

Smart Cities: Arquiteturas e Tecnologias

Davide Matos, Francisco Freitas, and Maria Dias

Universidade do Minho, Departamento de Informática, 4710-057 Braga, Portugal
e-mail: {a80970,a81580,a81611}@alunos.uminho.pt

Abstract. Este trabalho, realizado no âmbito da unidade curricular Redes de Computadores, pretende explorar o conceito de Smart City, abordando diferentes arquiteturas e aplicações, bem como projetos de melhoria da qualidade da mobilidade urbana na cidade de Braga.

1 Introdução

Recentemente, tem-se vindo a observar um rápido e contínuo processo de urbanização a nível global, sendo que mais de metade da população mundial mora em cidades, com mais de seis dispositivos ligados à Internet por pessoa. [1] Este fenómeno trouxe consigo novos desafios para as cidades, como engarrafamentos de trânsito, crescente poluição e o rápido esgotamento dos recursos naturais.[2] Como consequência, surge o conceito de "Smart City", que descreve uma cidade capaz de fazer as mudanças apropriadas para enfrentar estes problemas. Uma aplicação deste conceito no setor da alimentação seria, por exemplo, a monitorização da qualidade dos alimentos crus e processados, possibilitando a deteção de doenças letais e bactérias nos mesmos. De uma forma semelhante, a manutenção inteligente da qualidade da água (com recurso a sensores de turbidez, por exemplo) consegue detetar em tempo útil a presença de más bactérias ou poluentes na água e alertar as autoridades antes que essa água chegue às mãos dos consumidores, possivelmente espalhando doenças pela população[11]. Também no sector da energia, é possível produzi-la de forma inteligente, baseando a produção de energia de uma dada cidade na sua demanda.

2 O Conceito "Smart City"

Uma Smart City é um ecossistema complexo, no qual o uso de tecnologias de informação e comunicação desempenham o importante papel de tornar as cidades mais atrativas e sustentáveis.[3]

Até hoje, não existe um consenso em torno deste termo. Existem, no entanto, várias definições que são aceites. A nosso ver, uma cidade é considerada Smart City quando engloba os conteúdos seguintes: Smart energy, Smart transportation, Smart data, Smart infrastructure e Smart IoT devices - os quais passamos a explicar de seguida.

2.1 Smart Energy

A luz está em todo o lado, e a utilização inteligente da energia faz parte de uma Smart City. Os edifícios tornam-se mais eficientes, usando menos energia e analisando e guardando os dados acerca da energia que é utilizada. Um exemplo de Smart Energy é a implementação de redes elétricas inteligentes - sistema de energia elétrica que se aproveita da tecnologia da informação para tornar o sistema de energia mais eficiente, confiável e sustentável. Isto é possível devido a sensores que detetam informações importantes e as comunicam a um sistema analítico central, que analisa os dados e decide como se deve proceder para melhorar o desempenho da rede. Pegando num exemplo prático, se o sistema verifica que a tensão está muito alta, este instrui um dos dispositivos da rede a reduzir a tensão, resultando na economização de energia gerada e redução de emissões de carbono. Em Portugal, o projeto pioneiro de rede elétrica inteligente foi aplicado em abril de 2010 em Évora, com a instalação de 31 000 contadores inteligentes.[12]

2.2 Smart IoT devices

Ao trazer a informação sensorial para o nosso dia-a-dia e integrá-la nas redes sociais trará cada vez mais uma sensação de proximidade na nossa sociedade, trazendo ao mesmo tempo problemas de privacidade e desafios de segurança. Os sensores são fulcrais numa Smart City, pelo que estes têm necessariamente de ser confiáveis e resistentes a eventuais falhas. Com a imensidão de aparelhos a transmitir informação constantemente, a largura de banda e a capacidade são desafiadas.[11] Por isso, o uso de notificações de curto alcance é um exemplo conveniente pois a informação é passada ao utilizador normalmente mas não ocupa toda a largura de banda fornecida pela operadora de rede.

2.3 Smart infrastructure

Um exemplo da sua aplicação é um sistema que calcula a quantidade de chumbo na água em tempo real, prevenindo a população de graves problemas de saúde.[11] Uma cidade poderá fazer um melhor planeamento e responder proativamente à demanda da população recorrendo à capacidade que uma Smart City tem de recolher grandes quantidades de dados e analisá-los. Tendo uma infraestrutura inteligente, uma cidade pode avançar com cada vez mais tecnologias e fazer mudanças significativas nos seus planos futuros.

2.4 Smart data

Uma Smart City recolhe quantidades enormes de dados, e para que estes possam ser úteis, devem ser analisados rapidamente. Os open data portals são uma iniciativa recente em que os dados recolhidos das cidades são publicados online para que qualquer um possa aceder e analisar os dados. Um bom exemplo da utilização da informação é retirar dos dados obtidos dos sensores de tráfego uma localização ótima para abrir um novo restaurante.[11] A análise previsiva ajuda as cidades a filtrar e traduzir dados em informação relevante para melhorar a qualidade de vida numa cidade.

2.5 Smart transportation

Uma Smart City é aquela que tem várias formas de transporte, e sistemas de monitorização de tráfego e estacionamento inteligentes.[11] Um exemplo é a utilização de semáforos inteligentes que monitorizam o trânsito com câmeras e assim se coordenam de forma a manter o trânsito controlado. Também nos transportes públicos, mais especificamente nos autocarros, começamos a assistir a um aumento de iniciativas que ligam os autocarros à Internet, fornecendo aos utilizadores informações úteis em tempo real. Mais à frente abordaremos este aspeto das Smart Cities mais profundamente.

3 Arquiteturas de Smart Cities

Sendo a definição de Smart City ambígua, não existe um standard para a sua arquitetura, existindo assim diferentes variações que se focam em aspetos diferentes, como por exemplo tecnologias ou interação homem-sistema.

Segundo Nicos Komninos, Professor de Política de Desenvolvimento Urbano e Inovação, uma Smart City é dividida em três camadas.[5] A primeira camada é onde se armazena informação, ou seja, todo o tipo de dados recolhidos na cidade. A segunda camada utiliza a informação recolhida e organiza-a, transformando-a em aplicações relevantes para o uso do consumidor.

A terceira camada assenta na interface do utilizador, fazendo-o através de aplicações Web que recorrem a mapas, imagens 3D, texto, gráficos, etc. Existe uma outra camada à qual se chama "camada da administração", responsável por dar o acesso devido aos utilizadores.

Já Al-Hader, na perspectiva interação homem-sistema, propõe uma arquitetura em pirâmide com 5 níveis.[6] Na base da pirâmide estão as infraestruturas inteligentes, que englobam a eletricidade, a água, o gás natural, etc. O segundo nível corresponde à base de dados que contém dados geográficos, servidores de base de dados e todos os outros dados relevantes. A meio da pirâmide está a gestão de edifícios, que consiste no controlo automatizado destes. O quarto nível é onde se desenvolve uma interface inteligente que se baseia numa plataforma operacional. No topo da pirâmide está o nível encarregue de controlar os restantes.

Numa visão lógica e física, Anthopoulos e Fitsilis propuseram uma arquitetura dividida em 5 camadas (Stakeholder, serviço, negócios, infraestruturas e informação)[7]. A camada Stakeholder contém os utilizadores e servidores. A camada de serviço contém informações dirigidas ao público, para além de fornecer informações através de software de aplicações. A camada de negócios fornece a definição das regras e políticas para permitir que a cidade inteligente compreenda como operar. A camada de infraestrutura inclui a rede básica e outros pontos de acesso. A camada de informação é projetada para produzir e armazenar dados adequadamente.

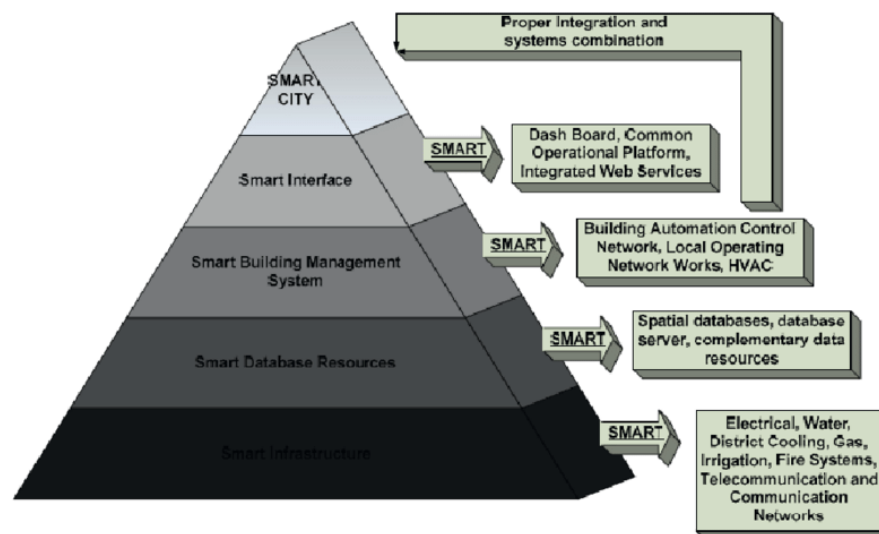


Fig. 1. Smart City Development Pyramid Source: Al-Hader, M. et al., 2009.

4 Dados nas Smart Cities

Para satisfazer as premissas de uma Smart City é preciso armazenar, gerir e analisar os dados de maneira eficiente.

4.1 Recolha de Dados

Uma Smart City envolve uma grande quantia de dados, tendo estes um papel fundamental no seu desenvolvimento, o que impõe um problema: Como obter os diversos dados de uma cidade em larga escala?

As atividades de um ser humano produzem uma grande quantidade de dados, o que se tornou um desafio para as exigências de uma Smart City. As tecnologias disponíveis para a recolha de dados são: Sensores, MANETs, UAVs, VANETs, Internet of Things, redes

sociais, e 5G. Depois de recolhidos são armazenados na base de dados (estes dados podem ser qualquer tipo de informação desde imagens, vídeos, som, entre outros).

Os sensores utilizados devem ser de baixo custo e seguros e monitorizam diferentes tipos de dados como o ruído, água, etc. Para uma cidade ser inteligente é preciso criar uma rede de sensores, ou seja, ter os sensores interligados, alargando a dimensão sensorizada da cidade, mas a instalação de muitos sensores não garante uma recolha de dados confiável, pois são precisos diferentes tipos de sensores para diferentes aplicações.

As ações de um determinado objeto têm que ser relacionadas a nível dos dados. Exemplificando, num repositório de água em que um sensor fornece a quantidade de água e a temperatura desta e outro sensor fornece a sua composição, é preciso fundir os dados de diferentes sensores e permitir às aplicações vários níveis de interpretação para lidar com a incerteza e a imprecisão.

4.2 Depois da Recolha de dados

Depois dos dados recolhidos, a utilização destes passa a ser a questão principal. Como os dados são provenientes de diferentes sensores, podem surgir problemas na qualidade da informação, como por exemplo duplicações, erros e inconsistências. Este tipo de problemas devem ser evitados e quando acontecem realiza-se uma limpeza que inclui a remoção de dados redundantes, recuperação de dados perdidos e verificação de dados inconsistentes.[4]

A modelagem dos dados que estão relacionados são usados para desenvolver modelos estatísticos e retirar conclusões acerca de variáveis correlacionadas dentro de um framework. A mineração dos dados tem como objetivo regras de associação entre os dados.

A manutenção e gestão de dados formam o warehouse, isto é, uma base de dados, auto-sustentável em pequenas modificações(adicionar ou apagar dados) e também deve ser criadas cópias de segurança da informação na Base de Dados para evitar perdas.

5 Tecnologias de comunicação usadas em Smart Cities

5.1 Objetivos

Para que uma smart city funcione é necessária uma conexão constante e fiável entre as suas diferentes componentes, pois muitas das funcionalidades mais complexas de uma smart city, como por exemplo smart transportation, exigem tecnologias de comunicação de alta qualidade. Por isso, alguns dos objectivos gerais das tecnologias de comunicação em smart cities são conectividade sem erros e fiável, eficiência de largura de banda, elevado nível de transmissão de dados, baixo custo de instalação e manutenção e baixo consumo energético.

5.2 Visão geral

As redes nas smart cities podem ser categorizadas em 3 classes, nomeadamente wireless personal area network (WPAN), wireless local area network (WLAN) e wireless metropolitan area network(WMAN). Alguns exemplos de tecnologias WPAN são bluetooth e Zig-Bee, que são perfeitamente aplicáveis em, por exemplo, redes de sensores para smart parking. Para além disto estas tecnologias excedem outras nesta classe porque podem ser muito eficientes em termos de custo de instalação e consumo de energia, o que é muito procurado na classe WPAN pois, tratando-se de áreas pequenas, uma smart city envolve milhares destas WPAN. Quanto à classe WLAN temos Wi-Fi ou Z-Wave, por exemplo. Ambas muito boas para aplicar numa smart home pois fornecem a possibilidade de conectar dois ou mais aparelhos numa área de cerca de 100 metros. Por último, mas não menos importante, temos a classe (WMAN). Esta classe é a que permite a conectividade total numa smart city. É muito importante que seja rápida e permita elevada transferência de dados, uma vez que

terá de ligar toda a cidade à base de dados. Alguns exemplos de tecnologias nesta classe são LTE, LTE-A e WiMax.

Num projeto tão amplo como o de uma smart city a escolha de quais tecnologias usar em que situações torna-se uma questão de gestão de orçamento, possibilitando ao mesmo tempo todos o requisitos para as funcionalidades de uma smart city.

Modern Communication Technologies	Advantages	Disadvantages
WiFi	(a) Lack of wires (b) User can move, no need to be stick at one place	(a) High signal attenuation (b) Limited service radius (c) Less stable compared to wired connections
WiMax	(a) High-speed wireless Internet connections (b) Broad coverage area	(a) Expensive to install
LTE	(a) Backwards compatibility and future-proofing (b) High spectrum efficiency (c) Reduce the problem of lagging in internet connection	(a) Higher cost due to the usage of additional antennas at network base stations for data transmission
LTE-A	(a) High data rates (b) Particularly elevated voice excellence	(a) High cost (b) Accessible in convinced cities only
Bluetooth	(a) Cheap (b) Easy to install	(a) Short range communication (b) Secure flaws
ZigBee	(a) Power saving (b) Collision avoidance (c) Low cost	(a) A bit slower
Z-Wave	(a) A lot simpler than ZigBee	(a) Mobility management is very difficult (b) Security flaws
LoRaWAN	(a) Low power consumption (b) Secure bi-directional communication (c) Low cost	(a) Short range communication

Fig. 2. Tabela de vantagens e desvantagens das tecnologias de comunicação modernas [2]

5.3 Tecnologias futuras

Quando se fala em futuras tecnologias de comunicação, os primeiros termos que surgem são: network function virtualization (NFV), visible light communication (VLC), cognitive radio networks (CRN), green communication (GC), 6LowPAN (IPv6Low-power wireless Personal Area Network). Em geral, o objetivo de futuras tecnologias é permitir uma quantidade elevada de comunicação de dados, fornecer uma melhor infraestrutura de rede, baixa atenuação de sinal, que possa cobrir grandes áreas e que permita escalabilidade para o futuro. Também é de interesse que seja uma tecnologia robusta e de baixo custo com muita autenticação e mecanismos de criptação ágeis. Para além disto, estas tecnologias 5G podem permitir até 10 vezes mais capacidade, velocidades esperadas de 1GBps, e menor custo. Estas tecnologias emergentes podem ser utilizadas em diferentes funcionalidades de smart cities como smart homes, smart grid, smart industry, etc.[2]

6 Projetos atuais

A cidade de Braga, com cerca de 140,000 habitantes, é uma cidade que, apesar de muito antiga, foi em 2012 considerada a Capital Europeia da Juventude.[9] Numa cidade em que a afluência de turistas é crescente, a população preocupa-se em ter uma cidade limpa, com um sistema de transportes públicos eficientes e que reduzam o trânsito nas estradas, para que tanto eles como os visitantes possam ter uma experiência com qualidade. A cidade conta com uma frota de autocarros já envelhecidos, que se atrasavam constantemente, estavam demasiado quentes ou frios e chegavam mesmo a avariar em serviço.[9] Estes problemas frustraram a população, que começou a chamar atenção para estes, tornando óbvio que algo

tinha de mudar. Responsável por transportar 11 milhões de passageiros por ano, os TUB têm como principal objetivo melhorar a experiência que os bracarenses têm com os transportes públicos. Falaremos, portanto, das iniciativas desenvolvidas pelos TUB de forma a melhorar o serviço que fornecem aos habitantes da cidade de Braga.

6.1 TUB, Bosch e UMinho

Os Transportes Urbanos de Braga (TUB), a Bosch e a Universidade do Minho estiveram em destaque no Portugal Smart Cities Summit, pelo projeto que desenvolveram em conjunto. Este projeto visa promover melhorias ao nível do serviço fornecido pelos autocarros urbanos de Braga, e também melhorar o fornecimento de dados mais exatos das estimativas de chegada dos autocarros às paragens, com base em dados históricos. O software da BOSCH usa um algoritmo que, para além de monitorizar a localização dos autocarros, calcula a estimativa dos horários em cada paragem e a previsão de chegada às próximas paragens. Este software, por si só, traz melhorias significativas nos horários e na qualidade da informação fornecida aos utilizadores. O sistema comunica com o Centro de Controlo dos TUB através de um software instalado em smartphones que são colocados nos autocarros. Fazendo proveito dos dados recolhidos, os TUB e a Bright Smart Ideas fizeram um upgrade à aplicação móvel dos transportes urbanos de Braga com os dados das estimativas fornecidas pela BOSCH, possibilitando a consulta por parte dos utilizadores da estimativa de tempo de chegada dos autocarros e qualquer paragem das Linhas 2 e 43..[8] O objetivo é estender este projeto a toda a frota dos TUB. Em paralelo com este projeto, os TUB aliaram-se à IBM com o objetivo de continuar a tornar o seu serviço mais inteligente. O projeto entre os TUB e a Bosch poderá no futuro ser integrado na plataforma IoT da IBM adquirida pelos TUB, agregando assim toda a informação numa única plataforma.

6.2 TUB e IBM

A empresa municipal Transportes Urbanos de Braga (TUB) escolheu os serviços tecnológicos da IBM para transformar a sua frota de veículos num sistema de mobilidade mais inteligente e moderno.

As tecnologias escolhidas para implementar este projeto foram IBM Intelligent Operations Center (IOC) e IBM Watson IoT. Dos cerca de 120 autocarros que estarão ligados à rede inteligente da cidade, são recolhidas informações como a localização geográfica dos autocarros, dados sobre emissão de CO₂, ruído, temperatura e humidade, emissão de bilhetes e também análise de telemetria dos veículos. Além disso, os autocarros estão conectados através de redes 4G e permitem que os passageiros tenham acesso à internet através de uma rede Wi-Fi.

Depois de recolhida e analisada pelas ferramentas da IBM, a informação é fornecida aos utilizadores do serviço, que poderão então saber o posicionamento atual dos autocarros, o tempo de espera estimado e receber alertas em caso de algum incidente. Por outro lado, os TUB, ao receber a informação de telemetria dos autocarros, poderá agir preventivamente na manutenção dos veículos.[10]

Em baixo encontra-se um diagrama simplificado da arquitetura desenvolvida pela Cisco, IBM e os TUB. Neste diagrama, os itens a verde simbolizam as componentes desenvolvidas pela IBM; a azul estão a plataforma Cisco e as suas APIs; e a laranja encontram-se alguns componentes adicionais utilizados nesta iniciativa colaborativa.

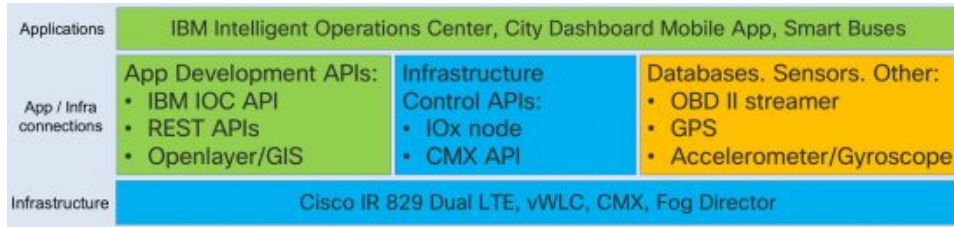


Fig. 3. Diagrama da arquitetura desenvolvida pela Cisco, IBM e TUB.

7 Conclusões

Neste trabalho concluímos que as Smart Cities são o caminho a seguir face à crise de recursos do mundo atual, tendo em vista a melhor qualidade de vida dos seus habitantes.

O conceito de Smart City é muito abrangente, havendo várias formas de o implementar, sendo que todas são pertinentes e o objetivo último é conseguir reunir dados e dar-lhes uma aplicação útil, melhorando a vida da população mundial.

Observámos também que existem cada vez mais projetos no sentido de tornar as cidades mais inteligentes, havendo já várias iniciativas perto de nós.

À medida que a população mundial cresce e que mais pessoas migram para as áreas urbanas, a necessidade de cidades inteligentes cresce também, pois só assim se poderá fazer o melhor uso possível dos recursos disponíveis.

References

1. Gharaibeh, A., Salahuddin, M., Hussini, J., Khreishah, A., Khalil, I., Guizani, M., Al-Fuqaha, A.: Smart Cities: A Survey on Data Management, Security and Enabling Technologies (2017)
2. Yaqoob, I., Hashem, I., MehMood, Y., Gani, A., Salimah, M., Guizani, S.: Enabling Communication Technologies for Smart Cities (2017)
3. Mehmood, Y., Ahmand, F., Yaqoob, I., Adnane, A., Imran, M., Guizani, S.: Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges (2017)
4. HE L, ZHANG Z, TAN Y: An Efficient Data Cleaning Algorithm Based on Attributes Selection[C]// Proceedings of 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology. (2011)
5. Kominus, N.: The Architecture of Intelligent Cities: Integrating Human, Collective and Artificial Intelligence to Enhance Knowledge and Innovation // Proceedings of 2nd IET International Conference on Intelligent Environments. (2006)
6. Al-Hader, M., Rodzi, A., Sharif, A., et al.: Smart City Components Architecture // Proceedings of 2009 International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation. (2009)
7. Anthopoulos, L., Fitsilis, P.: From Digital to Ubiquitous Cities: Defining a Common Architecture for Urban Development // Proceedings of 6th International Conference on Intelligent Environments. (2010)
8. <http://blog.tub.pt/?p=3659>
9. <https://blogs.cisco.com/developer/iot-braga-portugal>
10. <https://www.ntech.news/tub-ibm-iot-transportes-braga/>
11. <https://www.techrepublic.com/article/smart-cities-6-essential-technologies/>
12. https://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_elétrica_inteligente