

De Cidades Inteligentes a Cidades Cognitivas

Gonçalo Almeida^[pg47212], Leonardo Marreiros^[pg47398], Maria Sofia Marques^[pg47489], and Pedro Fernandes^[pg47559]

Universidade do Minho, Braga, Portugal

Resumo "Cidades Inteligentes" como conceito   uma resposta adequada e valiosa para os desafios de eficiência que as cidades modernas enfrentam atualmente. Os seus fundamentos epistêmicos, no entanto, levam a uma visão muito tradicional e principalmente tecnocrática da gestão urbana e governamental. Os novos desafios urbanos pelos quais estamos a passar não podem ser abordados apenas com melhorias de eficiência mas sim como problemas que dizem respeito   sustentabilidade e resiliência. Novas abordagens inovadoras ter o de envolver o "fator humano", cogni o, criatividade, juntamente com a capacidade de aprender para ser capaz de lidar com mudanças disruptivas (resiliência). Além disso, cidades são sistemas sociotécnicos complexos e, portanto, não   possível enfrentar os seus desafios dependendo apenas de desenvolvimentos tecnológicos e inova es. Neste artigo iremos introduzir o conceito de "cidades inteligentes" assim como os serviços e aplica es que poderão fornecer e fazemos a transi o para "cidades cognitivas" como uma abordagem melhorada, concluindo com uma análise dos desafios na ado o destes conceitos.

Palavras-Chave: Cidades inteligentes · Cidades cognitivas · Cogni o · Cérebro humano · Inteligência

1 Introdu o

O futuro será mais urbanizado que nunca. Atualmente, segundo as Na es Unidas e outros estudos estatísticos mais recentes, cerca de 56% da popula o mundial vive em zonas urbanas, uma propor o que deverá aumentar para 68% até 2050 [1][3]. A complexidade do ecossistema social de cidades e áreas urbanas tem aumentado tornando a sustentabilidade um fator importante. Fatores como turbulência econ mica, elevada taxa de urbaniza o, varia es climáticas e aumento da popula o pelos quais passamos dificultam o crescimento das cidades e induzem desordena o e desorganiza o. Problemas relacionados com a saúde, trânsito, polui o, escassez de recursos, gestão de resíduos e fraca infraestruturas surgem, originando a queda do desenvolvimento de uma cidade.

Isto desencadeou o uso de tecnologia como soluço para todos estes problemas e para abordá-los de forma mais inteligente. Daí surge o conceito de *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes. Cidades inteligentes asseguram um ambiente sustentável, habitável e eficiente ao fazer melhor uso dos recursos públicos e dos dados que nela seriam recolhidos. Segundo a *Pyke Research 2011*, o mercado

de cidades inteligentes iria atingir os 16 biliões de dólares no ano 2020 - hoje, sabemos que não atingiu 16 biliões mas sim cerca de 114 biliões de dólares¹ [2].

Apesar disto, é importante notar que a abordagem epistemológica por detrás do conceito de cidades inteligentes é bastante tradicional e enraizada, isto é, é puramente engenharia e, portanto, tecnocrática. Surgiu então o conceito de "Cidades Cognitivas".

Enquanto que o conceito de cidades inteligentes está tipicamente limitado a sensorização e processamento de dados para obter eficiência e sustentabilidade num serviço municipal, o conceito de cidade cognitiva visa os mesmos objetivos além de alcançar resiliência nos serviços oferecidos. Além disso, uma cidade cognitiva tem em conta fontes de informação não só tecnológicas como também fontes culturais, educacionais, económicas e políticas.

A ideia subjacente por detrás de uma cidade cognitiva é o facto de esta aprender com todas as possíveis interações de humanos com máquinas, humanos com humanos e máquinas com máquinas de forma a manter memória destas interações, recuperar experiências, aprender com elas e com isso melhorar a eficiência, sustentabilidade e resiliência de uma cidade. Uma cidade com capacidade cognitiva "consegue perceber as condições atuais da rede e então planejar, decidir e atuar baseado nessas condições. A rede pode aprender com essas adaptações e usá-las para tomar decisões futuras, tudo isto tendo em conta os objetivos finais". [4]

2 Cidades Inteligentes

2.1 Conceito

Ao longo dos anos, várias definições [5] de cidades inteligentes (ou *smart cities*) têm surgido na literatura para tentar descrever ou explicar este conceito. Algumas destas definições focam-se em fatores tecnológicos enquanto que outras envolvem conceitos de política e sustentabilidade no planeamento urbano.

A conhecida empresa americana voltada para a informática *International Business Machines* (IBM) define uma cidade inteligente como uma cidade que faz uso otimizado de todas as informações disponíveis de modo a melhor entender e controlar as suas operações e otimizar o uso de recursos limitados.

Por outras palavras, cidades inteligentes baseiam-se nos dados disponíveis resultantes de tecnologias de informação e comunicação presentes nas várias infraestruturas e usam esta informação recolhida para melhor controlar, gerir e atingir a melhor eficiência destas estruturas.

As cidades inteligentes tem como foco principal incorporar métodos de recolha de informação como sensores ou outros equipamentos em áreas como hospitais, energia, edifícios, estradas, sistemas de água, pontes, atmosfera entre outras e com esta informação dar respostas inteligentes a diferentes necessidades incluindo subsistência diária, proteção, segurança, gestão de resíduos, serviços e indústria. [6]

¹ Biliões americanos

O objetivo destas cidades é fazer um melhor uso dos recursos públicos, aumentando a qualidade dos serviços prestados aos cidadãos, ao mesmo tempo que reduz os custos de operação de administração pública tendo como resultado final uma infraestrutura de comunicação que fornece acesso simples e económico a uma variedade de serviços.

A disponibilidade dos diferentes tipos de dados que seriam recolhidos tem como corolário um aumento da transparência e promoção de ações de governos locais junto dos cidadãos, aumento da consciencialização das pessoas acerca do estado da sua cidade e estimular a participação ativa dos cidadãos na gestão da administração pública. [7]

Numa cidade inteligente ideal, toda a cidade está conectada. A prestação de serviços requer intervenção humana e desperdício de recursos mínima. Os habitantes são informados não só de serviços como de eventos, sejam eles eventos positivos como festivais; ou negativos como tráfego. Isto resulta numa boa gestão destes eventos pois todos estão conectados em qualquer lugar e a qualquer hora e numa gestão do dia-a-dia mais meticulosa e dinâmica pois estes serviços são bem planeados e distribuídos por toda a cidade.

2.2 Áreas de aplicação e Serviços

A IBM - e muitos outros desde então - destingem cinco pilares de cidades inteligentes como água, segurança pública, tráfego, edifícios e energia. Já Joshi Sujata *et al.* [7] defendem a estrutura SMELTS (social, gestão, economia, jurisdição, tecnologia e sustentabilidade) como fatores que dão uma visão holística da iniciativa de cidades inteligentes.

Neste artigo acreditamos que para uma cidade ser verdadeiramente inteligente tem de compreender avanços em seis campos: Governo Inteligente, Economia Inteligente, Ambiente Inteligente, Vida Inteligente, Mobilidade Inteligente e Pessoas Inteligentes, que vão de acordo com os indicadores desenvolvidos pelo Professor Dr. Rudolf Giffinger e o seu grupo de investigação de cidades inteligentes. [8]. Este grupo usa estes seis conceitos para descrever fatores específicos que podem ser importantes ao descrever uma cidade inteligente, Tabela 1.

Governo Inteligente	Economia Inteligente
<ul style="list-style-type: none"> • Participação na tomada de decisões • Serviços públicos e sociais • Governança transparente e confiável • Perspectivas e estratégias políticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Espírito inovativo • Empreendedorismo • Imagem económica e marcas registadas • Produtividade • Flexibilidade do mercado laboral • Incorporação internacional • Capacidade de transformar

Dada a vasta definição do conceito de cidade inteligente e a ampla gama de domínios nos quais pode ter impacto, o seu potencial é igualmente vasto. Na sua interpretação mais básica, o ideal por detrás de uma cidade inteligente deve

Ambiente Inteligente <ul style="list-style-type: none"> • Atratividade das condições naturais • Poluição • Proteção ambiental • Gestão dos recursos sustentável 	Vida Inteligente <ul style="list-style-type: none"> • Instalações culturais • Condições de vida • Segurança individual • Qualidade de alojamento • Instalações de ensino • Atratividade turística • Coesão social
Mobilidade Inteligente <ul style="list-style-type: none"> • Acessibilidade local • Acessibilidade (inter)nacional • Disponibilidade de tecnologias de comunicação e informação • Sistemas de transporte sustentáveis, inovadores e seguros 	Pessoas Inteligentes <ul style="list-style-type: none"> • Nível de qualificação • Afinidade com aprendizagem ao longo da vida • Pluralidade social e ética • Flexibilidade • Criatividade • Cosmopolitismo/Mentalidade aberta • Participação na vida pública

Tabela 1. Características e fatores de uma cidade inteligente (adaptado [8])

ser um aumento da qualidade de vida dos seus cidadãos e viajantes. Com isto em mente, no restante desta secção apresentamos alguns dos serviços que são de potencial interesse no contexto de cidades inteligentes pois podem concretizar não só aumentar a qualidade e melhorar os serviços oferecidos aos cidadãos como também trazer uma vantagem económica para a administração da cidade em termos de redução dos custos operacionais.

Saúde Estrutural de Edifícios: De forma a agilizar o processo de manutenção da condição de edifícios históricos, reduzindo a necessidade de vistorias custosas feitas por operadores humanos bem como a identificação de áreas mais sujeitas ao impacto de agentes externos e permitindo restaurações proativas e localizadas, a cidade poderia ter uma base de dados distribuída com informação acerca de medições da integridade estrutural de edifícios. Estes dados seriam recolhidos por sensores adequados localizados nos edifícios, tais como sensores de vibração e deformação para monitorizar o stress do edifício, sensores atmosféricos nas áreas circundantes para monitorizar os níveis de poluição, e sensores de temperatura e humidade para ter um perfil completo das condições ambientais. Dados sísmicos e de vibrações também poderiam ser usados para melhor estudar e compreender o impacto de terremotos leves em edifícios da cidade. Esta base de dados poderia ser disponibilizada publicamente de forma a tornar os cidadãos conscientes dos cuidados tidos com a preservação do património histórico. A concretização deste serviço, no entanto, exige a instalação de sensores nos edifícios e arredores e a sua conexão com um sistema de controlo, que pode implicar um investimento inicial para criar a infraestrutura necessária.

Gestão de Resíduos: A gestão de resíduos é um problema primordial em muitas cidades modernas, tanto pelo custo do serviço como pelo problema de armazenamento de lixo em aterros. Uma forma de obter vantagens económicas

e ecológicas neste domínio é através do uso de contentores de lixo inteligentes que detetam o nível de carga e permitem uma otimização das rotas dos camiões de recolha de resíduos e podem reduzir os custos da sua recolha e melhorar a qualidade da reciclagem. Para concretizar esta gestão inteligente seria necessário conetar os contentores inteligentes a um sistema de controlo onde um *software* de otimização processa os dados e determina as rotas mais eficientes para os camiões de recolha.

Qualidade do Ar: Um serviço de monitorização da qualidade do ar pode ser conseguido com a implementação de sensores de qualidade do ar e poluição ao longo da cidade e com os dados recolhidos disponíveis publicamente aos cidadãos. Por exemplo, ao conetar as aplicações de saúde nos dispositivos de corredores/atletas à infraestrutura da cidade estas pessoas conseguem escolher o caminho mais saudável para as suas atividades ao ar livre.

Monitorização de Ruído: Ruído pode ser considerado como uma forma de poluição sonora da mesma forma que o óxido de carbono é para o ar. Por essa razão já existem leis específicas para reduzir a quantidade de ruído num certo horário. Numa cidade inteligente, um serviço de monitorização de ruído que medisse a quantidade de barulho produzido a uma dada hora e lugar poderia ser oferecido. Este serviço teria como consequência um aumento da segurança pública com o uso de algoritmos de reconhecimento de quebra de vidros ou confrontos, por exemplo. No entanto, a instalação de detetores de som ou microfones ambientais é algo controversa devido às óbvias preocupações de privacidade que este tipo de monitorização envolve.

Congestão do Tráfego: Outro serviço que pode ser oferecido pelas cidades inteligentes consiste na monitorização de tráfego na cidade. Apesar de sistemas de monitorização de tráfego por câmaras já estarem disponíveis em várias cidades, comunicação generalizada de baixa potência pode fornecer uma fonte mais densa de informação. Esta monitorização pode ser conseguida com as capacidades dos sensores aliado aos GPS instalados nos veículos modernos assim como com a adoção de uma combinação de qualidade do ar e sensores acústicos ao longo de uma dada estrada. Esta informação é de grande importância para as autoridades disciplinarem o tráfego e enviarem unidades quando/onde necessário; e para os cidadãos planearem com antecedência as rotas para um determinado destino.

Consumo de Energia da Cidade: Tal como o serviço de monitorização da qualidade do ar, as cidades inteligentes poderiam oferecer um serviço de monitorização de consumo de energia em toda a cidade, aumentando a transparência ao permitir aos cidadãos (e autoridades) ter uma visão clara e detalhada da quantidade de energia exigida pelos diferentes serviços (iluminação, transportes, semáforos, câmaras, etc). Por sua vez, isto possibilita identificar as principais fontes de consumo de energia e estabelecer prioridades para otimizar o seu comportamento.

Iluminação Inteligente: Com a instalação de postes de iluminação com sensores nas cidades inteligentes é possível reduzir o consumo de energia ao otimizar a intensidade das luzes de acordo com a hora do dia, condições atmosféricas,

e presença de pessoas. Também é possível explorar o aumento do número de pontos conetados para fornecer conexão Wi-Fi aos cidadãos.

Em Portugal, cada vez mais aplicações deste género são implementadas. No âmbito da gestão de resíduos, no Funchal foram investidos 120 mil euros em papeleiras inteligentes com um compactador alimentado a energia solar e com equipamento de controlo do nível de enchimento que pode ser controlado através de uma aplicação [17]; em Lisboa, foram instalados 160 oleões inteligentes que permitem aos munícipes consultar a sua localização e o nível de enchimento em tempo real através de uma aplicação digital [18]. A nível do ambiente, Lisboa instalou estações meteorológicas que vão recolher e medir em tempo real indicadores de temperatura, precipitação, humidade, pressão atmosférica, vento, direção do vento, radiação solar e radiação ultravioleta [19]; na Azambuja, estações meteorológicas e de monitorização da qualidade do ar foram instaladas onde recolhem informações ambientais tendo como objetivo "promover o bem-estar da população e orientar a acção futura do município em matéria ambiental" [20]. Isto são apenas alguns dos vários projetos já implementados que têm em vista um país mais inteligente, outros exemplos podem ser encontrados neste link.

3 Cidades Cognitivas

3.1 Cidades Inteligentes como possível Utopia

Durante os últimos anos tanto com o avanço das tecnologias de comunicação tanto como com a globalização e urbanização, uma nova geração de cidades surgiu, as *smart cities*. Estas prometiam ser a nova Utopia resolvendo os desafios urbanos da era da informação fornecendo melhorias na funcionalidade das cidades, melhorando a sua eficiência, aumentando a sua competitividade e fornecendo novas maneiras de lidar com a degradação do ambiente, da pobreza e da privação social. De forma a resolver tais desafios existem soluções desde ferramentas para administração urbana, plataformas de relatórios *online*, até à utilização de sensores para monitorizar e melhorar a eficiência da gestão dos resíduos.

Nunca até ao momento, a realidade esteve tão perto da visão anteriormente referida como Utopia, já que cada vez existem mais cidades com estas características. Uma cidade ser considerada inteligente, até há não muito tempo, poderia ser considerado como ficção científica e, na nossa situação atual não é trivial encontrar uma cidade em que pelo menos, esta tentativa não tenha sido realizada.

3.2 Críticas às Cidades Inteligentes

No entanto existem algumas críticas relativamente ao foco tecnológico inerente ao conceito de inteligência. Problemas urbanos que podem ser atacados sobretudo pelo uso de tecnologias de comunicação e informação, são reduzidos a problemas de eficiência, assumindo assim que fenómenos urbanos complexos podem

ser desmantelados em problemas totalmente definidos e ser resolvidos através de computação.

Uma outra crítica a apontar é o interesse de empresas multinacionais de *software* e *hardware* neste tipo de desenvolvimento urbano, uma vez que se tornou uma peça fulcral para tal. O grande problema é que todos os dados gerados irão ser guardados e usados por estas empresas e, sendo os dados o petróleo da era digital, levantam-se inúmeras preocupações relativamente à vulnerabilidade destes, gerando possíveis problemas de propriedade e privacidade dos dados.

O movimento das *smart cities* foi também muito criticado devido à sua relegação da dimensão democrática e social para segundo plano, favorecendo aspetos políticos e tecnológicos. Uma vez que os interesses privados são altamente priorizados em preterimento da decisão dos cidadãos e da tomada de decisão democrática, surge o berço da crítica pública. Além disso existem soluções já testadas e implementadas pelo mundo fora que correm o grande risco de aumentar ainda mais o fosso entre as pessoas mais tecnologicamente evoluídas das outras, o que resultaria na exclusão destes grupos menos tecnologicamente eruditos.

Ultimamente tem-se dado reconhecimento a este criticismo demonstrando que implementações de cidades inteligentes orientadas à tecnologia não são as melhores para explorar a dimensão social e humana das cidades. A inteligência das cidades passa maioritariamente por funções institucionais e tecnologia enquanto que a inteligência individual parece ser marginalizada.

3.3 De Cidades Inteligentes a Cidades Cognitivas

Desde sempre que compreender o cérebro humano é um objectivo muito importante para a ciência. Nas últimas décadas houveram avanços marcáveis, não só na ciência cognitiva mas também na ciência da computação, embora atualmente se tenha ainda um conhecimento rudimentar acerca do cérebro do Homem. *Hardware* e *Software* que imita o funcionamento do nosso cérebro, também conhecida como computação cognitiva, transformou a forma como interagimos com as máquinas abrindo-nos um novo leque de possibilidades. Exemplos das tecnologias mais preponderantes desta área são o reconhecimento de imagens, processamento de linguagem natural e ainda redes neuronais artificiais. De forma breve, sistemas cognitivos são aqueles que são capazes de sentir, perceber e responder a estímulos no ambiente envolvente, adaptando-se a este. Segundo S. Feldman e H. Reynolds [9], para atingir este nível de computação os sistemas cognitivos têm que ser (1) adaptativos, (2) interactivos, (3) iterativos e com estado e (4) contextuais.

Este conceito de cidades cognitivas é uma tentativa de expandir e superar as fraquezas das cidades inteligentes através da introdução da teoria cognitiva. Esta teoria psicológica segundo Siemens [10] sugere que o conhecimento individual é parcialmente adquirido através de criações da memória baseadas na observação de outros dentro do contexto de interações e experiências sociais. Já segundo J. M. Alonso e C. Mencar [11] a abordagem da cidade cognitiva salienta a importância de criação de memória, aprendizagem, recuperação de experiências e adaptabilidade como processos fundamentais para lidar com desafios urbanos

atuais. O ser humano, não aprende apenas com as suas próprias experiências como também com as experiências dos outros, assim a aprendizagem de uma cidade cognitiva não depende apenas das pessoas mas também com qualquer informação gerada por um sistema nas interações entre pessoas e tecnologias.

Em cidades inteligentes o fluxo de informação é unidirecional, ou seja flui apenas num sentido. Um exemplo é os cidadãos serem informados em tempo real das condições de tráfego rodoviário. No entanto em cidades cognitivas este fluxo é multidirecional, os cidadãos não são apenas informados, mas também podem fornecer informações aos outros através de sensores entre outros dispositivos. Um exemplo seria um cidadão numa estrada detetar um acidente, e em seguida informar o sistema. Isto permite ao sistema aprender e adaptar o seu comportamento. Em suma, as cidades cognitivas combinam os conceitos das cidades inteligentes, adicionando o fator humano.

Os problemas urbanos, ao contrário do que acontecia nas cidades inteligentes, não são tratados como meros problemas de eficiência mas sim como sistemas sociotécnicos complexos, onde tanto as pessoas como as tecnologias evoluem. Apesar de tudo, o conceito de cidades cognitivas, tal como as cidades inteligentes, também se baseia na adoção de tecnologias avançadas de informação e comunicação, no entanto estas não são vistas da mesma forma. Por um lado o conhecimento torna-se um aspeto central de qualquer sistema computacional, assemelhando o seu funcionamento ao cérebro humano. Por outro lado, o papel do indivíduo também é fundamental, não sendo inferior ao da tecnologia envolvida, resultando o conhecimento da cidade da interação entre as pessoas e as tecnologias.

3.4 Sistema Cognitivo

A capacidade cognitiva de um sistema permite-o lidar com ambientes operacionais complexos de forma mais eficiente e permite que experiências passadas sejam aproveitadas para obter melhores respostas a mudanças no ambiente. Um sistema, para ser considerado cognitivo, apresenta o seguinte comportamento [12]:

- Sente mudanças internas e externas individuais
- Compreende a situação atual, o que essas mudanças representam
- Associa a nova situação com experiências passadas e identifica possíveis respostas
- Planeia várias alternativas em resposta às mudanças dentro de um determinado cronograma de resposta
- Escolhe um conjunto de ações que melhor se adequam à situação
- Age ao ajustar recursos e resultados para responder às novas necessidades e requisitos
- Monitoriza o comportamento da ação tomada e aprende com o seu impacto

Um sistema cognitivo aprende, cria modelos e assume que não existe uma única resposta correta. A resposta mais apropriada é baseada nos próprios dados. Um sistema cognitivo usa esses dados para treinar, testar ou alcançar uma hipótese.

Estes dados, por sua vez, são recolhidos dos cidadãos e estão disponíveis apenas em linguagem natural e são, portanto, imprecisos. Nos sistemas computacionais existentes na atualidade, é difícil (ou impossível) processar diretamente dados vagos. O processamento e análise dos dados existentes é absolutamente necessário. Por esta razão, computação suave (do inglês, *soft computing*) é aplicada. Ao contrário dos métodos tradicionais de cálculo, as técnicas de computação suave possibilitam a inclusão de valores que são descritos em linguagem natural. Isto permite uma precisão baseada na natureza de informações imprecisas que faz justiça às percepções dos seres humanos. Esta é uma pré-condição necessária à aplicação de sistemas cognitivos e, portanto, para cidades cognitivas.

Outro componente importante dum sistema cognitivo é algo conhecido como um loop de amplificação de inteligência que dita que um humano e um computador aprendem continuamente um com o outro através da interação. Assim sendo, a inteligência coletiva de uma cidade aumenta constantemente.

4 Desafios na adoção de Cidades Inteligentes ou Cognitivas

Atualmente observa-se que, cada vez mais, existem casas domésticas e até mesmo negócios inteiros que já se encontram totalmente automatizadas. Todavia a adoção de uma cidade inteligente ou cognitiva acarreta diferentes desafios que uma entidade singular não tem.

É de conhecimento geral que uma cidade engloba várias entidades diferentes, com propósitos e capacidades diferentes e que estas que interagem entre si. Esta desigualdade nas competências e qualificações causa vários obstáculos na área da política, social, na regulamentação, financeira e tecnológica.

4.1 Desafios Políticos

A política tem um papel ativo no desenvolvimento das cidades, pois é esta que tem o poder de direcionar a evolução da mesma. Sendo o conceito de cidades cognitivas um tópico interessante para o desenvolvimento da cidade no sentido de otimizar os recursos da mesma e procurar melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos por que não se tomou mais avanços nessa direção? Apesar da vontade dos cidadãos em ter uma maior qualidade de vida, existem múltiplas razões que justificam o vagaroso processo. Primeiramente existem questões na área de quantidade de recursos disponíveis, tanto ambientais como financeiros, que põe um obstáculo na resposta do governo a essa mudança desejada.

Em segundo lugar, geralmente as administrações municipais não têm a autoridade necessária para implementar projetos sem ultrapassar limites legais, dificultando a aquisição e a implementação de novas ou atualização das infraestruturas existentes para sistemas mais inteligentes ou até mais cognitivos. [14]

Alem disso, um outro desafio político que as cidades enfrentam reside no facto de cada vez mais serem setores privados e organizações terceiras a disponibilizar serviços públicos, o que não só traz impedimentos jurídicos, uma vez que não

tem poder sobre essas organizações como também dificulta a transferência de dados, que é o cerne de todo o conceito.

Por fim, outro desafio relevante de mencionar recai no facto de o tempo de mandato dos líderes em questão ser bastante curto o que se torna num impedimento a elaboração de grandes mudanças no plano de uma cidade.

4.2 Desafios Regulamentares

Com a passagem de cidades inteligentes para cidades cognitivas, o fluxo de dados aumenta, aumentando consequentemente a complexidade dos sistemas que os tratam. Não só como também passamos a lidar cada vez mais com dados de cariz pessoal e informação privada. A partir desse momento, a integridade, segurança e privacidade dos dados torna-se um ponto a ter em consideração. Este ponto revela-se ainda mais importante quando a informação passa a ser transferida por entre múltiplos sistemas e/ou utilizada para meios comerciais. O grande problema recai essencialmente na forma como devem ser protegidos os dados privados e quem será o responsável caso ocorra algum problema [15].

4.3 Desafios Económicos

Ao contrário do que muitos acreditam, o investimento necessário para a criação de uma infraestrutura inteligente e o respetivo software capaz de suportar toda uma cidade, é geralmente, apesar de ser um investimento significativo, de amplitude inferior face às principais infra-estruturas da cidade (auto-estradas, sistemas de transporte etc).

No entanto, esta área lida com grandes dificuldades em obter financiamento, principalmente por falta de conhecimento sobre o assunto. Apesar de ser um tópico cada vez mais pesquisado e desenvolvido, o conhecimento sobre o potencial de uma cidade inteligente ainda é bastante escasso o que provoca a falta de compreensão por parte dos responsáveis da cidade acerca do verdadeiro valor desta oportunidade digital e consequentemente torna-se complicado obter financiamento necessário para o desenvolvimento do projeto.

Simultaneamente, para a maioria das empresas que possuem a sua operação instalada e funcional, apesar de poderem poupar dinheiro no futuro, o investimento necessário numa estrutura inteligente não compensa a troca da sua operação atual.

Os principais possíveis investidores são as empresas de tecnologia, tais como *HP*, *Cisco*, *Toshiba* e/ou *Hitachi*, que possuem a sua própria equipa de pesquisa/desenvolvimento e procuram relacionar as cidades inteligentes com a sua linha direta de produtos.

De modo a combater esta falta de conhecimento, algumas cidades decidem investir o próprio orçamento em algumas iniciativas. Um exemplo é *PARK Smart*, um investimento realizado em Nova Iorque, que em tempo real informa os utilizadores sobre disponibilidade de estacionamento a partir do seu telemóvel pessoal. [16].

4.4 Desafios Sociais

De modo a que uma cidade inteligente ou cognitiva funcione é crucial que esta considere as necessidades dos utilizadores finais e não apenas as necessidades tecnológicas. No entanto, isto cria vários desafios a nível social.

O primeiro em questão será a partilha de informação pessoal à qual têm acesso e o que pode ser feito com a mesma. Para o bom funcionamento de uma cidade cognitiva, para além da existência de sensores específicos, os cidadãos são persuadidos a fornecer informação sobre o seu dia-a-dia, por sua vez estes dados serão colecionados e analisados por gestores públicos. Esta recolha de informação obriga a que os regulamentos sejam simples e diretos sobre a privacidade dos dados e a respetiva segurança. Devem ser transparentes ao ponto de que qualquer entidade na sociedade consiga perceber o que está em questão [16].

Outro problema muitas vezes ignorado é a possibilidade de desigualdade e segregação entre diferentes grupos sociais. À medida que a tecnologia é necessária cada vez mais no nosso dia-a-dia é importante não deixar para trás as pessoas sem capacidade financeira, tecnológica ou educacional para conseguir acompanhar estas mudanças. Por exemplo, a população mais idosa terá mais dificuldades a nível educacional e comunidades com baixo rendimento são mais vulneráveis a ser deixados para trás por falta de meios financeiros. Uma solução simples para combater este obstáculo seria promover a educação sobre a tecnologia e obter financiamento para aqueles que não tem possibilidades para tal.

Simultaneamente, à medida que a sociedade utiliza cada vez mais a Internet e avaliações online como fator essencial de escolha, empresas que não se encontram online correm o risco de ir à falência e tornarem-se obsoletas.

4.5 Desafios Tecnológicos

Apesar do contínuo crescimento tecnológico, os sistemas tecnológicos têm sido tradicionalmente desenvolvidos de forma a se encaixarem nos recursos existentes e muitas das vezes esses protocolos e equipamentos não facilitam a integração com outros sistemas. Na mesma linha de problema espera-se que as infraestruturas de rede tenham a capacidade de se adaptar às tecnologias à medida que se tornam disponíveis, algo que apesar de ideal, não é propriamente reflexo da realidade, dificultando a adoção de novos sistemas tecnológicos.

Outro desafio presente baseia-se no facto de as cidades se encontrarem "presas" a regras contratuais comerciais e legais bem estabelecidas que impedem igualmente a inovação e a adoção de novas tecnologias.

Um ponto igualmente importante de referir é relativamente à capacidade de reunir, armazenar e analisar a vasta quantidade de dados que são transferidos a cada segundo. As cidades, para além de precisarem de adotar novas tecnologias que as ajudem a reunir dados, também precisam de ser capazes de aceder e analisar facilmente os dados em tempo real para melhorar a aprendizagem. Para isso, é essencial um certo grau de padronização da recolha de dados, armazenamento, exibição e relatórios nos sistemas das cidades. Sistemas operacionais que formalizam esquemas padrão e adiram a uma política de gerenciamento de dados

aberta e transparente pode ajudar a cidade com tal padronização, no entanto, isso é algo que, até à data, não foi conseguido implementar em grande escala.

5 Conclusão

Com os níveis populacionais cada vez maiores e a súbita explosão populacional nas cidades, os desafios urbanos enfrentados pelas cidades aumentaram a um nível sem precedentes. É expectável que isto continue, com incrementos adicionais em poluição, escassez de recursos, tráfego e muitos mais. É hora de tirar partido da tecnologia para estabelecer sistemas inteligentes que consigam otimizar o uso destes recursos limitados. Muitas cidades já o começaram a fazer, incluindo em Portugal com o *PlanIT Valley*. É fundamental agir rápido uma vez que a necessidade de um desenvolvimento sustentável e de satisfazer as crescentes necessidades da população em expansão se tornarão críticas em breve.

Tanto cidades inteligentes como cidades cognitivas surgem como modelos ideais que resolveriam os atuais desafios urbanos, explorando o potencial das tecnologias de informação e comunicação de forma a prover às cidades algum tipo de inteligência. No entanto, a abordagem das cidades inteligentes adota uma visão tecnocrática da inteligência, semelhante à inteligência matemática ou lógica, uma inteligência homogénea, quantificável e otimizável. Pelo contrário, a abordagem das cidades cognitivas adota uma visão mais holística da inteligência. Ao introduzir conceitos como cognição e aprendizagem mas também imprecisões e incertezas, a inteligência torna-se mais dinâmica e multi-facetada. Cidades cognitivas não podem ser criadas do zero mas sim através de interações continuas entre pessoas, instituições e tecnologia.

Tendo delineado os principais desafios para a adoção destas cidades, em última análise, defendemos uma consideração cuidadosa de como aproveitamos a tecnologia para tirar o máximo proveito dela. A tecnologia tem um enorme potencial para ajudar a enfrentar os desafios das cidades em rápido crescimento. Pode melhorar a tomada de decisões com base em dados em tempo real, memória e aprendizagem, possibilitando às cidades fornecer melhores serviços que aumentem a qualidade de vida e fazendo-o de uma forma mais economicamente viável e sustentável em termos de recursos. Ainda assim, é um risco real que a tecnologia possa vir a fazer mais mal do que bem. Tecnologia pode facilmente tornar-se uma desculpa para continuar com o nosso comportamento de consumo intensivo de recursos sob o argumento de que a tecnologia irá, eventualmente, resolver todos os problemas. Temos como exemplo disto os carros autónomos. Argumenta-se que os carros autónomos irão eliminar acidentes rodoviários e aumentar a eficiência. No entanto, isto não significa que irá resolver o problema de congestão resultante de estilos de vida pouco saudáveis orientados ao automóvel.

Para concluir, a contribuição teórica e prática de cidades inteligentes definitivamente alargou o nosso horizonte tanto para possíveis desafios e riscos mas também para soluções significativas e ferramentas úteis no contexto urbano. As cidades cognitivas apareceram como uma abordagem melhorada que é capaz de superar as fragilidades das cidades inteligentes já mencionadas. No entanto,

como tanto a prática como a teoria relacionadas com este conceito de cidades cognitivas ainda é escasso, permanece desconhecido se esta visão para as cidades irá ajudar a enfrentar os desafios urbanos e, portanto, se nos ajudará a evoluir.

Referências

1. *United Nations*, <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>. Acedido a 9 Mar 2022
2. *Research and Markets*, <https://www.researchandmarkets.com/reports/5411625/smart-cities-market-technology-ai-big-data>. Acedido a 9 Mar 2022
3. *World urban population*, <https://statisticstimes.com/demographics/world-urban-population.php>. Acedido a 1 Abr 2022
4. Thomas, R., Friend, D., Dasilva, L., Mackenzie, A. : *Cognitive networks: adaptation and learning to achieve end-to-end performance objectives*. IEEE Communications Magazine **44**, 51-57 (2006)
5. Hatem Ben Sta : *Quality and the efficiency of data in “Smart-Cities”*. Future Generation Computer Systems **74**, 409–416 (2017)
6. Kehua Su, Jie Li, Hongbo Fu : *Smart City and the Applications*
7. Joshi Sujataa, Saxena Sakshamb, Godbole Tanvic, Shreyad : *Developing Smart Cities: An Integrated Framework*. (2016)
8. R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, R. Kalasek, N. Pichler-Milanovic and E. Meijers, : *Smart Cities – Ranking of European Medium-Sized Cities*. (2007)
9. S. Feldman, H. Reynolds : *Cognitive computing: A definition and some thoughts*. (2014)
10. G. Siemens : *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age* . (2005)
11. J. M. Alonso and C. Mencar : *Building Cognitive Cities with Explainable Artificial Intelligent Systems*. (2017)
12. Mostashari, A., Nilchiani, R., Omer, M., Andalibi, N. and Heydari, B.: *A Cognitive Process Architecture Framework for Secure and Resilient Seaport Operations* , *Marine Technology Society Journal* **45**, 120-127. (2005)
13. Astute Analytica : *Smart Cities Market, Technology, Component, Application, Deployment, Estimation Forecast, 2017 - 2030*. (2021)
14. Kanter, Rosabeth Moss, and Stanley S. Litow. *”Informed and Interconnected: A Manifesto for Smarter Cities.* ” Harvard Business School Working Paper, No. 09-141, (2009).
15. A. Bartoli , J. Hernández-Serr. *”On the Ineffectiveness of Today’s Privacy Regulations for Secure Smart City Networks”*
16. Mostashari, A. Arnold, F., Mansouri, M., Finger. *Cognitive cities and intelligent urban governance* (2011)
17. FUNCHAL INVESTE 120 MIL EUROS EM PAPELEIRAS INTELIGENTES <https://smart-cities.pt/noticias/funchal-investir-papeleiras-inteligentes-0406/> Acedido a 1 Abr 2022
18. 160 OLEÕES INTELIGENTES CHEGAM ÀS RUAS DE LISBOA <https://smart-cities.pt/residuos/oleoes-smart-lisboa-2304/> Acedido a 1 Abr 2022
19. INSTALAÇÃO DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA JÁ ESTÁ EM ANDAMENTO <https://smart-cities.pt/noticias/instalacao-aml-estacoes-meteorologicas-2511/> Acedido a 1 Abr 2022

20. MUNICÍPIO DE AZAMBUJA REFORÇA APOSTA NA MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR <https://smart-cities.pt/noticias/azambuja-monitorizacao-qualidade-do-ar-0511/> Acedido a 1 Abr 2022