

# Internet of Things: Cidades Inteligentes - Infraestruturas de Rede, Protocolos e Serviços

Filipa Rebelo and Joana Oliveira

Universidade do Minho, Departamento de Informática, 4710-057 Braga, Portugal  
email: {a90234,a87956}@alunos.uminho.pt

**Abstract.** O presente documento tem como objetivo apresentar e contextualizar o tema *Internet of Things* e a sua relação com as chamadas cidades inteligentes. Serão também abordados os principais desafios associados, nomeadamente questões de segurança e privacidade, bem como de sustentabilidade. Além disso, serão ainda apresentados alguns projetos e propostas relevantes na área e a sua taxa de sucesso.

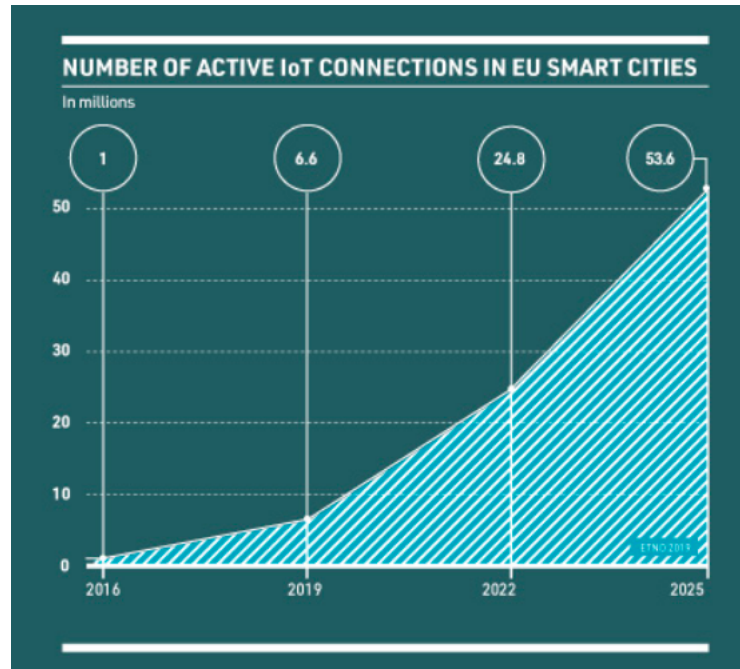
## 1 Introdução

O objetivo deste documento é explorar um pouco a tecnologia *Internet of Things* e perceber como esta funciona como base para as cidades inteligentes. Serão então apresentadas as suas aplicações, ou seja, quais as áreas em que se encontra presente e de que maneira. Além disso serão também discutidos os desafios aliados ao uso desta tecnologia, nomeadamente o da segurança e privacidade, armazenamento de dados e financiamento e como podem ser resolvidos. Por último serão então apresentados alguns projetos relacionados dentro do nosso país, nas diferentes cidades.

## 2 Contextualização

A *Internet of Things* é uma tecnologia de ponta que permite conectar uma infinidade de dispositivos digitais dotados de diversos recursos de deteção, atuação e capacidade de computação com a Internet.[1] Alguns exemplos destes dispositivos são sensores inteligentes, dispositivos de monitorização, programas de IA, e atuadores que são capazes de avaliar, monitorizar, e controlar certos aspetos da vida urbana. Estes permitem então que esta tecnologia seja aplicada a uma ampla variedade de setores, tais como mobilidade urbana, segurança, sustentabilidade, manutenção, saúde, e gestão.[2]

Desde 1950, a quantidade de pessoas que vivem em cidades aumentou quase seis vezes. Nas próximas três décadas, é esperado que as cidades passem a ter mais 2500 milhões de pessoas do que atualmente. Esta migração contínua para as áreas urbanas coloca uma maior pressão sobre os serviços públicos, bem como sobre o planeamento urbano. Assim sendo, as cidades começam a implementar soluções que utilizam como base a tecnologia, de modo a reduzir alguma da tensão criada por este crescimento.[3] Na imagem seguinte é possível perceber o crescimento da IoT nas cidades europeias inteligentes.



**Fig. 1.** Número de conexões IoT ativas nas cidades inteligentes da UE

### 3 Âmbito de Aplicação

Uma cidade é considerada uma cidade inteligente caso desenvolva corretamente um conjunto de dimensões. Como as cidades inteligentes envolvem um elevado grau de complexidade, os modelos de avaliação destas encontram-se divididos em dimensões, de modo a entender o comportamento e evolução da cidade. Estas dimensões estão interligadas entre si, representando cada uma uma área que contribui para o sucesso das cidades inteligentes.[16]

#### 3.1 Sustentabilidade

Dos projetos desenvolvidos nesta dimensão fazem parte as iniciativas antipoluição, a construção de edifícios verdes, a gestão eficiente de água e resíduos, a adoção de medidas que ajudam no combate aos efeitos das mudanças climáticas e na proteção da biodiversidade.[17]

#### 3.2 Economia

Esta dimensão refere-se à competitividade da cidade, focando-se em inovação, empreendedorismo, produtividade e flexibilidade do mercado de trabalho e integração no mercado interno.[17] Tem ainda como objetivo melhorar a atratividade

de uma cidade para empresas, investidores e novos talentos. A utilização da tecnologia para o desenvolvimento económico de uma cidade mostra-se como uma ferramenta importante no aproveitamento de oportunidades e no fornecimento de condições que apoiem a criação e crescimento dos negócios.[14] No caso das indústrias, o conceito de IoT é utilizado, por exemplo, para desenvolver produtos inteligentes, capazes de recolher, guardar e armazenar dados durante todo o seu ciclo de vida.[16]

### **3.3 Educação**

Relaciona-se com a qualificação e educação dos habitantes da cidade, bem como as interações sociais relacionadas com a integração e a vida pública.[17] A introdução de novas tecnologias permite lidar de maneira inteligente com a educação, facilitando oportunidades no mercado de trabalho, melhorando o treino vocacional e a aprendizagem ao longo da vida para todas as faixas etárias. A integração social e digital é importante para que os serviços baseados em novas tecnologias sejam mais eficientes.[14]

### **3.4 Mobilidade**

Esta dimensão diz respeito à disponibilidade e acessibilidade de serviços de transporte e respetivas informações, bem como ao transporte sustentável.[17] O recurso às tecnologias facilita o planeamento urbano, diminuindo o custo e aumentando a sua eficiência. A mobilidade inteligente é essencial para garantir o quotidiano das cidades e promover a circulação sem congestionamentos. A tecnologia pode ser um fator de otimização do trânsito, seja através da monitorização de fluxo em tempo real nas ruas através de sensores e câmaras, sistemas de semáforos ou até mesmo através de aplicações que sejam capazes de indicar rotas alternativas.[15]

### **3.5 Qualidade de vida**

As autoridades municipais devem ter em atenção a saúde, segurança e condições de vida dos seus cidadãos. [16] A utilização de serviços eletrónicos e plataformas sociais permite melhorar a inclusão social e digital, bem como melhorar a saúde e o atendimento aos idosos. [14] O objetivo principal das cidades inteligentes é contribuir para o aumento da qualidade de vida dos seus cidadãos, tendo em atenção as suas necessidades, bem como melhorar a sua acessibilidade e experiência nas diversas áreas.[14][16]

### **3.6 Governação**

O governo desempenha um papel fundamental para o sucesso de uma cidade inteligente, visto que é o responsável por definir as estratégias que irão ser implementadas, e o que fazer para atingir os objetivos. É da responsabilidade do

governo estabelecer prioridades do financiamento público, estabelecer parcerias e recorrer ao apoio de outros países através de programas de investigação partilhados. Na realidade, é o governo quem controla as outras dimensões das cidades inteligentes, seja direta ou indiretamente, sendo por isso indispensável para o seu sucesso. Nas cidades inteligentes, o governo é descrito principalmente por um público eficaz e eficiente que participa nas tomadas de decisão sobre a cidade.[16]

## **4 Principais Desafios**

### **4.1 Segurança e Privacidade**

É importante garantir que a informação envolvida esteja protegida de acesso não autorizado, divulgação, perturbação, modificação, inspeção e eliminação.[4] No entanto, uma vez que as cidades inteligentes fornecem acesso à Internet aos seus respetivos dispositivos, assegurar a sua segurança torna-se um desafio. De acordo com a HP, cerca de 70 por cento dos dispositivos IoT numa cidade inteligente estavam em risco de ataque devido a vulnerabilidades tais como autorizações insuficientes, proteções de software inadequadas, e fracos protocolos de comunicação encriptados.[1]

### **4.2 Armazenamento de Dados**

As cidades inteligentes possuem grandes quantidades de dados tais como imagens de sistemas de câmaras, dados de sistemas de distribuição de energia, sistemas de abastecimento de água e esgoto, sensores ambientais e de carros inteligentes.[5] Assim sendo, todos estes dados necessitam de ser armazenados e, dependendo das necessidades de cada cidade, há diversas abordagens.

#### **Armazenamento na borda**

O armazenamento na borda é aquele que acontece perto da fonte de dados. Esta proximidade permite diminuir custos, uma vez que não é necessário enviar os dados para um local de armazenamento e, de seguida, para as entidades relevantes.[5] No entanto, uma vez que estes se encontrarão em diversas localizações é necessário implementar processos para monitorizar, manter e atualizar estes dispositivos, de modo a impedir a exposição de informações críticas, resultando em custos adicionais.[6]

#### **Armazenamento na nuvem**

Existe também a opção de armazenamento na nuvem, no caso de um maior número de dados. Esta permite ter múltiplos servidores que estão interligados através da nuvem, obtendo então assim uma rede descentralizada com servidores em diferentes localizações.[6] Contudo, a transmissão de dados para nuvem é cara, além de que poderá haver problemas significativos de latência e caso a conexão à internet falhe, o acesso aos servidores é impossível.[7]

## Armazenamento de dados híbrido

Por fim temos então o armazenamento de dados híbrido, também denominado por *IT 4.0*, que resulta da combinação dos dois tipos de armazenamento mencionados anteriormente.[5] Apesar do seu crescimento nos últimos anos, este tipo de armazenamento apresenta ainda algumas desvantagens tais como a sua complexidade de gerência e a dificuldade de implementação das suas infraestruturas, criada pela exigência das capacidades da rede, armazenamento e servidores.[8]

### 4.3 Financiamento

Devido a restrições fiscais, não é possíveis que estas cidades sejam financiadas apenas pelo governo, pelo que é necessário recorrer a parcerias público-privadas.[9] No entanto, existem alguns fatores que dificultam a obtenção destes investidores, como por exemplo, a dificuldade de traduzir os benefícios sociais, ambientais e sanitários em benefícios económicos e financeiros. Além disso, uma vez que as tecnologias a implementar são novas, também os modelos de negócio necessitam de o ser. É aqui que surgem alguns dos problemas uma vez que, por exemplo, existe uma dificuldade por parte das cidades de estimar o desempenho energético, que é tido como base para os investimentos.[10]

## 5 Projetos relacionados

Atualmente são cada vez mais as cidades consciencializadas da necessidade da implementação de novas medidas, de modo a promover um estilo de vida sustentável. A nível internacional destacam-se cidades como Londres, Nova Iorque e Amesterdão.

### 5.1 Londres

Esta cidade, considerada a cidade mais inteligente do mundo, tem sido inspiração para muitos governantes e empresas que tencionam transformar as cidades em cidades inteligentes.

**London Datastore:** Plataforma online de partilha de dados gratuita e aberta, à qual qualquer pessoa tem acesso e pode acompanhar a elaboração de projetos. Isto permite que os cidadãos estejam não só a par do que se passa, como também lhes permite deixar sugestões para solucionar os problemas da cidade, tornando-os parte ativa na construção da mesma.[11]

**Segurança no trânsito:** sistema inteligente que verifica a quantidade de ciclistas que estão a circular numa dada rota e garante que o tempo de abertura dos semáforos seja maior quando houver mais bicicletas a circular nas ruas.[13]

Além disso, a cidade desenvolveu ruas com infraestruturas inteligentes, que utilizam tecnologias que possibilitam a existência de Wi-Fi, iluminação, locais para carregar veículos elétricos e sensores de qualidade de ar.

## 5.2 Nova Iorque

O gabinete de tecnologia e inovação de Nova Iorque tem realizado inúmeros esforços para a tornar numa cidade inteligente. Essas medidas têm como objetivo conservar recursos como água e energia, reduzindo o impacto ambiental e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos.

**Iluminação Pública Inteligente:** É possível consumirmos menos energia se mantivermos a luz ligada menos horas por dia ou se reduzirmos a energia consumida pelas lâmpadas. Graças ao *Interact City*, software de iluminação baseado em IoT, a NYPA (New York Power Authority) está a ajudar Nova Iorque a converter a iluminação urbana em LEDS conectados, diminuindo o consumo de energia, poupando dinheiro, reduzindo as emissões e criando uma plataforma para implementações de cidade inteligente.

**Medição Inteligente de Água:** Dada a sua elevada população, e consequentemente, a elevada quantidade de água utilizada, o departamento de proteção ambiental de Nova Iorque está a implementar um sistema de leitura automatizada de medidores em larga escala. Este permite obter uma melhor visão geral do consumo de água, além de se tornar uma ferramenta útil para os clientes terem acesso ao seu consumo de água todos os dias. Através da instalação deste sistema, equipado com dispositivos de rádio de baixa potência, que se comunicam por meio de recetores que se encontram no telhado, foi possível obter uma maior precisão nas faturas. Com este sistema os pequenos utilizadores são notificados sobre o seu consumo de água quatro vezes por dia, enquanto os grandes utilizadores podem consultar dados ao vivo por cada hora. Este possui ainda uma app integrada que avisa os clientes sobre possíveis fugas de água quando são detetados picos anormais no seu consumo. Foi implementado também um sistema de monitorização da qualidade da água que inclui mais de 40 estações de monitorização em que, caso se detete algum problema de qualidade da água, o sistema envia automaticamente uma mensagem ao DEP (Department of Environmental Protection), permitindo uma resposta rápida e protegendo os cidadãos de águas poluídas.

**Gestão Inteligente de Resíduos:** O departamento de saneamento de Nova Iorque é o maior do mundo, juntando mais de 10.500 toneladas de lixo por dia. Recolher todo este lixo pode ser um grande desafio, por isso, para facilitar a recolha de lixo está a ser implementado o *BigBelly*. Este consiste num caixote de lixo inteligente, equipado com um sensor sem fios, que monitoriza o nível de lixo, permitindo um agendamento mais eficiente das viagens de recolha do lixo. Este sistema tem um compactador de lixo que funciona com energia solar, permitindo que o caixote de lixo guarde cinco vezes mais lixo do que um convencional. O *BigBelly* não só melhora a eficiência da recolha do lixo de 50% a 80%, como contribui para o controlo de emissões, reduzindo o tempo gasto pelos camiões do lixo na estrada, uma vez que reduzem a frequência da recolha do lixo.

**Monitorização da Qualidade do Ar:** O Departamento de Saúde e Higiene Mental de Nova Iorque realiza pesquisas de qualidade do ar desde 2008. A monitorização é realizada com 75 estações de monitorização temporárias, que são instaladas por um período de duas semanas, e 8 monitores de ar permanentes, que relatam dados em intervalos de 15 minutos. Através deste programa, foi possível estabelecer que o óleo de aquecimento de baixo custo, usado em uma pequena percentagem dos prédios de Nova Iorque, estava a originar mais poluição do ar do que todos os veículos da cidade juntos. Para converter estes sistemas de aquecimento de óleo para gás natural, a *Con Edison* adotou um conjunto de descontos, que variam dependendo do tipo de propriedade. Através do programa de monitorização do ar foi possível reduzir em mais de 70% as emissões de dióxido de enxofre na cidade.[12]

## 6 Conclusão

Foi então possível perceber um pouco do que se trata a *Internet of Things* e qual o seu papel e importância no funcionamento das cidades inteligentes. Nomeadamente foram mencionadas áreas de aplicação e como esta tecnologia permite facilitar e contribuir para as mesmas, através do uso de dispositivos tecnológicos e tratamento dos respetivos dados. Os diversos desafios tais como a segurança e privacidade destes dispositivos, o armazenamento da elevada quantidade de dados que serão recolhidos por estes mesmos dispositivos, quais as opções e quais os seus respetivos problemas, bem como a questão de financiamento e porque este é um problema acrescido nesta área foram apresentados e argumentados. Por fim e por ser esta uma área que promete revolucionar a maneira como as cidades funcionam, foram ainda apresentados alguns dos projetos em curso nas cidades do nosso país.

## References

1. Y.Mehmood, F.Ahmad, I.Yaqoob, A.Adnane, M.Imran, and S.Guizani: Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. IEEE Communications Magazine, September (2017).
2. J.Appleton: What is IoT and why is it important for Smart Cities?, <https://hub.beesmart.city/en/solutions/what-is-iot-and-why-is-it-important-for-smart-cities>.
3. K.Jones: How the Internet of Things is Building Smarter Cities, <https://www.visualcapitalist.com/iot-building-smarter-cities/>.
4. K.Zhang, J.Ni, K.Yang, X.Liang, J.Ren, and X.Shen: Security and Privacy in Smart City Applications: Challenges and Solutions. IEEE Communications Magazine, January (2017).
5. M.Nichols: What Type Of Data Storage Do Smart Cities Need?, <https://www.smartdatacollective.com/what-type-of-data-storage-do-smart-cities-need/>.
6. Como Funcionam os Servidores de Borda? Tudo o Que Você Precisa Saber, <https://kinsta.com/pt/base-de-conhecimento/servidores-de-borda/>.

7. O que você precisa saber sobre o armazenamento de big data em aplicações de cidades inteligentes, <https://www.seagate.com/pt/pt/solutions/surveillance/storing-big-data-in-smart-cities-applications/>.
8. Business Advantages and Disadvantages of Hybrid Cloud, <https://www.connectria.com/blog/business-advantages-and-disadvantages-of-hybrid-cloud/>.
9. A.Nisenbaum: What's Holding Smart Cities Back?, <https://blogs.scientificamerican.com/observations/whats-holding-smart-cities-back/>.
10. J.Almeida: Como desbloquear oportunidades de financiamento, <https://smart-cities.pt/ambiente/oportunidadesfinanciamento157/>.
11. B.Faria: O que podemos aprender com uma das cidades mais inteligentes no mundo, <https://portal.connectedsmartcities.com.br/2021/01/08/o-que-podemos-aprender-com-uma-das-cidades-mais-inteligentes-do-mundo/>.
12. M.Tobias: How New York is becoming a smart city, <https://www.ny-engineers.com/blog/how-new-york-is-becoming-a-smart-city>.
13. As cidades mais inteligentes do mundo, <https://blog.algartelecom.com.br/inovacao/as-cidades-mais-inteligentes-do-mundo/>.
14. Smart City Indicators, <https://hub.beesmart.city/en/smart-city-indicators>.
15. B.Faria: Mobilidade em cidades inteligentes, <https://portal.connectedsmartcities.com.br/2020/11/04/mobilidade-em-cidades-inteligentes/>.
16. R.Gonçalves: Smart Cities: Estudo de indicadores de avaliação de desempenho, Trabalho Final de Mestrado (Dissertação), Outubro (2018).
17. W.Kozłowski, K.Suwar: Smart City: Definitions, Dimensions, and Initiatives, March(2021).