

A Internet das Coisas: Revisão da Literatura e Questões em Aberto

Luís Santos¹, Emanuel Antunes¹, João M. L. P. Caldeira^{1,2}, Vasco N. G. J. Soares^{1,2}

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior de Tecnologia, Avenida do Empresário, 6000-767 Castelo Branco, Portugal

²Instituto de Telecomunicações, Universidade da Beira Interior, Rua Marquês d'Ávila e Bolama, 6201-001 Covilhã, Portugal

{luis.santos1, emanuel.antunes}@ipcbcampus.pt,
{jcaldeira, vasco.g.soares}@ipcb.pt

Abstract. *This paper aims to summarize and set in context the concept of the Internet of Things (IoT), a new approach that results from the dynamization of the vast plurality of platforms that may be interconnected and with which it is possible to establish network communication. These platforms increasingly benefit the quality of life of their users, thus affecting the way people extract information from their surrounding environment, most often in an invisible way. Over the course of this paper, we also present a brief review of the supporting devices associated with IoT (microcontrollers, sensors, and other equipment), which are tools that gather and send data.*

Resumo. *Este artigo visa fazer uma contextualização do conceito de Internet das Coisas (IoT), uma nova abordagem que resulta da dinamização da multipluralidade de plataformas passíveis de interligar e com os quais é possível estabelecer comunicação em rede. Estas afetam, cada vez mais, a qualidade de vida dos seus utilizadores e acabam por ter uma repercussão quotidiana na forma como estes extraem informação no meio envolvente, muitas vezes de forma invisível. No curso deste documento, também será feita uma exposição dos dispositivos de suporte que lhe estão associados, desde os microcontroladores que os operam, até aos sensores e/ou outros dispositivos, que não são mais que ferramentas que recolhem e comunicam a informação.*

1. Introdução

Coelho (2018, p.2) define a Internet das Coisas, IoT (Internet of Things, em inglês) como “um sistema que interliga dispositivos de computação, sejam eles computadores, máquinas, pessoas, animais ou objetos”, aos quais associa a capacidade de “comunicar e transferir dados sem qualquer intervenção humana”. É neste âmbito que a IoT deve ser entendida, cada vez mais como uma ferramenta explorada no contexto de Data Science, mas que também detém um grande alcance no quotidiano do utilizador comum.

No contexto atual, são cada vez mais as referências ao conceito de Internet de Tudo (Internet of Everything), porém, como bem reflete o artigo online de Takashi (2017), este termo não tem o mesmo significado que a IoT. Com efeito, conforme refere a autora, enquanto a Internet das Coisas se restringe aos aparelhos em si (como frigoríficos, ar-condicionado, sensores, etc.), a Internet de Tudo tem um sentido mais

amplo, e abrange, desde logo, os referidos objetos, mas também os dados transmitidos, as pessoas envolvidas e os processos que deles fazem parte. Faz, também sentido no nosso entendimento, considerar a Internet de Tudo como a evolução natural da Internet das Coisas, mas, para os devidos efeitos deste artigo, trabalhar-se-á o conceito mais estrito de Internet das Coisas, por forma a deter maior ênfase nas suas aplicações em contexto prático e nos equipamentos que lhe estão associados.

Face ao exposto, este documento apresenta na segunda seção um conjunto de conceitos inerentes à Internet das Coisas, resultado da pesquisa, que abrange desde o seu surgimento até ao panorama actual, onde se verá que em 2020 já existiam mais de 50 bilhões de dispositivos conectados à internet. Na seção 3, é feita uma análise expositiva dos principais campos de aplicação em que a IoT tem vindo a ganhar dimensão. Na seção 4 são identificados os principais equipamentos e dispositivos pelos quais o acesso é realizado. Na seção 5, far-se-á a ponte para o levantamento de algumas questões pertinentes no que medeia a utilização da IoT, nomeadamente sobre questões de segurança e de que forma a crescente utilização destas ferramentas irá impactar os modelos de negócio, que seguramente terão de se adaptar, sob pena de ficarem ultrapassados mais rapidamente do que seria expectável. Na seção 6 são tecidas as considerações finais à investigação que se elaborou, bem como das conclusões daqui retiradas.

2. A Internet das Coisas

A Internet das Coisas, doravante também designada por IoT, é um termo cunhado por Kevin Ashton, um dos fundadores do Centro Auto-ID do MIT, em 1999, que se dedicava a identificar meios de ligação entre objetos e a Internet através de etiquetas RFID (Radio Frequency Identification), i.e., etiquetas capazes de armazenar informação sobre os produtos, com a vantagem de esta poder ser feita à distância (Nogueira, 2017; Santos, 2018). Deste conceito, importa reter os seguintes três elementos já fundamentais no funcionamento destes equipamentos: as etiquetas RFID, os leitores e os sistemas informatizados. Também se torna importante referir que a sua utilização se estende desde a gestão logística até algo mais concreto como a identificação e rastreabilidade animal, algo muito semelhante ao que veremos mais adiante no que toca à aplicabilidade da IoT.

Atualmente, a dimensão da IoT pode ser mensurada pelo número de dispositivos que se encontram conectados à rede. Conforme dados recolhidos da Mesh-Net (2017), este número ultrapassa os 50 bilhões de equipamentos ligados à Internet, embora este valor traduza uma previsão elaborada em 2017 para o presente ano. Ainda assim, se se considerar que a marca do meio bilhão apenas fora atingida em 2004, verifica-se um crescimento muito expressivo. Mais relevante se torna comparar este valor com o número de pessoas que habitam o planeta, que atualmente se situa próxima dos 7,8 bilhões (Worldometers, 2020).

Ainda neste tópico, tece-se outras observações: não só o número de equipamentos cresceu, como estes se tornaram sistemas computacionais cada vez mais pequenos, que resultam da franca expansão dos dispositivos móveis e da própria utilização crescente da Internet, como veremos mais adiante neste documento (Coelho, 2018).

2.1. Conceitos Associados

Não se pode apresentar a IoT sem mencionar diversos conceitos que cada vez mais estão colados a esta perspetiva. Um deles é, sem dúvida, o de *Big Data*: este termo consiste no volume de dados estruturados (e não estruturados) que é gerado a cada segundo (Nascimento, 2017). A sua utilidade transvasa diversas áreas, nomeadamente a análise de dados económico-financeiros, sociais, ou outros dados mais crus (*raw*), para permitir uma melhor tomada de decisão, não apenas, mas sobretudo ao nível da gestão. Um exemplo prático de implementação que se pode apontar prende-se com o apuramento de scores de *rating* no risco de crédito, que absorve um conjunto de variáveis para determinar o risco de incumprimento na concessão de financiamento bancário.

Em função da crescente importância destes mecanismos, tem também vindo a ganhar relevo a ciência por trás do estudo destes dados, comumente designada por *Data Science*. Mas de que forma os dados existem no nosso quotidiano? A Figura 1 dá essa resposta.

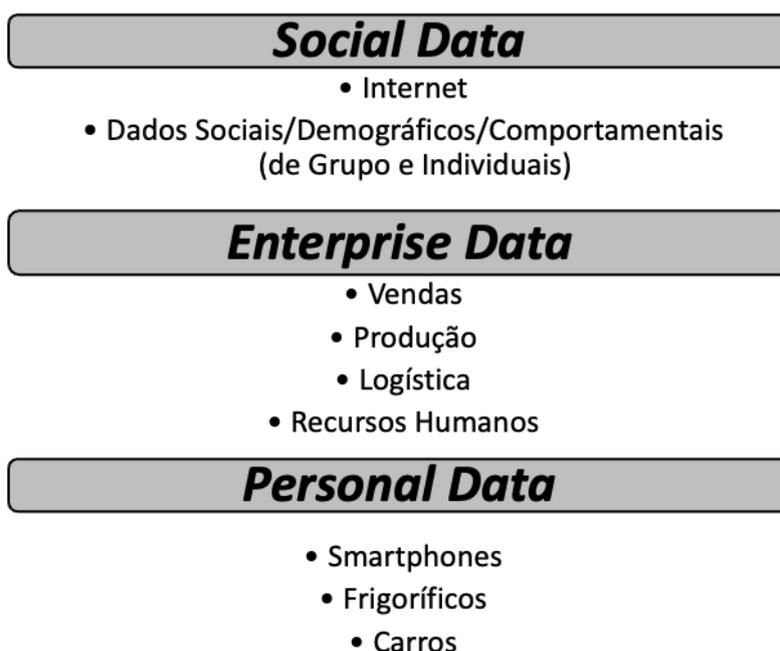


Figura 1. Tipos de dados - adaptado de Nascimento (2017).

Uma outra forma de abordar e subdividir o papel dos dados, mas já transpondo para o contexto de IoT traduz-se na medição da sua implementação em quatro níveis, tal como se apresenta na Figura 2 (McGrath, 2016).



Figura 2. Os quatro níveis de implementação da IoT - adaptado de McGrath (2016).

Este encadeamento ilustra a ideia de que a um nível mais primário apenas se executa a recolha de dados, sendo que num segundo estágio já se utilizam os dados obtidos para automatizar processos. Numa terceira dimensão, as empresas podem aproveitar os dados recolhidos para os integrar nos seus produtos para que estes se tornem mais apelativos para os seus clientes. É neste domínio que se torna fundamental criar plataformas colaborativas para que os programadores possam ter acesso ao hardware e software dos produtores de bens físicos, para que possam dinamizar as suas funcionalidades. O último estágio representa a possibilidade de utilização permanente dos serviços IoT dos equipamentos em tempo real na nuvem.

Do ponto de vista dos equipamentos utilizados, que veremos mais adiante através da apresentação de exemplos, estes têm correspondência naquilo a que Gupta (2018) chama as quatro camadas da Internet das Coisas, representadas na Figura 3.



Figura 3. Quatro camadas da IoT - adaptado de Gupta (2018).

Os dispositivos correspondem a equipamentos conectados à Internet; estes são geralmente de pequena dimensão, com memória limitada e ligados através de baterias com sensores e atuadores incorporados. Podem fazer parte de sistemas embebidos ou tratar-se de sistemas singulares. Têm como funcionalidades: recolher e gravar dados, conectar-se à Internet e realizar computação ligeira.

Os equipamentos Gateway operam como um *router*, que intermedia a ligação dos dispositivos à Internet e servem também para agregar os dados recolhidos. Regra geral dispõem de Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet e, por vezes, ligação telefónica. Como Coelho (2018) refere, são uma interface entre os sistemas remotos e os componentes aplicativos. A *cloud* não é mais que uma plataforma de alojamento dos dados, que pode inclusivamente ser genérica e física como um servidor local, e a última camada constitui a transformação dos dados recolhidos em informação útil para a tomada de decisão.

Na seção seguinte apresenta-se uma gama de aplicações para a IoT no paradigma atual.

3. Campos de Aplicação da Internet das Coisas

Coelho (2018) apresenta um vasto conjunto de aplicações da IoT, nomeadamente a domótica (casas e edifícios inteligentes), cidades inteligentes, *Smart TVs*, *Wearables*, Indústria, Agricultura e Florestas, Assistentes Virtuais, entre outras. Em virtude da cada vez maior área de aplicação, selecionou-se apenas um conjunto de atividades/setores para ilustrar este trabalho, que se apresentam de seguida.

3.1. Cidades Inteligentes

De forma sintética, o conceito de cidade inteligente pode ser tido como uma integração de tecnologias de informação para gerir os ativos das cidades de forma eficiente (Coelho, 2018).

Este campo de aplicação tem como principais focos os ganhos de eficácia, eficiência e segurança num vasto conjunto de domínios: melhorias nas redes de transporte e na gestão de tráfego rodoviário, na gestão do lixo, no uso da água e da energia, todos votados a melhorar a qualidade de vida das populações (Nogueira, 2017). Entre as diversas cidades que já implementam estas medidas, Barcelona é apontada com um verdadeiro caso de sucesso (Nogueira, 2017). Coelho (2018) concretiza com alguns exemplos:

- Controlo inteligente da iluminação pública: por se tratar de uma fonte de custos expressivos, o uso de sensores para detetar quando ninguém se encontra nas proximidades pode revelar-se como uma boa ferramenta para desligar o sistema quando este não é necessário. De igual modo, pode ser programado para apenas iniciar quando fica escuro ou quando está mau tempo (através de sensores de iluminação e/ou de chuva) ou recorrer-se a uma gestão através de aplicações.
- Controlo de tráfego: a utilização de informação em tempo real pode ser útil para controlar os semáforos de determinadas ruas, alternar vias disponíveis ou inclusivamente para colocar mensagens de aviso.
- Ao nível do estacionamento, existe a possibilidade de identificar os lugares disponíveis, de reservar lugares de estacionamento, mediante pagamento, ou registrar quais os parques que estão cheios.
- Otimização dos serviços: ao nível da recolha do lixo, traduz-se na possibilidade de saber quando os contentores já se encontram cheios e necessitam de ser levantados.

3.2. Domótica

Com o impacto da inovação da tecnologia no campo da Internet das Coisas e todas as suas aplicações em diferentes áreas e atividades, também ela se tem revelado numa grande mudança na sociedade. A domótica consiste no uso da tecnologia para a automação de processos com diferentes âmbitos. As ideias por detrás da aplicação da domotização em edifícios e residências são as mesmas que têm vindo ser postas em prática em contextos mais laborais e industriais, com a finalidade de facilitar e melhorar as atividades dos trabalhadores, assim como a redução de custos dessas mesmas empresas (Infraspeak, s.d.).

Este conceito de automação pretende encontrar soluções que deem resposta às necessidades do ser humano de realizar o mínimo de esforço nas atividades diárias e rotineiras. Naturalmente, este melhoramento de vida e comodidade só é conseguido através da associação de tecnologia. Mas também igualmente importante é que essa mesma tecnologia seja de fácil uso ao utilizador comum (Bitnova, s.d.)

Seguindo essa linha de raciocínio, a domótica tem vindo a dar grandes passos para melhorar a vida do ser humano, utilizando e associando as vantagens dos meios eletrónicos e informáticos, obtendo assim uma utilização e uma gestão integrada dos

diversos equipamentos de um edifício, quer seja ele residencial ou comercial. Dito isto, as vantagens que a domótica aporta vão muito além da comodidade que esta pode proporcionar. Quando se pensa nas vantagens da domótica, pode-se imaginar instalações mais modernas, mais seguras e mais fáceis de gerir (Bitnova, s.d.):

- **Poupança de energia:** A domótica vem aportar um controlo total dos dispositivos elétricos e eletrónicos, servindo-se de sensores, podendo estes ser geridos e até programados para esse efeito. Isto irá traduzir-se em importantes poupanças de energia, já que é possível programar o tempo que uma lâmpada se encontra acesa, a otimização do uso de aparelhos como sistemas de climatização, a abertura e fecho de janelas consoante a hora do dia. Tudo isto é passível de ser controlado pelo utilizador, adaptando o uso da energia às suas necessidades e por consequência, fazendo com que seja muito mais eficiente.
- **Criação de ambientes mais acessíveis:** com a domotização, é possível tornar edifícios e residências em lugares mais acessíveis para qualquer pessoa que possua mobilidade reduzida, através de rampas ou abertura automática de portas, através de sensores ou com controlo via *smartphone*.
- **Segurança:** Em muitas situações, para a vigilância de instalações ou pessoas, é usado um sistema de videovigilância através de um sistema de circuito fechado de câmaras (CCTV) ou outros dispositivos de gravação e/ou alarmes de controlo remoto. Com isto, o controlo de acesso remoto a instalações torna-se exequível, conferindo uma maior segurança a estes ambientes.
- **Sistemas de comunicação:** nos sistemas de domótica é possível fazer a transferência de voz e dados. Isto faz com que seja viável a comunicação entre pessoas que estejam em divisões diferentes que estejam domotizadas, entre instalações domotizadas ou até entre uma instalação e um *smartphone*.
- **Conforto:** com todos os exemplos acima referidos, torna-se imperativo dizer que uma instalação em que a iluminação, o sistema de climatização, a abertura e fecho de portas e estores, e o sistema de som possam ser controlados, se torne num ambiente muito mais confortável. Tudo isto é passível de ser feito através do pressionar de um botão, sentados no sofá (Bitnova, s.d.).

3.3. Robótica

Designa-se como robótica o ramo da tecnologia composto por mecânica, eletrónica e computação, tratando-se atualmente de sistemas de máquinas ou partes mecânicas que são controlados manualmente ou automaticamente por circuitos. Estes sistemas são muito utilizados no contexto atual pela indústria e fábricas, visando a obtenção da redução de custos e o aumento da produtividade e segurança no trabalho (Ottoni, 2010; Marinho, 2017; Hamilton, 2020).

Existem inúmeros campos em que a robótica é aplicada no dia a dia. Desde a indústria, passando pelos cuidados de saúde, é inegável que a robótica está a marcar a diferença.

A robótica é utilizada em muitos domínios da fabricação de produtos e bens, de maneira a aumentar a produtividade e eficiência, baixando os custos de produção. À semelhança do ramo dos cuidados de saúde, os equipamentos são usados para efetuar trabalhos repetitivos, monótonos, ou em tarefas mais intrincadas, sob o controlo do

trabalhador. Assim sendo, com estas máquinas, é valorizada a precisão mais que a velocidade. A robótica também tem tornado os processos de fabricação mais seguros. Câmaras, sensores e paragens automáticas dão aos robots a capacidade de se manterem afastados dos trabalhadores no posto de trabalho (Hamilton, 2020).

A robótica também se pode encontrar através da indústria Biomédica, executando funções que vão desde a assistência num bloco operatório, até à realização de diagnósticos de alto nível. Deste modo, os robôs estão preparados para continuar a melhorar os sistemas de saúde e a qualidade dos seus serviços (Hamilton, 2020).

A robótica abriu também muitas oportunidades na área da agricultura, especialmente no que diz respeito ao aumento de produtividade e a redução de custos. Exemplo disso serão os tratores não dirigidos que se encontram em utilização e que simplesmente seguem as direções atribuídas via sistema de GPS, de modo que possam executar serviços básicos como a preparação do solo (Hamilton, 2020).

3.4. Agricultura de Precisão

A agricultura de precisão tem vindo a ganhar adoção no contexto real. De forma resumida, esta pode ser apresentada como a capacidade de realizar determinada operação no local certo, no momento oportuno. Segundo Coelho & Silva (s.d.), este conceito está sobremaneira associado à utilização de equipamento de alta tecnologia para avaliar e monitorizar as condições numa determinada parcela do terreno, por forma a aplicar os fatores de produção da forma mais eficiente possível. Geralmente, somos expostos ao conceito de aplicação diferenciada (ou a taxa variável), que resulta da combinação de sensores eletrónicos, cartografia digital e recurso ao GPS. São objetivos últimos da utilização da agricultura de precisão a redução dos custos de produção e o aumento do rendimento e da qualidade das culturas, bem como a redução do impacto ambiental. São exemplo de usos (Coelho & Silva, s.d.; Coelho, 2018):

- Gestão racional da variabilidade espacial das parcelas, utilizando cartas NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), combinadas com sensores, permitindo identificar as áreas mais carentes de fertilizantes e/ou outros recursos.
- Acompanhamento das regas: regar/ou não regar, mediante o estado do tempo;
- Monitorização dos solos: controlo da temperatura, teor de humidade, matéria orgânica ou outros parâmetros.
- Detecção de condições ambientais extremas para gerir de acordo com o necessário.
- Monitorização dos parâmetros das culturas, dos quais o VineScout (Lusa, 2018) é um exemplo, no que respeita às vinhas do Douro.

3.5. Redes Veiculares

Chegando a IoT a cada vez mais áreas do quotidiano, os meios de transporte não são exceção. Nisto se enquadram as redes veiculares. Designa-se como redes veiculares as redes compostas por veículos automotores e por equipamentos fixos existentes na orla das vias e estradas. Estas redes diferenciam-se de outras redes sem fios pela natureza dos nós, sendo estes compostos por automóveis, caminhões, entre outros, e com

interfaces de comunicação sem fios, e por equipamentos fixos em torno das vias. Estes mesmos nós são caracterizados pela sua grande mobilidade e trajetórias que visam acompanhar os limites das vias rodoviárias (Alves et al., 2009).

As redes veiculares enfrentam também elas um conjunto de desafios, particularmente no que diz respeito à alta mobilidade dos nós, variação do tipo de cenários (e.g., rurais ou citadinos), assim como o número de nós existente na rede. (Alves, et al., 2009).

4. Construção da Internet das Coisas

Tal como Coelho (2018) refere, é fundamental para o funcionamento de um sistema IoT dispor dos seguintes elementos:

- Capacidade computacional (nos dispositivos remotos e/ou no sistema central);
- Sensores ou outro tipo de dispositivos remotos;
- Conetividade em rede.

Estas três vertentes interagem através daquilo que se designa por middleware, uma camada aplicacional e que tem em conta que diferentes dispositivos dispõem de diferentes protocolos, sendo, por isso, heterogêneos (Coelho, 2018). Da perspetiva da organização das camadas, estas podem ser ordenadas do modo exposto na Figura 4 (quanto mais alta, mais abstrata esta é e menos física se torna).



Figura 4. Camadas da arquitetura IoT - adaptado de Coelho (2018).

No que remete para o hardware dos sistemas computacionais, este é convencionalmente de reduzida dimensão, como já referido anteriormente, e essencialmente de custo reduzido, quase sempre de sistema embebido. Frequentemente, recorre-se ao desenvolvimento de protótipos, para os quais se utilizam, não exclusivamente, mas principalmente, dois tipos de dispositivos: Arduino e Raspberry Pi.

4.1. Plataformas de Desenvolvimento

O Arduino é um microcontrolador que dispõe de um processador Atmel AVR e é programável nas linguagens C/C++, mas também suporta outras extensões (como scripting e Java). Dispõe de uma plataforma própria para programação, o Arduino IDE (Coelho, 2018; Arduino, 2018).

O outro equipamento identificado, o Raspberry Pi, é já em si um sistema computacional de placa única, que corre em Linux, entre os quais se identifica o SO nativo (Raspbian), pelo que apresenta funcionalidades de que o Arduino não dispõe, nomeadamente capacidade de se conectar com outros dispositivos via Wi-Fi ou saída HDMI. Trata-se de um dispositivo lançado em 2012 pela Raspberry Foundation, que visava permitir lecionar programação a um baixo custo (Raspberry Pi, 2020).

Tendencialmente, levanta-se a questão de entre qual das placas utilizar. A resposta sintética a esta pergunta só pode ser uma: depende do tipo de projeto que se pretende implementar e da sua complexidade (Madeira, 2017). Mills (2020) sumariza a comparação entre os dois dispositivos da forma que se apresenta na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação Arduino vs Raspberry Pi - adaptado de Mills (2020).

Arduino	Raspberry Pi
É um microcontrolador, que apenas executa um programa de forma repetida	É um pequeno computador capaz de executar vários programas em simultâneo
Os componentes e os sensores funcionam de forma integrada	Requer a instalação de bibliotecas e software para interagir com sensores e outros componentes
Tem um preço acessível	É mais dispendioso, quando em comparação com o Arduino, mas com menor custo que um computador convencional
Requer hardware adicional para se conectar à internet	Facilmente conectado à internet através das portas RJ-45, USB ou através do WiFi
Pode contar com armazenamento integrado	Não possui armazenamento, mas recorre-se à utilização de cartões microSD
Apenas dispõe de uma porta USB	Dispõe de diversas portas USB para ser conectado a outros dispositivos (nomeadamente rato e/ou teclado)
Processador AVR	Processador ARM
Programado utilizando o Arduino IDE e as linguagens C/C++	Programação recomendada utilizando Python, mas também é possível utilizar C/C++ ou Ruby

4.2. Sensores

Os sensores são aparelhos que detetam e respondem a mudanças no meio ambiente. As fontes desses inputs podem ir desde a luz e temperatura, até movimento e pressão. Estes sensores transmitem informação valiosa e, caso se encontrem conectados a uma rede, podem partilhá-la com outros aparelhos ou sistemas conectados na mesma rede. São cruciais em muitas operações do dia-a-dia, avisando preventivamente de potenciais problemas, evitando assim custos de paragem (BehrTech, 2020).

Existem muitos tipos de sensores e ainda mais aplicações e situações onde os usar, desde as residências e postos de trabalho até centros comerciais e hospitais. Estes estão, por vezes, embebidos em smartphones e são parte integral da IoT (BehrTech, 2020). Os sensores variam na sua forma e tamanho, podendo assim serem construídos com um propósito predefinido, permitindo monitorar e medir muitas fontes de dados ao mesmo tempo (BehrTech, 2020).

4.3. Interfaces Gráficas

Sendo um sistema operativo essencialmente o cérebro e sistema nervoso central de qualquer sistema de computação, é de pressupor que este também se estende a aparelhos com IoT. Como o hardware e o software são incapazes de funcionar sem um sistema operativo, o mesmo é verdade para aparelhos IoT e as suas aplicações. Um sistema operativo IoT é necessário para que os aparelhos possam ser capazes de funcionar como pretendido e conectarem-se entre eles e com outros sistemas, como plataformas cloud e outros serviços. Exemplo disso são sistemas operativos como o Raspbian – já apresentado – ou o Windows IoT (Avnet Silica, 2020).

O Windows IoT, anteriormente conhecido como Windows Embedded, é um sistema operativo projetado para uso em sistemas embebidos. Este sistema está disponível para os fabricantes de equipamento de origem (OEM), que o facultam já pré-instalado no seu hardware (Avnet Silica, 2020; Microsoft, 2020).

5. Questões em Aberto

Ao longo deste trabalho de pesquisa, verificou-se que há dois tópicos comumente associados à IoT, sobretudo no contexto atual. Eles não são mais que as condicionantes que lhe estão associadas ao nível de segurança e ao impacto que esta tecnologia tem vindo a implicar para os modelos de negócios das empresas. Detalhemos cada um deles.

5.1. Segurança das Redes

Estando a IoT a impactar o mundo na maneira como interagimos com ele, é também necessário preservar a confiança do utilizador e garantir que os dados e informações sejam protegidos. Existem muitos meios de um invasor poder aceder a um dispositivo de IoT, sendo os três alvos principais o dispositivo em si, a infraestrutura de *cloud* e a própria rede (Thales, 2019).

Assim, é garantida a segurança de toda a informação resultante de um dispositivo IoT, quer em repouso ou movimento, através de três pilares fulcrais para a sua proteção (Thales, 2019):

- **Pilar 1 – Proteção do dispositivo:** Se milhões de dispositivos conectados aumentarem o uso de um software, isso significa também milhões de pontos de ataque. Assim sendo, são construídas e implementadas ferramentas de contenção nos aparelhos para, por exemplo, deixá-los inoperativos em caso de roubo ou extravio.
- **Pilar 2 – Proteção da *cloud*:** As formas de ameaça mais comuns provêm da *cloud* onde esses dispositivos se encontram conectados. Assim sendo, uma das formas mais usuais de proteger os aparelhos e as informações contidas neles é a de criptografar esses mesmos dados, garantindo assim a segurança da toda a propriedade intelectual.
- **Pilar 3 – Gestão do ciclo de vida da segurança:** Para auferir de uma segurança robusta e a longo prazo, a gestão de ciclo de vida dos componentes de segurança mostra-se uma ferramenta essencial, e um elemento crítico, tanto na segurança do dispositivo, como em todo o espectro da *cloud*. Sendo a segurança uma parte dinâmica do ecossistema de IoT, a inserção de novos dispositivos, e desativação de dispositivos em fim de vida, ou o controlo de downloads seguros de firmware

e software exige que todas estas atividades estejam protegidas via um sistema de identificação de *passwords* ou *tokens*, tonando-as assim, mais seguras.

5.2. Impacto nos Modelos de Negócio

Langleya, et al. (2021) na sua análise ao impacto da introdução da IoT nos modelos de negócio, elenca os seguintes fenómenos no mundo empresarial:

- Aumento da interconectividade, da *big data* e da inteligência artificial;
- Crescente criação de valor nos ecossistemas envolventes à empresa, não apenas ao nível operacional, mas também ao nível da condução estratégica dos negócios e dos dados recolhidos. Por exemplo, a montagem e instalação de sensores numa porta estará também associada aos negócios de fabricação de portas (madeira, caixilharia, etc.) e às atividades das empresas de segurança;
- Redução dos tempos de preparação da informação e de análise de dados;
- Flexibilidade e adaptabilidade para beneficiar de novas oportunidades e evitar ameaças para a atividade;
- Disrupção com os padrões e regras institucionais instalados.

6. Conclusões

A IoT está apenas no começo. Ainda que pareça um pouco longe, as potencialidades são enormes, face às necessidades da sociedade, prometendo revolucionar o mundo e solucionar muitos dos problemas existentes através da disrupção tecnológica. Tendo surgido um vasto campo de dados durante as últimas décadas, a IoT veio, através da inteligência, transformar esses dados em informação e conhecimento. Acelerar a implantação da IoT como instrumento sustentável da sociedade fará com que esses dados sejam utilizados para que as populações se tornem mais eficientes e, com isto, aumentar a sua produtividade e melhorar a qualidade de vida.

Os ganhos para a sociedade como um todo podem ser quantificados: na comodidade do utilizador comum, que poderá utilizar o seu tempo com atividades de cariz mais pessoal e beneficiar de acesso a conteúdos e plataformas até então inexploradas, mas também na perspetiva dos negócios, que sofrerão uma enorme alavancagem nos seus processos de fabricação e venda. As cidades inteligentes são outro dos claros exemplos em que as populações terão acesso a um vasto conjunto de novas experiências passíveis de reposicionar o papel do indivíduo na sociedade.

Outras problemáticas, como a necessidade emergente de alimentar uma população mundial cada vez maior, podem encontrar a sua solução em ferramentas como a agricultura de precisão, através dos ganhos de produtividade, beneficiando ainda de um menor impacto ecológico.

Com estes instrumentos, poder-se-á ganhar novas perspetivas, novas atividades e fomentar ainda mais a inovação em diversos campos da tecnologia e ciência, permanecendo um dos grandes desafios a evolução e implementação de mais tecnologia IoT. A arquitetura computacional dos dispositivos terá um papel essencial para acompanhar a evolução das necessidades e o volume de dados transacionados e, em simultâneo, as redes de comunicação terão de se adaptar ao meio envolvente, pois deverão ser capazes de hospedar cada vez mais dispositivos e transferir dados com

volumes ainda mais significativos. Não obstante, este é um segmento da tecnologia com grande potencial e muito promissor, devendo, por esse motivo, ser monitorizado por todos os interessados.

Referências

- Alves, R. d., Campbell, I. d., Couto, R. S., & Campista, M. (Maio de 2009). Redes Veiculares: Princípios, Aplicações e Desafios (Capítulo 5). 27º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos - Livro Texto dos Minicursos, pp. 199-254.
- Arduino. (2018). What is Arduino? Obtido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Avnet Silica. (2020). Embedded Software - Windows 10 IoT Platform. Obtido de <https://www.membedded.biz/en/embedded-software/windows-10-iot-platform>
- BehrTech. (2020). Top 10 IoT Sensor Types. Obtido de BehrTech Blog: <https://behrtech.com/blog/top-10-iot-sensor-types/>
- Bitnova. (s.d.). La Domótica Aplicada A La Gestión Inteligente De Rrhh Y A La Productividad Empresarial. Obtido de Bitnova.es: <https://www.bitnova.es/soluciones-tecnologicas/domotica-e-internet-de-las-cosas>
- Coelho, J. P., & Silva, J. R. (s.d.). Associações de Jovens Agricultores de Portugal. Obtido de Agricultura de Precisão: http://agrinov.ajap.pt/images/diapositivos/Diapositivos_Agricultura_de_Precisao.pdf
- Coelho, P. (2018). Internet das Coisas - Introdução Prática. Lisboa: FCA - Editora de Informática, Lda.
- Gupta, A. (18 de Outubro de 2018). 4 Layers of the Internet of Things. Obtido de Jigsaw Academy: <https://www.jigsawacademy.com/4-layers-of-the-internet-of-things/>
- Hamilton, J. (2020). Robotics Applications in the Real World. Obtido de Go Coderz: <https://gocoderz.com/blog/robotics-applications-real-world/>
- Infraspeak. (s.d.). Internet das Coisas: saiba como o IoT está a mudar o mundo. Obtido de Blog Infraspeak: <https://blog.infraspeak.com/pt-pt/internet-das-coisas/>
- Langleya, D. J., van Doorn, J., Ng, I. C., Stieglitz, S., Lazovik, A., & Boonstra, A. (2021). The Internet of Everything: Smart things and their impact on business models. *Journal of Business Research*, 122, pp. 853 - 863.
- Lusa. (29 de Agosto de 2018). Investigadores testam robot para medir parâmetros da vinha. Obtido de Notícias ao Minuto: <https://www.noticiasao minuto.com/tech/1072432/investigadores-testam-robot-para-medir-parametros-da-vinha>
- Madeira, D. (21 de Novembro de 2017). Arduino Vs Raspberry Pi: Qual A Diferença? Obtido de UsinaInfo - Eletrônica & Robótica: <https://www.usinainfo.com.br/blog/arduino-vs-raspberry-pi-qual-a-diferenca/>

- Marinho, J. (13 de Março de 2017). O que é a Robótica? Obtido de Jonathan Marinho: <https://medium.com/@Jonathan2016104/o-que-%C3%A9-a-rob%C3%B3tica-7d98926ac088>
- McGrath, I. (26 de Agosto de 2016). The 4 Levels of IoT Implementation. Obtido de Toolbox.com: <https://www.toolbox.com/tech/iot/blogs/the-4-levels-of-iot-implementation-082616/>
- Mesh-Net. (2017). What is the Internet of Things (IoT) ? Obtido de Mesh-Net: Meshing with Innovation: <https://www.mesh-net.co.uk/what-is-the-internet-of-things-iot/>
- Microsoft. (s.d.). Carregar o código de área e Arduino IDE. Obtido de Suporte Microsoft: <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/carregar-o-c%C3%B3digo-de-%C3%A1rea-e-arduino-ide-a9723765-1314-49e0-a69b-bb5c3e1f628d>
- Microsoft. (2020). Windows IoT. Obtido de <https://developer.microsoft.com/pt-pt/windows/iot/>
- Mills, M. (23 de Abril de 2020). Raspberry Pi vs Arduino: Características Técnicas e Diferenças. Obtido de ITIGIC - Technical How-Tos, Tips and Tricks: <https://itigic.com/pt/raspberry-pi-vs-arduino-characteristics-differences/>
- Nascimento, R. (27 de Março de 2017). Afinal, o que é Big Data? Obtido de Marketing por Dados: <http://marketingpordados.com/analise-de-dados/o-que-e-big-data-%F0%9F%A4%96/>
- Nogueira, V. (13 de Dezembro de 2017). Internet das Coisas: evolução ou revolução? Obtido de Portal Gestão: <https://www.portal-gestao.com/artigos/8025-internet-das-coisas-evolu%C3%A7%C3%A3o-ou-revolu%C3%A7%C3%A3o.html>
- Otoni, A. L. (2010). Introdução à Robótica. I ORCV - Olimpíada de Robótica do Campo das Vertentes.
- Raspberry Pi. (2020). Raspberry Pi – About us. Obtido de <https://www.raspberrypi.com/about/>
- Santos, H. (8 de Dezembro de 2018). Etiqueta RFID: O que é, como funciona e como implementar. Obtido de Logstore: <https://medium.com/logstore/etiqueta-rfid-o-que-%C3%A9-como-funciona-e-como-implementar-d8f42b9a40aa>
- T. G. (2019). Proteção para a Internet das coisas. Obtido de THALES - Building a future we can all trust: <https://www.thalesgroup.com/pt-pt/countries/americas/thales-brazil/dis/iot/ptecao-para-a-internet-das-coisas>
- Takashi, P. (8 de Fevereiro de 2017). Internet das Coisas e Internet de Tudo: qual a diferença? Obtido de iotrix: <http://iotrix.com/2017/02/08/internet-das-coisas-e-internet-de-tudo-qual-a-diferenca/>
- Worldometers. (22 de Dezembro de 2020). World Population. Obtido de Worldometer: <https://www.worldometers.info/world-population/>