



**NOVA**

**IMS**

Information  
Management  
School

# MGI

---

**Mestrado em Gestão de Informação**

Master Program in Information Management

***Internet of Things* e a sustentabilidade nas  
Cidades Inteligentes**

Construção de um referencial

Pedro Miguel Maia Patinha

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Gestão de Informação

NOVA Information Management School  
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação  
Universidade Nova de Lisboa

## LOMBADA MGI

2017

*Internet of Things* e a sustentabilidade nas Cidades Inteligentes -  
Construção de um referencial

Pedro Miguel Maia Patinha

MGI



**NOVA Information Management School**  
**Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação**  
Universidade Nova de Lisboa

***INTERNET OF THINGS E A SUSTENTABILIDADE NAS CIDADES***  
**INTELIGENTES**

por

Pedro Miguel Maia Patinha

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Gestão de Informação, Especialização em Gestão dos Sistemas e Tecnologias de Informação

**Orientador:** Professor Doutor Vítor Manuel Pereira Duarte dos Santos

Novembro 2017

## **PUBLICAÇÃO DE ARTIGO**

Poster

Patinha, Pedro & Santos, Vitor. Mitigação do aquecimento global através da utilização da Internet das Coisas nas Cidades Inteligentes (Green Business Week 2017)

## PUBLICAÇÃO DE ARTIGO

*Paper*

Patinha, Pedro & Santos, Vitor. *Internet of Things* and sustainability in Smart Cities (The International Conference on Information and Communication Technology and Digital Convergence Business 2018)

## AGRADECIMENTOS

*Um grande obrigado  
à minha mãe,  
à minha família,  
à minha namorada,  
aos meus amigos,  
e ao Professor Doutor Vitor Santos.*

Pedro Patinha, Novembro 2017.

“Vivemos neste planeta como se tivéssemos outro para onde ir.”

**Terri Swearingen**



## RESUMO

A tecnologia está a evoluir a uma velocidade exponencial, está a tornar-se cada vez mais útil e a espalhar-se por imensas áreas onde até há pouco tempo não existia. Dado o seu desenvolvimento e omnipresença pode ser aproveitada para mitigar e acabar com muitos problemas que hoje existem.

As alterações climáticas são o grande problema aqui tratado e, uma vez que é complexo e que exige grande dedicação para que não se agrave, é necessário agir. Os contributos para este problema continuar a crescer são vários e é necessário saber como os mitigar, eliminar ou contornar.

Será feita uma investigação com foco nos problemas que causam as alterações climáticas para depois entrar-se numa investigação com foco numa das tecnologias mais faladas e debatidas do momento, *Internet of Things*. Sendo as cidades as maiores contribuintes para o aquecimento global, serão identificadas e analisadas tecnologias IoT que podem contrariar esta tendência, construindo-se um referencial que as associará às cidades.

## PALAVRAS-CHAVE

*Internet of Things*; Eficiência Energética; Mobilidade; Cidades Inteligentes; Sustentabilidade.

# ÍNDICE

1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Motivação do Estudo.....	1
1.3. Objectivos.....	2
2. Revisão da Literatura.....	3
2.1. Impacto das Alterações Climáticas no Ambiente, na Qualidade de Vida e na Sustentabilidade.....	3
2.1.1. Alterações climáticas – evidência empírica e projecções.....	6
2.1.2. Pegada ambiental das cidades .....	8
2.2. Cidades Inteligentes .....	11
2.2.1. Conceitos .....	13
2.2.2. Gestão da mobilidade .....	14
2.2.3. Gestão de Desperdício .....	15
2.2.4. Gestão de Energia .....	15
2.3. Internet of Things .....	16
2.3.1. Indústria 4.0.....	17
2.3.2. Dispositivos IoT na mobilidade.....	18
2.3.3. Dispositivos IoT na gestão de desperdício .....	21
2.3.4. Dispositivos IoT na energia.....	22
3. Metodologia .....	25
3.1. Metodologia Design Science Research.....	25
3.2. Estratégia da Investigação .....	26
4. Proposta de referencial .....	28
4.1. Fundamentos.....	28
4.2. Modelo Referencial .....	28
4.3. Validação do Referencial .....	32
5. Resultados e Discussão.....	33
6. Conclusões.....	37
6.1. Principais Contributos .....	37
6.2. Limitações.....	38
6.3. Recomendações para Trabalhos Futuros .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – O peso da agricultura no PIB e rendimento <i>per capita</i> em 2004 adaptado de (World Development Indicators for 2004).....	5
Figura 2 – Nível médio global do mar em relação à média de 1986-2005 do conjunto de dados de execução mais longo e com todos os conjuntos de dados alinhados para ter o mesmo valor em 1993, o primeiro ano de dados de altimetria por satélite adaptado de (IPCC, 2014). .....	7
Figura 3 – Observação das anomalias da temperatura da superfície terrestre e do oceano médias globais (em relação à média do período de 1986 a 2005) com uma estimativa de incerteza média decadal incluída para um conjunto de dados (sombreamento cinza) adaptado de (IPCC, 2014).....	8
Figura 4 – Cidades com mais de 1 milhão de habitantes em 2016. (United Nations, 2016) .....	9
Figura 5 – Comparação dos resultados globais da <i>National Footprint Accounts</i> adaptado de (Ewing, B., et al. 2010).....	10
Figura 6 – Emissões de gases com efeito de estufa por sector em várias cidades adaptado de (UNEP - <i>United Nations Environment Programme</i> ). .....	11
Figura 7 - Dimensões de uma cidade inteligente e os factores que as definem adaptado de (Giffinger, R., 2007). .....	12
Figura 8 – Composição de 70 cidades europeias por dimensão. (Giffinger, R. (2007)).....	13
Figura 9 – À esquerda, um metabolismo linear. À direita, um metabolismo circular adaptado de (UN Habitat, 2008). .....	14
Figura 10 – “Coisas” interligadas, representação do IoT. ....	17
Figura 11 – Parker, exemplo de app que mostra onde há lugares disponíveis. ....	19
Figura 12 – Estação de bicicletas partilhadas.....	20
Figura 13 – Estação de carros elétricos que podem ser reservados.....	20
Figura 14 – Rota de recolha de resíduos optimizada.....	22
Figura 15 – À esquerda uma representação do sistema. À direita um candeeiro com o sistema. ....	23
Figura 16 – Contador inteligente de electricidade.....	24
Figura 17 – Exemplo de uma das capacidades das luzes inteligentes. Lâmpadas perto de janelas emitem luz com menos intensidade, consumindo menos energia. ....	24
Figura 18 – Fases da metodologia DSR. ....	26
Figura 19 – Fases da metodologia DSR com as fases da investigação. ....	26

Figura 20 – Respostas relativas à importância de fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável. .... 35

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Referencial de IoT para Cidades Inteligentes. ....	29
Tabela 2 – Potencial de utilização das tecnologias apresentadas. ....	33
Tabela 3 – Tecnologias IoT em utilização nas cidades representadas no estudo.....	34
Tabela 4 – Número de respostas por cada classificação de factores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. ....	34

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**APP** *Application (Application software; WEB application; Mobile application)*

**DSR** *Design Science Research*

**GEE** Gases com Efeito de Estufa

**GPS** *Global Positioning System*

**IoT** *Internet of Things (Internet das Coisas)*

**IPCC** *International Panel on Climate Change*

**LED** *Light-Emitting Diode*

**RFID** *Radio Frequency Identification*

**TIC** Tecnologias de Informação e Comunicação

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. ENQUADRAMENTO**

As alterações climáticas são um tópico muito debatido na atualidade. O clima tem mudado com o aumento das temperaturas, com condições climatéricas extremas mais frequentes e com o aumento do nível das águas do mar que já se faz sentir em alguns locais do mundo. Estas consequências são negativas tanto para os ecossistemas na Terra como para o Homem e para as suas atividades económicas, comprometendo um crescimento sustentável.

Desde a revolução industrial que as atividades humanas com base em energias fósseis, como o carvão e o petróleo, têm vindo a criar condições para estas alterações no clima. Sendo o uso destas cada vez mais acentuado, por consequência do desenvolvimento das economias, das cidades e do aumento da população mundial, está-se a tornar cada vez mais insustentável continuar a utilizar estes recursos poluentes de forma desmesurada.

Uma vez que grande parte da população mundial está concentrada nas cidades o consumo de energia destas é bastante elevado. E como se prevê que a sua população continue a aumentar, este consumo irá continuar a crescer. Isto significa que grande parte da utilização de energias fósseis está concentrada nas cidades, contribuindo de forma significativa para o aquecimento global.

## **1.2. MOTIVAÇÃO DO ESTUDO**

No século XXI surge em força a preocupação de garantir a sustentabilidade do nosso planeta antes que seja tarde demais. Começam a surgir as tecnologias renováveis como fonte de energia limpa que podem ser os potenciais substitutos das energias fósseis. Contudo, neste início de século, estas tecnologias apresentam ainda muitas limitações o que leva a uma restrição no investimento e uso destas. Dada a complexidade do problema e a sua escala mundial é necessária uma constante busca por soluções para o resolver, soluções com economias de escala e que sejam atrativas ao investimento, uma vez que é extremamente importante reagir com rapidez a este problema.

É aqui que surge o papel da Internet das Coisas (IoT) e o seu elevado potencial para desviar a humanidade para o caminho certo. Com as soluções adequadas esta tecnologia pode ser atractiva para o investimento e ao mesmo tempo ajudar a alcançar os objectivos

para uma cidade se tornar mais eficiente, isto é, utilizar melhor os recursos de modo a existir menos desperdício e menos poluição. Dado o seu potencial é importante encontrar aplicações práticas para implementar soluções baseadas em tecnologia que sejam efectivamente eficazes.

### **1.3. OBJECTIVOS**

O objectivo deste estudo é propor um referencial para que os municípios possam analisar quais as actuais tecnologias IoT que têm à disposição para combater as alterações climáticas nas suas cidades à medida que tornam processos mais eficientes e com menores custos.

Para se conseguir alcançar o objectivo acima referido ter-se-á em conta os seguintes objectivos secundários:

- Identificar a origem e o impacto das alterações climáticas;
- Identificar tecnologias IoT que possam contribuir para a sustentabilidade de uma cidade;
- Analisar como é que as tecnologias identificadas podem ser aplicadas nas cidades.



## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO AMBIENTE, NA QUALIDADE DE VIDA E NA SUSTENTABILIDADE

É necessário entender o significado da palavra “clima” e o que ela representa para reconhecer a importância do tema abordado. Segundo o IPCC (*International Panel on Climate Change*) “O clima em sentido estrito é definido geralmente como uma média do clima, ou mais rigorosamente, como a descrição estatística em termos da média e variabilidade das quantidades relevantes ao longo de um período de tempo variando de meses a milhares ou milhões de anos. Segundo o IPCC as quantidades relevantes são, na maioria das vezes, variáveis como a temperatura, a precipitação e o vento. Classicamente, o período para a média dessas variáveis é de 30 anos, conforme definido pela Organização Meteorológica Mundial (IPCC, 2014). O clima num sentido mais amplo inclui, não apenas as condições médias, mas também as estatísticas associadas (frequência, magnitude, persistência, tendências, etc.), com as quais se combinam parâmetros para descrever fenômenos como cheias e secas.” (Cubasch, U., et al. 2013). No fundo, o clima representa a meteorologia numa perspectiva prolongada no tempo cujo padrão comportamental pode ser previsto. Aquando a referência “alterações climáticas”, esta referir-se-á às alterações das estatísticas descritivas destes padrões, alterações significativas que podem ser observadas por longos períodos de tempo, mais especificamente de 30 anos.

As alterações do clima não são um acontecimento recente na história da Terra, pois sempre ocorreram, mas a questão mais alarmante é que nas últimas décadas têm sido notórias e abruptas. A “mão” do Homem é - após debates, estudos e polémicas - a evidência mais plausível para justificar alterações bruscas no comportamento do clima nas últimas décadas. Segundo o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, as conclusões de várias investigações levantam sérias preocupações para o impacto das alterações climáticas no ambiente. Algumas das suas conclusões apontam para o aumento contínuo das temperaturas ao longo deste século, sobre todos cenários de emissão de GEE (gases com efeito de estufa) avaliados; cenários de precipitação extrema mais frequentes em muitas regiões; aumento da probabilidade de ondas de calor mais frequentes e mais duradouras; oceanos mais quentes e acidificados com o passar dos anos; e aumento do nível médio das águas do mar (IPCC, 2014). São cenários que irão interferir no ecossistema natural da Terra de formas diferentes e nas mais diversas regiões, levando uma vida ainda mais difícil para

as espécies que já estão atualmente ameaçadas pelas atividades económicas do ser humano.

A qualidade de vida do ser humano também será afectada. Apesar da maior parte dos estudos já publicados incidirem sobre o impacto das alterações climáticas no ambiente e na natureza, existem alguns que abordam o mesmo tema sobre a saúde e qualidade de vida nos seres humanos. A partir dos resultados das investigações do IPCC é inegável que o quotidiano e a saúde pública serão afetados: acontecimentos como as ondas de calor, as precipitações extremas, o aumento do nível da água do mar e a degradação da qualidade do ar irão afetar inevitavelmente a qualidade de vida em certas regiões do planeta. Segundo a investigação da *Environmental Health Perspectives and the National Institute of Environmental Health Sciences*, eventos derivados das alterações climáticas como as secas, as estações prolongadas e as chuvas mais frequentes irão expor as pessoas a mais poeira, pólen e fungos, respetivamente, aumentando assim os problemas asmáticos, alérgicos e outras doenças respiratórias; a exposição ao sol e aos raios ultravioleta (UV) é mais uma fonte de preocupação para a saúde, aumentando a probabilidade de se contrair cancro; vagas de calor são também um fator a ter em consideração na mortalidade, com especial incidência nas faixas etárias das crianças e idosos por serem mais vulneráveis; entre outras formas de afetar a saúde pública e qualidade de vida refere-se ainda o aumento da frequência de acontecimentos extremos meteorológicos como os furacões, cheias e secas que afetarão diretamente a vida de milhares de pessoas (Apr, T., et al. 2013).

O ambiente e a qualidade de vida são temas que estão intimamente ligados e começam a ter cada vez mais relevância no século XXI. O meio envolvente no dia-a-dia de todas as pessoas do mundo é uma questão central no que toca à saúde e bem-estar destas, assim como no desenvolvimento sustentável das sociedades.

Além dos temas já referidos - ambiente e qualidade de vida - existe um terceiro ponto que é fulcral ter em conta - o desenvolvimento sustentável. As alterações climáticas são, não a curto prazo, mas sim a longo prazo, uma ameaça real para cidades e países, colocando em risco a prosperidade não só dos desenvolvidos como, principalmente, dos em desenvolvimento (Stern, N., 2006).

Nos países em desenvolvimento, onde a pobreza é muito elevada e onde o grande motor da economia é a agricultura – um sector económico bastante exposto ao problema das alterações climáticas – o risco de sofrer consequências económicas severas é bastante elevado (Stern, N., 2006). Como se vê na figura 1 existem muitos países em que o peso da



### **2.1.1. Alterações climáticas – evidência empírica e projeções**

O aquecimento do clima em diversas regiões do planeta é cada vez mais evidenciado, principalmente desde o final do século XX com alterações sem precedentes nos últimos milénios (IPCC, 2014). As emissões de gases com efeito de estufa estão mais elevadas do que nunca e sendo estas a principal causa do aquecimento global, são também estas que estão a ter impacto na vida do ser humano e nos ecossistemas naturais.

#### **2.1.1.1. Impacto nos oceanos**

Estima-se que os oceanos sejam a principal “componente” da Terra a ser afetada pelo tema objeto de estudo, tendo acumulado cerca de 90% da energia proveniente do aquecimento global nos seus sistemas climáticos (IPCC, 2014). Com esta acumulação de energia, a parte superior dos oceanos (até 75 metros de profundidade) terá tido um aumento de temperatura entre os 0.09°C e os 0.13°C por década no período de 1971-2010 (IPCC, 2014).

Em relação ao ciclo global da água este pode vir a ser afetado por alterações já evidenciadas na salinidade à superfície dos oceanos. Desde 1950, as regiões de menor salinidade (onde existe muita precipitação) estão a ficar mais frias, enquanto nas regiões de maior salinidade (onde ocorre mais evaporação) estão a ficar mais quentes (IPCC, 2014). Assim sendo, o contínuo aumento destes eventos irá aguçar as alterações de clima, fazendo com que a evaporação e precipitação nos oceanos ocorra de forma mais intensa.

Outro indicador observado é o aumento da absorção de CO<sub>2</sub> por parte dos oceanos e, conseqüentemente, a sua acidificação. Este fenómeno causa uma alteração do pH das águas do mar (IPCC, 2014), ameaçando ecossistemas naturais e espécies marinhas, por exemplo, infelizmente já existem enormes barreiras de corais mortos devido a esta situação.

#### **2.1.1.2. Aumento do nível do mar**

Dados obtidos por indicadores das marés e altímetros de satélites evidenciam um aumento do nível da água do mar, entre 1901 e 2010, na ordem dos 19 centímetros. A taxa

de aumento dos níveis dos oceanos é maior do que a dos últimos dois milénios, crescendo a um ritmo anormal.

Observando as informações registadas pelos indicadores, 75% dos valores referidos são explicados com o degelo dos glaciares e o aumento de temperatura dos oceanos - isto porque a água à medida que aquece expande-se por consequente aumento do seu volume (IPCC, 2014). Na figura 2 é possível ver a representação do aumento do nível médio da água do mar entre 1900 e 2010.

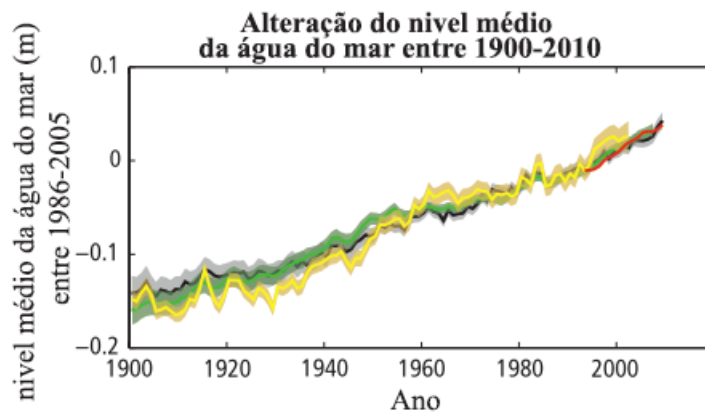


Figura 2 – Nível médio global do mar em relação à média de 1986-2005 do conjunto de dados de execução mais longo e com todos os conjuntos de dados alinhados para ter o mesmo valor em 1993, o primeiro ano de dados de altimetria por satélite adaptado de (IPCC, 2014).

### 2.1.1.3. Impacto na atmosfera

O aumento da temperatura da atmosfera, tanto sobre o mar como sobre a terra, no período de 1880 a 2012 é estimado ser cerca de 0.85°C. Para além desta tendência contínua desde 1880, verificou-se que as últimas três décadas (de 1983 a 2012) foram mais quentes do que qualquer outra desde 1850 (IPCC, 2014).

Na figura 3 é possível observar a tendência acima descrita. Em termos relativos à média do período 1986 e 2005, a temperatura em 1850 era cerca de -0,6°C e com o passar dos anos verificou-se uma tendência crescente que chegou a ser cerca de +0,2°C.

### Observação da temperatura das massas terrestres e oceanos à escala global entre 1850-2012

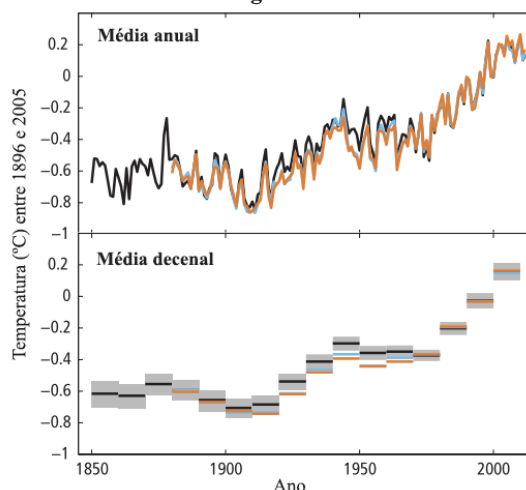


Figura 3 – Observação das anomalias da temperatura da superfície terrestre e do oceano médias globais (em relação à média do período de 1896 a 2005) com uma estimativa de incerteza média decadal incluída para um conjunto de dados (sombreamento cinza) adaptado de (IPCC, 2014).

#### 2.1.2. Pegada ambiental das cidades

Em 2016, estimou-se que cerca de 55% da população mundial vivia em cidades, população essa que procura melhores condições de vida e, principalmente, emprego. Porém, estes indicadores não devem ficar por aqui, sendo que esta tendência deve continuar a crescer e em 2030 atingir 60% (United Nations, 2016).

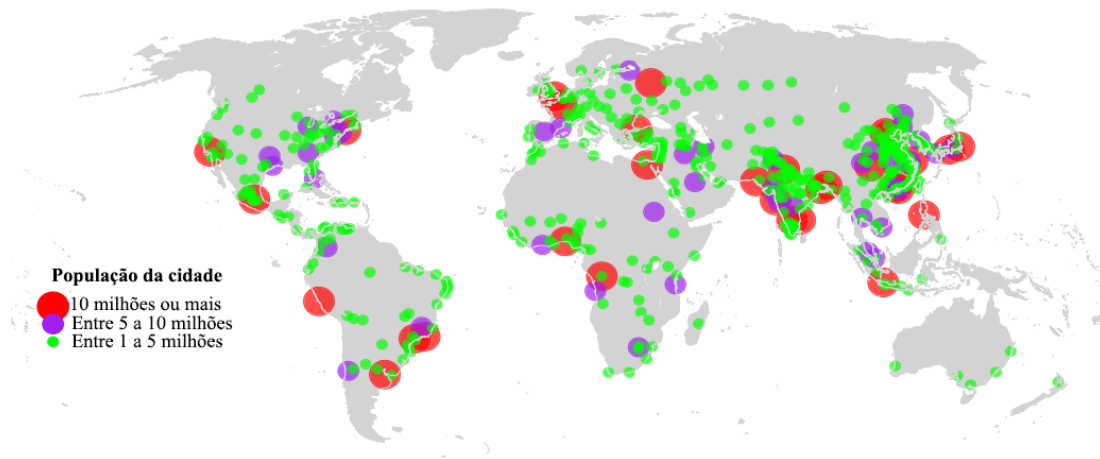


Figura 4 – Cidades com mais de 1 milhão de habitantes em 2016. (United Nations, 2016)

Esta taxa de crescimento irá exigir mais às capacidades das cidades e às suas áreas urbanas aumentando as atividades económicas, a necessidade energética, o abastecimento de produtos alimentares e o tráfego que já se faz sentir atualmente nas estradas. A quantidade de recursos que as cidades já necessitam hoje em dia não é a mais modesta, contando com o consumo de água, alimentos, energia e minerais; por outro lado, o aumento da poluição e da produção de resíduos classificados como lixo continuará a aumentar. Estes dois fatores combinados, chamemos ao primeiro “consumo” e ao segundo “produção”, contribuem largamente para a insustentabilidade dos nossos padrões de vida. Como se pode ver na figura 4 já existem inúmeras cidades com um milhão ou mais de cidadãos e devido ao aumento da densidade populacional e das atividades económicas, esta insustentabilidade irá crescer, inclinando a balança para um futuro longe de ser sustentável (Hudeková, Z., et al. 2007).

Perante esta situação, que se observa nas cidades em todo o mundo, torna-se incontornável falar da pegada ecológica, neste caso, na das cidades e das áreas urbanas. O termo ‘pegada ecológica’ foi designado para estabelecer um entendimento mais claro em relação à sustentabilidade ecológica e o impacto da humanidade sobre a Terra. Este é determinado pelo rácio entre os recursos disponíveis e o consumo global dos mesmos, comparando a intensidade de consumo com a capacidade de regeneração da natureza. (Wackernagel, M., et al. 2006). Isto é, quanto maior for a utilização de recursos maior será a pegada ecológica, se a disponibilidade destes se mantiver constante. Esta situação traduz-se num padrão insustentável para gerações futuras. A capacidade de o planeta gerar

recursos para o nosso nível de consumo já não é a mesma de outros tempos e acabará por nos levar a um período de escassez (Ewing, B., et al. 2010). A figura 5 demonstra que actualmente a humanidade está a utilizar mais recursos do que a Terra pode regenerar para manter um equilíbrio.

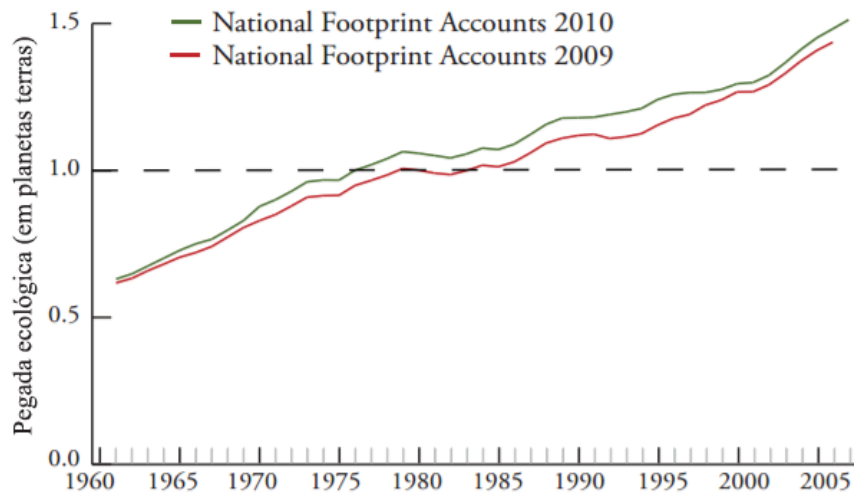


Figura 5 – Comparação dos resultados globais da *National Footprint Accounts* adaptado de (Ewing, B., et al. 2010).

Uma das principais fontes de preocupação é o consumo de combustíveis fósseis. Uma vez que estes demoram milhares de anos a serem produzidos pela natureza, a utilização intensa destes combustíveis é superior à que a natureza é capaz de repor. Além do consumo abusivo deste bem, acresce a emissão de CO<sub>2</sub>, um gás com efeito de estufa que a natureza consegue absorver através da vegetação. Contudo, dada a sua emissão excessiva, um acontecimento em que as cidades têm um elevado grau de contribuição, a natureza fica aquém de conseguir absorver a quantidade necessária para que o remanescente não afete o ambiente (Has, T. R., et al. 2012).



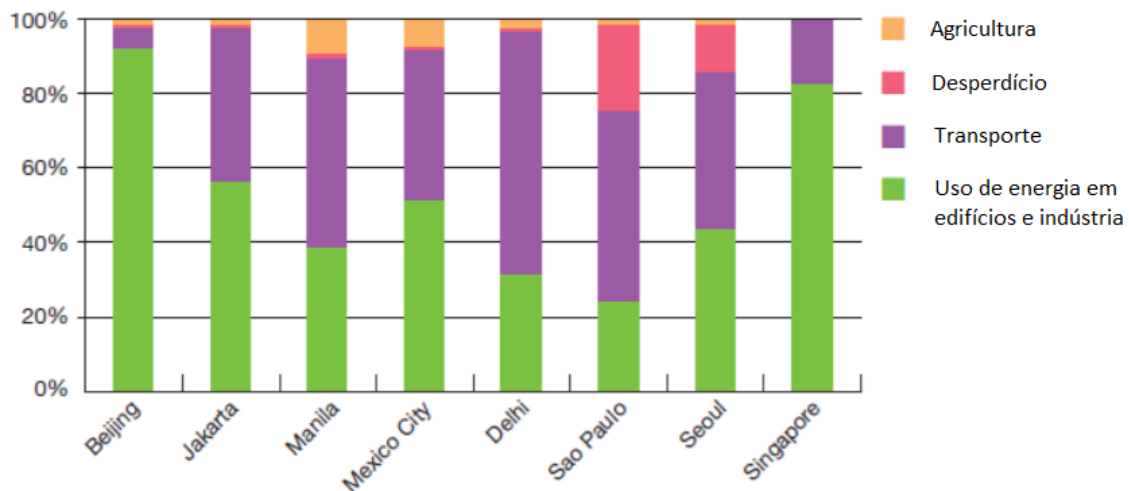


Figura 6 – Emissões de gases com efeito de estufa por sector em várias cidades adaptado de (UNEP - *United Nations Environment Programme*).

É fundamental evidenciar que as cidades têm um papel fundamental na luta contra as alterações climáticas. Estas detêm atualmente mais de metade da população mundial, são responsáveis por cerca de 70% do consumo global de energia e ainda por 75% das emissões de CO<sub>2</sub>, como se pode observar na figura 6 estas emitem grandes quantidades de GEE através da utilização de energia, transporte e desperdício (UNEP, 2011).

Projeções apontam para um aumento do número de cidades populosas até 2030. Actualmente, existem cerca de 512 cidades com mais de 1 milhão de habitantes e nos próximos 15 anos estima-se que este número aumente para 622 (United Nations, 2016). É, desta forma, necessário ter em conta a pegada ambiental destas cidades e reduzi-la para um nível sustentável utilizando recursos de forma mais eficiente e melhorando a qualidade de vida de quem nelas vive à medida que se preserva o planeta.

## 2.2. CIDADES INTELIGENTES

Uma vez abordada a importância do papel das cidades e áreas urbanas sobre um futuro sustentável e benéfico para o planeta e seus habitantes, será necessário evidenciar como o fazer. Uma das possíveis formas é através do processo de tornar as “cidades inteligentes”.

Este conceito é relativamente recente e tem várias definições que o podem descrever, sendo estas por vezes contraditórias dado o enfoque que têm. Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015) referem que as mais diversas diferem entre domínios ‘suaves’ e domínios ‘difíceis’. No lado do domínio suave, as cidades desenvolvem actividades que dão

foco aos interesses no âmbito da inovação política, inclusão social, cultura e educação. Do outro lado, no dos domínios difíceis, temos o foco na inovação de gestão de recursos, gestão de água, gestão do desperdício, redes de energia, edifícios e mobilidade. Neste segundo domínio, as tecnologias de informação e comunicação (TIC) adquirem um processo fundamental na funcionalidade dos vários sistemas e será neste onde estará o maior interesse em tornar as cidades mais eficientes na utilização de recursos.

Num projeto de Giffinger, R. (2007) foram identificadas seis dimensões para uma cidade inteligente: economia inteligente, habitantes inteligentes, governo inteligente, mobilidade inteligente, ambiente inteligente e vida inteligente. Cada uma destas dimensões está representada na figura 7 com os respetivos factores que as definem.



Figura 7 - Dimensões de uma cidade inteligente e os factores que as definem adaptado de (Giffinger, R., 2007).

Em suma, o nível de cada um destes fatores demonstra sobre qual característica uma cidade é inteligente, dependendo das suas políticas.

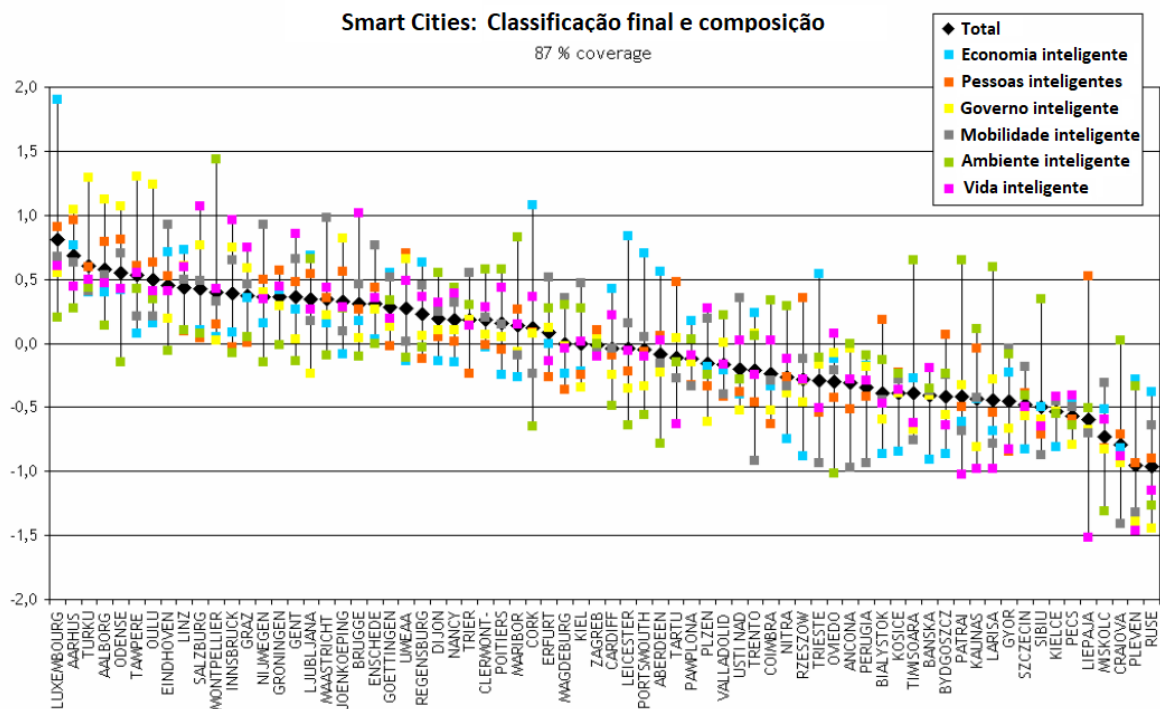


Figura 8 – Composição de 70 cidades europeias por dimensão.

(Giffinger, R. (2007))

No gráfico da figura 8, onde 70 cidades europeias estão dispostas por *ranking*, é visível que a dimensão Ambiente Inteligente (a verde) é das menos dotadas na grande maioria das cidades, sendo que quase 40 cidades estão abaixo da média.

### 2.2.1. Conceitos

Uma cidade bem-sucedida a nível sustentável e ambiental deve combinar um crescimento económico com igualdade social e a menor produção possível de desperdício. Para atingir um nível mínimo de desperdício as cidades devem adoptar um metabolismo urbano circular invés de um linear. Estes tipos de metabolismo estão representados na figura 9. No linear os recursos são utilizados e o desperdício resultante desta utilização não é aproveitado. Já no circular, estes “desperdícios” são reaproveitados e utilizados. Desta forma, devem procurar um estilo de vida em que se aproveite e reaproveite os *inputs* que chegam à cidade todos os dias. Refira-se energia, bens materiais e até mesmo informação. (UN Habitat, 2008).

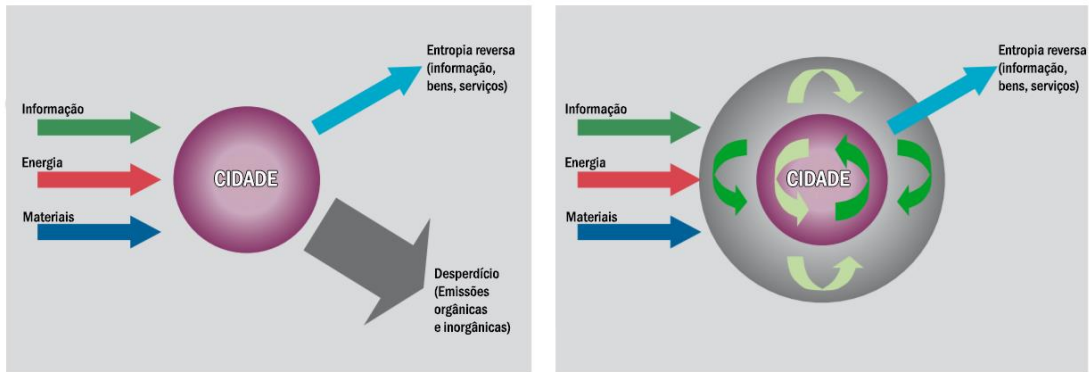


Figura 9 – À esquerda, um metabolismo linear. À direita, um metabolismo circular adaptado de (UN Habitat, 2008).

Em seguida analisa-se como as cidades podem gerir vários dos seus sectores responsáveis pelo maior uso dos *inputs* referidos acima.

### 2.2.2. Gestão da mobilidade

O desafio em termos de mobilidade está na quantidade de pessoas que vivem actualmente em cidades e na tendência que se verifica desse número continuar a aumentar nas próximas décadas. Sendo a mobilidade dos cidadãos e empresas uma base essencial para a actividade económica de uma cidade e sendo esta responsável por um elevado peso das emissões de GEE, é preciso uma análise cuidada para entender como se pode tornar mais eficiente.

Segundo Pérez, através da aplicação da IoT na mobilidade, as emissões de CO<sub>2</sub> podem diminuir cerca de 70 milhões de toneladas até 2025. Existem vários conceitos que visam esta diminuição que estão relacionados com a partilha de carro, a diminuição do congestionamento nas estradas e a telemática de veículos e aviões (Pérez, V. M., 2015).

- Redução de 38Mt de CO<sub>2</sub> através da localização de veículos em tempo real para a partilha de viagens – partilha de carro;
- Redução de 3,4Mt de CO<sub>2</sub> através do redireccionamento de veículos a circular nas cidades – diminuição do congestionamento das estradas;
- Redução de 28,2Mt de CO<sub>2</sub> através da recolha e análise de informação de veículos e aviões para obter melhor rendimento do combustível - telemática de veículos e aviões.

Para um melhor entendimento de como o atrás descrito pode ser alcançado, um pouco mais à frente neste estudo serão abordados alguns exemplos práticos de dispositivos já existentes.

### **2.2.3. Gestão de Desperdício**

O termo desperdício aqui abordado tem o significado, literalmente, de lixo e todas as cidades geram diariamente toneladas dele. Um dos serviços mais básicos que todas as autoridades municipais prestam aos seus cidadãos é a gestão deste desperdício. Contudo, a abordagem perante este serviço está amplamente desactualizada e ineficiente, sendo um processo que leva muito genericamente ao não reaproveitamento de material.

Uma vez que os recursos em geral são escassos e que é nas cidades onde há o maior consumo, torna-se incontornável a necessidade de fazer uma gestão eficiente dos resíduos nelas, sendo necessário conseguir estratégias para serem mais sustentáveis neste tópico. A sustentabilidade e a reciclagem podem estar intimamente ligadas e produzir uma ligação de *win-win*. Porque é que o aumento do rácio de reciclagem de uma cidade pode estar directamente ligado a vários resultados positivos? Para que haja lugar à reutilização de materiais que já não são utilizados, é necessário que estes passem por um processo de adição de valor. Neste processo, que passa pelas actividades de recolha de materiais, adição de valor e nova distribuição de um produto final, serão criados novos postos de trabalho. Por exemplo, nos Estados Unidos o tecido empresarial da reciclagem gera 236 biliões de dólares em receitas anuais, tendo 1,1 milhões de postos de trabalho com apenas um rácio de reciclagem de 1/3. (Petty, C., 2009).

Assim, é necessário dar ênfase a projetos que permitam o aumento de eficiência dos processos de recolha e reaproveitamento de desperdício, de forma a torna-los economicamente mais fiáveis e, conseqüentemente, mais atrativos para receberem investimento.

### **2.2.4. Gestão de Energia**

Mais uma vez, é importante referir que actualmente cerca de 55% da população mundial vive em cidades e que esse número tem uma tendência de crescimento (United Nations, 2016). Ora, se actualmente estima-se que o consumo de energia nas cidades

represente 70% do consumo mundial, reafirma-se a questão de as cidades carecerem de soluções inovadoras para mitigar o uso destas, isto é, para suavizar consequências futuras (Aznar, A., et al. 2015).

Agora a nível do que pesa mais neste consumo de energia, nos países industrializados estima-se que cerca de 70% da eletricidade utilizada está associada a três grandes componentes, à utilização de motores, à iluminação e aos edifícios (40%, 15% e 15%, respetivamente) (World Energy Council, 2013).

### **2.3. INTERNET OF THINGS**

O conceito de Internet Of Things surge no desenrolar da história da Internet. Inicialmente, esta podia-se caracterizar como uma rede de computadores que processavam e trocavam informações mesmo estando distantes uns dos outros – *“Internet of Computers”*. Passados alguns anos esta rede aumentou de importância e evoluiu, passando a fazer parte da vida de biliões de pessoas – *“Internet of People”*.

Contundo, esta rede não parou de evoluir e nos últimos anos alargou-se aos objectos em geral, isto é, às coisas. A Internet das Coisas já não é um conceito recente, pois foi em 1999 que Kevin Ashton utilizou o termo pela primeira vez. Desde então e, principalmente na última década, têm surgido inúmeras tentativas para a sua descrição. No entanto, todas elas têm os mesmos pilares: objectos com tecnologia capaz de capturar informação, processa-la e de ligar-se entre si (formando uma rede), funcionando de forma autónoma. Para uma melhor compreensão invoca-se as palavras do próprio Kevin Ashton:

“Se tivéssemos computadores que sabiam tudo o que havia para saber sobre as coisas - usando dados que se reuniam automaticamente sem qualquer ajuda - poderíamos acompanhar e contar tudo, e reduzir muito o desperdício, perda e custo. Saberíamos quando as coisas precisariam de ser substituídas ou reparadas, e se ainda estavam a funcionar eficientemente ou se já tinham passado à história. Precisamos de capacitar os computadores com seus próprios meios de recolha de informação, para que possam ver, ouvir e cheirar o mundo por si mesmos, em toda a sua glória aleatória. RFID e tecnologias com sensores permitem que os computadores observem, identifiquem e compreendam o mundo - sem as limitações dos dados colocados por humanos” Ashton, K. (2009).

As “coisas” do nosso dia-a-dia capacitadas tecnologicamente para reunir, processar, agir e transmitir informação podem transformar processos rotineiros de forma a torna-los



mais eficientes e eficazes, assim como melhorar a vida das pessoas. Com a aplicação destas tecnologias a utilização de recursos pode ser mais apropriada mediante as necessidades, evitando o desperdício com o uso desnecessário destes. Existem inúmeras aplicações já existentes que visam a diminuição da utilização de recursos bem como o aumento da eficiência de processos e de objectos que utilizem recursos ou energia. Seguem-

se alguns exemplos.

Figura 10 – “Coisas” interligadas, representação do IoT.

### 2.3.1. Indústria 4.0

No decorrer da história da humanidade o sector da indústria tem vindo a sofrer algumas revoluções nos últimos dois séculos. Iniciando-se com a primeira revolução industrial, onde se desenvolveram novos processos de produção, fazendo uma transição de uma manufatura artesanal para uma com a utilização de máquinas a vapor. Numa segunda fase, a que se dá o nome de segunda revolução industrial, houve um aperfeiçoamento destes novos processos, com o aumento da eficiência de métodos de trabalho, a introdução da eletricidade e o aparecimento de economias de escala com a produção em massa.

Após algumas décadas, com o surgimento de novas tecnologias, houve uma nova revolução - a terceira revolução (da informação). Esta, alavancada pelo desenvolvimento da computação, permitiu novas formas de trabalhar, novos processos de negócio e novas formas de criação de valor.

Neste momento estamos perante a quarta revolução industrial, apelidada de Indústria 4.0 em 2011, cujas principais inovações estão relacionadas com a digitalização de negócios, implementação de tecnologias no processo de produção e o foco nas redes de informação. (Zezulka, F., et al. 2016)

Estas alterações significativas estão a ser alavancadas por novas tecnologias que têm surgido na última década, *Internet of Things e Cyber-Physical Systems* (CPS) que desempenham um papel importante na cadeia de valor na indústria. Estes “objetos” devido às suas capacidades, como a captura e processamento de informação, conectividade e ação, são capazes de automatizar processos e, conseqüentemente, torna-los mais eficazes e eficientes (Qin, J., et al. 2016). As fábricas contam com as suas máquinas de manufatura interligadas numa rede, trocando informação entre si e agindo de forma autónoma. Os negócios, uma vez digitalizados, trocam informação em tempo real entre os diversos *stakeholders*, como produtores, fornecedores, fábricas e clientes. O aparecimento de novos produtos, com sensores e conectividade são capazes de transmitir informação aos fabricantes assim como aumentar a experiência do consumidor na sua utilização (Qin, J., et al. 2016).

Foi esta transformação que, possivelmente, permitiu às cidades tornarem-se cidades inteligentes. O aparecimento destas tecnologias motivado pelo impulso de aumento de lucros das empresas, que investem em inovação para tornar processos mais eficientes, pode ter possibilitado a adaptação destas para as cidades. Pelo que, dentro deste contexto começaram a surgir tecnologias interessantes nas cidades, como as que serão abordadas adiante.

### **2.3.2. Dispositivos IoT na mobilidade**

A mobilidade nas cidades, sendo uma das principais fontes de poluição e de diminuição de qualidade de vida devido ao trânsito, já tem algumas aplicações relacionadas com a Internet das Coisas. Estas visam criar soluções para diminuir o tráfego em certas zonas da cidade, evitar que os condutores percorram grandes distâncias à procura de lugar de estacionamento e aumentar a eficiência dos transportes públicos. Para além das aplicações que serão aqui apresentadas a título de exemplo, existem muitas outras. Vejamos algumas:

**Sensores de estacionamento e portões automáticos** - La Spezia, em Itália, uma cidade com um dos maiores portos do país, estava a enfrentar alguns problemas a nível de trânsito. E o elevado número de turistas oriundos de cruzeiros causava um grande congestionamento no centro da cidade. Por estas razões a câmara decidiu limitar o tráfego dentro do seu centro e implementar uma monitorização de lugares de estacionamento disponíveis em tempo real.



Foram instalados vários portões automatizados em estradas que davam acesso ao centro, de forma a limitar a entrada apenas a veículos registados. Em paralelo com esta medida foram instalados mais de mil sensores de estacionamento que fornecem informação acerca da disponibilidade do lugar e ainda sinalização digital nas ruas a indicar onde há lugares de estacionamento vazios. Ambas as medidas estão equipadas com sensores totalmente automatizados para fazer a verificação do registo dos veículos através de RFID, que permite uma validação única por pessoa de acordo com a permissão que foi dada à mesma (Raheja, J. L., et al. 2009). Em conjunto com uma *cloud*, os habitantes da cidade têm acesso à informação disponibilizada pelos sensores através de plataformas *web* e aplicações móveis. Através destas medidas La Spezia diminuiu o congestionamento do trânsito no centro da cidade, a poluição emitida por veículos e aumentou a satisfação dos habitantes e visitantes da cidade.

**Rede de sensores de estacionamento** – por vezes é difícil encontrar um lugar disponível nas cidades e, por isso, os condutores dão voltas e voltas aos quarteirões para conseguir estacionar o carro. Agora, com uma rede de sensores colocados nos vários lugares onde é possível estacionar e com uma aplicação móvel, os condutores podem reservar e pagar o lugar sem necessidade de contribuir para o congestionamento e poluição atmosférica. Estes sensores detetam se o lugar está disponível e como estão ligados entre si e a uma rede, a informação é centralizada e enviada para o utilizador pela *app* (Basavaraju, S. R., 2015).



Figura 11 – Parker, exemplo de app que mostra onde há lugares disponíveis.

**Partilha de Bicicletas (*Bike sharing*)** – A partilha de bicicletas consiste na implementação de várias estações com bicicletas posicionadas em vários locais de uma cidade. O seu objectivo é dar uma alternativa não poluente aos seus cidadãos, para que estes não precisem de usar transportes públicos ou até mesmo particulares. Normalmente, as bicicletas contêm tecnologias que permitem saber a sua localização e, no caso de bicicletas semieléctricas, uma bateria. As estações também são equipadas para transmitir informação acerca da disponibilidade de bicicletas para que os cidadãos possam saber através de uma aplicação móvel se existe uma bicicleta na estação mais próxima. Associado a uma forte

aderência à utilização da rede por parte dos cidadãos existem diversos benefícios como a diminuição do congestionamento, diminuição do consumo de combustível e, conseqüentemente, a diminuição da poluição do ar (Fishman, E., et al. 2013).



Figura 12 – Estação de bicicletas partilhadas.

**Partilha de Carros Eléctricos (*Electric car sharing*)** – Tal como a partilha de bicicletas também já existe partilha de carros eléctricos nalgumas cidades e o conceito reside essencialmente na mesma base. Diversos carros são posicionados por vários pontos da cidade e áreas suburbanas, podem estar estacionados simplesmente na rua ou em estações próprias onde são facilmente carregados. O uso de GPS, sensores e de software próprio permite analisar e otimizar o serviço, gerindo a disponibilidade de veículos e prevendo quais serão as escolhas dos consumidores. Os utilizadores obtêm acesso à disponibilidade e localização dos veículos através de uma *app* e assim podem usar os veículos sempre que lhes for conveniente. Desta forma, reduz-se a quantidade de carros em circulação nas estradas e as emissões de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera (Nonnecke, B., et al. 2016).

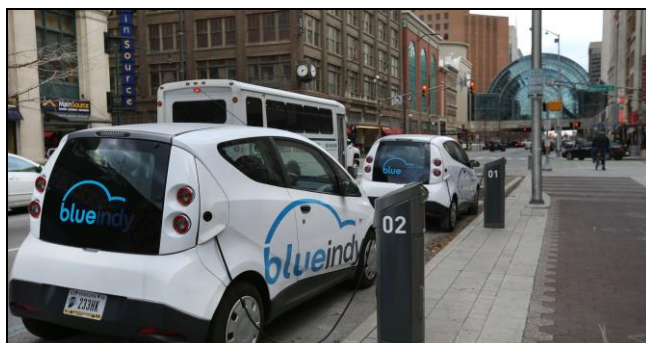


Figura 13 – Estação de carros eléctricos que podem ser reservados.

**GPS e sensores em frotas de veículos** – instalação de GPS nas frotas de veículos, nos transportes públicos, por exemplo, e outros sensores podem diagnosticar necessidades de

manutenção, ajudar a gerir a frota e os consumos de combustível. Com a recolha de informação é possível otimizar rotas e número de veículos para diminuir custos e emissões de CO<sub>2</sub> (Nonnecke, B., et al. 2016).

### **2.3.3. Dispositivos IoT na gestão de desperdício**

As cidades deparam-se todos os dias com a mesma actividade de recolher e tratar os resíduos dos contentores, sejam resíduos não classificados ou separados para reciclagem. Para tornar este processo mais eficiente e diminuir os custos de o operacionalizar já existem algumas das aplicações, como são exemplo:

**Sensores de capacidade nos contentores (*Smart Bin*)** – sensores equipados com *wireless* para medir a capacidade dos contentores de resíduos e transmitir dados para a *cloud*. Com estes dispositivos instalados em todos os contentores de uma cidade, ou em zonas da cidade, é possível através de algoritmos detetar qual é a melhor rota para fazer a recolha dos resíduos. Ao se otimizar as rotas de recolha de resíduos diminui-se, conseqüentemente, o combustível utilizado diariamente e os custos operacionais (Sharma, N., et al. 2015). Será importante referir que isto pode ser aplicado aos contentores de resíduos indiferenciados como aos contentores de resíduos recicláveis.

**Sensor e compressor nos contentores de espaços públicos (*Smart Bin*)** – à semelhança dos sensores descritos em cima este sistema tem as mesmas funções. Contudo, têm uma função adicional. Alimentados por energia solar, têm um compressor que entra em ação quando começa a ficar cheio e comprime todos os resíduos, deixando novamente mais espaço livre. Este sistema é mais utilizado para contentores de pequena capacidade nos espaços públicos das cidades, mas diminui da mesma forma os custos operacionais por otimizar a rota de recolha e por esta ser menos frequente (Coleman, P. J., et al. 2010).

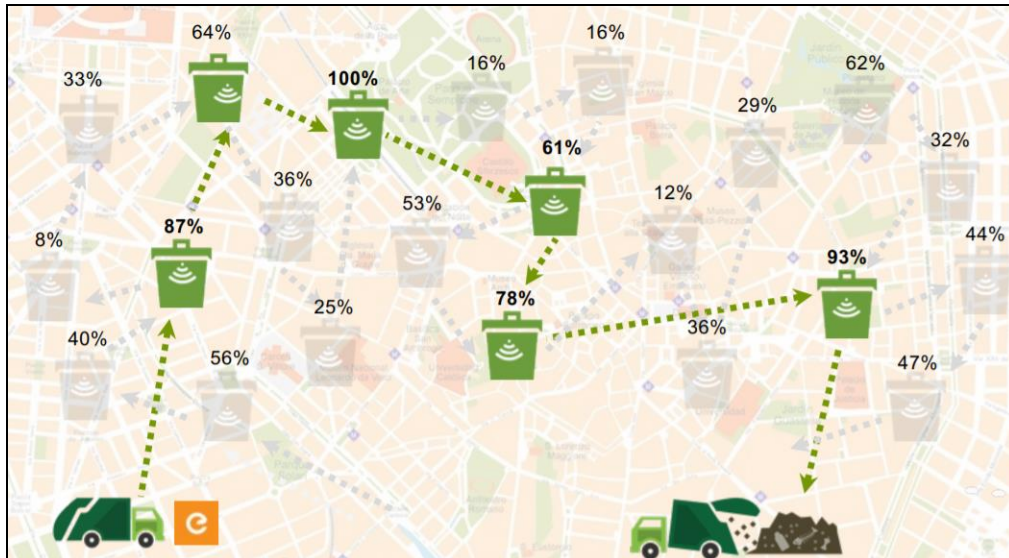


Figura 14 – Rota de recolha de resíduos otimizada.

### 2.3.4. Dispositivos IoT na energia

Como as cidades são um grande motor que precisa de energia para funcionar, torna-se óbvio que nestas existe um grande consumo da mesma. Desta forma, a redução da utilização de energia é o objectivo principal, isto é, a energia deve ser utilizada de forma mais eficiente. Dada esta necessidade, começa a surgir a oferta de muitos dispositivos baseados em tecnologias IoT que permitem fazer uma redução no consumo. A título de exemplo, algumas aplicações:

**Iluminação pública inteligente** – baseia-se numa rede de candeeiros de iluminação das ruas com sensores que captam informação e regulam a intensidade de luz que este emite. Este sistema é orientado para a poupança de energia, utilizando apenas a energia mínima necessária para iluminar as ruas de acordo com as condições atmosféricas. Para além de poupar energia como previamente referido, também poupa na manutenção. Os sensores são capazes de identificar se está a existir algum erro ou se a lâmpada não está a funcionar corretamente, sendo apenas necessário deslocar equipas de manutenção ao local só em caso de ser necessário (Badgaiyan, C., et al, 2015).

Em Hsinchu, na Tailândia, o consumo de energia eléctrica das lâmpadas tradicionais de iluminação pública tinha um peso significativo no orçamento do Estado. Além deste problema, as operações de manutenção também eram dispendiosas por ser necessário fazer uma patrulha para identificar necessidades de reparação. Para alterar a situação descrita foi instalada uma aplicação em plataforma *Cloud* que permite a gestão remota dos

candeeiros de iluminação pública da cidade. Sensores instalados individualmente nas lâmpadas recolhem informação sobre o estado atual destas, como a energia utilizada e a intensidade de iluminação, para posterior envio de relatórios. Este sistema, quando ligado à estação meteorológica, adquire funções extra, de modo a ligar, desligar, aumentar ou diminuir a intensidade do brilho consoante as condições atmosféricas. Obteve-se uma redução dos custos de manutenção e aumento da eficiência do consumo de energia. O governo local após implementar este sistema em 11,8% das ruas com iluminação pública e, em conjunto com a troca de 70% das lâmpadas tradicionais por LED conseguiu poupar 58% de energia e 34NT\$ milhões em custos energéticos (Intel, 2008).



Figura 15 – À esquerda uma representação do sistema. À direita um candeeiro com o sistema.

**Contador inteligente de electricidade** – os tradicionais contadores têm como objectivo único medir e registar a electricidade utilizada, para que mais tarde o técnico se desloque ao local para fazer a contagem. Contudo, já existem contadores de electricidade com capacidades relevantemente superiores aos tradicionais, contendo tecnologia que lhes permitem terem novas funcionalidades com maior utilidade. Estes contadores estão ligados à *web*, o que permite transmitir dados para o fornecedor sem que haja a necessidade do técnico se deslocar ao local físico. Esta leitura, registo e envio de dados da electricidade utilizada também permite uma facturação exacta entre clientes e fornecedores, evitando “acertos” que tantas vezes são inoportunos e deixam os utilizadores descontentes. Já a maior vantagem pode residir na sua integração com outras aplicações do edifício e dar ao utilizador um eficiente controlo sobre a electricidade que é utilizada. Com esta tecnologia é possível poupar nas deslocações dos técnicos aos edifícios para fazer contagens, o utilizador consegue obter informação sobre o seu consumo e, através da integração com outras aplicações, consegue tornar o seu consumo mais eficiente (Rastogi, S., 2016).





Figura 16 – Contador inteligente de electricidade.

**Sistema de luzes inteligentes no interior** – são a nova geração de luzes. Enquanto as tradicionais apenas funcionavam pelo *input* do utilizador através de um interruptor, este sistema não só funciona (na sua forma mais básica) por este *input* como também pelos dados recebidos de sensores. Estes sensores captam informação, essencialmente sobre a luminosidade e presença de alguém, para regular, ligar e desligar luzes. Estes sistemas são focados para maximizar a utilização de energia sendo quase sempre integrados com tecnologia LED, podendo alcançar uma poupança entre 17% e 60% em relação ao sistema convencional (Chew, I., 2017).

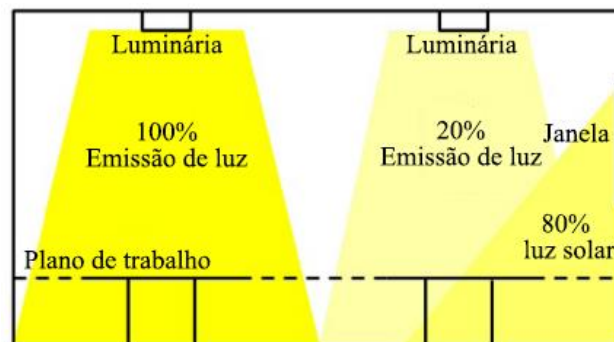


Figura 17 – Exemplo de uma das capacidades das luzes inteligentes. Lâmpadas perto de janelas emitem luz com menos intensidade, consumindo menos energia.

**Painéis solares com sensores** – os painéis solares por si só não têm o melhor rendimento, mas quando estes são integrados com sensores que optimizam a sua performance produtiva o caso torna-se mais interessante. Num parque de painéis solares, cada um é equipado com um sensor *wireless* que monitora a sua produção diária e envia para um coordenador remoto. Aqui, sempre que for detetada alguma anomalia é automaticamente enviada uma notificação para a comunicar. Desta forma, sempre que um painel solar não esteja a funcionar correctamente pode-se fazer a sua manutenção imediatamente. Este sistema permite poupar na manutenção periódica de todos os painéis solares e mantê-los todos a produzir com a maior eficiência (Papageorgas, P., et al. 2013).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia *Design Science Research* (DSR) foi a escolhida, pois é adequada para o desenvolvimento de um modelo relacionado com sistemas de informação que permita alcançar a resolução de um problema.

#### 3.1. METODOLOGIA DESIGN SCIENCE RESEARCH

Na literatura, o objectivo de DSR é desenvolver várias soluções diferentes com capacidade de solucionar um problema através da investigação do mesmo. A metodologia usa o actual conhecimento existente sobre a área problemática para criar tais soluções. Ao estudar o problema cria-se inovações que definam ideias, práticas e modelos com os quais se possa obter de forma eficiente e eficaz uma gestão, análise ou uso de sistemas de informação (Tsichritzis 1998; Denning 1997). É através do DS que o investigador cria e avalia artefactos de tecnologias de informação com o intuito de resolver os problemas organizacionais identificados (Hevner, B. A. R., et al. 2004).

O processo de DSR é constituído por várias fases, as quais serão abordadas de seguida:

1. **Reconhecimento de um problema** – o investigador reconhece que na realidade existe um problema que pode ou deve ser resolvido, problema esse que pode estar ou não na sua área de trabalho/investigação. Como resultado deste primeiro ponto surge a proposta para uma investigação;
2. **Sugestões provenientes do conhecimento existente** – esta fase é conhecida como sendo a fase criativa, em que o investigador entra num processo de criar ideias para sugerir várias formas de solucionar o problema identificado;
3. **Desenvolvimento de artefactos** – esta é a fase onde se desenvolve um ou mais artefactos com base nas sugestões que surgiram no ponto anterior. É também nesta fase que se implementa o mesmo, sendo que as formas de o fazer variam de acordo com a natureza do artefacto desenvolvido;
4. **Fase de avaliação dos artefactos** – esta consiste em avaliar os vários artefactos desenvolvidos e implementados, de forma a saber se estes são adequados ou não ao problema em questão;

5. **Reflexão sobre os resultados obtidos** – a quinta e última fase, onde os resultados obtidos devem ser discutidos. É nesta fase, que se procura entender se o problema identificado fica resolvido ou não. Caso não tenha sido solucionado, dá-se origem a um novo ciclo.

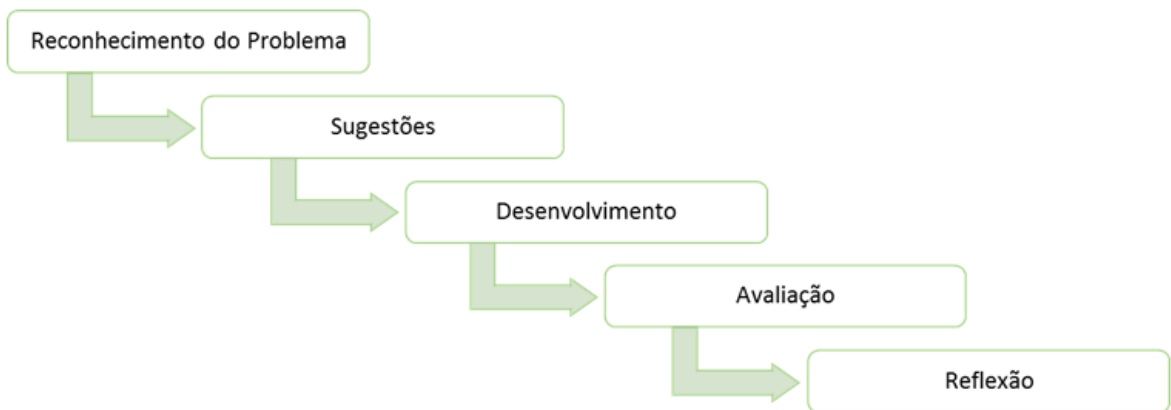


Figura 18 – Fases da metodologia DSR.

### 3.2. ESTRATÉGIA DA INVESTIGAÇÃO

A estratégia da investigação baseia-se na implementação do modelo DSR, uma vez que é adequado para investigar o tema problemático, encontrar soluções e fazer a validação das mesmas. Desta forma, o seguinte esquema apresenta uma aplicação da investigação com o modelo de investigação seleccionado.

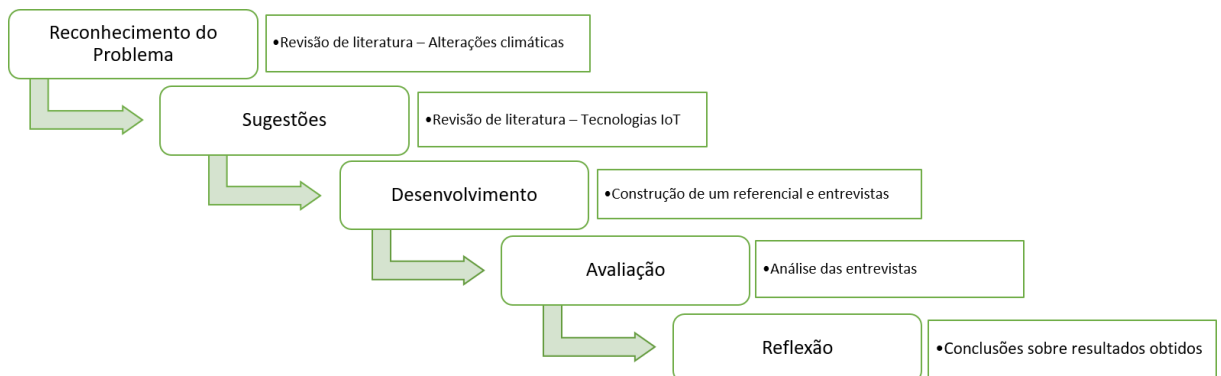


Figura 19 – Fases da metodologia DSR com as fases da investigação.



1. **Reconhecimento de um problema** – o problema identificado, as alterações climáticas. Sabemos que já estão a acontecer, sabemos que são uma consequência directa das acções poluidoras da humanidade e sabemos que a tendência destes efeitos é de crescimento;
2. **Sugestões provenientes do conhecimento existente** – ainda que de forma dispersa e pouco conhecida, existem diversas soluções IoT que podem mitigar e/ou eliminar a poluição que o Homem produz diariamente;
3. **Desenvolvimento de artefactos** – o objectivo é desenvolver um referencial que permita dar a conhecer este tipo de soluções benéficas a pessoas com poder de decisão nas organizações e, mais objectivamente, às câmaras municipais das cidades. Posteriormente, entrevistar e dar a conhecer o referencial às cidades;
4. **Fase de avaliação dos artefactos** – fase de avaliar e analisar as entrevistas realizadas;
5. **Reflexão sobre os resultados obtidos** – tirar conclusões em relação à análise elaborada na fase anterior; se se constatar que o referencial desenvolvido não corresponde de forma eficiente, serão feitas sugestões para futuros estudos.

Para que o modelo seja considerado relevante para o fim proposto, devem ser adicionadas as críticas e sugestões dadas pelos entrevistados.

## **4. PROPOSTA DE REFERENCIAL**

### **4.1. FUNDAMENTOS**

A proposta e concepção do referencial tem como base os fundamentos identificados no estudo efectuado através da revisão de literatura, os quais se encontram enumerados nos seguintes pontos:

1. Existem diversas fontes nas cidades que contribuem para a elevada poluição e desperdício de recursos. Como os transportes e o elevado tráfego rodoviário; a energia utilizada a nível público e privado; o desperdício de resíduos sólidos; e, por último, o desperdício de água;
2. Dos factores enunciados no ponto anterior, os considerados mais relevantes para a gestão da cidade são a mobilidade, a energia e o desperdício;
3. As tecnologias IoT têm actualmente a capacidade de aumentar a eficiência e eficácia da utilização de recursos, levando a monitorização destes a ser mais fácil através da automatização e da obtenção de informações em tempo real;
4. As aplicações do IoT são cada vez mais diversificadas e actualmente já existem muitas soluções para os problemas que fazem parte do dia-a-dia de milhões de cidades;
5. Existem diversas aplicações que são aliciantes não só pelo seu efeito e contribuição a nível ambiental, mas pelo retorno financeiro que têm. Uma vez que permitem poupar significativamente custos o seu investimento é recuperável.

### **4.2. MODELO REFERENCIAL**

O referencial que se segue foi construído com base em duas variáveis, Tecnologias IoT e Componentes que fazem parte de uma cidade. As várias componentes das cidades foram seleccionadas com base na informação recolhida sobre o uso destas tecnologias ao longo da revisão de literatura. Já as tecnologias IoT seleccionadas são as que foram abordadas ao longo desta investigação.

As tecnologias IoT apropriadas para cada componente da cidade estão assinaladas com um número que, posteriormente, explica qual a sua utilidade com base nas suas funções e nas necessidades de uma cidade.

	Tecnologias IoT / Componentes de uma cidade	Centros Históricos /Turísticos	Avenidas Movimentadas	Zonas Urbanizadas	Iluminação Pública	Estacionamento em Ruas	Estacionamento em Parques	Veículos da Câmara Municipal	Edifícios
Mobilidade	<b>Portões Automáticos</b>	1							
	<b>Sensores de Estacionamento</b>	2	3			2;3	4		
	<b><i>Bike sharing</i></b>	5	5	6					
	<b><i>Electric car sharing</i></b>	7	7	8					
	<b>GPS e Sensores para Frotas de Veículos</b>							9	
Resíduos	<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados</b>	10	10	10					
	<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis</b>	11	11	11					
	<b><i>Smart Bin</i> com Compressor</b>	12	12						
Energia	<b>Iluminação Pública Inteligente</b>	13	13	13	13				
	<b>Contador Inteligente de Eletricidade</b>				14				14
	<b>Luzes Inteligentes no Interior</b>								15
	<b>Painéis Solares com Sensores</b>				16				16

Tabela 1 – Referencial de IoT para Cidades Inteligentes.

1. **Portões automáticos** – permitem regular o trânsito em zonas específicas das cidades, como por exemplo nos centros históricos, ao cederem apenas passagem a veículos devidamente autorizados. Os portões são equipados com sensores que verificam automaticamente através de RFID se o veículo tem autorização para passar (Raheja, J. L., et al. 2009).
2. **Sensores de estacionamento em centros históricos/turísticos** – monitorizam os lugares ocupados e disponíveis, sendo possível para os cidadãos obterem informação e reservar estacionamento através de aplicações móveis (Basavaraju, S. R., 2015). Contribui para que os condutores circulem menos nestas zonas das cidades que são por norma muito movimentadas.
3. **Sensores de estacionamento em avenidas movimentadas** – nos centros urbanos existem normalmente avenidas e ruas adjacentes a estas muito movimentadas. Encontrar um lugar seria mais rápido e diminuiria o congestionamento na estrada.
4. **Sensores de estacionamento em parques** – a informação sobre lugares disponíveis em parques é também uma solução, uma vez que os condutores poderiam dirigir-se directamente a estes sem circularem nas estradas à procura de lugares.
5. **Bike sharing em zonas movimentadas** – rede de bicicletas posicionadas em diversos locais de uma cidade para que os cidadãos possam usufruir delas evitando o uso de transportes públicos ou particulares, possibilitando a diminuição do congestionamento e da poluição atmosférica (Fishman, E., et al. 2013).
6. **Bike sharing em zonas urbanizadas** – evita a necessidade de algumas pessoas usarem os transportes públicos ou particulares para se deslocarem diariamente ao trabalho ou à escola, principalmente se existirem estações de *bike sharing* posicionadas em locais estratégicos nas cidades.
7. **Electric car sharing em zonas movimentadas** – uma rede de carros eléctricos espalhada por vários pontos da cidade e aos quais os cidadãos têm acesso através de uma aplicação móvel. Desta forma, diminui-se a utilização de carros particulares (que atualmente são maioritariamente a combustível) e utiliza-se carros eléctricos, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> (Nonnecke, B., et al. 2016).
8. **Electric car sharing em zonas urbanizadas** – à semelhança do *bike sharing* as pessoas poderiam utilizar carros eléctricos para se deslocarem para o trabalho mais facilmente de modo a evitar veículos particulares, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> e tendo sempre lugar assegurado para parques restritos a estes carros.

9. **GPS e sensores para Frotas** – Através da instalação de sensores e GPS em vários veículos de uma frota é possível otimizar o consumo de combustível e o número de veículos essenciais para fazer o trabalho necessário, diminuindo assim as emissões de CO<sub>2</sub> (Nonnecke, B., et al. 2016).
10. **Sensores de capacidade nos contentores do lixo (*smart bin*)** - medem a capacidade do contentor relativamente ao lixo que tem e através da plataforma analítica é fornecida a rota óptima para a recolha do lixo, evitando viagens desnecessárias a contentores ou zonas com contentores que não se justifique (Sharma, N., et al. 2015). Podem ser utilizados em qualquer lugar da cidade.
11. **Sensores de capacidade dos contentores de reciclagem (*smart bin*)** - o sistema de sensores é exactamente igual ao acima descrito, mas uma vez que são contentores diferentes e, normalmente, com serviços de recolha diferentes é necessário destacar a diferença entre ambos. (Sharma, N., et al. 2015). Podem ser utilizados em qualquer lugar da cidade.
12. **Mecanismo de compressão de resíduos** – é um mecanismo com sensores que detecta a capacidade utilizada dos contentores e quando estes atingem um certo limite o compressor actua, compacta os resíduos e aumenta a capacidade que ainda pode ser utilizada. Este mecanismo também transmite informações sobre a capacidade do contentor para que seja determinada a rota ideal para a sua recolha (Coleman, P. J., et al. 2010). Como são contentores de menores dimensões, aplicam-se normalmente a zonas mais movimentadas.
13. **Sistema de sensores na iluminação pública** – sistema que recolhe informações sobre os candeeiros e que permite que a entidade reguladora destes saiba se estão em correcto funcionamento para ser útil na manutenção. A sua automatização permite que os candeeiros reajam com diferentes intensidades de iluminação perante as condições meteorológicas e que apenas se liguem quando a luz solar for significativamente reduzida (Badgaiyan, C., et al, 2015).
14. **Contador inteligente de electricidade** – faz a contagem, o registo e o envio dos dados relativos ao consumo de electricidade de um edifício, beneficiando tanto o fornecedor como o cliente. Permite uma gestão mais eficiente da energia utilizada e evita deslocações dos técnicos para realizar a contagem (Rastogi, S., 2016).
15. **Sistema de luzes inteligentes no interior** – sistema de luzes para edifícios que em conjunto com tecnologia LED permite realizar poupanças significativas no consumo de electricidade. Contem um conjunto de sensores que fornecem dados ao sistema e ao utilizador para estes fazerem um controlo eficaz da energia utilizada (Chew, I., 2017).

**16. Painéis solares com sensores** – sensores instalados em rede que monitorizam a produção de energia por estes e verificam se está em conformidade com a pretendida. Sempre que há anomalia esta é comunicada para ser efetuada a manutenção, assegurando que o painel solar está sempre a produzir energia eficientemente (Papageorgas, P., et al. 2013).

### **4.3. VALIDAÇÃO DO REFERENCIAL**

A validação do referencial foi realizada com recurso a entrevistas semi-estruturadas a personalidades reconhecidas como sendo importantes na gestão e planeamento de *smart cities*. Para preparação das entrevistas foi elaborado um guião dividido em quatro partes que se encontra em anexo I.

As questões tiveram como objectivo analisar qual o estado actual do uso das IoT investigadas em cidades portuguesas e perceber se as tecnologias em uso têm tido uma performance desejável. No caso de não existirem tecnologias deste cariz implementadas, na opinião do entrevistado, vai-se aferir qual seria a importância de um investimento nestas.

A primeira parte (perguntas iniciais e II) é para ficar a conhecer a pessoa a quem se faz a entrevista, a sua função e sobre que cidade estará a referir-se. Pretende-se também saber se o entrevistado tem conhecimento sobre o tema para que possamos prosseguir. Caso não tenha, foi-lhe apresentado um pequeno texto para ficar a saber do que estamos a tratar.

Na segunda parte (perguntas III, IV, V, VI e VII), o objectivo foi mais específico procurando-se saber quais as tecnologias utilizadas na cidade, tanto as abordadas nesta investigação como outras possíveis, e se as tecnologias que não estão a ser utilizadas têm potencial para ser implementadas no futuro. Outro ponto de interesse é identificar quais os factores que afectam o investimento em IoT.

Na última questão averiguou-se, na opinião do entrevistado, se este considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a validação do referencial anteriormente referido foram consultadas pessoas que trabalham nos municípios de Coimbra, Linda-a-Velha, Oeiras, Guimarães, Lisboa e Seixal. Estas pessoas foram selecionadas porque trabalham nas áreas de Ambiente ou de Inovação em Infraestruturas, sendo que estão familiarizadas com o tema desta investigação. Tendo em conta as respostas fornecidas por estes municípios e as tecnologias mencionadas no referencial, determinou-se qual o seu potencial para serem utilizadas.

Tabela 2 – Potencial de utilização das tecnologias apresentadas.

<b>Tecnologias IoT</b>	<b>Não tem potencial</b>	<b>Tem algum potencial</b>	<b>Tem muito potencial</b>	<b>Não sei</b>
Portões Automáticos	1	3	1	1
Sensores de Estacionamento		1	4	1
<i>Bike sharing</i>		3	3	
<i>Electric car sharing</i>		5	1	
GPS e Sensores para Frotas de Veículos			6	
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados		2	4	
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis		2	4	
<i>Smart Bin</i> com Compressor	1	2	3	
Iluminação Pública Inteligente		1	5	
Contador Inteligente de Eletricidade		1	5	
Luzes Inteligentes no Interior		1	4	
Painéis Solares com Sensores		2	4	
<b>Total relativo</b>	<b>2,82%</b>	<b>32,39%</b>	<b>61,97%</b>	<b>2,82%</b>

Com base nos resultados apresentados no referencial é possível constatar que as pessoas entrevistadas caracterizam estas tecnologias IoT, na sua maioria, como tendo algum potencial (32%) ou muito potencial (62%) para serem utilizadas na cidade:

- Na mobilidade, destaque para o uso de GPS e Sensores para Frotas de Veículos, em que por unanimidade os entrevistados destacaram ter muito potencial;
- Na gestão de resíduos, destacam-se os contentores inteligentes com sensores de capacidade com um elevado potencial;
- Na gestão de energia, todas as tecnologias tiveram um elevado grau de potencial atribuído.

Em relação ao uso de IoT nas cidades, apesar de ser reconhecido que a maior parte das tecnologias apresentadas podem ter um elevado potencial para serem usadas, existe ainda um número pequeno em uso. Apenas três das seis cidades têm IoT que as ajuda a ser mais sustentáveis (Lisboa, Seixal e Guimarães), mas duas das três restantes planeiam investir nesta tecnologia no futuro.

Tabela 3 – Tecnologias IoT em utilização nas cidades representadas no estudo.

<b>Tecnologias IoT</b>	<b>Nº de cidades com a tecnologia implementada</b>
Portões Automáticos	0
Sensores de Estacionamento	0
<i>Bike sharing</i>	1
<i>Electric car sharing</i>	1
GPS e Sensores para Frotas de Veículos	1
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados	1
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis	1
<i>Smart Bin</i> com Compressor	1
Iluminação Pública Inteligente	1
Contador Inteligente de Eletricidade	1
Luzes Inteligentes no Interior	1
Painéis Solares com Sensores	1
<b>Total</b>	<b>10</b>

De seguida é apresentada uma tabela em que foi pedido aos entrevistados que classificassem numa escala de 0 a 3 (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante) os seguintes factores:

Tabela 4 – Número de respostas por cada classificação de factores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades.

<b>Fatores</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Ponderação</b>
Rentabilidade		1	3	2	13
Custo do Investimento				6	18
Custo da Manutenção			2	4	16
Recursos Humanos Qualificados			5	1	13
Serviço de Manutenção dos Fornecedores		1	4	1	12
Diminuição da Poluição			3	3	15
Poupança de Energia			1	5	17
Melhoria da Mobilidade		1	1	4	15
Tratamento de Resíduos		1	2	3	14
Bem-estar da População		1	1	4	15



Com base nos resultados é possível observar que dos factores apresentados nenhum foi classificado como nada relevante e, por isso, em geral são todos relativamente importantes para a tomada de decisão.

Contudo, através de uma simples ponderação (multiplicando o número de respostas pela sua relevância) é possível verificar que existem factores que se destacam mais que outros. Os três factores com maior pontuação são o Custo do Investimento, a Poupança de Energia e o Custo da Manutenção. Estes factores estão directamente ligados à despesa, isto é, têm um impacto directo no orçamento da Câmara Municipal, no que se traduz ser a maior preocupação quando se pretende investir em IoT.

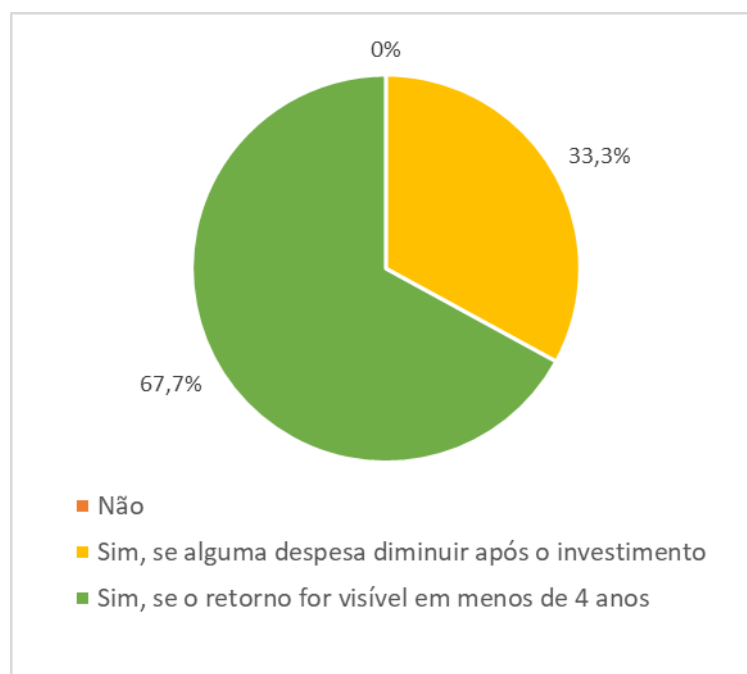


Figura 20 – Respostas relativas à importância de fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável.

Quando questionados sobre a importância de fazer um investimento em IoT que seja rentável e que ajude a tornar a cidade mais sustentável, todos os entrevistados responderam que sim, que seria importante. Mais de metade decidiu que é mais importante que o retorno financeiro seja visível em menos de 4 anos do que alguma despesa diminuía após o investimento. O que leva a ter em consideração a preocupação com as eleições e, por isso, a necessidade de mostrar resultados positivos dos investimentos realizados.

Tendo em conta os resultados provenientes das entrevistas semiestruturadas e sintetizando a informação, podemos concluir que:

- A maior parte das tecnologias apresentadas no referencial têm algum ou muito potencial para serem implementadas nas cidades;
- O uso de IoT nas cidades em Portugal ainda é muito reduzido, isto é, há poucos projectos implementados;
- A maior parte das cidades questionadas que ainda não têm *green* IoT pretendem vir a ter;
- No momento de tomar uma decisão em relação ao investimento em IoT, os factores financeiros são os que têm maior peso;
- É importante que o retorno financeiro seja visível durante o mandato dos partidos nas câmaras municipais, isto é, obter retorno num curto prazo.

## 6. CONCLUSÕES

As alterações climáticas são cada vez mais evidentes com o passar dos anos, os factos têm vindo a ser mais claros e a razões para a sua origem estão nas provas científicas. O clima no mundo está a mudar e está a começar a afectar populações através, por exemplo, de períodos de seca prolongados e do aumento do nível da água do mar. Estes acontecimentos causarão impacto nas economias, no crescimento sustentável, ao obrigar populações a emigrar para lugares menos afectados. As provas científicas apontam para a poluição causada pelo homem, essencialmente pela libertação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera através da utilização de combustíveis fósseis, causando o tão conhecido efeito de estufa.

Contudo, a humanidade também mudou. O progresso científico avançou. E a Era da informação e da tecnologia chegou. O conhecido conceito *Internet of Things* nasceu, assim como as tecnologias que por este nome se caracterizam. É através deste que a investigação presente neste documento procurou dar uma solução para combater as alterações climáticas, com a construção do referencial.

### 6.1. PRINCIPAIS CONTRIBUTOS

Após a investigação, descobrimos que existem muitas tecnologias IoT que permitem combater as alterações climáticas de várias formas. Dentro destas, foram escolhidas algumas para construir o referencial. Esta selecção foi elaborada com base em algumas das actividades mais poluentes do homem nas cidades e tendo em conta que as câmaras municipais podem actuar: a utilização de transportes (mobilidade), a gestão de resíduos e a utilização de energia.

Na validação deste referencial recorremos a entrevistas semiestruturadas a pessoas que trabalham nas câmaras municipais e pudemos verificar qual a posição das cidades em relação à sua abertura com esta nova tecnologia e o ambiente, onde concluímos que:

- As tecnologias IoT apresentadas no referencial têm, na grande maioria dos entrevistados, algum ou muito potencial para serem utilizadas nas suas cidades;
- O uso de IoT nas cidades portuguesas é reduzido, porém, a maioria das cidades que não têm estão a planear ter;
- Os factores financeiros, como o custo do investimento, a poupança de energia e o custo de manutenção, são os que têm maior peso na tomada de decisão de investir em IoT;

- Para as câmaras municipais investirem é importante que o retorno financeiro seja visível a curto prazo.

## **6.2. LIMITAÇÕES**

As tecnologias IoT são relativamente recentes e apesar de já serem desenvolvidas há alguns anos, as suas aplicações nas cidades começaram só há pouco tempo a aumentar. Sendo o *green IoT* uma “disciplina” específica nesta tecnologia, a sua implementação é ainda mais restrita e existem muitos projectos em fase inicial e outros nem implementados. Devido a esta “novidade” a produção científica ainda é reduzida e só com uma investigação intensa foi possível contornar os documentos de grandes empresas tecnológicas e conseguir uma maior imparcialidade através de artigos académicos. Pelo que, o processo de revisão de literatura levou mais tempo do que o esperado.

Contactar as pessoas certas de câmaras municipais, que lidem e conhecem este tema para responderem à entrevista foi uma dificuldade, sendo que o número reduzido de entrevistas limita a interpretação dos dados relevantes para o estudo. Assim, como as cidades que fazem parte do estudo são exclusivamente portuguesas, apenas permite retirar conclusões para um espaço geográfico e cultural reduzido.

## **6.3. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Ao reflectir sobre as conclusões retiradas deste trabalho, é perceptível que há “várias pontas soltas” que podem e devem ser investigadas para alargar o conhecimento científico sobre a aplicação de IoT em prol da sustentabilidade do nosso planeta. As tecnologias estão em constante evolução, o progresso tecnológico avança a um ritmo elevado e os desafios para conseguir combater as alterações climáticas são inúmeros, pelo que existem imensas formas de o fazer. Para além das câmaras municipais e municípios investirem em IoT também os habitantes e as empresas o podem fazer. Seria interessante desenvolver estudos que visem a:

- Construção de um referencial para *green IoT* nas habitações;
- Construção de um referencial para *green IoT* nas empresas.

Uma vez que nesta investigação se concluiu que o uso de IoT é reduzido nas cidades portuguesas e que os factores que mais pesam no momento de investir estão relacionados com os custos e ganhos financeiros, seria interessante investigar esta vertente económica. Isto porque, as

novas tecnologias são tendencialmente mais caras e um investidor tende a ser calculoso no momento de as comprar:

- Estudar o retorno financeiro de várias tecnologias IoT;
- Estudar vários projectos implementados e comparar a sua eficácia e eficiência;
- Perceber se os factores que influenciam a tomada de decisão do investimento mudaram com o passar do tempo.

Relativamente à limitação geográfica e cultural, a mentalidade das populações tende a ser diferente de país para país e a forma como vêm as tecnologias e as alterações climáticas pode não ser a mesma. Outros factores, como os económicos ou a educação da população podem influenciar o uso e implementação de IoT:

- Identificar e compreender os factores que limitam o uso e investimento em *green* IoT em vários sítios do mundo numa perspectiva macroeconómica.

## BIBLIOGRAFIA

Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21.

Apr, T., & Pdf, H. (2013). A Human Health Perspective on Climate Change, 1(January), 1–4.

Ashton, K. (2009). That “Internet of Things” Thing. *RFiD Journal*, 4986.

Aznar, A., Day, M., Doris, E., Donohoo-vallett, P., Aznar, A., Day, M., Donohoo-vallett, P. (2015). City-Level Energy Decision Making: Data Use in Energy Planning, Implementation, and Evaluation in U.S. Cities.

Badgaiyan, C., & Sehgal, P. (2015). Smart Street Lighting System, 4(7), 2013–2016.

Basavaraju, S. R. (2015). Automatic Smart Parking System using Internet of Things (IOT), 5(12), 629–632.

Chew, I. (2017). Smart lighting: The way forward? Reviewing the past to shape the future. *Energy & Buildings*, 149(May), 180–191.

Coleman, P. J., & Nghiem, L. D. (2010). Solar-powered compaction garbage bins in public areas: A preliminary economic and environmental evaluation. *Sustainability*, 2(2), 524–532.

Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M. C., Frame, D., Mahowald, N., & Winther, J.-G. (2013). Introduction in *Climate Change 2013. Intergovernmental Panel on Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 119–158.

Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S. H., Oursler, A., Reed, A., & Wackernagel, M. (2010). *Ecological Footprint Atlas 2010. Global Footprint Network*, 1–111.

Fishman, E., Washington, S., (2013). *Bike Share: A Synthesis of the Literature Transport Reviews: A Transnational Bike Share: A Synthesis of the Literature*, (March).

Has, T. R., Produced, B., The, W., & Of, C. (2012). *REPORT The Ecological Footprint of São Paulo - State and Capital*.

Hevner, B. A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). *Design Science in Information*, 28(1), 75–105.

Hudeková, Z., Krajcsovics, L., Martin, P., Pauditšová, E., & Tamara, T. (2007). *Ecological Footprint, Climate Change and Cities*. Innovation of ecological footprint calculation and presentation of opportunities to mitigate adverse impacts of climate change in cities.

Intel (2008). Intel INSIDE®, energy efficiency.

IPCC. (2014). *Summary for Policymakers. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Nonnecke, B., Bruch, M., & Crittenden, C. (2016). *IoT & Sustainability: Practice, Policy and Promise*, (June).

Papageorgas, P., Piromalis, D., Antonakoglou, K., Vokas, G., Tseles, D., & Arvanitis, K. G. (2013). Smart solar panels: In-situ monitoring of photovoltaic panels based on wired and wireless sensor networks. *Energy Procedia*, 36, 535–545.

Pérez, V. M. (2015). *Internet of Things, a key enabler to reduce CO2 emissions*, 1–10.

Petty, C. (2009). Recycling: Not Just a Feel-Good Act but a Green Jobs Engine. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 19(2), 259–260.

Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173–178.

Raheja, J. L., Nayak, S., & Gupta, A. (2009). RFID Based Networked Gate Entry Control System (GECS), 1(3), 34–44.

Rastogi, S. (2016). *Internet of Things based Smart Electricity Meters*, 133(8), 13–16.

Sharma, N., Singha, N., & Dutta, T. (2015). Smart Bin Implementation for Smart Cities. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(9), 787–791.

Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change*. *Stern Review*, 662.

Takahiro, K., Naofumi, S., Masatake, T., Shin, T., Sumio, M., & Stoianov, I. (2015). Smart Water Management Technology with Intelligent Sensing and ICT for the Integrated Water Systems.

Tsichritzis, D. (1998). "The Dynamics of Innovation," in *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*, P. J. Denning and R. M. Metcalfe, Copernicus Books, 259-265.

UNEP. (2011). *Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication*. Environment, 450–489.

UN Habitat. (2008). *Energy Consumption in Cities*. State of the World Cities, 156–163.

United Nations. (2016). *The World's Cities in 2016 – Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/392)*. The World's Cities in 2016.

Wackernagel, M., Kitzes, J., Moran, D., Goldfinger, S., & Thomas, M. (2006). The Ecological Footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand. *Environment and Urbanization*, 18(1), 103–112.

World Energy Council. (2013). *World Energy Resources: 2013 survey*. World Energy Council, 11.

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 - An Introduction in the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 8–12.



# ANEXOS

## ***Anexo 1 - Entrevista semiestruturada - Modelo***

### **I. Identificação**

a. Cidade:

b. Função:

### **II. Conhece o conceito de “Internet of Things” e qual o seu potencial para ser utilizado?**

Sim

Não

Se a resposta foi “Não”,

IoT é um conceito para descrever um sistema de vários objectos ligados entre si através da Internet, por exemplo. Estes podem comunicar entre si, tomar decisões automaticamente e transmitir informações pertinentes para as pessoas tomarem decisões relevantes. Permite facilitar a vida destas e diminuir custos de energia ou operacionais ao tornar processos mais eficientes e eficazes.

Exemplos:

Sistema de sensores na iluminação pública – sistema que recolhe informações sobre os candeeiros e que permite que a entidade reguladora destes saiba se estão em correcto funcionamento para ser útil na manutenção. A sua automatização permite que os candeeiros reajam com diferentes intensidades de iluminação perante as condições meteorológicas e que apenas se liguem quando a luz solar for significativamente reduzida.

Sensores de capacidade nos contentores do lixo (smart bin) - medem a capacidade do contentor relativamente ao lixo que tem e através da plataforma analítica é fornecida a rota óptima para a recolha do lixo, evitando viagens desnecessárias a contentores ou zonas com vários contentores que não justificam a deslocação.

Entendi, continuar questionário

Não conheço bem o tema e as tecnologias, terminar questionário

### **III. Considera que o uso de IoT pode ser um contributo para as cidades se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a energia utilizada e a poluição?**

Sim

Não

**IV. Existem tecnologias IoT implementadas na cidade?**

- Sim
- Não, nem existem planos para serem implementadas num futuro próximo
- Não, mas há planos para serem implementadas num futuro próximo

**V. Das tecnologias apresentadas quais já são utilizadas na cidade e quais têm maior potencial para ser utilizadas?**

Tecnologias IoT	Em utilização	Não tem potencial	Tem algum potencial	Tem muito potencial	Não sei
<b>Portões Automáticos</b>					
<b>Sensores de Estacionamento</b>					
<b><i>Bike sharing</i></b>					
<b><i>Electric car sharing</i></b>					
<b>GPS e Sensores para Frotas de Veículos</b>					
<b>Smart Bin de Resíduos Indiferenciados</b>					
<b>Smart Bin de Resíduos Recicláveis</b>					
<b>Smart Bin com Compressor</b>					
<b>Iluminação Pública Inteligente</b>					
<b>Contador Inteligente de Eletricidade</b>					
<b>Luzes Inteligentes no Interior</b>					
<b>Painéis Solares com Sensores</b>					

Outras tecnologias IoT que pense serem utilizadas na cidade no contexto deste questionário:

---

---

VI. De acordo com a experiência adquirida na sua função classifique a importância dos seguintes fatores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante)

Fatores	0	1	2	3
<b>Rentabilidade</b>				
<b>Custo do Investimento</b>				
<b>Custo da Manutenção</b>				
<b>Recursos Humanos Qualificados</b>				
<b>Serviço de Manutenção dos Fornecedores</b>				
<b>Diminuição da Poluição</b>				
<b>Poupança de Energia</b>				
<b>Melhoria da Mobilidade</b>				
<b>Tratamento de Resíduos</b>				
<b>Bem-estar da População</b>				

VII. Considera que as tecnologias IoT implementadas na sua cidade têm tido a performance desejada?

- Sim
- Não
- Não temos tecnologias IoT implementadas

VIII. Considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável?

- Não
- Sim, se alguma despesa diminuir após o investimento
- Sim, se o retorno for visível em menos de 4 anos

## **Anexo 2 - Entrevista semiestruturada**

### **IX. Identificação**

- a. Cidade: Coimbra
- b. Função: Chefe da Divisão de Ambiente

### **X. Conhece o conceito de “Internet of Things” e qual o seu potencial para ser utilizado?**

R: Não

Se a resposta foi “Não”,

IoT é um conceito para descrever um sistema de vários objectos ligados entre si através da Internet, por exemplo. Estes podem comunicar entre si, tomar decisões automaticamente e transmitir informações pertinentes para as pessoas tomarem decisões relevantes. Permite facilitar a vida destas e diminuir custos de energia ou operacionais ao tornar processos mais eficientes e eficazes.

Exemplos:

Sistema de sensores na iluminação pública – sistema que recolhe informações sobre os candeeiros e que permite que a entidade reguladora destes saiba se estão em correcto funcionamento para ser útil na manutenção. A sua automatização permite que os candeeiros reajam com diferentes intensidades de iluminação perante as condições meteorológicas e que apenas se liguem quando a luz solar for significativamente reduzida.

Sensores de capacidade nos contentores do lixo (smart bin) - medem a capacidade do contentor relativamente ao lixo que tem e através da plataforma analítica é fornecida a rota óptima para a recolha do lixo, evitando viagens desnecessárias a contentores ou zonas com vários contentores que não justificam a deslocação.

R: Entendi, continuar entrevista

### **XI. Considera que o uso de IoT pode ser um contributo para as cidades se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a energia utilizada e a poluição?**

R: Sim

### **XII. Existem tecnologias IoT implementadas na cidade?**

R: Não, nem existem planos para serem implementadas num futuro próximo

**XIII. Das tecnologias apresentadas quais já são utilizadas na cidade e quais têm maior potencial para ser utilizadas?**

Tecnologias IoT	Em utilização	Não tem potencial	Tem algum potencial	Tem muito potencial	Não sei
<b>Portões Automáticos</b>					X
<b>Sensores de Estacionamento</b>					X
<i>Bike sharing</i>			X		
<i>Electric car sharing</i>			X		
<b>GPS e Sensores para Frotas de Veículos</b>				X	
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados			X		
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis			X		
<i>Smart Bin</i> com Compressor		X			
<b>Iluminação Pública Inteligente</b>			X		
<b>Contador Inteligente de Eletricidade</b>				X	
<b>Luzes Inteligentes no Interior</b>				X	
<b>Painéis Solares com Sensores</b>				X	

Outras tecnologias IoT que pense serem utilizadas na cidade no contexto deste questionário:

---



---

- XIV. De acordo com a experiência adquirida na sua função classifique a importância dos seguintes fatores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante)**

Fatores	0	1	2	3
<b>Rentabilidade</b>			X	
<b>Custo do Investimento</b>				X
<b>Custo da Manutenção</b>				X
<b>Recursos Humanos Qualificados</b>				X
<b>Serviço de Manutenção dos Fornecedores</b>		X		
<b>Diminuição da Poluição</b>			X	
<b>Poupança de Energia</b>			X	
<b>Melhoria da Mobilidade</b>		X		
<b>Tratamento de Resíduos</b>		X		
<b>Bem-estar da População</b>		X		

- XV. Considera que as tecnologias IoT implementadas na sua cidade têm tido a performance desejada?**

R: Não temos tecnologias IoT implementadas

- XVI. Considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável?**

R: Sim, se alguma despesa diminuir após o investimento

### **Anexo 3 - Entrevista semiestruturada**

#### **I. Identificação**

- a. Cidade: Linda-a-Velha
- b. Função: Engenheiro Civil

#### **II. Conhece o conceito de “Internet of Things” e qual o seu potencial para ser utilizado?**

R: Sim

#### **III. Considera que o uso de IoT pode ser um contributo para as cidades se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a energia utilizada e a poluição?**

R: Sim

#### **IV. Existem tecnologias IoT implementadas na cidade?**

R: Não, mas há planos para serem implementadas num futuro próximo

#### **V. Das tecnologias apresentadas quais já são utilizadas na cidade e quais têm maior potencial para ser utilizadas?**

Tecnologias IoT	Em utilização	Não tem potencial	Tem algum potencial	Tem muito potencial	Não sei
<b>Portões Automáticos</b>		X			
<b>Sensores de Estacionamento</b>				X	
<b><i>Bike sharing</i></b>			X		
<b><i>Electric car sharing</i></b>			X		
<b>GPS e Sensores para Frotas de Veículos</b>				X	
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados</b>				X	
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis</b>				X	
<b><i>Smart Bin</i> com Compressor</b>				X	

<b>Iluminação Pública Inteligente</b>				X	
<b>Contador Inteligente de Eletricidade</b>				X	
<b>Luzes Inteligentes no Interior</b>				X	
<b>Painéis Solares com Sensores</b>			X		

Outras tecnologias IoT que pense serem utilizadas na cidade no contexto deste questionário:

---



---

- VI. De acordo com a experiência adquirida na sua função classifique a importância dos seguintes fatores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante)

Fatores	0	1	2	3
<b>Rentabilidade</b>			X	
<b>Custo do Investimento</b>				X
<b>Custo da Manutenção</b>				X
<b>Recursos Humanos Qualificados</b>			X	
<b>Serviço de Manutenção dos Fornecedores</b>			X	
<b>Diminuição da Poluição</b>				X
<b>Poupança de Energia</b>				X
<b>Melhoria da Mobilidade</b>				X
<b>Tratamento de Resíduos</b>				X
<b>Bem-estar da População</b>				X



**VII. Considera que as tecnologias IoT implementadas na sua cidade têm tido a performance desejada?**

R: Não temos tecnologias IoT implementadas

**VIII. Considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável?**

R: Sim, se o retorno for visível em menos de 4 anos

#### **Anexo 4 - Entrevista semiestruturada**

**I. Identificação**

a. Cidade: Oeiras

b. Função: Gestor operacional atendimento não presencial e plataforma smart cities

**II. Conhece o conceito de “Internet of Things” e qual o seu potencial para ser utilizado?**

R: Sim

**III. Considera que o uso de IoT pode ser um contributo para as cidades se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a energia utilizada e a poluição?**

R: Sim

**IV. Existem tecnologias IoT implementadas na cidade?**

R: Não, mas há planos para serem implementadas num futuro próximo

**V. Das tecnologias apresentadas quais já são utilizadas na cidade e quais têm maior potencial para ser utilizadas?**

Tecnologias IoT	Em utilização	Não tem potencial	Tem algum potencial	Tem muito potencial	Não sei
<b>Portões Automáticos</b>			X		
<b>Sensores de Estacionamento</b>				X	

<b><i>Bike sharing</i></b>				X	
<b><i>Electric car sharing</i></b>			X		
<b>GPS e Sensores para Frotas de Veículos</b>				X	
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados</b>				X	
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis</b>				X	
<b><i>Smart Bin</i> com Compressor</b>				X	
<b>Iluminação Pública Inteligente</b>				X	
<b>Contador Inteligente de Eletricidade</b>				X	
<b>Luzes Inteligentes no Interior</b>				X	
<b>Painéis Solares com Sensores</b>				X	

Outras tecnologias IoT que pense serem utilizadas na cidade no contexto deste questionário:

---



---

- VI. De acordo com a experiência adquirida na sua função classifique a importância dos seguintes fatores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante)

Fatores	0	1	2	3
<b>Rentabilidade</b>				X
<b>Custo do Investimento</b>				X
<b>Custo da Manutenção</b>				X
<b>Recursos Humanos Qualificados</b>			X	
<b>Serviço de Manutenção dos Fornecedores</b>			X	
<b>Diminuição da Poluição</b>			X	

Poupança de Energia				X
Melhoria da Mobilidade			X	
Tratamento de Resíduos			X	
Bem-estar da População				X

**VII. Considera que as tecnologias IoT implementadas na sua cidade têm tido a performance desejada?**

R: Não temos tecnologias IoT implementadas

**VIII. Considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável?**

R: Sim, se o retorno for visível em menos de 4 anos

### ***Anexo 5 - Entrevista semiestruturada***

**I. Identificação**

a. Cidade: Guimarães

b. Função: Chefe Divisão Sistemas Informação

**II. Conhece o conceito de “Internet of Things” e qual o seu potencial para ser utilizado?**

R: Sim

**III. Considera que o uso de IoT pode ser um contributo para as cidades se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a energia utilizada e a poluição?**

R: Sim

**IV. Existem tecnologias IoT implementadas na cidade?**

R: Sim

V. Das tecnologias apresentadas quais já são utilizadas na cidade e quais têm maior potencial para ser utilizadas?

Tecnologias IoT	Em utilização	Não tem potencial	Tem algum potencial	Tem muito potencial	Não sei
Portões Automáticos				X	
Sensores de Estacionamento				X	
<i>Bike sharing</i>			X		
<i>Electric car sharing</i>			X		
GPS e Sensores para Frotas de Veículos				X	
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados				X	
<i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis				X	
<i>Smart Bin</i> com Compressor			X		
Iluminação Pública Inteligente				X	
Contador Inteligente de Eletricidade			X		
Luzes Inteligentes no Interior			X		
Painéis Solares com Sensores			X		

Outras tecnologias IoT que pense serem utilizadas na cidade no contexto deste questionário:

---



---

VI. De acordo com a experiência adquirida na sua função classifique a importância dos seguintes fatores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante)

Fatores	0	1	2	3
Rentabilidade		X		

<b>Custo do Investimento</b>				X
<b>Custo da Manutenção</b>			X	
<b>Recursos Humanos Qualificados</b>			X	
<b>Serviço de Manutenção dos Fornecedores</b>			X	
<b>Diminuição da Poluição</b>			X	
<b>Poupança de Energia</b>				X
<b>Melhoria da Mobilidade</b>				X
<b>Tratamento de Resíduos</b>			X	
<b>Bem-estar da População</b>			X	

**VII. Considera que as tecnologias IoT implementadas na sua cidade têm tido a performance desejada?**

R: Não

**VIII. Considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável?**

R: Sim, se alguma despesa diminuir após o investimento

### ***Anexo 6 - Entrevista semiestruturada***

**I. Identificação**

a. Cidade: Lisboa

b. Função: Contabilista

**II. Conhece o conceito de “Internet of Things” e qual o seu potencial para ser utilizado?**

R: Sim

III. Considera que o uso de IoT pode ser um contributo para as cidades se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a energia utilizada e a poluição?

R: Sim

IV. Existem tecnologias IoT implementadas na cidade?

R: Sim

V. Das tecnologias apresentadas quais já são utilizadas na cidade e quais têm maior potencial para ser utilizadas?

Tecnologias IoT	Em utilização	Não tem potencial	Tem algum potencial	Tem muito potencial	Não sei
<b>Portões Automáticos</b>			X		
<b>Sensores de Estacionamento</b>				X	
<b><i>Bike sharing</i></b>	X			X	
<b><i>Electric car sharing</i></b>	X			X	
<b>GPS e Sensores para Frotas de Veículos</b>	X			X	
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados</b>	X			X	
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis</b>	X			X	
<b><i>Smart Bin</i> com Compressor</b>	X			X	
<b>Iluminação Pública Inteligente</b>				X	
<b>Contador Inteligente de Eletricidade</b>				X	
<b>Luzes Inteligentes no Interior</b>				X	
<b>Painéis Solares com Sensores</b>				X	

Outras tecnologias IoT que pense serem utilizadas na cidade no contexto deste questionário:

---

---

- VI. De acordo com a experiência adquirida na sua função classifique a importância dos seguintes fatores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante)

Fatores	0	1	2	3
Rentabilidade				X
Custo do Investimento				X
Custo da Manutenção			X	
Recursos Humanos Qualificados			X	
Serviço de Manutenção dos Fornecedores			X	
Diminuição da Poluição				X
Poupança de Energia				X
Melhoria da Mobilidade				X
Tratamento de Resíduos				X
Bem-estar da População				X

- VII. Considera que as tecnologias IoT implementadas na sua cidade têm tido a performance desejada?

R: Sim

- VIII. Considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável?

R: Sim, se o retorno for visível em menos de 4 anos

## Anexo 7 - Entrevista semiestruturada

### XVII. Identificação

- a. Cidade: Seixal
- b. Função: Técnica Superior

### XVIII. Conhece o conceito de “Internet of Things” e qual o seu potencial para ser utilizado?

R: Sim

### XIX. Considera que o uso de IoT pode ser um contributo para as cidades se tornarem mais sustentáveis, diminuindo a energia utilizada e a poluição?

R: Sim

### XX. Existem tecnologias IoT implementadas na cidade?

R: Sim

### XXI. Das tecnologias apresentadas quais já são utilizadas na cidade e quais têm maior potencial para ser utilizadas?

Tecnologias IoT	Em utilização	Não tem potencial	Tem algum potencial	Tem muito potencial	Não sei
<b>Portões Automáticos</b>			X		
<b>Sensores de Estacionamento</b>			X		
<b><i>Bike sharing</i></b>				X	
<b><i>Electric car sharing</i></b>			X		
<b>GPS e Sensores para Frotas de Veículos</b>				X	
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Indiferenciados</b>			X		
<b><i>Smart Bin</i> de Resíduos Recicláveis</b>			X		



<b>Smart Bin com Compressor</b>			X		
<b>Iluminação Pública Inteligente</b>	X			X	
<b>Contador Inteligente de Eletricidade</b>	X			X	
<b>Luzes Inteligentes no Interior</b>	X				
<b>Painéis Solares com Sensores</b>	X			X	

Outras tecnologias IoT que pense serem utilizadas na cidade no contexto deste questionário:

---



---

**XXII. De acordo com a experiência adquirida na sua função classifique a importância dos seguintes fatores na tomada de decisão no momento de investir em IoT nas cidades. (Sendo 0 - nada relevante e 3 - muito relevante)**

Fatores	0	1	2	3
<b>Rentabilidade</b>			X	
<b>Custo do Investimento</b>				X
<b>Custo da Manutenção</b>				X
<b>Recursos Humanos Qualificados</b>			X	
<b>Serviço de Manutenção dos Fornecedores</b>				X
<b>Diminuição da Poluição</b>				X
<b>Poupança de Energia</b>				X
<b>Melhoria da Mobilidade</b>				X
<b>Tratamento de Resíduos</b>				X
<b>Bem-estar da População</b>				X

**XXIII. Considera que as tecnologias IoT implementadas na sua cidade têm tido a performance desejada?**

R: Sim

**XXIV. Considera importante fazer um investimento em IoT que seja financeiramente rentável e que possibilite, ao mesmo tempo, tornar a cidade mais sustentável?**

R: Sim, se o retorno for visível em menos de 4 anos