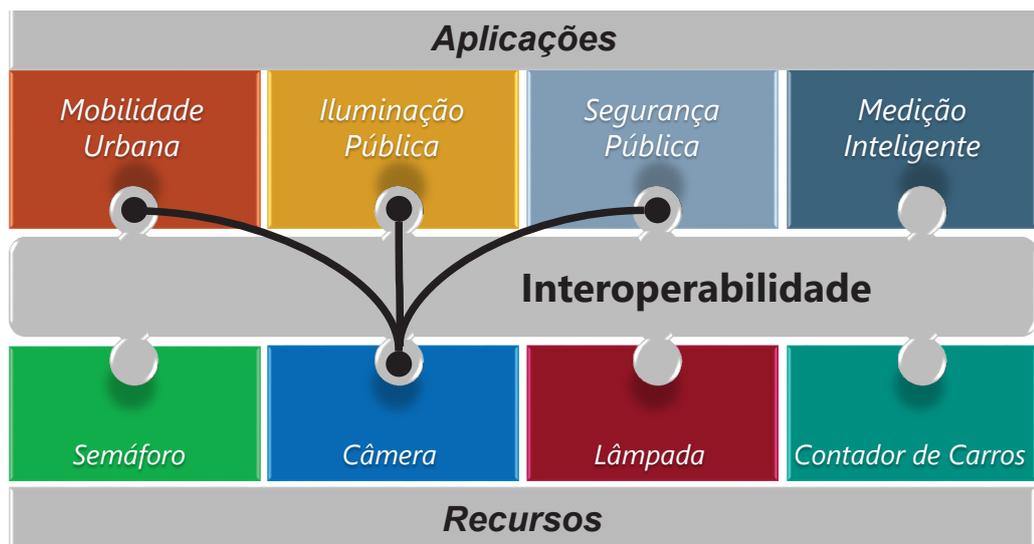


Uma vez que os planos de implementação estejam interligados por um plano diretor de tecnologia que integraliza todas as necessidades e define premissas importantes, como adoção de padrões consolidados e tecnologias abertas, os gestores de diferentes secretarias terão diretrizes claras para contratar soluções que possibilitem a interoperabilidade.



Através da interoperabilidade os recursos disponíveis não são rotulados para um fim específico. Por exemplo, não se adquire uma câmera de segurança, mas um recurso físico capaz de gerar informações (no caso, vídeo) que pode ser do interesse de diversas aplicações. Assim, não apenas a segurança pública pode se valer deste recurso, a mobilidade urbana pode utilizá-lo para a contagem de veículos ou a iluminação pública para a verificação da queima de luminárias. Nesta abordagem, mesmo aplicações ainda não concebidas poderão fazer uso destas informações, assim como a disponibilidade das informações podem ser o ponto de partida para a concepção de novas aplicações.

A inoperabilidade inicia-se a partir do planejamento integrado

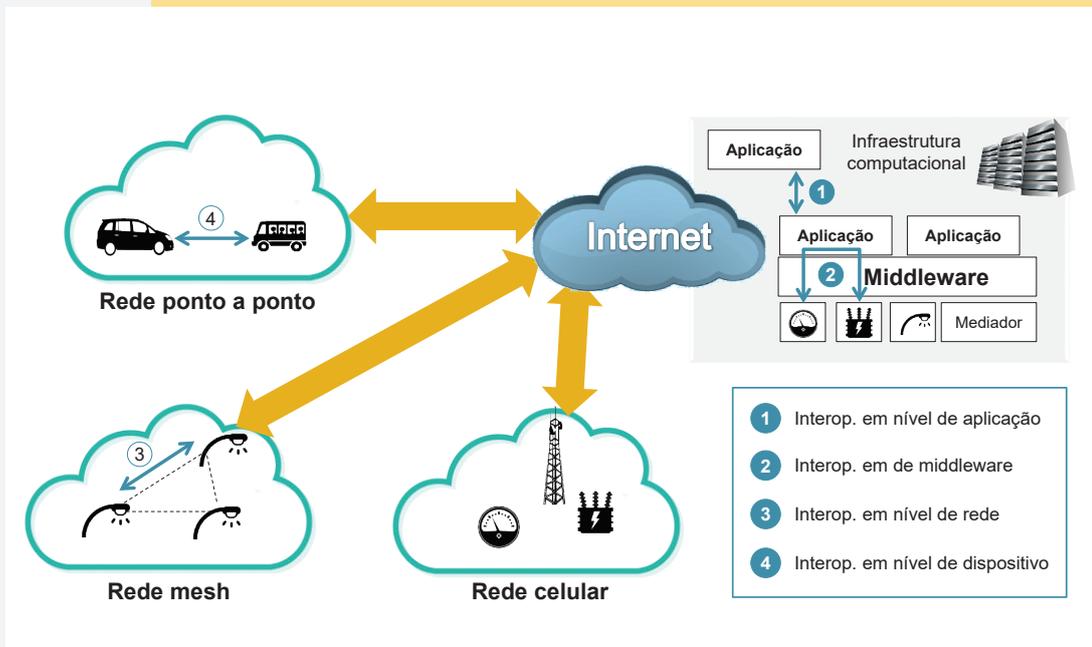


3.2.3.2 Formas de interoperabilidade

Dada a complexidade sistêmica da Internet das Coisas existem diferentes formas de interoperabilidade. Cada uma destas representa graus de complexidade diferentes na sua implementação e também resultam em soluções com características específicas. Dependendo das necessidades das aplicações, como, por exemplo, o atraso tolerado entre o acontecimento de um evento e a realização da ação de resposta, uma determinada forma de interoperabilidade pode ou não ser adequada.

A seguir são descritas as principais formas de interoperabilidade divididas pelas camadas da IoT.

A inoperabilidade pode ocorrer em cada camada de IoT



Camada de aplicação: a forma de interoperabilidade mínima entre dois sistemas IoT ocorre em nível de aplicação. Neste caso duas soluções totalmente apartadas ainda podem interagir através da troca de informações por meio de APIs (*Application Program Interface*) abertas. Por exemplo, uma plataforma de carros compartilhados pode enviar informações dos trajetos em execução para que uma solução de mobilidade urbana otimize a temporização de semáforos. Assim, para que este tipo de interoperabilidade seja possível é importante que as aplicações implementem interfaces abertas.

Camada de middleware IoT: o uso de middleware tem se mostrado como uma das formas mais factíveis de promover interoperabilidade em Internet das Coisas. O middleware é um *software* que intermedeia a comunicação entre dispositivos e aplicações, padronizando interfaces heterogêneas de forma a facilitar e acelerar o desenvolvimento e fomentar a interoperabilidade. Assim, muitas complexidades dos sistemas IoT são simplificadas através do uso de um middleware.

Camada de rede: existem muitas tecnologias de rede de comunicação e em diversos cenários é necessário se valer de diferentes soluções uma vez que as características das aplicações demandam por particularidades como cobertura de área, consumo energético e banda que não podem ser atendidas por uma



única abordagem. Contudo, se cada sistema IoT utilizar uma solução proprietária de rede os custos de infraestrutura se tornam proibitivos. Assim é fundamental compartilhar a infraestrutura de rede disponível para prover a conectividade dos dispositivos, para tal é necessário que estes sigam padrões de conectividade amplamente adotados.

Camada de dispositivos: também é possível que dois dispositivos interoperem diretamente. Esta abordagem é menos comum uma vez que requer que a aplicação seja executada, mesmo que parcialmente, de forma embarcada. Em geral os dispositivos apresentam limitações como capacidade processamento, memória e consumo energético o que não é favorável para a execução da aplicação final. Contudo, algumas aplicações podem requer esta abordagem. Por exemplo, veículos autônomos podem necessitar de comunicação direta para evitar colisões entre si. Caso essa comunicação fosse intermediada por uma aplicação centralizada e executada em nuvem, o tempo de atraso na troca de informações impediria que as ações fossem tomadas de forma adequada. Em casos como este é necessário que a interoperabilidade ocorra em nível de dispositivo.

3.2.3.3 Formas de promover a interoperabilidade

Como visto a interoperabilidade entre soluções IoT é de grande importância para que as cidades não criem silos digitais ao implantar novas tecnologias e para que as aplicações sejam efetivas e inovadoras ao endereçar os problemas da cidade. Contudo, a interoperabilidade pode ser requerida em diversos níveis, de forma que alcançá-la não é uma tarefa trivial. Assim, a seguir são apresentadas práticas que os gestores públicos podem adotar para fomentar a interoperabilidade de soluções IoT.

Plano Diretor de Tecnologia da Cidade Inteligente (PDTCI): como comentado anteriormente o PDTCI é instrumento fundamental para que os diversos departamentos ou secretárias da cidade não planejem a aquisição de soluções de tecnologia de forma independente. É necessário, à luz de todos os problemas que a cidade visa endereçar no curto e médio prazo, identificar as tecnologias desejáveis a fim de evitar compras redundantes e garantir que as diferentes soluções atendam níveis adequados de interoperabilidade.

Adoção de padrões: apesar de em muitos casos ainda existir competição de padrões e não ser claro quando e qual padrão se tornará predominante, o gestor público deve

evitar adquirir soluções que não adotem nenhum tipo de padrão, sendo proprietárias de fabricantes. Idealmente um estudo deve ser conduzido para o levantamento dos padrões correlatos à aplicação que se deseja implantar e pontuar as soluções disponíveis de acordo com a aderência destes padrões.

Promoção de soluções abertas: as cidades devem promover, apoiar e adotar soluções que possibilitam a fácil customização e com APIs bem definidas e documentadas para a integração com outros sistemas. Especial promoção deve ser dada às soluções que adotem o modo de licenciamento de código aberto.

Apoio a ambientes de testes: dada a complexidade e diversidade de soluções para cidades inteligentes é esperado que surjam propostas³⁰ de ambientes de testes que promovam a validação das soluções assim como a sua convivência e interoperabilidade no ambiente urbano. Quanto mais as prefeituras apoiarem este tipo de iniciativa, maior será a demanda para que as empresas ofertantes de tecnologia favoreçam a interoperabilidade de suas soluções.

Participação em plataformas de inovação: as plataformas de inovação são organismos que visam fomentar o debate entre demandantes e ofertantes de tecnologia a fim de alavancar a inovação através da criação de soluções que efetivamente sejam orientadas a problemas reais. No caso de cidades inteligentes, os gestores públicos devem participar deste tipo de iniciativa assumindo o papel de demandante, e, dentre os diversos problemas que necessitam ser endereçados no meio urbano, destacar a importância das diversas soluções interoperarem.

3.2.3.4 Capacidade de análise dos dados³¹

A grande massa de dados e informações, gerada após décadas de interação humana pelo mundo virtual, recebe a denominação de “Big Data”. Trata-se de um fenômeno que contempla não somente a existência e constatação do “grande volume” de dados, mas condições propícias para sua organização, análise e extração de outputs, a fim de balizar decisões das mais variadas espécies.

O Big Data representa uma visão organizada, estruturada e aplicada, em relação aos dados provenientes da atividade humana no ambiente virtual. Seu potencial vem

30 Destaca-se aqui a iniciativa em âmbito nacional liderada pela ABDI e INMETRO: http://www.abdi.com.br/Paginas/noticia_detalhe.aspx?i=4174

31 Este item incorpora as contribuições do Documento de Referência do Ambiente Demonstrativo de Tecnologias de Cidades Inteligentes, elaborado pela ABDI.



sendo explorado com grande criatividade há muitos anos para fins privados. E o Poder Público – notadamente em âmbito municipal – pode incorporar tais técnicas de Big Data para extrair valor das informações geradas pelas soluções de IoT e assim otimizar o atendimento às demandas públicas.

O Poder Público Municipal, enquanto incumbido da gestão e prestação de serviços e utilidades públicas locais aos cidadãos, é, por excelência, um grande gerador e depositário de grande massa de informações e dados, acerca dos usuários-cidadãos e do funcionamento dos serviços urbanos, dia após dia.

Imagine-se, assim, que – sempre se resguardando a segurança e a privacidade dos dados (por instrumentos como a anonimização dos dados) – a Cidade tenha ciência, em tempo real, das demandas efetivas de mobilidade de população: quantos usuários deslocaram-se, ao final de um dia, de uma posição X a Y (a partir dos aplicativos presentes nos celulares dos cidadãos), qual o modal utilizado (inclusive incorporando-se os dados de aplicativos de transporte particular, que estão sob regulação municipal), entre outras informações, necessárias à plena compreensão e controle do ecossistema da mobilidade urbana, com atualizações diárias ou até horárias. Seria possível, nesse cenário de pleno domínio, o redimensionamento constante das linhas de ônibus, com vistas ao equilíbrio entre a oferta de modais e sua demanda, bem como um planejamento com muito mais embasamento quanto à Política de Mobilidade Urbana da Cidade.

Ressalta-se que a geração do Big Data da Cidade acaba por ser uma consequência lógica e, ao mesmo tempo, um requisito de sucesso da absorção de mecanismos IoT na gestão de serviços municipais. Isso porque, como resultado da implantação e utilização de múltiplos sensores nas coisas da Cidade (semáforos, câmeras, lixeiras, bueiros, luminárias), mostra-se absolutamente necessário o processamento qualitativo e correlacionado entre tais informações, capturadas pelos inúmeros “devices” distribuídos pela Cidade. Do contrário, serão formados somente bancos de dados mortos, que, embora ricos em conteúdo, pouca contribuição terão no incremento da qualidade das decisões públicas.

3.2.4 Dificuldades para contratação de soluções de IoT³²

A legislação brasileira oferece, atualmente, diversas modalidades de contratação hábeis a conduzir a Cidade à absorção de novas Tecnologias da Informação e Comunicação. Cada espécie contratual possui seu delineamento e regras específicas, aplicáveis às licitações e contratos que deverão ser celebrados pela Municipalidade.

No tocante à simples aquisição de produtos e serviços intensivos em tecnologias da informação e comunicação, como IoT, devem ser observadas as disposições da Lei Federal n.º 8.666/93 e a legislação municipal porventura existente sobre o tema; as Concessões são regidas pelas regras específicas da Lei Federal n.º 8.987/95; quanto às Parcerias Público-Privadas, há a Lei Federal n.º 11.079/04 (e eventual legislação do Município sobre as PPPs); mencione-se, ainda, os Termos de Cooperação Não-Onerosa e os modernos e diversos arranjos possíveis sob a égide da Lei de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei Federal n.º 13.243/16).

Todavia, independentemente da estrutura contratual que a Municipalidade julgue adequada para o consumo de determinada TIC (a partir de profunda reflexão sobre diversos aspectos específicos de cada demanda pública), mostra-se obrigatória a delimitação, já nos processos licitatórios (e mesmo nos chamamentos públicos e procedimentos simplificados de seleção), das características esperadas para o provimento TIC e dos resultados esperados em sua adoção.

Noutras palavras, toda contratação pública deve apresentar-se ao mercado acompanhada de documento técnico (geralmente denominado “Termo de Referência”), que contenha a máxima delimitação daquela pretensão pública.

E, de fato, para a concepção de Termos de Referência adequados, que precisem as características relevantes no tocante a determinada TIC (notadamente em quesitos como interoperabilidade, cibersegurança, etc.) e promovam a competitividade nos certames, a ausência de conhecimento por parte do gestor público municipal consiste em verdadeiro obstáculo para uma contratação eficiente. *É preciso conhecer e entender para, depois, “comprar”.*

Destaca-se, ainda, o problema da fixação de indicadores de desempenho adequados, quando a modalidade eleita é uma Concessão ou Parceria Público-Privada.

³² Este item incorpora as contribuições do Documento de Referência do Ambiente Demonstrativo de Tecnologias de Cidades Inteligentes, elaborado pela ABDI.



3.3 O caso da Iluminação Pública

Atualmente a rede de iluminação pública passa por importantes transformações, seja em função do **deslocamento de sua exploração para os municípios, seja pela possibilidade de adoção de novas tecnologias** – em especial a substituição das lâmpadas a vapor metálico por placas de LED (*Light-Emitting Diode*). A migração para luminárias com menor consumo pode ser um indutor importante para o desenvolvimento de IoT, pois permite a introdução de mecanismos que viabilizam a comunicação sem fio com dispositivos de controle e de comunicação.

A nova luminária será, portanto, utilizada como ponto de rede de comunicação de dados conectada à Internet, inteligente à medida que cada ponto é individualmente controlável através do uso de *software*.³³ Isso permite, na prática, a comunicação com central controladora e de transferir, de forma bidirecional, dados e informações.

Isso viabiliza, entre outras funções, a identificação da situação da luminária em tempo real, o monitoramento de seu consumo energético e também sua dimerização, consistente na modulação de luminescência de acordo com luminosidade do ambiente e a ocupação do espaço, maximizando o uso de energia. Desse modo, a implementação de aplicações de IoT proporciona a gestão inteligente do parque de iluminação pública dos municípios, com a possibilidade de redução não só do consumo de energia na cidade como também do custo de manutenção da rede.

Ainda, é possível a integração desse serviço com outras aplicações de utilidade pública, tais como as câmeras de segurança instaladas nas vias públicas, semáforos de controle de tráfego nas vias públicas e análises de localização capazes de oferecer informações importantes para, por exemplo, gestores de distritos de negócios ou aeroportos. Também é possível a integração de outros sensores, em que informações de diversas naturezas são coletadas a partir da infraestrutura de iluminação pública. Essa rede municipal inteligente pode, assim, se tornar fonte de informações do Poder Público para tomada de decisões mais eficientes em relação aos serviços públicos oferecidos. No entanto, as mesmas cautelas com relação à privacidade que apontamos na parte em que tratamos de cidades inteligentes aplicam-se também para a iluminação pública.

³³ Mais informações em: <https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/smart-city-iluminacao-conectada-atraves-de-software-de-gestao-de-luz>. Acesso em: 04.09.2017.

3.3.1.1 Competências para gestão da iluminação pública

Inicialmente, é importante consignar que esse cenário de adaptação do sistema de iluminação pública às novas tecnologias deve levar em consideração que a **gestão do serviço de iluminação pública é de competência dos Municípios, conforme determinação constitucional** (art. 30, V). Assim, mesmo que a atividade possua evidente relação com os serviços de distribuição de energia elétrica, cuja competência é do governo federal (art. 21, XII, “b”), a competência para sua exploração e regulação é municipal.

Inclusive, por essa razão, a ANEEL editou **Resolução determinando a transferência para os municípios dos ativos de iluminação pública** (Resolução ANEEL nº 414/2010)³⁴. Essa transferência de ativos enfrentou barreiras, relacionadas em especial aos custos para a prestação direta do serviço e ao estado de conservação dos ativos transferidos, que resultou na realização de audiência pública³⁵ em 2013 para renegociar os prazos da transferência, dando origem à Resolução ANEEL nº 587/2013.³⁶

Assim, com o reconhecimento da municipalização da prestação do serviço de iluminação pública, **as prefeituras passaram a se responsabilizar por exercer atividades relacionadas à operação, manutenção, melhoria e modernização das redes de iluminação.**

3.3.1.2 Financiamento da iluminação pública

Na medida em que inúmeros municípios sequer possuem capacidade financeira e organizacional para prestar o serviço tradicional de iluminação pública, o estabelecimento de Parcerias Público-Privadas se mostra uma opção interessante que vem sendo explorada pelos municípios. Primeiro porque a parceria público-privada consiste em alternativa viável do ponto de vista jurídico, pois é espécie de concessão administrativa (art. 2º, § 2º, da Lei nº 11.079/2004), principal opção para a contratação em longo prazo de serviços públicos que não podem ser remunerados por tarifa.

34 Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>. Acesso em: 15.08.2017.

35 Vide voto do relator sobre o resultado da audiência pública, disponível aqui: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2013/107/resultados/voto_do_diretor_relator.pdf. Acesso em: 15.08.2017.

36 Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013587.pdf>. Acesso em: 15.08.2017.



De forma distinta das tradicionais concessões para serviços públicos (regidas pela Lei nº 8.987/1995), o concessionário presta serviço diretamente à própria Administração. Desse modo, a remuneração do concessionário não envolveria a cobrança de tarifa, mas a contraprestação paga pela entidade pública³⁷. Daí a importância de solucionar as dúvidas sobre o uso da **Contribuição para o Serviço de Iluminação Pública (COSIP)** – uma vez que tais receitas configuram fonte importante para as parcerias.

Nesse sentido, é relevante ressaltar a possibilidade de os projetos de PPPs de iluminação poderem contar com outras fontes de receita para além de verbas oriundas da COSIP, de modo que **eventual interpretação restritiva a respeito da utilização da COSIP não inviabiliza financeiramente, por si só, a implementação de rede de iluminação pública inteligente.**

Com efeito, a escassez de recursos públicos resulta em dificuldade por parte de municípios brasileiros em implantar projetos de expansão, manutenção e modernização de serviços públicos. Todavia, a legislação já prevê a possibilidade de contratos de concessão preverem receitas alternativas, acessórias³⁸ e a implementação de receitas diversificadas. Além disso, é possível agregar receita ao contrato de PPP de iluminação pública por meio da cobrança pelo compartilhamento da infraestrutura das luminárias para o desempenho de outros serviços públicos mediante tecnologias de IoT. Conforme mencionado anteriormente, a instalação, nas luminárias e em seus braços, de sensores, câmaras e demais dispositivos destinados à prestação de serviços públicos, como a segurança pública e a mobilidade, poderá ser desempenhada de forma remunerada.

Nesse sentido, compreender a extensão do alcance da COSIP poderá colaborar para assegurar segurança jurídica aos editais e contratos de PPP, dado que restringirá as possibilidades de a parceria ser questionada perante Tribunais de Contas ou Judiciário. Apesar disso, eventual cenário de restrição do escopo COSIP, embora seja uma fonte relevante de receita, não inviabiliza por si só a implementação de projetos de iluminação pública inteligente porque a legislação vigente já prevê rendas alternativas que viabilizam similares empreendimentos.

37 Cf. ANTUNES, Vitor Amuri. Parcerias público-privadas para smart cities. 2 ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017, p. 43.

38 Embora o texto expresso do artigo 11 da Lei nº 11.079/2004 determine que as verbas acessórias deverão ser destinadas à promoção da modicidade tarifária, há precedente do TCU que autoriza sua utilização para promover a viabilidade econômica do contrato em contraprestação do governo (Acórdão 2886/2008, Rel. Min. Ubiratan Aguiar, j. 03.12.2008).

3.3.1.3 Capacidades e experiências de PPPs de iluminação Pública

A contratação com entes privados - aptos a investir em infraestrutura e possuidores da expertise técnica para a operação do serviço -, possui o **condão de viabilizar arranjos contratuais inovadores**. Isso possibilitaria a modernização desse serviço, entre outros, pela instalação de lâmpadas tipo LED e pela a implantação de centros de controle automatizados para a manutenção eficiente da rede.

Ainda, a remuneração do concessionário tem sido atrelada ao seu desempenho na prestação dos serviços e assume uma parte dos riscos, previstos em contrato, nos termos do art. 6º, § 1º da Lei nº 11.079/2004.³⁹ Isto é, de alguma maneira o contrato de PPP detém o **potencial de permitir que o Poder Público dilua determinados riscos operacionais** na implantação das redes inteligentes de iluminação pública, já que a responsabilidade por financiar, equipar e manter em perfeito estado de funcionamento esse sistema será de um parceiro privado, que fará jus às contraprestações baseadas em seu desempenho, conforme padrões de qualidade pré-fixados no contrato.⁴⁰

Até início de 2017, já existiam mais de uma centena de projetos de PPP iniciados pelas municipalidades com o objetivo de implantar sistemas de iluminação pública inteligente. Todos eles foram modelados a partir da espécie de concessão administrativa, sendo o investimento médio de um contrato de PPP para a gestão inteligente da iluminação pública de aproximadamente 273 milhões de reais.⁴¹

Interessante notar que três projetos constituem iniciativas consorciadas, isto é, um único contrato de PPP para servir mais de um município, conforme previsto no art. 241 da Constituição Federal e na Lei nº 11.107/2005.⁴² Esse arranjo contratual desvela-se útil (i) a tornar o projeto de iluminação pública inteligente mais barato aos municípios, tendo em vista que as despesas e investimentos feitos pela concessionária são diluídos entre as municipalidades participantes; e (ii) a maximizar a eficiência do contrato de PPP, já que os diversos municípios estarão

39 TUROLLA, Frederico; ALLAIN, Marcelo; ANKER, Thomas. Iluminação pública para cidades inteligentes. Valor Econômico. São Paulo, 28 de agosto de 2014. Disponível em: <http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/turolla1.pdf>. Acesso em: 15.08.2017.

40 ANTUNES, Vitor Amuri. Parcerias público-privadas para smart cities. 2 ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017, p. 48.

41 Ibid., p. 51.

42 Consórcio Intermunicipal de Iluminação Pública de Alagoas, Consórcio Público Intermunicipal do Agreste Pernambucano e Consórcio Complexo Nascentes do Pantanal, no Maranhão.



convergidos em único ponto contratual.⁴³ Outrossim, a contratação de PPP para o setor de iluminação pública não consiste em tarefa simples para municípios de médio ou pequeno porte, visto que tais contratos possuem complexidades e suas cláusulas e condições criam vínculo pelo período de até 35 anos (art. 5º, II, da Lei nº 11.079/2004).

O caso de São Paulo



Dentre os projetos de PPP de iluminação pública inteligente, destaca-se o intentado pelo Município de São Paulo por estar entre os mais vultosos da área e por ter enfrentado inúmeros obstáculos que resultaram na sua paralização. Com vistas à modernização, otimização e expansão de toda a rede de iluminação da cidade de São Paulo, o edital previa como fonte de recurso verbas provenientes da COSIP, e possuía como principais objetivos a substituição das lâmpadas da cidade por luminárias LED dotadas de controlador (dispositivo responsável pela comunicação entre a luminária e o Centro de Controle Operacional) e a criação de novos pontos de luz.⁴⁴

O prosseguimento da contratação foi impedido por reiteradas decisões do Tribunal de Contas do Município, com o respaldo do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo.⁴⁵ A primeira paralização estava relacionada a inconsistências técnicas do edital, como a divergência do seu texto com o da minuta enviada para audiência pública.⁴⁶ A segunda paralização se deu no momento de abertura dos envelopes das propostas apresentadas pelas empresas concorrentes. O consórcio vencedor apresentou recurso ao TCM devido à não aceitação pela comissão de avaliação das garantias oferecidas. Note que os motivos que obstaculizaram o prosseguimento da PPP não são específicos ao setor de iluminação pública e tampouco estão relacionados ao financiamento com verbas da COSIP.⁴⁷

Assim, a experiência de São Paulo aponta para a relevância das garantias financeiras apresentadas pelo município aos potenciais consorciados quando da publicação do edital e no estabelecimento de contrato de concessão.⁴⁸

A despeito disso, a tendência de implementação de PPPs de iluminação pública se mostra adequada às limitações orçamentárias e organizacionais dos municípios e aproveita a expertise do mercado privado na área. De todo modo, a implementação deverá observar com cautela os requisitos da legislação específica, de modo a evitar sua inviabilização por decisões dos respectivos Tribunais de Contas e Tribunais.

43 Cf. ANTUNES, Vitor Amuri. *Parcerias público-privadas para smart cities*. 2 ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017, p. 52.

44 Cf. ANTUNES, Vitor Amuri. *Parcerias público-privadas para cidades inteligentes*. Disponível em: <http://www.pppbrasil.com.br/portal/content/artigo-parcerias-p%C3%BAblico-privadas-para-cidades-inteligentes?page=5>.

45 De início, o tribunal afirmou que o edital não tinha “condições de prosseguimento”. Depois, decidiu que, para prosseguir, o edital terá que passar por “adequações”. Mais informações em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/10/tcm-autoriza-retomada-de-licitacao-da-ppp-da-iluminacao-publica-em-sp.html>; <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2016/10/14/mais-uma-vez-justica-suspende-ppp-da-iluminacao-de-sao-paulo.htm>; e <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2016/10/gestao-haddad-retoma-ppp-da-iluminacao-publica.html>. Acesso em: 24.08.2017.

46 Vide <http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,mais-uma-vez-justica-suspende-ppp-da-iluminacao-de-sp,10000082137> Acesso em 21.09.2017.

47 Vide: <http://www.pppbrasil.com.br/portal/content/tcm-suspende-sess%C3%A3o-de-abertura-de-propostas-comerciais-na-ppp-de-ilumina%C3%A7%C3%A3o-p%C3%BAblica-de-s%C3%A3o> Acesso em 21.09.2017.

48 A integra do edital e suas modificações pode ser encontrado em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/ilume/noticias/?p=206645>

3.1.4.7. Privacidade em Iluminação Pública Inteligente

A iluminação pública está entre os principais segmentos da infraestrutura municipal e vêm sendo modernizada através da instalação de lâmpadas LED, que tem por característica a eficiência energética. Em breve, a essa moderna infraestrutura de iluminação pública serão adicionados mecanismos tecnológicos, como sensores e dispositivos audiovisuais, os quais, para exercerem suas funções, realizam coleta de dados. É o caso, por exemplo, de sensores de luminosidade, câmeras de monitoramento e sensores de captação de ruídos, muitas vezes utilizados por autoridades para a constatação de atividades suspeitas na localidade.⁴⁹⁻⁵⁰

Não obstante as oportunidades oferecidas por tais ferramentas acopladas à rede, dentre as quais apontamos a redução do uso de energia elétrica⁵¹ e a gestão eficiente do tráfego urbano, sua potencialidade de coletar dados levanta preocupação com a privacidade dos indivíduos. Já em 2014, o periódico *The New York Times* apontava problemas de privacidade relacionados à captura de dados por sensores e câmeras instalados na iluminação inteligente do aeroporto internacional *Newark Liberty*, nas proximidades da cidade de Nova York. Esses dados, de posse da administradora *Port Authority*, seriam capazes de sistematizar os padrões de comportamentos dos indivíduos que passam pelo local.⁵²

Ademais, tal interconexão entre iluminação pública e variados dispositivos conectados à Internet poderá tornar a infraestrutura de iluminação pública vulnerável a ataques cibernéticos, da mesma forma que ocorre com o sistema de medidores elétricos.⁵³ **Assim, é importante que o Poder Público, com vistas à segurança da informação veiculada nessa estrutura de serviço público, atue de forma colaborativa, incentivando as entidades privadas que fabricam e**

49 Conforme: <http://www.ul.com/inside-ul/street-smart-security-for-connected-lighting-infrastructure-2/>. Acesso em: 20.09.2017. Em Doncaster, no Reino Unido, postes de iluminação pública ganharam 33 mil pontos LED que fazem uso de tecnologia de banda larga sem fio capaz de transformar cada lâmpada em um roteador. Fonte: <http://www.techradar.com/news/world-of-tech/why-you-should-be-worried-about-connected-street-lights-1327834>. Acesso em: 20.09.2017.

50 Tratamos desses equipamentos de forma mais detalhada no tópico sobre segurança em Cidades.

51 Através da implementação de dispositivos de monitoramento da intensidade luminosa, a cidade de Nice, na França, espera reduzir os valores gastos com energia elétrica em por volta de 8 milhões de dólares. In: CHAMBERS, John; ELFRINK, Wim. The future of cities: The internet of everything will change how we live. *Foreign Affairs*. 31 out. 2014. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2014-10-31/future-cities>. Acesso em: 20.09.2017.

52 Fonte: <https://www.nytimes.com/2014/02/18/business/at-newark-airport-the-lights-are-on-and-theyre-watching-you.html>. Acesso em: 20.09.2017.

53 Fonte: <http://www.ul.com/inside-ul/street-smart-security-for-connected-lighting-infrastructure-2/>. Acesso em: 20.09.2017.



circulam esses novos dispositivos a adotarem padrões de conduta adequados ao quadro legislativo sobre privacidade e proteção de dados pessoais.⁵⁴

Por fim, indica-se para contexto de iluminação pública inteligente as seguintes resoluções: (i) a necessidade de edição de lei específica para a proteção de dados pessoais, capaz de consolidar os entendimentos jurídicos ainda esparsos sobre o tema e determinando que a proteção alcance os dados coletados pelo setor público; (ii) desnecessidade de obtenção de consentimento prévio para dados pessoais indispensáveis à prestação de serviços públicos essenciais; (iii) respeito ao princípio da finalidade na coleta do dado, que só poderá ser usado para aqueles fins específicos; (iv) existência de mecanismos de “opt-out” para o usuário do serviço, que poderá optar por não ter seus dados pessoais utilizados para finalidade distinta da estrita prestação do serviço público essencial, e não poderá ser penalizado por essa opção; e (v) adoção de variadas técnicas de anonimização e agregação de dados, inclusive quanto a dados coletados no espaço público – quando não incompatível com sua finalidade originária; (v) determinação normativa de que os dados não possam ser compartilhados com terceiros, exceto se anonimizados ou no caso de consentimento prévio livre, expresso e informado; (vi) determinação de que os dados não possam ser compartilhados com nenhum outro órgão governamental (como Receita Federal, autoridades policiais, dentre outros) exceto no caso de ordem judicial prévia e circunscrita autorizando esse compartilhamento.

⁵⁴ A empresa responsável pela tecnologia *Sensity Systems*, voltada à instalação de luminárias LED e sensores acoplados, declara que pretende endereçar as questões de privacidade advindas de sua atividade através de atuação conjunta com a *American Civil Liberties Union (ACLU)* e da implementação de cargo responsável por lidar com o assunto (*chief privacy officer*). Manifestação disponível em: <https://atelier.bnpparibas/en/smart-city/article/turning-street-lighting-system-gathering-big-data>. Acesso em: 20.09.2017.

