

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Aceitação da *IoT* na Gestão de Recolha de Resíduos em Almada e Seixal

Ana Isabel Direito Bernardino

Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação

Orientador:

Doutor Bráulio Alexandre Barreira Alturas, Professor
Associado,
ISCTE-IUL

setembro, 2022



TECNOLOGIAS
E ARQUITETURA

Departamento de Ciências de Tecnologias da Informação

**Aceitação da *IoT* na Gestão de Recolha de Resíduos no
Concelho de Almada e do Seixal**

Ana Isabel Direito Bernardino

Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação

Orientador:

Doutor Bráulio Alexandre Barreira Alturas, Professor
Associado,
ISCTE-IUL

setembro, 2022

Direitos de cópia ou Copyright

©Copyright: Ana Isabel Direito Bernardino.

O Iscte - Instituto Universitário de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostava de agradecer aos meus magníficos pais por terem acreditado sempre em mim, mesmo quando eu não acreditava, por semearam em mim a autonomia, o brio e a resiliência.

À minha família, especialmente às mulheres da minha família, que são para mim um exemplo de força, resiliência e inteligência. Embora eu seja a única mulher da família com mestrado, este título é de todas nós!

Ao Nuno Barradas, o meu namorado, que me apoiou nesta aventura e me ajudou a superar esta meta tão importante na minha vida.

Aos meus amigos que acabaram por me ouvir e por me motivarem a terminar este capítulo da minha vida.

Por último, mas não menos importante, ao professor doutor Bráulio Alturas, que aceitou ser o meu orientador e me auxiliou imenso. Sem ele esta dissertação não seria possível.

A todos, e de acordo com as minhas origens, o meu sincero “Bem haja”.

Resumo

Nos dias que correm, da era da revolução tecnológica, e devido à tendência crescente dos aglomerados populacionais emergem muitos desafios que devem ser respondidos para que haja uma adaptação a esta nova realidade. Assim sendo, a gestão das grandes cidades tornou-se uma missão complexa e exigente para os gestores públicos dessas cidades, onde garantir a qualidade de vida das pessoas é cada vez mais desafiante. Para colmatar este grande desafio na gestão das cidades surgem as *smart cities*, ou seja, cidades com o recurso a tecnologia, nomeadamente *IoT*, que auxiliam na gestão das cidades para que estas sejam mais eficientes e eficazes. Antes da implementação desta tecnologia numa cidade é fundamental perceber como será a aceitação das pessoas para garantir que o projeto de mudança terá uma maior eficácia. Este trabalho, surge nesse sentido, de conhecer o nível de aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos de Almada e do Seixal. No seguimento deste estudo, foram realizadas entrevistas a alguns gestores de cidades de Portugal para perceber quais os seus principais desafios na recolha de resíduos; também foram feitos questionários à população dos dois municípios para aferir o seu nível de aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos.

Palavras-Chave: *smart cities*, *IoT*, gestão de recolha de resíduos, *TAM*, Almada, Seixal

Abstract

Nowadays, in the era of technological revolution, and due to the growing trend of population agglomerations, many challenges emerge that must be answered in order to adapt to this new reality. Therefore, the management of large cities has become a complex and demanding mission for public managers of these cities, where ensuring the quality of life of people is increasingly challenging. To meet this major challenge in the management of cities, smart cities have emerged, i.e. cities with the use of technology, namely IoT, which assist in the management of cities to make them more efficient and effective. Before the implementation of this technology in a city, it is essential to understand how people will accept it to ensure that the change project will be more effective. This work, arises in this sense, to know the level of acceptance of IoT in the waste collection management of Almada and Seixal. Following this study, interviews were conducted with some managers of cities in Portugal to understand their main challenges in waste collection; questionnaires were also made to the population of the two municipalities to gauge their level of acceptance of IoT in waste collection management.

Keywords: smart cities, IoT, waste collection management, TAM, Almada, Seixal

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice Geral	iv
Índice de Tabelas	vi
Índice de Figuras	vii
Índice de Gráfico	viii
Glossário de Abreviaturas e Siglas	ix
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Motivação e relevância do tema	2
1.3. Questões e objetivos de investigação.....	4
1.4. Abordagem metodológica.....	6
1.5. Estrutura e organização da dissertação	7
Capítulo 2 – Revisão da Literatura	9
2.1. <i>Smart cities</i> e gestão de recolha de resíduos.....	9
2.1.1. <i>Smart city</i>	9
2.1.2. <i>Smart cities</i> em Portugal.....	12
2.1.3. Gestão de resíduos urbanos	15
2.1.4. <i>Internet of Things (IoT)</i>	17
2.1.5. <i>IoT</i> na gestão da recolha de resíduos	23
2.2. Aceitação da tecnologia	27
2.2.1. <i>Technology Acceptance Model (TAM)</i>	27
2.2.2. Aplicação do <i>TAM</i>	33
Período de Validação.....	34
Período de Extensão	35
Período de Elaboração	35
2.2.3. Aceitação da tecnologia <i>IoT</i>	35
2.3. Aceitação da <i>IoT</i> na gestão de recolha de resíduos de Almada e do Seixal	37
Capítulo 3 – Metodologia	38
3.1. Desenho de investigação.....	38
3.2. Objetivos de investigação	39
Capítulo 4 – Análise e discussão dos resultados	42
4.1. Recolha de dados.....	42
4.1.1. Fase qualitativa.....	43

4.1.1.1. Relatório da entrevista com diretor-delegado dos serviços municipalizados de Abrantes.....	43
4.1.1.2. Relatório da entrevista com chefe de divisão de limpeza urbana da Câmara Municipal de Almada.....	44
4.1.2. Fase quantitativa.....	45
4.2. Tratamento dos dados	45
4.2.1. Processo de amostragem.....	45
4.2.2. Caracterização da amostra	46
4.2.3. Análise dos resultados dos questionários	47
4.2.3.1. Análise Fatorial	47
4.2.2.2. Análise Correlacional.....	57
Capítulo 5 – Conclusões e recomendações	61
5.1. Principais conclusões	61
5.2. Principais contributos	63
5.3. Limitações do estudo	63
5.4. Propostas de investigação futura.....	63
Referências Bibliográficas	65
Anexos e Apêndices	81
Apêndice A - Guião de entrevista ao presidente Câmara Municipal de Abrantes	81
Apêndice B - Guião de entrevista à presidente Câmara Municipal de Almada	82
Apêndice C - Guião de entrevista ao presidente Câmara Municipal do Seixal.....	83
Apêndice D – Aceitação da <i>IoT</i> na gestão de recolha de resíduos no concelho do Seixal	84
Apêndice E - Satisfação da gestão de recolha de resíduos no concelho de Almada ..	92
Apêndice F – Matriz de componente rotativa	100
Apêndice G - Coeficiente de alfa de Cronbach	101
Apêndice H - Evolução da fatura da taxa de resíduos em Almada (fatura de 2020 – ano de implementação da <i>IoT</i> na gestão de recolha de resíduos).....	102
Apêndice I - Evolução da fatura da taxa de resíduos em Almada (fatura de 2022 – resultado da implementação da <i>IoT</i> na gestão de recolha de resíduos).....	102

Índice de Tabelas

Tabela 1- Quadro síntese dos principais resultados, Portugal e NUTS II, 2018 (estimativa) e 2080 (projeção) (Estatística, 2020).....	13
Tabela 2- Súmula das Limitações do TAM (Lee et al., 2003)	31
Tabela 3- Correlação de Pearson	58

Índice de Figuras

Figura 1- Principais Componentes de uma smart city (Ijaz et al., 2016)	10
Figura 2- Arquitetura de um Sistema de Gestão de Resíduos em Cloud (Bányai et al., 2019).....	24
Figura 3- Modelo de Aceitação da Tecnologia (Davis, 1986)	28
Figura 4- TAM 2 (Legris et al., 2003a)	32
Figura 5 - Evolução Cronológica dos Estudos do TAM (Lee et al., 2003).....	33

Índice de Gráfico

Gráfico 1- Lixo municipal gerado entre 2005 a 2020 (kgs per capita)(OECD;Eurostat, 2005).....	15
Gráfico 2 - Distribuição por género (Almada)	48
Gráfico 3- Distribuição por género (Seixal)	48
Gráfico 4- Distribuição dos inquiridos por idade (Almada).....	49
Gráfico 5 - Distribuição dos inquiridos por idade (Seixal)	50
Gráfico 6 - Distribuição dos inquiridos por nível de educação (Almada).....	50
Gráfico 7- Distribuição dos inquiridos por nível de educação (Seixal)	51
Gráfico 8 - Experiência com a recolha de resíduos (Almada).....	52
Gráfico 9- Experiência com a recolha de resíduos (Seixal)	53
Gráfico 10 - Taxa de gestão de resíduos justa (Almada).....	54
Gráfico 11 - Taxa de gestão de resíduos justa (Seixal)	55
Gráfico 12 - Perceção da aceitação das TIC na gestão de recolha de resíduos (Almada)	56
Gráfico 13 - Perceção da aceitação das TIC na gestão de recolha de resíduos (Seixal) 57	

Glossário de Abreviaturas e Siglas

IoT - Internet of Things

CO₂ - Dióxido de Carbono

DNS - Domain Name Aystem

EUROSTAT - Serviço de Estatística da União Europeia

FUP - Facilidade de Uso Percebida

GPRS - General Packet Radio Service

GPS - Global Positioning System

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

INE - Instituto Nacional de Estatística

IU - Intenção de Utilização

LED - Light-emitting Diode

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PDA - Personal Digital Assistant

PEOU - Perceived Ease of Use

PU - Perceived Usefulness

RENER - Rede Portuguesa de Cidades Inteligentes

RFID - Radio Frequency Identification

SDN - Software defined networking

SPSS – Software da IBM para análise estatística avançada

TAM - Technology Acceptance Model

TAM-TPB - Technology Acceptance Model - Theory of Planned Behavior

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

TPB - Theory of Planned Behaviour

TRA - Theory of Reasoned Action

UPO - Utilidade Percebida da Otimização

UPT - Utilidade Percebida da Tecnologia

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Enquadramento do tema

Nas últimas décadas temos assistido a uma gradual concentração populacional nas cidades. Atualmente cerca de 55% da população mundial reside em cidades e, dado que a previsão é de uma tendência crescente, no ano 2050 cerca de 70% da população deverá residir em cidades (Gross, 2019).

Esta aglomeração de pessoas irá, inevitavelmente, resultar num aumento de resíduos nas áreas urbanas e, como tal, será fundamental existir uma boa gestão dos mesmos (Likotiko et al., 2017) para que os habitantes das cidades tenham uma melhor qualidade de vida.

Gerir os resíduos de milhares e/ou milhões de pessoas que habitam em cidades, e até cidades com o aumento populacional supramencionado, é uma função muito complexa e é nesse sentido que surge a necessidade de existirem cidades inteligentes (*smart cities*).

Na comunidade científica surgiram várias abordagens conceptuais para a definição de *smart city*. Existem abordagens que consideram aspetos mais sociais (Coe et al., 2001), outras mais gestionárias (Caragliu et al., 2011) e outras ao nível ambiental (Zanella et al., 2014).

Um dos aspetos fundamentais numa *smart city* é a gestão de resíduos, para uma boa gestão de resíduos torna-se fundamental recorrer às Tecnologias da Informação e Comunicação, mais propriamente à *Internet of Things (IoT)*, para garantir uma gestão inteligente e otimizada dos recursos públicos das cidades (Arebey et al., 2011).

No entanto, antes de se implementar uma nova tecnologia é necessário perceber se a mesma será aceite ou não, e como é que a mesma será percecionada pelos seus utilizadores e/ou intervenientes (Davis et al., 1989).

1.2. Motivação e relevância do tema

O motivo pelo qual este tema foi escolhido deve-se a três grandes fatores, o grande interesse que a autora tem pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), por ser munícipe do concelho do Seixal e por querer tratar um tema que pudesse ter impacto positivo na sociedade, como a gestão de recolha de resíduos.

As cidades estudadas, Almada e Seixal, pertencem à Área Metropolitana de Lisboa e a nível histórico são bastante semelhantes, pois o seu maior crescimento populacional ocorreu na década de 70 do século XX, devido ao êxodo rural que surgiu nessa altura, na procura de novas oportunidades.

Almada e Seixal albergaram pessoas vindas de vários pontos do país e eram procuradas pela sua proximidade à capital, Lisboa, que servia e, ainda hoje serve, de local de trabalho e as cidades periféricas servem de dormitório devido ao preço das habitações mais acessível.

Torna-se importante conhecer um pouco melhor estas cidades de forma individual e o motivo pelo qual foram selecionadas para este estudo académico.

No que diz respeito a Almada, este município tem Almada tem uma área de 70,1 km², onde é possível encontrar 11 freguesias, com uma densidade populacional de 2 478,8 habitante/km² (PORDATA, 2022), produziu em 2020 um total de 105405 toneladas de resíduos urbanos (PORDATA, 2022).

Relativamente ao Seixal, este concelho tem uma área de 95 km², onde é possível encontrar 6 freguesias com 1657,3 habitante/km² (PORDATA, 2022), produziu em 2020 um total de 85002 toneladas de resíduos urbanos (PORDATA, 2022).

O tratamento de resíduos destes dois concelhos é feito de forma partilhada na empresa Amarsul mas a recolha é feita de forma individualizada pelos próprios munícipes.

No decorrer deste estudo existiram três momentos fundamentais, a revisão da literatura que acabou por servir de suporte para os momentos seguintes, o da realização das entrevistas e dos questionários e, por último mas não menos importante, o tratamento dos dados.

No concelho do Seixal existem dias em que o lixo transborda dos caixotes e outros dias em que os resíduos são recolhidos sem que a capacidade do caixote seja significativa para a sua recolha.

Os concelhos de Almada e do Seixal são considerados como *smart cities*, mas somente o concelho de Almada tem recolha inteligente de resíduos.

Através da revisão da literatura, verifica-se que, atualmente, mais de metade da população mundial reside em cidades e a previsão é que, em 2050, os números rondem os 70% de pessoas a residirem em centros urbanos (Eurostat, 2005).

Com a aglomeração de tantos seres humanos torna-se fulcral existirem cidades inteligentes (Likotiko et al., 2017), onde os serviços municipais terão de ser requalificados e utilizada tecnologia para ser possível a sua otimização.

A recolha de resíduos é um dos serviços mais importantes para a vida do ser humano nas cidades e um dos desafios mais prementes das *smart cities*, pois a sua ineficiência tem impacto na saúde pública, na insatisfação dos munícipes e no meio ambiente (Chaudhari & Bhole, 2018).

Consequentemente, surgiu a necessidade de compreender porque é que apenas o município de Almada recorreu à gestão de recolha de resíduos inteligente, visto que tanto Almada como o Seixal são consideradas *smart cities*, com uma história semelhante e que tiveram um grande crescimento populacional nos últimos anos.

Será porque os munícipes do Seixal não aceitam este tipo de tecnologia, *IoT*?

1.3. Questões e objetivos de investigação

O título desta investigação tem por base a aceitação da *IoT* nas *smart cities*, de Almada e do Seixal. Este título surgiu do interesse pelas tecnologias de informação, e por se querer dar uma contribuição positiva para o funcionamento da sociedade.

Na comunidade científica não existe uma definição consensual do que é ou deverá ser uma *smart city*. Com base nas pesquisas já realizadas, a definição adotada neste trabalho é a de que numa *smart city* tem de haver uma preocupação com a satisfação do munícipe e, para que a mesma seja materializada, é fundamental munir as cidades de tecnologias que permitam auxiliar na prestação dos serviços municipais e/ou municipalizados (Likotiko et al., 2017).

Para abordar a necessidade de ter tecnologias adequadas para tornar as cidades mais eficientes e, conseqüentemente, aumentar a satisfação nos munícipes, é fundamental falar na *IoT*.

A *IoT* possibilita que as pessoas e coisas possam estar conectadas constantemente, em qualquer lado e a qualquer hora (Likotiko et al., 2017), ou seja, a *IoT* permite a comunicação entre pessoas em qualquer parte do mundo através de dispositivos, entre pessoas e máquinas e, possibilita também, a comunicação entre máquinas sem a necessidade de intervenção humana.

Por forma a existir uma cidade inteligente e conectada é fundamental garantir que existe um bom sinal de *Radio Frequency Identification* (RFID) ou *wireless* ao longo de toda a cidade (Thürer et al., 2019).

No caso particular da gestão de resíduos, a existência de *GPS* nos camiões permite perceber se existe a possibilidade de otimização das rotas e ainda de que forma poderão, ou não, enfrentar mais atrasos devido a situações de trânsito, encaminhando os condutores para o melhor caminho tendo em conta a informação transmitida em tempo real pelo *GPS* (Thürer et al., 2019).

O principal objetivo deste estudo será perceber qual o nível de aceitação da utilização da *IoT* na gestão de recolha de resíduos nos concelhos do Seixal e de Almada. Para tal será necessário:

1. Analisar comparativamente a gestão de recolha de resíduos com recurso a *IoT* em *smart cities*;

2. Perceber de que forma a escolaridade pode afetar a aceitação a novas tecnologias;
3. Compreender a aceitação da *IoT* no Seixal;

A questão de investigação deste estudo é: Qual o nível de Aceitação da *IoT* na Gestão da Recolha de Resíduos nos Concelhos de Almada e do Seixal?

A função desta pesquisa será perceber se os munícipes destes dois concelhos, Almada e Seixal, concordam que a *IoT* poderá ser uma tecnologia vantajosa para a otimização da gestão da recolha de resíduos.

1.4. Abordagem metodológica

Para a realização desta investigação foi escolhida uma abordagem metodológica mista, quantitativa e qualitativa, por forma a obter resultados mais verossímeis e completos.

No que diz respeito à abordagem qualitativa foi feita uma revisão da literatura e uma entrevista aos gestores de serviços municipais ou municipalizados que tratam da recolha dos resíduos urbanos.

Relativamente à abordagem quantitativa, a opção foi a realização dos questionários à população dos municípios alvo do estudo, Almada e Seixal, para ser analisado o nível de aceitação da *IoT* na recolha dos resíduos com recurso ao *Technology Acceptance Model (TAM)*.

Portanto, o primeiro momento deste trabalho de investigação consistiu na revisão da literatura para absorver conhecimento científico acerca de conceitos como, por exemplo, *smart cities*, *IoT*, gestão da recolha de resíduos e *TAM*.

Estes conceitos são mencionados nos media e aplicados no quotidiano com alguma vulgaridade, mas, por vezes, sem pouco conhecimento do seu verdadeiro significado. A revisão da literatura também foi fundamental para definir questões que foram colocadas nas perguntas das entrevistas e do questionário. Este questionário tem como objetivo conhecer o nível da aceitação da *IoT*, na gestão de recolha de resíduos numa amostra populacional de dois concelhos, o de Almada e o do Seixal.

De seguida foram realizadas as entrevistas de resposta aberta aos gestores dos serviços responsáveis pela gestão de recolha de resíduos nos concelhos de Abrantes e Almada, ambos com recolha de resíduos inteligente.

O terceiro, e último, momento consistiu na aplicação dos questionários aos munícipes de Almada e do Seixal para posteriormente ser aplicado o *TAM* e conseqüentemente ser aferido o nível de aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos nestas duas cidades.

A amostra dos questionários aplicados compreende não só os munícipes dos concelhos, mas também pessoas que habitualmente transitam por lá, por exemplo, em contexto de trabalho, estudo ou lazer.

Para o questionário apenas foram aceites respostas de pessoas com idade igual ou superior a 18 anos, não havendo uma limitação máxima de idade, dos municípios de Almada e do Seixal.

1.5. Estrutura e organização da dissertação

Este estudo encontra-se organizado em cinco capítulos que pretendem refletir as suas diferentes fases de desenvolvimento deste estudo. Uma fase inicial de definição de objetivos e enquadramento do tema, juntamente com as motivações que levaram à realização do estudo; numa segunda fase surge a revisão da literatura que serve de base a todo este trabalho; a terceira fase consiste na definição da metodologia utilizada; a quarta fase consiste no tratamento dos dados e as principais conclusões retiradas dos questionários aplicados; por último, mas não menos importante, é o culminar deste estudo onde estão espelhadas as conclusões deste trabalho, as limitações identificadas e alguma indicações para trabalhos futuros.

O primeiro capítulo tem como principal objetivo a introdução do tema da investigação, onde é feito o enquadramento do tema, apresentada a motivação que levou à concretização deste estudo, a questão de partida e os objetivos da dissertação.

O segundo capítulo surge com o intuito de materializar a revisão da literatura, encontrando definições fundamentais para este trabalho, como *smart city*, *IoT*, gestão de recolha de resíduos e *TAM*.

Relativamente às *smart cities* existem várias perspetivas para se considerar uma cidade como *smart city*. Nesta secção da dissertação também é definida a recolha inteligente de resíduos, segundo as normas europeias, bem como a perspetivas de alguns autores sobre o papel preponderante que a *IoT* tem na materialização dos conceitos anteriormente abordados.

Ainda no segundo capítulo é abordado, de forma resumida, a evolução do *Technology Acceptance Model (TAM)*, bem como os aspetos positivos e a melhorar na aplicabilidade deste modelo. Esta secção da dissertação foi essencial para pragmatizar o estudo e, desta forma, responder à nossa pergunta de partida: Qual o Nível de Aceitação da *IoT* na Gestão da Recolha de Resíduos nos Concelhos de Almada e Seixal?

No terceiro capítulo é desenhada a metodologia utilizada nesta dissertação que, neste caso, consiste numa abordagem metodológica mista (qualitativa e quantitativa). A abordagem qualitativa trata essencialmente a revisão da literatura, construção das entrevistas e dos questionários, bem como da realização das entrevistas e a abordagem

quantitativa consiste na aplicação de um questionário cuja amostra é a população dos municípios de Almada e do Seixal, analisados tendo por base o *TAM*.

O quarto capítulo trata da análise e compreensão dos resultados obtidos através da aplicação dos questionários e na perspetiva do *TAM*.

No quinto, e último capítulo, são apresentadas as conclusões deste estudo, bem como as principais limitações encontradas e, numa perspetiva de melhoria, algumas recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Revisão da Literatura

2.1. *Smart cities* e gestão de recolha de resíduos

2.1.1. *Smart city*

Atualmente, em Portugal já existem algumas *smart cities*, mas, no que diz respeito à gestão de resíduos, ainda há muito por explorar e por fazer pois as infraestruturas existentes ficam um pouco desfasadas da realidade tecnológica que o mundo vive (Limba et al., 2020).

Como referido anteriormente, nos dias que correm 55% da população mundial reside em cidades e o prognóstico é que estes valores aumentem para os 70% até 2050 (Gross, 2019).

Com a população mundial concentrada nas áreas urbanas surgem alguns problemas relacionados com a qualidade de vida, como por exemplo, problemas associados ao saneamento e às infraestruturas destes centros urbanos que podem pôr em causa a qualidade de vida dos seus moradores.

A aglomeração de pessoas irá inevitavelmente resultar num aumento de resíduos, e como tal, será fundamental fazer uma boa gestão dos mesmos. Para que a satisfação do munícipe seja concretizável torna-se fundamental munir as cidades de tecnologias que permitam auxiliar na prestação dos serviços municipais e/ou municipalizados (Likotiko et al., 2017).

As cidades assistiram a um *boom*¹ no seu crescimento urbano, onde a tecnologia acabou por ter alguma importância impulsionadora. A informação e a sua segurança numa *smart city* dependem essencialmente de três aspetos são eles a governação da cidade, os fatores socioeconómicos e, por último mas não menos importante, a componente tecnológica (Ijaz et al., 2016).

O sucesso de uma *smart city* consiste num planeamento conjunto e interdisciplinar entre engenheiros, gestores urbanísticos, arquitetos e presidentes da câmara ou responsáveis pela gestão da cidade (Zeb et al., 2019).

¹ Boom: tradução corresponde a “desenvolvimento rápido”.

Um dos principais objetivos das *smart cities* é melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, onde se torna essencial fomentar o desenvolvimento económico e governar as cidades de forma sustentável e inteligente (Cui et al., 2018).

Estas cidades agregam um conjunto de informação da sua gestão, saúde, educação, ou seja, utilizando sensores que comunicam diretamente com sistemas de informação e armazenam a imensidão de dados nas suas bases de dados, como é possível perceber na Figura 1 (Hall, 2000).

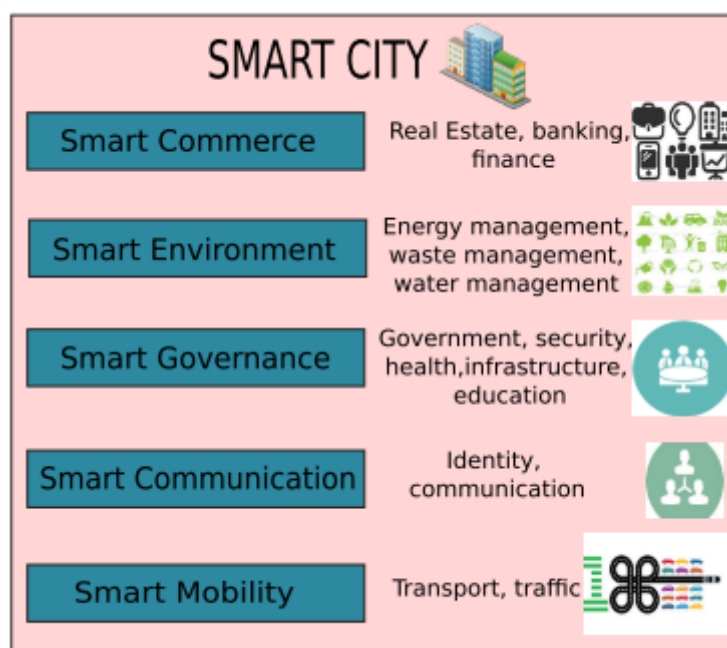


Figura 1- Principais Componentes de uma smart city (Ijaz et al., 2016)

De acordo com as opiniões que foram surgindo na comunidade científica torna-se consensual que uma boa gestão das cidades do futuro, e já do presente, onde coabitam tantas pessoas, só será possível através de *smart cities*, ou seja, só com a tecnologia a auxiliar o ser humano na gestão das cidades é que é possível proporcionar qualidade de vida aos seus munícipes.

Na comunidade científica não existe uma definição consensual do que é ou deverá ser uma *smart city* e, deste modo, é necessário conhecer as definições que melhor combinam com o que deverá ser praticado na Câmara Municipal do Seixal e, que no futuro, possa servir de modelo para outros municípios.

Se, por um lado, na literatura existem autores que consideram que é o desenvolvimento urbano dos negócios da cidade que dita a possibilidade de esta ser considerada uma *smart city* (Caragliu et al., 2011).

Por outro lado, existem outros autores que identificam que o papel do capital social e relacional é fundamental para uma *smart city*, pois só assim é que o conhecimento tecnológico poderá beneficiar o desenvolvimento promissor das cidades (Coe et al., 2001).

Um projeto desenvolvido pela Universidade de Tecnologia de Viena identifica seis eixos principais para considerar uma cidade inteligente. Os eixos mencionados são do nível da economia, da mobilidade, do ambiente, das pessoas, da forma de viver e da governação inteligentes (Caragliu et al., 2011).

Segundo Zenella et al. (2014) e tendo por base o seu estudo, é perceptível que a qualidade de vida dos residentes deste tipo de cidades pode ser melhorada quando são extraídas métricas, tendo por base dados gerados pelos sistemas da *IoT*, que permitam ao município e aos gestores dessas mesmas cidades tomar decisões de forma mais consciente. Este estudo consistiu essencialmente na criação de um aparelho eletrónico com sensores colocados em vários postos de iluminação ao longo da cidade de Pádua, que conseguisse recolher os dados transmitidos pelo ambiente (nível de dióxido de carbono presente no ar, temperatura, humidade do ar, vibrações), verificando o funcionamento do sistema de iluminação pública e se a intensidade de cada poste de eletricidade era adequada (Zenella et al., 2014).

Existem outros autores que acreditam que uma cidade é inteligente quando existe uma combinação entre o bom desempenho e boas perspectivas económicas, de pessoas, de governação, de mobilidade, de questões ambientais e de qualidade e vida; tudo isto tendo por base doações e atividades dos seus cidadãos de forma consciente e independente (Giffinger et al., 2007).

Também há quem considere que, para uma cidade ser inteligente, tem que necessariamente possuir tecnologias de computação inteligentes nos sectores críticos de atividade que sejam “*more intelligent, interconnected, and efficient*” (Washburn & Sindhu, 2009).

No entanto, a OCDE e a EUROSTAT destacam o papel das TIC ao nível da inovação para analisar e estudar a inovação dos centros urbanos (Eurostat, 2005).

A definição escolhida para este trabalho foi a de uma cidade “more intelligent, interconnected, and efficient” (Washburn & Sindhu, 2009).

Independentemente da escolha da definição, uma *smart city* necessita inevitavelmente de uma infraestrutura que suporte certos tipos de sensores e que estes estejam integrados de forma síncrona com os restantes sistemas com que irão comunicar (Zanella et al., 2014).

Deste modo, o tema *smart city* é um tema atual e o principal objetivo de uma cidade destas é tornar-se cada vez mais eficiente tendo em conta a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida da população que aí reside com recurso a *IoT* e só com este tipo de tecnologia é que será possível ter cidades mais inteligentes e adequadas às necessidades dos seus habitantes.

2.1.2. *Smart cities* em Portugal

A dimensão populacional em Portugal, de uma forma global, tem vindo a decrescer nos últimos anos e a tornar-se cada vez mais envelhecida (Estatística, 2020).

Apesar da dimensão populacional em Portugal ter vindo a diminuir e a tendência será a continuação desse decréscimo, as previsões do INE demonstram que a população portuguesa tenderá a concentrar-se nas Áreas Metropolitanas de Lisboa e Porto, como podemos ver na Tabela 1.

Com o aumento da população portuguesa concentrada nas cidades, surge a necessidade de transformar as nossas cidades em *smart cities* e isto é evidente quando se analisa o aumento de candidaturas que tem ocorrido à RENER e os incentivos que o próprio Governo português tem proporcionado para projetos inseridos nesta área².

² vide <https://portugaldigital.gov.pt/promover-servicos-publicos-mais-digitais/territorios-mais-digitais/estrategia-nacional-de-smart-cities/>

Tabela 1- Quadro síntese dos principais resultados, Portugal e NUTS II, 2018 (estimativa) e 2080 (projeção)
(Estatística, 2020)

Quadro síntese dos principais resultados, Portugal e NUTS II, 2018 (estimativa) e 2080 (projeção)													
Portugal e NUTS II	Cenários de projeção	População total		População 0-14 anos		População 15-64 anos		População 65 e mais anos		Índice de envelhecimento		Índice de sustentabilidade potencial	
		2018	2080	2018	2080	2018	2080	2018	2080	2018	2080	2018	2080
		n.º											
Portugal	Baixo	10 276 617	6 057 479	1 407 566	651 215	6 624 826	2 993 225	2 244 225	2 413 039	159,4	371	295,2	124
	Central		8 216 015		1 007 772		4 182 206		3 026 037		300		138
	Alto		10 555 447		1 480 200		5 484 499		3 590 748		243		153
	Sem Migrações		6 905 483		793 690		3 460 908		2 650 885		334		131
Norte	Baixo	3 572 583	1 588 708	458 203	126 653	2 383 191	695 311	731 189	766 744	159,6	605	325,9	91
	Central		2 255 131		227 316		1 064 058		963 757		424		110
	Alto		2 983 862		365 460		1 480 952		1 137 450		311		130
	Sem Migrações		2 190 714		213 347		1 051 986		925 381		434		114
Centro	Baixo	2 216 569	1 071 048	270 525	92 780	1 407 071	495 953	538 973	482 315	199,2	520	261,1	103
	Central		1 515 938		160 646		743 707		611 585		381		122
	Alto		1 996 929		250 476		1 015 215		731 238		292		139
	Sem Migrações		1 278 254		125 324		612 282		540 648		431		113
A. M. Lisboa	Baixo	2 846 332	2 414 065	452 344	324 271	1 772 221	1 310 140	621 767	779 654	137,5	240	285,0	168
	Central		3 096 272		450 757		1 681 434		964 081		214		174
	Alto		3 849 535		621 621		2 086 849		1 141 065		184		183
	Sem Migrações		2 328 801		324 873		1 235 390		768 538		237		161
Alentejo	Baixo	705 478	375 970	88 445	37 988	437 365	183 177	179 668	154 805	203,1	408	243,4	118
	Central		495 189		57 634		247 953		189 602		329		131
	Alto		619 745		83 133		316 223		220 389		265		143
	Sem Migrações		431 980		48 545		215 698		167 737		346		129
Algarve	Baixo	438 864	381 136	65 810	51 033	278 101	206 870	94 953	123 233	144,3	241	292,9	168
	Central		519 766		77 557		283 674		158 535		204		179
	Alto		661 032		107 026		362 221		191 785		179		189
	Sem Migrações		349 727		49 673		185 467		114 587		231		162
R. A. Açores	Baixo	242 846	131 962	38 013	11 600	169 456	63 632	35 377	56 730	93,1	489	479,0	112
	Central		170 969		17 739		83 971		69 259		390		121
	Alto		208 670		24 463		104 100		80 107		327		130
	Sem Migrações		173 657		17 969		87 130		68 558		382		127
R. A. Madeira	Baixo	253 945	94 590	34 226	6 890	177 421	38 142	42 298	49 558	123,6	719	419,5	77
	Central		162 750		16 123		77 409		69 218		429		112
	Alto		235 674		28 021		118 939		88 714		317		134
	Sem Migrações		152 350		13 959		72 955		65 436		469		111

Em 2013, a RENER contou com 46 municípios integrado neste projeto e em 2016, existiram 124 que de forma pró-ativa se inscreveram nesta iniciativa. No universo dos 124 municípios, a amostra dos 40 municípios analisados, 25% apresentou o planeamento dos planos de ação, os próprios planos, bem como as estratégias que haviam sido definidas (Cardoso F. , 2016).

Nos próximos parágrafos são referidos alguns exemplos de inovação tecnológica associados às *smart cities* em quatro municípios portugueses (Águeda, Cascais, Seixal e Viseu).

Águeda tem o seu centro de operações municipais centralizado de uma forma que permite saber em tempo real o número de incidentes da cidade, os que estão a ser tratados, os que irão ser tratados e os que já se encontram resolvidos. De seguida é mensurada a satisfação do munícipe respeitante ao serviço prestado. Ainda existe nesta cidade, sistemas de partilha de bicicletas e contadores inteligentes no centro da cidade (Mallon, Nacionalidade Portuguesa, 2022).

Em Cascais, houve a primeira implementação de iluminação *LED* pública em Portugal, permitindo uma grande economia nos custos com iluminação da cidade. É também uma das poucas cidades portuguesas que possui uma gestão de recolha de resíduos e utiliza, atualmente, um sistema de gamificação³ para incentivar os seus munícipes a reciclarem mais e melhor (Ambiente, 2022). Com esta gestão de recolha de resíduos a cidade conseguiu reduzir o número de camiões que eram utilizados, otimizar as rotas, bem como a frequência de recolhas realizadas em cada contentor, resultando num impacto positivo para a sociedade com a redução de poluição e de emissões de CO₂ (Mallon, 2022).

No Seixal, existem várias iniciativas que denotam que esta cidade é uma *smart city*. Um dos projetos diz respeito à gestão de perda de água (Seixal, 2022) para reduzir o desperdício deste recurso fundamental para a nossa existência, também existe um planeamento e a disponibilização de espaços para hortas urbanas (Seixal, 2022). Ao nível dos serviços de limpeza de ruas, os veículos são 100% elétricos, permitindo desta forma uma redução significativa das emissões de CO₂.

³ Gamificação: processo de melhoria de serviços ou de motivações que tem como foco criar experiências lúdicas e potenciar resultados comportamentais (Hamari et al., 2014)

Em Viseu existem contadores inteligentes de água que permite monitorizar os consumos de cada munícipe à distância para que os mesmos possam agir de forma preventiva e eficaz em caso de irregularidades (Viseu, 2022).

No seguimento do exemplo da gestão de recolha de resíduos inteligente da Câmara Municipal de Cascais, torna-se relevante abordar o tema da gestão de resíduos urbanos.

2.1.3. Gestão de resíduos urbanos

Uma gestão de resíduos mais eficiente, com recurso a tecnologia, pode proporcionar uma melhoria substancial na saúde pública dos munícipes, na sua qualidade de vida e, conseqüentemente, na sua satisfação com a gestão do próprio município.

Segundo a Diretiva Europeia 2018/851, a gestão de resíduos municipais consiste na recolha, tratamento, gestão operacional dos resíduos e melhoria da qualidade do ambiente. Este diploma também considera a variável social na gestão de resíduos, pois, como podemos observar no Gráfico 1, o comportamento dos europeus relativamente à geração de resíduos não é uniforme (European Union, 2018).

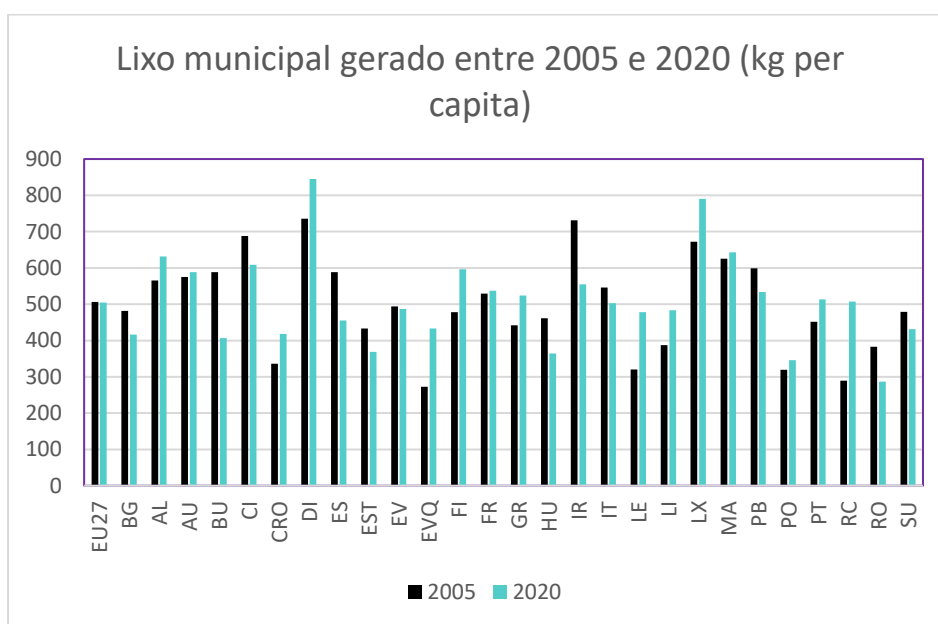


Gráfico 1- Lixo municipal gerado entre 2005 a 2020 (kgs per capita)(OECD;Eurostat, 2005)

Nota: os últimos dados dos países da Estónia, Itália, Áustria, Portugal e Roménia correspondem a 2009. Os dados da Bulgária e Irlanda dizem respeito a 2018.

O Gráfico 1 representa o lixo municipal em quilogramas *per capita* gerado pelos países europeus entre 2005 e 2020. É possível visualizar que neste período o valor de resíduos na União Europeia, de uma forma geral, manteve-se sem grandes alterações. No entanto, dos países representados no gráfico supra, percebe-se que houve uma tendência crescente na produção de resíduos e Portugal confirma essa tendência.

Nestes 15 anos, Portugal teve um crescimento de produção de resíduos de 61 quilogramas *per capita*.

Com estes indicadores é possível concluir que em Portugal produz-se cada vez mais resíduos e que uma boa gestão, uma gestão otimizada, é fundamental para a qualidade de vida em sociedade, principalmente nas grandes cidades.

Analisando a gestão de recolha de resíduos à luz do conhecimento científico, é claro que quando se pesquisa por sistemas de gestão de resíduos são mencionados tópicos como os custos associados, a eficiência do serviço de recolha, a reabilitação e raramente são abordados tópicos como o impacto que este tipo de gestão tem no ambiente bem como na saúde pública (Bányai et al., 2019).

A otimização de um sistema de resíduos é importante para o meio ambiente bem como para a melhoria da qualidade de vida dos munícipes (Likotiko et al., 2017). O impacto positivo para o ambiente consiste num consumo menor de combustível, resultando em custos de combustível inferiores ao expectável e que se traduz numa redução das emissões de gases que destroem a camada do ozono do nosso planeta (Anh Khoa et al., 2020).

Segundo Bányai et al. (2019), a otimização da recolha de resíduos pode reduzir cerca de 14,78% das emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, bem como o consumo energético desperdiçado. Consequentemente, o serviço municipal prestado apresenta índice de maior eficiência e de qualidade.

Khoa et al. (2020), criaram um sistema de gestão de resíduos simples que permitiu a redução do consumo de combustível nos veículos de recolha de resíduos, bem como uma melhoria significativa nos tempos operacionais. O sistema consegue mensurar em tempo real a capacidade de cada contentor, transmitindo os dados à estação central de resíduos através de uma rede *mesh wireless* (Anh Khoa et al., 2020).

A otimização da gestão de resíduos tem necessariamente que ser dividida em duas áreas distintas, mas que acabam por se completar: a tecnologia e a área da logística. Uma boa gestão de resíduos municipais influencia o concelho a nível económico e a nível

ecológico, onde é incluída a saúde pública. A nível económico porque, com a otimização da gestão de resíduos, otimizaram-se as rotas dos camiões que recolhem o lixo, ou seja, houve um encurtamento dos percursos, que resultou numa redução dos custos com combustível. Consequentemente, existindo menos consumo energético e menos emissões de CO₂ por parte dos camiões que recolhem os resíduos, existe menos poluição e menos problemas de saúde associados (Bányai et al., 2019).

No artigo publicado por Likotiko et al. (2017), acerca da otimização da gestão de resíduos com recurso às novas tecnologias podemos encontrar um algoritmo (Dijkstra) que prevê uma redução de 9.93% nos percursos para recolha dos resíduos (Likotiko et al., 2017). Consequentemente, esta redução de rotas impactará naturalmente os custos de circulação dos veículos de recolha bem como o tempo despendido pelos trabalhadores na prestação deste serviço, traduzindo-se num impacto ecológico positivo como referido.

Com uma gestão de resíduos inteligente, é possível extrair uma multiplicidade de dados acerca dos munícipes, tais como os seus padrões de consumo, a sua sensibilidade para as questões ambientais como a reciclagem (se reciclam ou não, o que poderá levar à necessidade de campanhas de sensibilização, por exemplo), de saúde pública (se o depósito dos resíduos é feito de forma minimamente hermética e cuidada), etc.

2.1.4. *Internet of Things (IoT)*

O conceito *Internet of Things* foi criado por Ashton, em 2009, e tem como principal objetivo alargar as “normais” capacidades da internet, acrescentando a conectividade permanente de vários dispositivos de forma remota e permitindo desta forma a partilha dos dados entre esses mesmos dispositivos (Ashton, 2009).

A *IoT* é, de uma forma genérica, um conjunto de objetos físicos que se encontram conectados à internet, sem fios, e compartilham entre si dados (Tsourela & Nerantzaki, 2020).

Deste modo, a *IoT* consiste num sistema em que as tecnologias digitais (sensores, *softwares*) se conectam com objetos físicos (componente físico desenvolvido pelo ser humano para recolher dados ou até mesmo comunicações), permitindo que estes objetos físicos tenham características de computação e que possam comunicar entre si sem interação com o ser humano. Com esta tecnologia é possível que os utilizadores, os

objetos e os processos transmitam dados e informações entre si por forma a garantir o seu objetivo comum, fazer o sistema funcionar como está planeado (Baiyere et al., 2020).

O nível mais básico de utilização desta tecnologia, apenas necessita de um dispositivo com microchip e uma antena para realizar as comunicações, com o recurso de *RFID*, cada dispositivo pode possuir um número indentificador único, como por exemplo, um endereço IP (Gubbi et al., 2013).

O principal objetivo da *IoT* é a eficiência e a inovação, oferecendo uma conectividade dos dispositivos em qualquer lugar e em tempo real (Tsourela & Nerantzaki, 2020).

Atualmente os *chips* com *RFID* encontram-se no quotidiano da sociedade de uma forma constante e inconsciente. Segundo o *Cisco Internet Business Solutions Group*, em 2008, já existiam mais dispositivos com a tecnologia *IoT* do que seres humanos na Terra (Diehn, 2022).

Esta informação pode parecer um pouco chocante mas se for considerada a quantidade de dispositivos necessários para uma simples viagem de metro, por exemplo, acaba-se por normalizar a declaração inframencionada.

Numa viagem de metro são usados imensos dispositivos, começando pelo bilhete comprado (que tem um identificador que permite saber se o portador desse bilhete pode circular no metro), só assim o bilhete abre as cancelas dos terminais do metro (portanto as próprias cancelas também têm dispositivos para lerem os bilhetes válidos e os inválidos e os sensores que permitem perceber se a pessoa ainda está a passar pela cancela ou não), bem como as portas dos carris (que também sabem se há uma pessoa entre as portas e se houver, as portas abrem automaticamente). Também é possível encontrar a *IoT* noutras áreas de negócio mais abrangentes como a segurança interna (com a leitura da autenticação dos passaportes) ou até mesmo na pecuária (onde os animais possuem um *chip* para que seja possível saber onde é que os mesmos se encontram em tempo real) (Gao & Bai, 2014).

No quotidiano da sociedade ocidental, cada pessoa tem, no mínimo, um *smartphone*, tem na sua casa (mesmo não sendo uma *smart home*), a sua *smart TV*, o seu *smart watch* ou balança digital que conecta com o telemóvel. Esta inteligência que foi sendo dada aos dispositivos resulta numa melhoria na nossa qualidade de vida, mas também numa resposta mais eficiente e eficaz das empresas nas suas respostas de marketing, por exemplo.

Esta tecnologia auferir benefícios para os seus utilizadores bem como para os seus gestores devido ao seu impacto eficiente (Uckelmann et al., 2011), por exemplo, com os frigoríficos inteligentes que controlam os alimentos e reestruturam as mercadorias de forma autónoma (Gusmeroli et al., 2010).

Por outro lado, a aplicabilidade e utilização desta tecnologia resulta numa geração de dados na ordem do *zettabytes*⁴ (Shim et al., 2019) que tem de ser comunicada entre os diversos sistemas e tecnologias de forma exímia para não comprometer a veracidade dos dados, posteriormente tratada e analisada.

Considerando o trabalho realizado pela comunidade científica acerca deste tema, é possível encontrar as questões primordiais da *IoT*, como a arquitetura desta tecnologia e a interoperabilidade (Tan, 2010). Também é possível encontrar na literatura os problemas que esta tecnologia poderá acarretar, como a heterogeneidade, a identificação dos dispositivos, bem como a escalabilidade da internet (Haller et al., 2009).

A *IoT* possui tantas oportunidades como desafios e, como tal, é necessário ter atenção aos riscos que os utilizadores desta tecnologia (Shim et al., 2019) podem estar sujeitos, nomeadamente às questões de segurança.

Numa *smart city* existe uma grande variedade de serviços complexos e com características diferentes, onde é fundamental garantir que todos estes serviços comunicam de forma segura e correta entre si.

A importância da *IoT* na operacionalização das *smart city* acarreta um tema bastante relevante, a segurança e o seu papel no combate às ameaças a que estas cidades poderão estar expostas (Ijaz et al., 2016).

A segurança nos sistemas de informação, mais propriamente nos sistemas das *smart city*, tem como principal objetivo garantir que a informação e os dados gerados na cidade se encontram protegidos de ataques, fraudes, vírus, bem como outras atividades maliciosas.

A segurança torna-se fundamental porque toda a infraestrutura da cidade encontra-se permeável a ataques maliciosos e com a interoperabilidade existente entre os diversos sistemas (físicos, virtuais, internos, externos) acaba por ser um pré-requisito para que o município aceite esta tecnologia, *IoT*, no seu quotidiano (Ijaz et al., 2016) porque estes

⁴ Corresponde a 1180591620717411303424 bytes. Vide: <https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/zettabyte>

sistemas extraem dados sensíveis dos munícipes (Elmaghraby & Losavio, 2014) (Kuan Zhang, 2017).

A preocupação de garantir segurança aos munícipes deve ser uma preocupação dos gestores das *smart city*, dos fornecedores dos sistemas utilizados por estas e também dos próprios munícipes. A utilização dos *smartphones* são uma ferramenta essencial da infraestrutura da *IoT* porque acabam por dar acesso aos sistemas e serviços das *smart cities*. No entanto, devido à sua importância, estes aparelhos eletrónicos são um dos principais atrativos para os *hackers*⁵ lançarem um vírus porque acabam por estar permeáveis às ameaças, muitas vezes, por falta de conhecimentos de segurança por parte dos seus utilizadores (Ijaz et al., 2016).

A segurança da informação numa *smart city* terá inevitavelmente de ser o máximo infalível possível (Ijaz et al., 2016). No entanto, a generalidade dos sensores e dispositivos utilizados neste tipo de cidades têm uma capacidade computacional limitada, como tal o tipo de criptografia aplicada é de algoritmia simples (Alomair & Poovendran, 2014) (Jing et al., 2014) e, conseqüentemente, a sua capacidade de comunicação de dados é residual, bem como a sua capacidade de armazenamento de informação, de bateria e conseqüentemente de processamento (Sehgal et al., 2012).

Devido ao reduzido poder computacional dos dispositivos inteligentes é difícil garantir que a informação trocada pelos diferentes dispositivos e *softwares* não é violada durante o seu percurso transacional de dados, por vezes, nem mesmo com recurso a *firewalls* é possível garantir esta segurança (Cui et al., 2018).

É relativamente comum os dispositivos inteligentes utilizados na *IoT* serem alvos de ameaças à sua segurança quando existem atualizações desses mesmos dispositivos ou *softwares* (Kitchin, 2016). A apropriação dos dados confidenciais e sensíveis produzidos pelos moradores das *smart city* pode ocorrer através dos fornecedores dos próprios dispositivos (Cui et al., 2018).

Para garantir que aos requisitos de segurança e privacidade dos munícipes de uma cidade inteligente são cumpridos, deverá existir uma análise em cinco dimensões diferentes, são elas a privacidade de identidade, privacidade de consulta, privacidade de

⁵ Hackers: pessoas com conhecimento informático que têm como principal atividade descobrir ilegalmente falhas em sistemas ou até aceder a redes de forma não autorizada. Vide: <https://dicionario.priberam.org/hacker>

localização, privacidade da sua pegada digital e a privacidade do proprietário dos dados (Piro et al., 2014) (Naphade et al., 2011).

Para que essa análise seja bem-sucedida é importante fazer um levantamento das ameaças às infraestruturas fundamentais à *smart city* para tentar garantir que não existem problemas relacionados com a integridade e resiliência dos dados gerados e, conseqüentemente assegurar que a privacidade e segurança desses mesmos dados são cumpridas. Neste sentido, é fulcral que os dados sensíveis estejam devidamente protegidos contra eventuais ataques que comprometam a integridade dos dados e dos serviços da *smart city*, por exemplo, se um sistema de saúde sofrer uma ameaça que altere a integridade dos dados dos pacientes dessa unidade de saúde pode pôr em causa várias vidas humanas (Solanas et al., 2014).

Em relação à privacidade dos munícipes é importante abordar-se o impacto que as redes sociais têm no que diz respeito às questões de segurança da informação e até mesmo da privacidades dos seus utilizadores, pois a segurança e a privacidade são facilmente comprometida devido à inserção de dados sensíveis nessas plataformas (Martinez-Balleste et al., 2013).

No que diz respeito às comunicações inteligentes, as telecomunicações são uma peça fulcral neste tipo de cidades e como tal é considerada uma infraestrutura crítica por ser vulnerável a ataques de privacidade e/ou maliciosos, a vírus ou até mesmo fraudes. As comunicações inteligentes mencionadas dizem respeito às interações entre o ser humano e a máquina bem como as comunicações entre máquinas que resultam na oferta de um serviço que é prestado ao munícipe (Wan J. L., 2012).

Atualmente as TIC têm um papel fundamental nas comunicações inteligentes que são realizadas e, como tal, deve existir uma preocupação no sentido de desenvolver soluções inteligentes que salvaguardem as questões de segurança que são mencionadas ao longo deste capítulo.

Neste sentido, a solução mais utilizada para a partilha de informação entre os vários *end points*⁶ nas *smart cities* é o *IEEE*, cuja a arquitetura é constituída por sensores sem fio (Wireless Sensor Networks) e onde estão refletidas algumas preocupações de segurança, como ataques que comprometem a confidencialidade, integridade dos dados, degradação da largura de banda que pode afetar o curso da informação e existir uma

⁶ É uma extremidade de um canal de comunicação.

apropriação indevida da mesma, acessos indevidos e ataques *DNS* que podem colocar não só um serviço mas todo o sistema em baixo (Sanchez et al., 2014).

Existem vários autores na comunidade científica que apresentam as suas soluções para tornar as *smart cities* mais seguras, de seguida estão refletidas três soluções, uma focada numa arquitetura centralizada em *cloud*⁷, outra respeitante à autenticação e por último, mas não menos importante, uma solução baseada em *Blockchain*⁸.

Segundo Suciú et al. (2013), uma arquitetura baseada em *cloud* para *IoT* é o mais adequado e seguro para uma *smart city*. Os autores sugerem uma *framework*⁹ criada por eles, que permite gerir todos os serviços *cloud* existentes nessa arquitetura de forma automática e centralizada (Suciú G., 2013).

A biometria pode ser uma das soluções para provir segurança a uma *smart city* no que diz respeito à vulnerabilidade de ataques maliciosos e fraudes (Ijaz et al., 2016).

Segundo Sharma et al. (2018), a *IoT* não é suficiente para cumprir os requisitos de segurança deste tipo de cidades e, como tal, criaram a sua própria solução. A solução destes autores consiste numa arquitetura distribuída onde agrega os benefícios proveniente da *Blockchain*, *Fog Computing*¹⁰ e *SDN*. Desta forma, os autores conseguem garantir os requisitos fundamentais (resiliência, eficiência, escalabilidade e segurança) das cidades inteligentes (Sharma et al., 2018).

Deste modo, é possível concluir que estas cidades têm uma necessidade vital de garantir a segurança e um dos caminhos será, sem dúvida, garantir uma autenticação inequívoca e em tempo real dos seus municípios para minimizar a probabilidade das ameaças à segurança dos seus dados.

Apesar de existirem diversas estratégias e mecanismos que foram sendo desenvolvidas ao longo dos últimos anos para maximizar a segurança nas *smart cities*, é facilmente perceptível que ainda existe um longo percurso a ser feito para garantir que todos os requisitos de segurança estão cumpridos e esta tarefa acaba por ser complexa, pois o

⁷ *Cloud*: consiste em servidores cujo seu acesso é feito através da internet, bem como o acesso à base de dados desses servidores. Vide: https://www.cloudflare.com/learning/cloud/what-is-the-cloud/?__cf_chl_tk=dzzVccRTrH2_hcFTR.v4VPxTA2qIvoiEmPs2DaJRKdg-1659389255-0-gaNycGzNCOU

⁸ *Blockchain*: O seu principal objetivo é desenvolver um ambiente descentralizado onde nenhuma parte dos intervenientes tenha o controlo efetivo das transações e dos dados (Yli-Huumo et al., 2016).

⁹ *Framework*: uma ferramenta desenvolvida para auxiliar nos processos.

¹⁰ *Fog Computing*: aglomera as virtudes do edge computing e da cloud, permite a conexão entre diferentes dispositivos IoT em tempo real e reduz a necessidade do uso de banda larga.

desenvolvimento e disponibilização dos dispositivos inteligentes ocorre de forma mais rápida à validação da segurança.

2.1.5. *IoT* na gestão da recolha de resíduos

As *smart cities* necessitam que as suas infraestruturas sejam relativamente recentes e adequadas para que possam permitir a comunicação entre os diversos dispositivos necessários para a boa gestão de recolha de resíduos e, por isso, quando se fala de *smart cities* torna-se inevitável abordar a *IoT* (Limba et al., 2020).

“*While digital technology + digital technology = fast evolution, and digital technology + non-digital technology + required additional digitalization infrastructure = long evolution*” (Limba et al., 2020).

Este autor pretende transmitir a ideia que a rápida evolução ocorre com a incrementação de tecnologia digital, por outro lado, quando existe tecnologia digital em concorrência com a não digital torna-se evidentemente necessária a digitalização das infraestruturas para materializar a longa evolução adjacente.

Nos últimos anos a gestão de resíduos, na maioria dos sítios do nosso planeta, não tem acompanhado a evolução da tecnologia e, como tal, torna-se extremamente importante associar a gestão de resíduos a um sistema de gestão que assenta na *IoT* (Chaudhari & Bhole, 2018).

As cidades estão cada vez mais complexas na sua gestão e as mudanças rápidas que ocorrem nela acabam por ser resultado da rápida e constante evolução tecnológica que é vivida, é neste sentido que se torna fundamental a implementação, desenvolvimento e manutenção da *IoT* nas *smart cities* (Ijaz et al., 2016).

Na comunidade científica existem duas grandes abordagens no que diz respeito à otimização da gestão de resíduos. Uma abordagem mais direcionada para a criação e desenvolvimento de algoritmos baseados em troca em arco ou de algoritmos de troca de nós com o objetivo de resolverem os problemas com as rotas das recolhas de resíduos para proporcionar uma boa logística. A outra abordagem científica consiste na criação de casos de estudo que relacionam diversos tipos de recolha de lixo e dos problemas existentes na sua gestão, onde se analisam e comparam os efeitos da tecnologia, da

logística, dos recursos humanos das políticas reguladoras e os aspetos sociais da população (Bányai et al., 2019).

A *IoT* pode ser uma grande mais-valia, por exemplo, no uso de contentores de lixo inteligentes, cujo objetivo será tornar a gestão de recolha de lixo mais eficiente e inteligente, reduzindo o custo de recolha do lixo e as emissões de CO₂ (Zanella et al., 2014); bem como no consumo de energia na cidade, ou seja, se existir informação detalhada acerca da quantidade de energia que é consumida, em que períodos há maior e menor consumo, em que sectores e de que forma este consumo pode ser otimizado. Para que estes objetivos sejam cumpridos é necessário ter uma arquitetura de sistema de gestão de recolha .inteligente bem definida, como por exemplo **Figura 2**.

A gestão de resíduos numa *smart city* precisará de ser transparente, flexível, eficiente e ecológica. Tendencialmente a gestão de resíduos com recurso às novas tecnologias é desenvolvida tendo como missão a otimização dos métodos de trabalho existentes e a sua eficiência; no entanto, existem outras condições que devem ser cumpridas, tais como a ecologia com auxílio da tecnologia e os aspetos sociais (Bányai et al., 2019).



Figura 2- Arquitetura de um Sistema de Gestão de Resíduos em Cloud (Bányai et al., 2019)

Numa *smart city*, que recorre a *IoT*, cada *thing*, ou seja, “coisa”, tem necessariamente o seu sistema computacional embebido que consegue interoperar com a infraestrutura da internet (Ijaz et al., 2016).

A *IoT* acarreta uma imensidão de oportunidades, permitindo que novos serviços se possam conectar a mundos físicos e/ou virtuais (Komninos et al., 2011). Esta tecnologia permite que vários dispositivos possam comunicar entre si e no contexto das *smart cities* permite que os municípios tenham serviços adequados e adaptados às suas realidades.

Com recurso à tecnologia *IoT* é possível mapear o melhor percurso de recolha de resíduos com base na necessidade de recolha ou não dos contentores. A inteligência associada à escolha do melhor percurso com base nesta necessidade só é possível utilizando não só os sensores colocados em cada contentor, mas também a *Google Maps API* (Chaudhari & Bhole, 2018).

A *IoT* possibilita a conexão constante entre pessoas e coisas, em qualquer lado e a qualquer hora (Likotiko et al., 2017), ou seja, a *IoT* permite a comunicação entre pessoas em qualquer parte do mundo através de dispositivos, entre pessoas e máquinas e possibilita também a comunicação entre máquinas sem a necessidade de intervenção humana.

Para existir uma cidade inteligente e conectada é fundamental garantir que há um bom sinal de *RFID* ou *wireless* ao longo de toda a cidade. No caso particular da gestão de resíduos, a existência de *GPS* nos camiões permite perceber se existe a possibilidade de otimização das rotas e ainda de que forma poderão, ou não, enfrentar mais atrasos devido a situações de trânsito, encaminhando os condutores para o melhor caminho tendo em conta a informação transmitida em tempo real pelo *GPS* (Thürer et al., 2019).

A otimização das rotas de recolha de resíduos pode ser conseguida através de uma análise cuidadosa onde se verifique a existência de um padrão no comportamento de consumo dos municípios, que mensure a capacidade em tempo real dos contentores, o nível de humidade dos mesmos para não proporcionem odores (Chaudhari & Bhole, 2018) e evitar a criação de ambientes que possam colocar a saúde pública em causa.

Consequentemente, e com base nestas informações, torna-se fundamental conhecer qual a melhor rota para cada dia da semana com base na capacidade dos contentores para não colocarmos a saúde pública em causa, não reduzirmos o nível de satisfação dos municípios e, não menos importante, conseguirmos ter um impacto positivo no nosso ecossistema.

Para que tal seja possível é necessário recorrer a *IoT*, ou seja, os contentores terão necessariamente que ter sensores que transmitam, em tempo real, a informação da

localização do mesmo, da sua capacidade e da humidade existente. Esta informação deverá ser partilhada com os serviços centrais que definem as rotas através de *GPRS*, por exemplo (Arebey et al., 2011).

Por forma a cumprir os objetivos inframencionados deve-se assegurar que a arquitetura dos sistemas de informação compreendem os sensores de todos os contentores e a rede para garantir que a informação gerada é transmitida para outros sistemas de informação, ou seja, que os dados gerados pelos sensores 24 horas por dia, todos os dias, e as necessidades do negócio em si são partilhadas por e para esses sistemas (Drenoyanis et al., 2019).

Para evitar a existência de contentores cujos sensores não estão a funcionar torna-se importante ter um sistema de alarmística com *logs*¹¹ que permita fazer essa validação. O sistema de alarmes deve ser acionado caso um contentor não comunique com a central num período superior a duas horas e a central recebe a ocorrência através de uma notificação no seu *smartphone* (Zhang et al., 2021).

Com base na revisão da literatura efetuada, rapidamente se conclui que nos estudos realizados pela comunidade científica é comum encontrarmos referência a contentores inteligentes com sensores que controlam a capacidade do mesmo através da mensuração do peso, a humidade relativa no interior do contentor e a temperatura. Estes dados são recebidos por sistemas embebidos, que os vão comunicar a outros sistemas, como é o caso de um *smartphone* ou um *PDA*. Ou seja, a informação gerada pelos sensores é partilhada com outros sistemas através de *RFID*, por exemplo, chegando à central que trata e analisa os dados por forma a otimizar a gestão das rotas (Likotiko et al., 2017).

Relativamente à otimização da gestão de recolha de resíduos é fundamental abordar a tecnologia utilizada nos caixotes e como os dados chegam até à central que gere toda esta informação. Também é importante conhecer as rotas realizadas pelos motoristas para ser possível otimizá-las e, para isso, torna-se fulcral que todos os veículos de recolha de resíduos tenham um dispositivo de *GPS* (Likotiko et al., 2017).

O principal desafio na implementação da *IoT* é essencialmente a conectividade entre os diversos sistemas: o sistema utilizado pelos sensores tem de comunicar com segurança e qualidade de rede (Govindasamy & Punniakody, 2018) com o sistema embebido que

¹¹ *Logs*: processos de registo de eventos importantes para um sistema de computação, normalmente consistem em ficheiros utilizados para a monitorização dos sistemas.

posteriormente terá que passar a informação gerada para um sistema *web*, por exemplo, para que os dados possam ser tratados e analisados de forma segura (Naoui et al., 2017); para que, no fim, seja possível a otimização da gestão de recolha de resíduos.

Um dos grandes desafios das *smart cities* diz respeito à *cyber security*¹², nomeadamente da partilha dos dados dos cidadãos e o aumento das ameaças e das vulnerabilidades das bases de dados públicas (Ijaz et al., 2016).

Uma boa gestão de resíduos será o resultado de um ponto ótimo entre a satisfação do munícipe no que diz respeito à recolha dos resíduos e o impacto ambiental que essa mesma gestão poderá e deverá ter (Likotiko et al., 2017). Para que todo o sistema funcione, é fundamental ter acesso à internet para viabilizar a comunicação entre sistemas, pensar na segurança informática para que não existam ataques e manipulação da informação, e uma fonte de energia, entenda-se a capacidade energética necessária para alimentar os sensores que estarão sites nos contentores (Likotiko et al., 2017).

2.2. Aceitação da tecnologia

2.2.1. Technology Acceptance Model (TAM)

Para estudar o nível de aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos no concelho de Almada e do Seixal recorreu-se ao *TAM*, pelo que é fundamental a conceptualização do modelo por forma a justificar a escolha do mesmo neste estudo.

O *TAM* foi introduzido na comunidade científica por Davis em 1986 e desde então tem sido amplamente utilizado na área tecnológica nas últimas décadas. Este modelo é usado nas TIC para antecipar o comportamento das pessoas no que diz respeito ao uso ou não de uma aplicação, por exemplo (Chen et al., 2011).

O *TAM* introduziu, com o seu surgimento, dois novos conceitos na comunidade científica: a utilidade percebida e a facilidade de uso que é percebida pelos utilizadores da tecnologia (Alturas, 2021).

A utilidade percebida corresponde, de uma forma genérica, à crença que o uso da ferramenta/sistema de informação implica um incremento de desempenho. Por outro lado,

¹² Segurança de computadores.

a facilidade de uso percebida assenta na crença de que a ferramenta ou sistema de informação não implica esforço para o utilizador (Davis, 1986).

Tanto a utilidade percebida como a facilidade de uso percebida impactam de forma positiva a relação do sucesso de um sistema de informação, ou seja, se uma pessoa considerar que uma aplicação é simples de usar é muito provável que continue a consultar e a recorrer a essa mesma aplicação, garantindo o sucesso da mesma (Chen et al., 2011).

Estes dois conceitos inserido no *TAM* não estão completamente dissociados, pois se um indivíduo compreende que um sistema de informação é fácil de utilizar, que isso não acarreta esforço para si, então, consequentemente, a usabilidade da ferramenta/sistema de informação é assegurada (Chen et al., 2011), tal como é demonstrado na Figura 3.

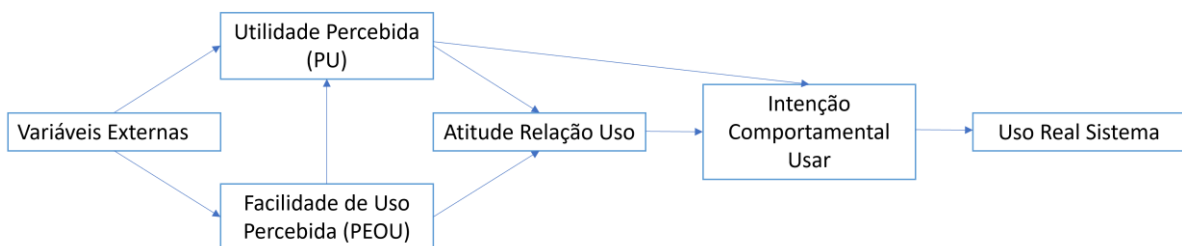


Figura 3- Modelo de Aceitação da Tecnologia (Davis, 1986)

Neste sentido, será feito um pequeno enquadramento acerca da evolução do TAM. Em 1995, Taylor e Todd desenvolvem a eficácia do modelo com o seu upgrade *TAM-TPB* (Taylor & Todd, 1995). Posteriormente, Venkatesh e Davis desenvolveram o *TAM2* no ano 2000 (Venkatesh & Davis, 2000). No entanto, passados três anos Venkatesh propõe a Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia (Venkatesh et al., 2003).

Hofman defende que todo o processo de mudança requer uma relação interdependente entre a tecnologia, a cultura organizacional e o modelo de gestão de mudança utilizado, fator muito importante na previsão do modelo *TAM* (Orlikowski, W., Hofman, 1997).

Em 2007, Lin desenvolve mais um pouco o modelo, desafiando a literatura ao sugerir o nível de prontidão associado ao modelo de aceitação da tecnologia (Lin et al., 2007).

Dois anos mais tarde, Miller-Seitz surge com uma nova teoria, na comunidade científica, prevendo a preocupação com a segurança informática nas empresas para entender como a tecnologia *RFID* seria aceite ou não pelo cliente. Este modelo foi testado

não só a nível académico, mas também ao nível de aplicações com valor de mercado, onde concluíram que é um modelo com bastante qualidade e que estatisticamente tem um grande nível de eficácia (Chen et al., 2011).

O *TAM* tem sido utilizado na vertente académica como suporte a teorias e modelos de investigação, bem como no mundo empresarial dos sistemas de informação. Apesar da fiabilidade do modelo e da experiência acumulada que este foi adquirindo, torna-se fundamental validar os resultados quando estamos a trabalhar com uma realidade específica, como é o caso da gestão de recolha de resíduos, e/ou tecnologias diferentes que impactem a utilização de um sistema de informação por parte dos utilizadores (Hu et al., 2015).

Na comunidade científica existem imensos trabalhos de investigadores que abordam o *TAM* como um fator crítico de sucesso para as TIC, devido à sua eficácia na previsão do comportamento do utilizador. Este modelo contém três grandes dimensões: o indivíduo, a tecnologia e o contexto organizacional (Hu et al., 2015). Analisando estas três variáveis fundamentais do modelo conseguimos explicar e/ou prever a aceitação do utilizador perante um determinado sistema de informação.

Com o passar do tempo e com base nos casos de estudo que têm sido desenvolvidos na comunidade científica, podemos afirmar que a utilidade é fundamental e é um componente consciente para os utilizadores usarem a tecnologia; por outro lado a facilidade do uso é algo inconsciente e com um impacto de importância mais reduzida, ou seja, a intenção de utilizar uma determinada ferramenta ou aplicação tem uma força maior do que a dificuldade em usar essa aplicação (Hu et al., 2015).

Tem-se verificado que desde a apresentação do *TAM* por Davis foram surgindo melhorias ao modelo. Alguns exemplos são a mensuração da utilidade percebida com propriedades psicométricas (Adams et al., 1992), a confiabilidade dessa mesma utilidade (Hendricks, A., Collins, 1996) e a avaliação das escalas de medição para *TAM* (Segars et al., 1993).

Segundo Hartwick, é relevante testar os resultados teóricos, especialmente quando o grupo de utilizadores tem contextos organizacionais diferentes, contactos dispare com a tecnologia ou até mesmo se coexistirem várias tecnologias (Hartwick & Barki, 1994).

O *TAM* é o modelo mais utilizado no âmbito dos sistemas de informação e acaba por ser o que tem maior influência. O seu objetivo é perceber qual o comportamento do indivíduo na utilização de um sistema de informação (Lee et al., 2003).

Ao longo dos anos têm sido realizados muitos estudos que sustentam a previsibilidade e a explicação do comportamento dos utilizadores através do *TAM*, incluindo as medidas psicométricas. Estas medidas são muito utilizadas para perceber o comportamento do utilizador, neste caso, a sua aceitação ou não da tecnologia, existindo um vasto repositório de estudos e casos de estudo que comprovam esta teoria (Hu et al., 2015).

Como todos os modelos, também o *TAM* tem as suas limitações espelhadas na Tabela 2.

Tabela 2- Símula das Limitações do TAM (Lee et al., 2003)

Limitações	Explicação	Exemplos
Uso auto-relatado	Não mediu o uso real	(Venkatesh & Davis, 2000)
IS único	Usar apenas um único sistema de informação para pesquisa	Venkatesh (1999)
Amostras estudantis	Impróprio para refletir o ambiente do trabalho real	Agarwall and Karahanna (2000)
Assuntos únicos/restritos	Apenas uma organização um departamento, alunos MBA	Karahanna and Straub (1999)
Estudo de seção transversal apenas uma vez	Realizado principalmente com base em estudos de seleção cruzada	Karahanna et al. (1999)
Mensurar problemas	Baixa validade ou medida recém-desenvolvida, usa escalas de item único	Agarwall and Prasad (1998)
Tarefa única	Não granular as tarefas e testá-las com o IS de destino	Mathieson (1991)
Pontuação baixa de variância	Não explicou adequadamente a causa do modelo	Igbaria et al. (1997)
Situações obrigatórias	Não classificou situação obrigatória e voluntária, nem assumiu situação voluntária	Jackson et al. (1997)
Outras	Tamanho pequeno da amostra, curto tempo de exposição ao novo SI, algumas considerações de diferença de cultura, viés de auto-seleção	Gefen and Straub (1997)

Devido à aplicabilidade deste modelo em vários estudos durante várias décadas, tem-se verificado que existe um grande nível de qualidade e confiabilidade nos seus resultados estatísticos (Legris et al., 2003a).

O modelo *TAM* original precisa de ser melhorado porque existem alguns resultados que são convergentes, o mesmo acontece com a versão mais recente pois não foi possível, até à 2003, obter uma percentagem superior a 40% em estudos relacionados com sistemas de informação (Legris et al., 2003b).

A Figura 4 diz respeito ao *TAM2* e comparando com a Figura 3 é perceptível a evolução que este modelo sofreu.

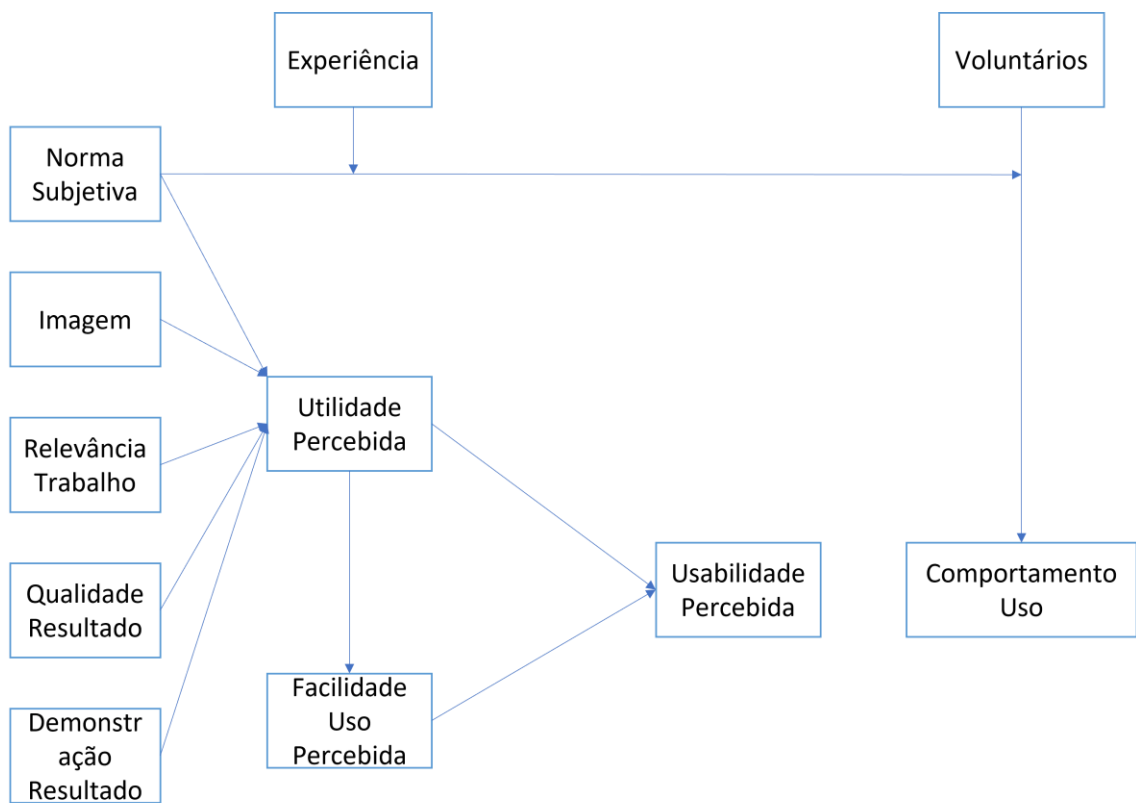


Figura 4- TAM 2 (Legris et al., 2003a)

Conclui-se que o *TAM* auxilia na descoberta e na definição de diferentes perspectivas, como por exemplo, a perspectiva dos clientes versus a perspectiva de desenvolvimento tecnológico. Com este conhecimento as empresas conseguem adequar os seus produtos e interfaces, criando uma melhor experiência para o utilizador e com menos riscos (Chen et al., 2011).

A Figura 5 reflete a evolução cronológica do modelo ao longo de quase 20 anos, considerando os autores que contribuíram para a melhoria do mesmo.

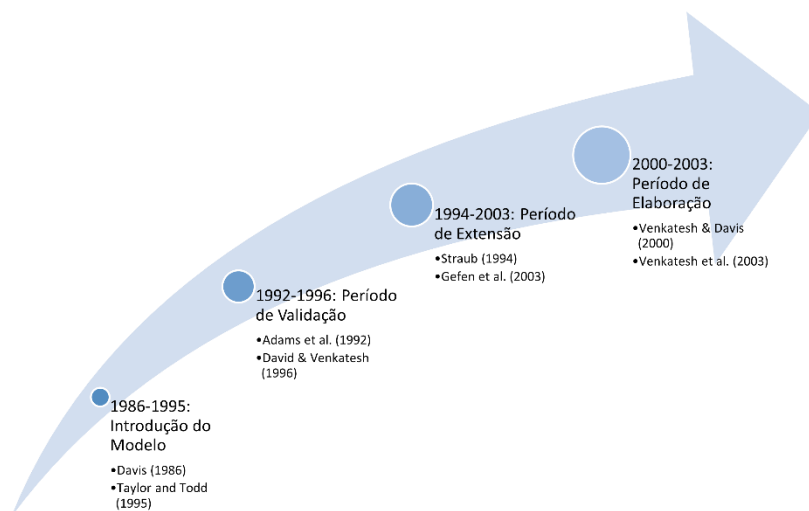


Figura 5 - Evolução Cronológica dos Estudos do TAM (Lee et al., 2003)

Nos subcapítulos seguintes é possível encontrar as várias fases do *TAM*, como por exemplo, o Modelo de Introdução, o Período de Validação, Período de Extensão e o Período de Elaboração.

2.2.2. Aplicação do *TAM*

Depois do surgimento dos sistemas de informação nas organizações, a aceitação que esta novidade (os sistemas de informação) iria ter por parte dos utilizadores passa a ser uma preocupação acrescida para quem a implementa, acabando por despertar bastante curiosidade dentro do seio académico (Lee et al., 2003).

Existiu, nesta fase do modelo, uma aliança entre as forças da comunidade científica e as dos profissionais da área tecnológica para definirem os principais fatores que afetam as crenças e comportamentos dos utilizadores para a concordância do uso de um sistema de informação; bem como o que contribui para que os utilizadores, possam ter renitência em utilizar esse mesmo sistema de informação (Lee et al., 2003).

No seguimento desta aliança surge a *TRA* que explica que existe uma correlação entre o utilizador final e a comunidade em que ele está inserido e que, conseqüentemente, acaba por justificar a capacidade de aceitar ou não as novas tecnologias (Ajzen et al., 1980).

Na comunidade científica, o *TAM* foi aplicado a vários tipos de tecnologias, situações distantes e cenários de pesquisa, com o principal objetivo de validar cientificamente o modelo e compará-lo com o *TRA* (Lee et al., 2003).

Adams et al. (1992) testaram o *TAM* em cinco tecnologias completamente diferentes (processadores de texto, gráficos, folhas de cálculo, e-mail e v-mail¹³) e verificaram a consistência do *TAM* na explicação do comportamento dos utilizadores no que respeita à aceitação dos sistemas de informação (Lee et al., 2003).

Em 1993, Davis testou o seu próprio estudo, utilizando um e-mail e um editor de texto com um focus grupo de 112 trabalhadores e concluiu que ambas as tecnologias eram bem-sucedidas (Davis, F., 1993).

Hubona e Cheney (1994) compararam o *TAM* ao *TPB* e concluíram que o *TAM*, ao nível empírico, atinge resultados ligeiramente superiores, pois ainda que seja um modelo mais antigo, continua a ser uma preferência porque é mais simples, fácil de aplicar e preponderante na explicação da aceitação das tecnologias por parte dos utilizadores (Hubona & Cheney, 1994).

No ano seguinte, Taylor e Todd compararam os mesmos modelos num estudo com 786 alunos e concluíram que o *TPB* decomposto resultou numa explicação mais completa dos resultados, pois o foco de estudo era o *trade-off* entre o poder que a explicação pode ter e a sua complexidade. O *TPB* aumentou a variância até 2% do uso e 8% da intenção do uso, incrementando ainda sete variáveis à sua explicação; enquanto o *TAM* se focou nas duas abordagens por nós bem conhecidas, a intenção do uso e a facilidade do uso (Lee et al., 2003).

Segundo Davis et al., “à medida que as barreiras técnicas desaparecem, um fator fundamental de aproveitamento desse poder em expansão da tecnologia da computação será a nossa capacidade de criar aplicações que as pessoas estejam dispostas a utilizar” (Davis, 1989) (Alturas, 2021).

Período de Validação

Os estudos que ocorreram neste período incidiam essencialmente no poder dos instrumentos do *TAM* e concluíram que os mesmos eram preponderantes, sólidos, confiáveis e válidos. Mesmo quando os investigadores utilizavam o *TAM* para estudarem

¹³ V-mail tipo de correio utilizado pelas forças armadas dos Estados Unidos da América para minimizar o volume e o peso da correspondência, pois a correspondência era em microfilme (Smithsonian National Postal Museum, 2022).

outras realidades e outros contextos, verificavam que os instrumentos se mantinham válidos (Lee et al., 2003).

Citando: “*no absolute measure for those constructs exist across varying technological and organizations context...Measurement models must be rigorously assessed and, if necessary, respecified*” (Segars & Grover, 1993).

Período de Extensão

Ao longo deste período ocorreram alguns avanços na comunidade científica no que diz respeito ao *TAM* e ao aumento do entendimento das relações casualísticas entre as crenças e acontecimentos anteriores (Lee et al., 2003).

Período de Elaboração

O resultado do desenvolvimento da investigação realizado pela comunidade científica, neste período, delimitou descobertas importantíssimas de *PEOU* e *PU*; no entanto o *TAM* continuou como uma teoria forte, sendo uma referência basilar para estudos que foram desenvolvidos, dando origem ao *TAM2* (Lee et al., 2003).

Segundo Gao & Bai (2014), a *PEOU* consiste no grau em que o utilizador acredita que o uso da tecnologia será gratuito, o que pode explicar certas oscilações na variação da utilidade percebida; e a *PU* diz respeito ao nível que o utilizador considera que a aplicabilidade da tecnologia em estudo aumentará a sua performance (Gao & Bai, 2014).

2.2.3. Aceitação da tecnologia *IoT*

A aceitação da tecnologia por parte do utilizador sempre foi uma informação importante para quem gere sistemas de informação (Bandyopadhyay & Bandyopadhyay, 2010), (Mathieson, 1991).

Visto que a *IoT* é uma tecnologia recente na área das TIC torna-se relevante usar o *TAM* como base de investigação para conhecer qual a aceitação dos utilizadores perante esta tecnologia (Gao & Bai, 2014).

O *TAM*, devido aos seus anos de estudo empírico, é o modelo que deve ser considerado na aceitação desta tecnologia, *IoT*, devido também ao facto de expor de forma clara e

detalhada a variação da aceitação dos utilizadores da tecnologia bem como os mais variados contextos no uso e adoção da *IoT* (Park, Roman, Lee, & J.E, 2009).

A aceitação da *IoT* assenta em aspetos tecno-psicológicos e a explicação da sua aceitação deve considerar aspetos cognitivos, comportamentais, tecnológicos e afetivos para garantir que a implementação desta tecnologia é bem-sucedida (Prayoga & Abraham, 2019).

Para o sucesso da aceitação de uma tecnologia é muito importante saber o impacto que as crenças dos utilizadores têm na aceitação dessa mesma tecnologia. Como tal é fundamental, para que a aceitação da *IoT* seja de acordo com o desejável, que os profissionais da *IoT* saibam até que ponto existe uma correlação entre as crenças dos utilizadores e da aceitação da *IoT* e, desta forma, definirem planos para atraírem os seus utilizadores (Gao & Bai, 2014).

Segundo o estudo sobre os fatores que influenciam a aceitação da *IoT*, de Gao & Bai (2014), conclui-se que a perceção da utilidade, facilidade de uso da *IoT*, controlo comportamental da tecnologia, prazer do uso e a influência social são as variáveis que influenciam diretamente a intenção de uso deste tipo de tecnologia. Também concluíram que a utilidade é o fator que mais impacto tem nos potenciais utilizadores desta tecnologia, posteriormente surgem os determinantes secundários como a facilidade de uso, a confiança e o prazer (Gao & Bai, 2014).

Na faixa etária dos 20 e os 34 anos existe uma enorme permeabilização social dos utilizadores. Esta informação é relevante e deverá ser considerada quando o *target* é a população com este intervalo etário. Por outro lado também é importante que os utilizadores considerem a utilização desta tecnologia como engraçada para existir uma perpetuação do seu uso (Gao & Bai, 2014) (Tsourela & Nerantzaki, 2020).

Existem investigadores que consideram que os principais entraves à aceitação da *IoT* são os problemas associados à segurança e privacidade (Hancke, Markantonakis, & Mayes, 2010).

Com base no estudo de Tsourela & Nerantzaki (2020) acerca do comportamento dos consumidores em relação a produtos e aplicações *IoT*, existem várias variáveis que podem influenciar a aceitação desta tecnologia, para além das já conhecidas (a utilidade percebida, a facilidade de uso, a atitude) tais como a ciberesiliência, os instrumentos

cognitivos (a racionalização de adotar ou não esta tecnologia) e a influência social, inframencionada (Tsourela & Nerantzaki, 2020).

Contudo, podemos concluir que para a adoção da *IoT* é fundamental que os seus utilizadores a percecionem como fácil de usar e que essa utilização não acarreta um esforço acrescido no seu quotidiano. Deste modo, *IoT* será percecionada pelos seus utilizadores como útil (Venkatesh & Davis, 2000).

2.3. Aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos de Almada e do Seixal

O município do Seixal tem tido um crescimento gradual de habitantes/km² e como tal torna-se fundamental provir esta cidade de uma gestão de resíduos mais eficiente.

Segundo o Pordata (PORDATA, 2022), nos últimos 61 anos o concelho do Seixal tem-se vindo a aproximar paulatinamente do top 10 dos concelhos com mais habitantes/km² em Portugal, devido essencialmente à sua proximidade com a capital, Lisboa.

Em 1960, o Seixal encontrava-se no 55º lugar das cidades com mais habitantes/km², em 1981 no 17º lugar, em 2001 no 13º, em 2011 no 12º e as previsões para 2021 constataam uma negação desta tendência de aproximação ao top 10, onde encontramos o Seixal no 102º lugar do ranking.

Apesar das previsões de 2021 apresentarem constatações um pouco contraditórias com o inframencionado, para quem vive no concelho sente que as infraestruturas criadas neste município já não correspondem às necessidades efetivas dos seus habitantes.

Deste modo, os munícipes possuem serviços municipalizados menos eficiente que afetam a sua qualidade de vida. É neste sentido que a gestão de recolha de resíduos com recursos a *IoT* tornará este serviço mais eficiente, ecológico e adequado às necessidades efetivas dos seus munícipes.

No entanto, antes de ser apresentada qualquer proposta de arquitetura de uma solução tecnológica, é fundamental analisar como é que os munícipes do concelho do Seixal percecionam a utilização e o uso da *IoT* na gestão de recolha de resíduos no seu município e será esse o foco deste trabalho.

Capítulo 3 – Metodologia

3.1. Desenho de investigação

A investigação deste estudo assenta numa metodologia mista, qualitativa e quantitativa.

Na metodologia qualitativa foi realizada a revisão da literatura e entrevistas aos gestores dos serviços municipalizados de Abrantes e de Almada.

Por outro lado, na metodologia quantitativa foram partilhados questionários com os munícipes de Almada e do Seixal para posteriormente ser aplicado o *TAM*.

No que concerne à abordagem qualitativa, mais propriamente à revisão da literatura foi feito um levantamento dos conceitos fundamentais para este estudo tendo por base o conhecimento científico. Relativamente às perguntas das entrevistas, estas foram baseadas na revisão da literatura. O objetivo da realização das entrevistas foi conhecer a perspetiva e a realidade de quem contacta diariamente com a gestão de recolha de resíduos.

No que diz respeito à abordagem quantitativa, foram realizados questionários construídos com base na revisão da literatura respeitante ao *TAM* e nas entrevistas realizadas aos Serviços Municipalizados de Abrantes e à Câmara Municipal de Almada.

Na construção dos questionários, foram definidos dois modelos de questionários semelhantes, sendo que um deles destina-se aos munícipes de Almada e o outro ao do Seixal. Surgiu a necessidade de criar dois modelos de questionários porque Almada já tem uma gestão inteligente de recolha de resíduos e o Seixal não. Também se achou interessante perceber o impacto que este tipo de implementação teve no quotidiano da população de Almada.

As perguntas dos questionários encontram-se organizadas por seis grandes grupos, o dos dados biográficos, da satisfação dos munícipes em relação à gestão de recolha de resíduos do seu concelho, a percepção da utilidade da *IoT* neste tipo de serviço municipal, a intenção de uso, a percepção da facilidade do uso e a atitude destes habitantes perante uma gestão de recolha de resíduos com recurso a *IoT*.

As perguntas nos questionários têm normalmente uma escala com sete níveis, de acordo com o sugerido por Davis para a aplicação do *TAM* (Davis, 1989).

A escolha do *TAM* deveu-se ao facto de ser um modelo com um grande nível de maturidade e consistência. Este modelo já foi usado, testado e modificado por muitos investigadores e pretende, essencialmente, perceber os motivos que influenciam os munícipes de Almada e do Seixal a aceitarem a *IoT* para a gestão de recolha de resíduos dos seus municípios.

3.2. Objetivos de investigação

A verificação do cumprimento dos objetivos deste estudo foi feita através dos resultados dos questionários realizados no Seixal e em Almada.

No decorrer deste subcapítulo serão referenciadas as questões realizadas aos munícipes do concelho de Almada (Apêndice B) e do Seixal (Apêndice C).

Os objetivos em estudo neste trabalho são os seguintes:

1. Validar o nível de aceitação da utilização da *IoT* na gestão de recolha de resíduos nos concelhos do Seixal e de Almada;

A *IoT* na gestão de recolha de resíduos em Almada era algo que já se encontra em vigor mas este estudo tentou perceber o impacto que esta tecnologia teve nas suas vidas, com as perguntas 14 e 15 do questionário aplicado em Almada (Apêndice E).

Para a validar o nível de aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos no Seixal foram construídas as questões 8, 9, 10 e 11 (Apêndice D) e com base na resposta dadas pelos munícipes concluiu-se que de facto os mesmos aceitam a implementação desta tecnologia.

2. Perceber de que forma a escolaridade pode afetar a aceitação a novas tecnologias;

Para ser possível responder a este objetivo foram analisadas duas perguntas em ambos os concelhos. A primeira pergunta foi obviamente respeitante ao nível de escolaridade dos munícipes e posteriormente uma outra pergunta alusiva à perceção dos mesmos no que respeita à implementação das TIC na gestão de recolha de resíduos.

No questionário de Almada, foram criadas as perguntas quatro para ser possível analisar o nível de académico dos inquiridos e a 15 (Apêndice E) para analisar a recetividade dos mesmos na aceitação das TIC na gestão de recolha de resíduos.

No questionário do Seixal, as perguntas criadas para serem extraídos os resultados pretendidos para este objetivo foram as questões cinco (relativamente ao nível de escolaridade) e a nove (a perceção da aceitação das TIC nesta área dos serviços municipais) do Apêndice D.

3. Compreender a não implementação da *IoT* no Seixal.

Para ser possível chegar ao cumprimento deste objetivo, foi criada a questão sete do questionário do Seixal para analisar qual o nível de satisfação dos munícipes deste concelho relativamente à gestão de recolha de resíduos.

Capítulo 4 – Análise e discussão dos resultados

4.1. Recolha de dados

A recolha de dados foi dividida em três fases distintas, a primeira fase trata-se de uma fase exploratória, a segunda respeitante à materialização da metodologia qualitativa e a última fase, à metodologia quantitativa.

Na primeira fase, foi feito um levantamento da literatura que serviria de base à revisão da literatura. Este passo foi fulcral para conhecer os conceitos fundamentais para o desenvolvimento deste estudo, bem como para a construção das fases seguintes.

Na segunda fase foi feita a revisão da literatura, que serviu de base para a construção e realização das entrevistas aos serviços municipais de Abrantes e de Almada, bem como para a construção dos questionários que foram aplicados nos municípios de Almada e do Seixal.

O objetivo da aplicação das entrevistas era saber qual a perspetiva e as principais preocupações de quem gere estes serviços e, neste sentido, perceber porque é que Abrantes e Almada já implementaram um sistema de gestão de recolha de resíduos inteligente e o Seixal não.

Assim sendo, houve uma tentativa de contactar os gestores dos serviços responsáveis pela recolha de resíduos de Abrantes, Almada e Seixal. Após várias tentativas de contacto apenas foi possível reunir as respostas de Abrantes e Almada, pois o Seixal até à data ainda não respondeu ao guião de entrevista que lhe fora endossado.

O objetivo de aplicar os questionários nos concelhos de Almada era compreender se os moradores deste município se encontram satisfeitos com a recolha de resíduos inteligente e o impacto que o sistema de gestão de resíduos inteligente teve nas suas vidas.

Relativamente à aplicabilidade do questionário no Seixal, o objetivo era perceber o nível de satisfação dos munícipes no que diz respeito à gestão de recolha de resíduos do concelho e conhecer o nível de aceitação da população a um sistema de gestão inteligente aplicado a esta realidade.

Posteriormente, seguiu-se a terceira e última fase, a fase respeitante à metodologia quantitativa, onde teve lugar a aplicabilidade dos questionários à população de Almada e Seixal e o tratamento dos dados provenientes do questionário.

Esta terceira fase teve uma duração de três meses. Os dois primeiros meses correspondem ao período em que o questionário esteve disponível online para que os munícipes dos concelhos de Almada e do Seixal pudessem responder.

Para a obtenção de respostas para estes questionários foi utilizada a técnica de amostragem da bola de neve com recurso às redes sociais Facebook, Instagram, LinkedIn e WhatsApp.

Nos próximos subcapítulos é possível conhecer os relatórios das entrevistas realizadas e a análise das respostas aos questionários.

4.1.1. Fase qualitativa

4.1.1.1. Relatório da entrevista com diretor-delegado dos serviços municipalizados de Abrantes

A entrevista ocorreu com o engenheiro Ricardo Aparício, atual diretor-delegado dos serviços municipalizados de Abrantes, no passado dia cinco de janeiro de 2022, utilizando o guião de entrevista (Apêndice A).

O Engenheiro Ricardo declarou que o vetor que contribuiu para a decisão de implementar um sistema de gestão inteligente de recolha de resíduos na cidade de Abrantes deveu-se essencialmente à oportunidade que a mesma auferiu de ter métricas que permitam analisar futuras melhorias no serviço prestado; de otimizar os recursos (humanos, equipamentos); como consequência direta otimizar também as rotas de recolha, tendo como objetivos a boa gestão do erário público e o impacto ambiental; e, por último, mas não menos importante, melhorar a qualidade de vida dos munícipes.

Após pouco tempo depois da introdução da plataforma que iria introduzir uma gestão de recolha de resíduos mais eficiente e eficaz e que traria um impacto positivo no quotidiano dos munícipes de Abrantes, os serviços municipalizados deparam-se com um problema que acabou por colocar a entrada em produção efetiva em causa.

Os serviços municipalizados detetaram que existiam alguns problemas no sistema implementado e comunicaram com o fornecedor para a resolução desse problema, mas devido ao infortuno e à instabilidade proveniente do surto pandémico que vivemos desde 2020, a manutenção dos dispositivos acabou por não ter sido realizada na sua plenitude.

Consequentemente, as métricas que foram apuradas numa fase embrionária do projeto acabaram por não ser, nesta fase, suficientes para se alargar o processo a todo o parque de contentores do concelho.

4.1.1.2. Relatório da entrevista com chefe de divisão de limpeza urbana da Câmara Municipal de Almada

A entrevista ocorreu com a engenheira Ana Campos, chefe de divisão de limpeza urbana da Câmara Municipal de Almada, no passado dia 26 de janeiro de 2022, utilizando o guião de entrevista (Apêndice B).

A Câmara Municipal de Almada implementou um sistema inteligente para a gestão de recolha de resíduos em 2020 com a empresa MOBA. Até à data da entrevista, o município de Almada possuía 12 viaturas com sistema Monitor Operand, *GPS* e batoneira de incidências; bem como 5500 contentores com sistemas *RFID* e georreferenciados.

A engenheira Ana Campos declarou que a motivação para a implementação de um sistema de gestão inteligente de recolha de resíduos pode ser motivados por vários fatores, nomeadamente necessidades técnicas e operacionais, a otimização dos seus recursos (humanos e de equipamentos), a oportunidade de melhorar e/ou garantir a qualidade do serviço prestado aos munícipes.

Apesar de existir “sempre margem para a otimização”, o serviço de recolha de resíduos da Câmara Municipal de Almada já se encontra bastante otimizado no sentido em que quando efetuam o planeamento das rotas, consideram os seus recursos humanos, operacionais, o tráfego rodoviário e as condições meteorológicas.

Atualmente as suas viaturas conseguem operar com contentores à superfície, enterrados e semienterrados, rentabilizando assim as rotas.

Segundo a senhora engenheira, a gestão de resíduos inteligente tem impacto ao nível económico, nomeadamente da gestão da despesa pública; ao nível social, criando mais qualidade de vida aos munícipes e torna o concelho visualmente mais agradável; bem como ao nível ambiente, pois com uma recolha otimizada, existe inevitavelmente uma redução da poluição.

A aceitação desta tecnologia no concelho de Almada foi positiva na perspetiva dos munícipes, mas para a implementação destes sistemas é necessário investimento na formação dos seus trabalhadores e nas campanhas de sensibilização dos munícipes.

4.1.2. Fase quantitativa

Nos trabalhos académicos, é preferível e aconselhável selecionar um universo de estudo reduzido ao invés de uma amostra representativa da população, por exemplo. A escolha desse universo reduzido vai permitir trabalhar os dados com maior facilidade e clareza. Também é desejável para ter como resultado final uma boa investigação, mesmo com dados e conclusões limitadas, do que uma investigação com uma grande quantidade dos dados mas ainda assim fraca no seu conteúdo (Hill & Hill, 2008).

A fase quantitativa neste estudo reflete a construção, implementação dos questionários, bem como a recolha, tratamento e análise das respostas. Na construção dos questionários houve uma pesquisa prévia na revisão da literatura acerca das questões que devem ser colocadas para utilização do *TAM*.

Deste modo, os questionários foram criados com base na revisão da literatura e chegou-se à conclusão que faria sentido dividir o questionário em seis grupos distintos. No primeiro grupo encontram-se os dados biográficos, seguindo-se do grupo de perguntas que vai considerar a satisfação dos inquiridos relativamente à tecnologia *IoT*; posteriormente seguem-se a perceção da utilidade, a intenção do uso, a perceção da facilidade do uso e, por último, mas não menos importante, a atitude.

O tipo de amostragem utilizada foi a amostra não probabilística da “bola de neve” *online* por apresentar uma taxa de sucesso de respostas de questionários superiores às de questionários por telefone ou até mesmo presencial (Szolnoki & Hoffmann, 2013).

4.2. Tratamento dos dados

4.2.1. Processo de amostragem

Os questionários foram partilhados de forma individual, numa fase inicial, para os contactos mais diretos dos autores do estudo via *WhatsApp* e *Messenger*, posteriormente foram feitas publicações periódicas nas suas redes sociais como *Facebook*, *Instagram* e *LinkedIn*. Desta forma, foi possível obter as 100 respostas no concelho de Almada e 209 no concelho do Seixal.

A plataforma de disponibilização dos questionários utilizada foi o *Qualtrics* e foi possível obter respostas desde o dia 23/02/2022 até ao dia 30/04/2022. De seguida foi

feita a extração dos dados provenientes das respostas obtidas para serem trabalhados no *software* SPSS.

No SPSS foi feita a limpeza e tratamento das respostas para ser possível analisar os dados.

Para a análise dos dados dos questionários aplicados no Seixal fez-se uma análise fatorial de componentes principais, alfa de Cronbach, o teste de KMO e a correlação de Person. Os componentes utilizados na correlação de Person foram divididos em quatro grupos com base nas suas relações, ficando o primeiro componente a dizer respeito à FUP, o segundo à UPO da gestão de recolha de resíduos, o terceiro à IU da *IoT* na gestão de recolha de resíduos inteligente, o quarto, e último, à UPT (Davis & Venkatesh, 1996).

No entanto, para os questionários de Almada apenas foi possível realizar-se uma análise descritiva pois este município já tem uma gestão recolha de resíduos inteligente.

Após a construção dos questionários, estes foram testados num ambiente controlado de quatro pessoas residentes no concelho Seixal e duas do concelho de Almada, com idades compreendidas entre os 28 e os 60 anos.

O tipo de amostragem utilizada para obtenção de respostas dos questionários foi o da “bola de neve”, que é um tipo de amostra não probabilística que funciona em rede e que é muito utilizado com questionários que são partilhados nas redes sociais por terem uma elevada taxa de sucesso (Szolnoki & Hoffmann, 2013).

A amostra desta investigação corresponde aos habitantes dos concelhos de Almada e do Seixal, com idades compreendidas entre os 18 anos e os 74 anos. Os questionários estiveram disponíveis na internet cerca de dois meses e no total foram obtidas 100 respostas em Almada e 209 no Seixal.

Tendo por base os Sensos 2021, verifica-se que a população residente em Almada ronda os 174030 e no Seixal, 158269 e, deste modo, é possível verificar que a amostra representativa de Almada corresponde a 0,0564% e a do Seixal a 0,1255%.

4.2.2. Caracterização da amostra

Para este estudo foram seleccionadas duas amostras dos munícipes dos concelhos de Almada e o do Seixal devido ao facto de Almada oferecer uma recolha de resíduos inteligente aos seus munícipes e o Seixal não ter seguido ainda esta tendência.

Assim sendo, considerou-se pertinente criarem-se dois questionários com objetivos e perfis distintos.

O questionário de Almada foi criado para os munícipes de Almada manifestarem a sua satisfação relativamente à gestão de recolha de resíduos do seu município e se têm conhecimento da existência de como é prestado este tipo de serviço; por outro lado, o questionário do Seixal teve como objetivo compreender a satisfação dos seus munícipes respeitante à gestão de recolha de resíduos, compreender a importância que os mesmos dão à implementação de uma gestão de recolha de resíduos inteligente e se aceitariam um projeto neste sentido.

De seguida serão analisados os resultados obtidos através do questionário aplicados aos residentes do Seixal e de Almada.

4.2.3. Análise dos resultados dos questionários

Neste capítulo é possível encontrar toda a análise relativa aos dados extraídos dos questionários nos municípios de Almada e do Seixal. Para uma melhor perceção do trabalho analítico. Este mesmo capítulo encontra-se dividido em dois subcapítulos (4.2.2.1. e 4.2.2.2.) que consistem na análise fatorial e correlacional, respetivamente.

4.2.3.1. Análise Fatorial

Tendo por base os dados extraídos dos questionários foi feita uma análise fatorial onde foram analisadas algumas perguntas feitas em ambos os concelhos, de Almada e do Seixal. Essas questões relacionam-se com o género, faixa etária, nível de escolaridade, satisfação dos munícipes em relação à recolha de resíduos do seu concelho, se consideram que a gestão de recolha de resíduos inteligente permite ter taxas de gestão de resíduos mais justas e, por último, a perceção da aceitação das TIC na gestão de recolha de resíduos.

Assim sendo, e tendo por base as questões supramencionadas, é possível constatar a análise fatorial comparativa realizada nos dois municípios que têm vindo a ser mencionados.

4.2.3.1.2 Género

Tendo por base os resultados extraídos dos questionários aplicados aos residentes dos concelhos de Almada e do Seixal, será realizada uma análise comparativa relacionada com o género dos inquiridos que participaram nos questionários de ambos os concelhos.

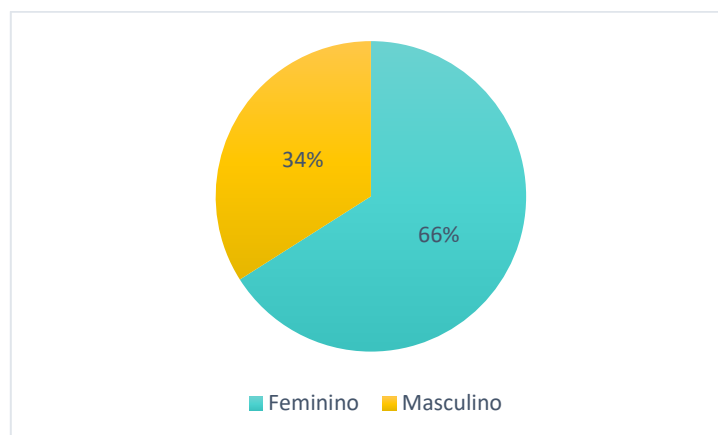


Gráfico 2 - Distribuição por género (Almada)

Com base na análise do Gráfico 2 conclui-se que a esmagadora maioria dos inquiridos são do género feminino, 66% (N=66) e apenas 34% (N=34) do género masculino.

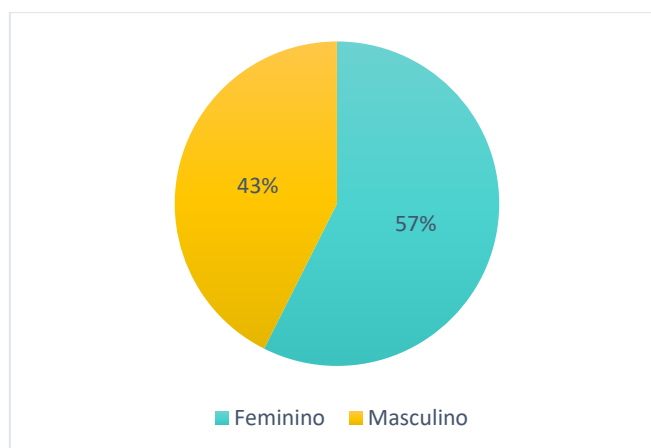


Gráfico 3 - Distribuição por género (Seixal)

O Gráfico 3 reflete a percentagem do género dos inquiridos do Seixal e, neste sentido, é possível concluir que a maioria dos inquiridos é do sexo feminino, com 57% (N=120) e 43% do sexo masculino (N=89).

Percebe-se assim que em ambos os concelhos a maioria dos participantes dos questionários correspondem ao género feminino.

5.2.3.1.2 Faixa etária

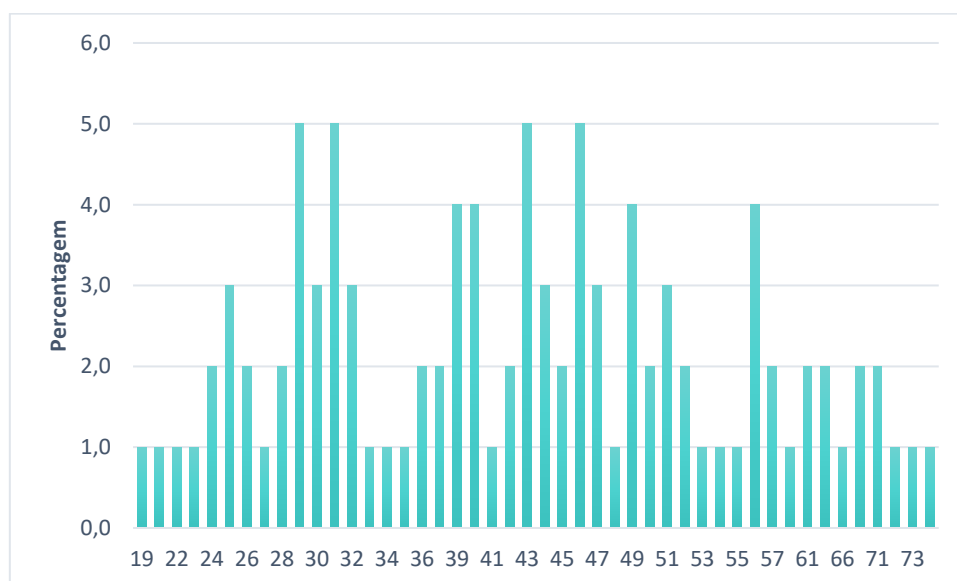


Gráfico 4- Distribuição dos inquiridos por idade (Almada)

Observando o Gráfico 4, verifica-se que a idade dos inquiridos de Almada está num intervalo compreendido entre os 19 e os 74 anos, sendo a média de idades os 43,04 anos.

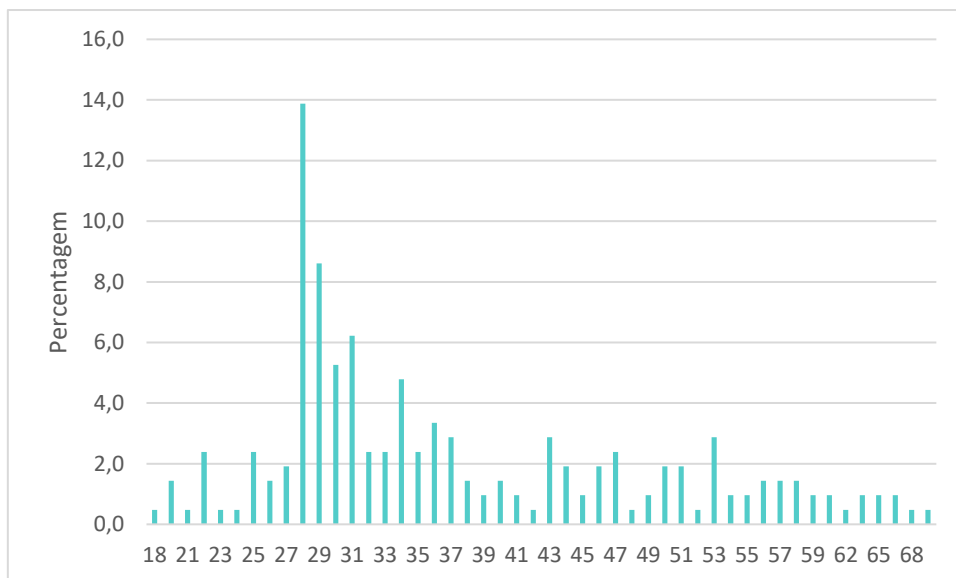


Gráfico 5 - Distribuição dos inquiridos por idade (Seixal)

No Gráfico 5 é possível verificar que a idade dos inquiridos do Seixal se encontra num intervalo compreendido entre os 18 e os 70 anos, sendo a média de idades de 37,33 anos.

Deste modo, consta-se que a média de idades dos inquiridos é mais baixa, em 5,71 anos, no concelho do Seixal do que no de Almada.

6.2.3.1.2 Nível de escolaridade

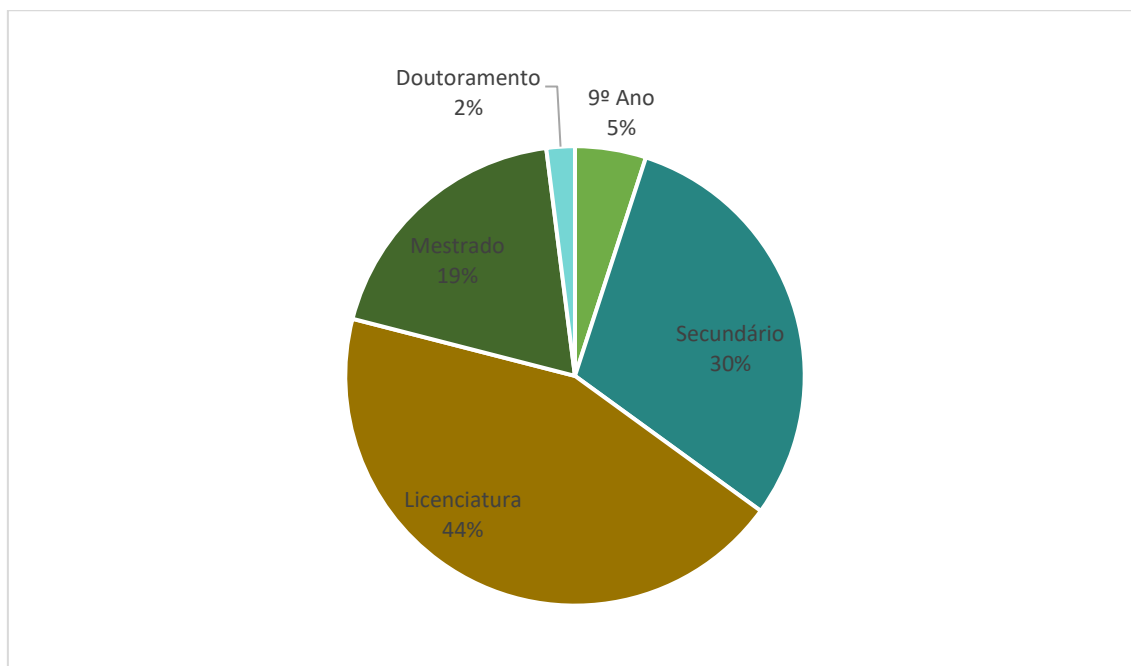


Gráfico 6 - Distribuição dos inquiridos por nível de educação (Almada)

No Gráfico 6 verifica-se que a média (4,83) dos inquiridos de Almada possuem a licenciatura. Também pode-se observar que apenas 2% dos munícipes concluíram o doutoramento. Em contrapartida, a maioria dos inquiridos, com 44% (N=44) tirou uma licenciatura.

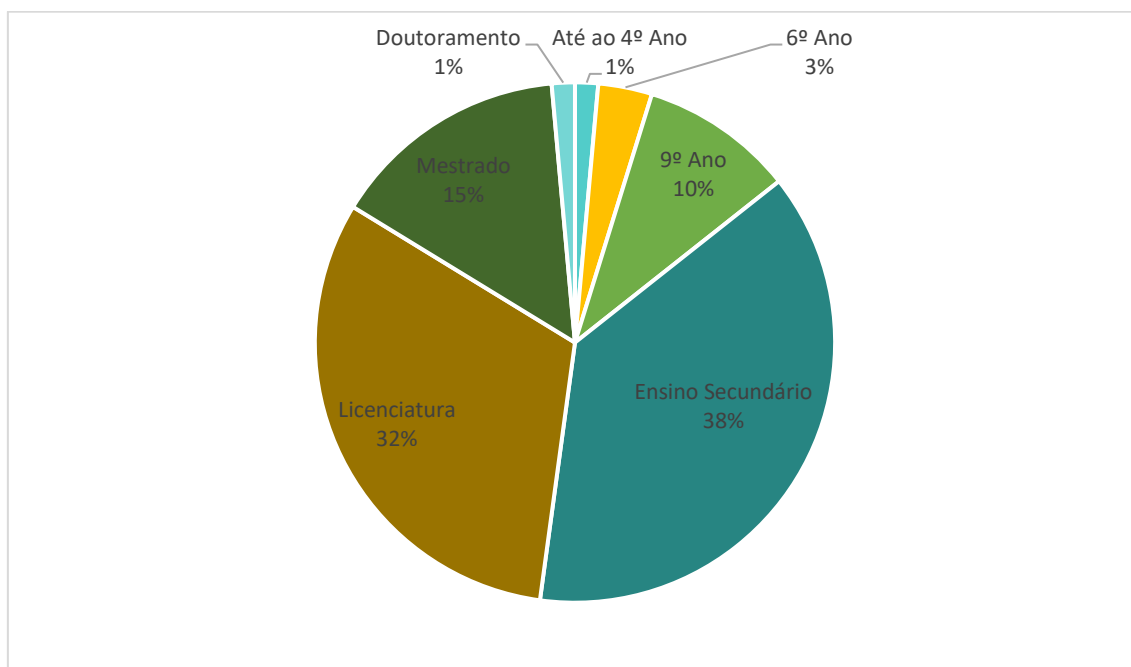


Gráfico 7- Distribuição dos inquiridos por nível de educação (Seixal)

Relativamente à escolaridade dos inquiridos do Seixal e tendo por base o Gráfico 7, é possível verificar que a média (4,45) dos inquiridos possui o ensino secundário.

O 2º ciclo do ensino básico e o 3º ciclo do ensino superior são os níveis de escolaridade que apresentam menor percentagem, 1% (N=3). Por outro lado, a maior percentagem dos inquiridos possui o ensino secundário, com 38% (N=79).

Assim sendo, pode-se verificar que os inquiridos do concelho de Almada têm, em média, um nível académico superior aos do Seixal, pois a média dos inquiridos de Almada possuem licenciatura e os do Seixal o ensino secundário.

7.2.3.1.2 Satisfação com a recolha de resíduos nos municípios

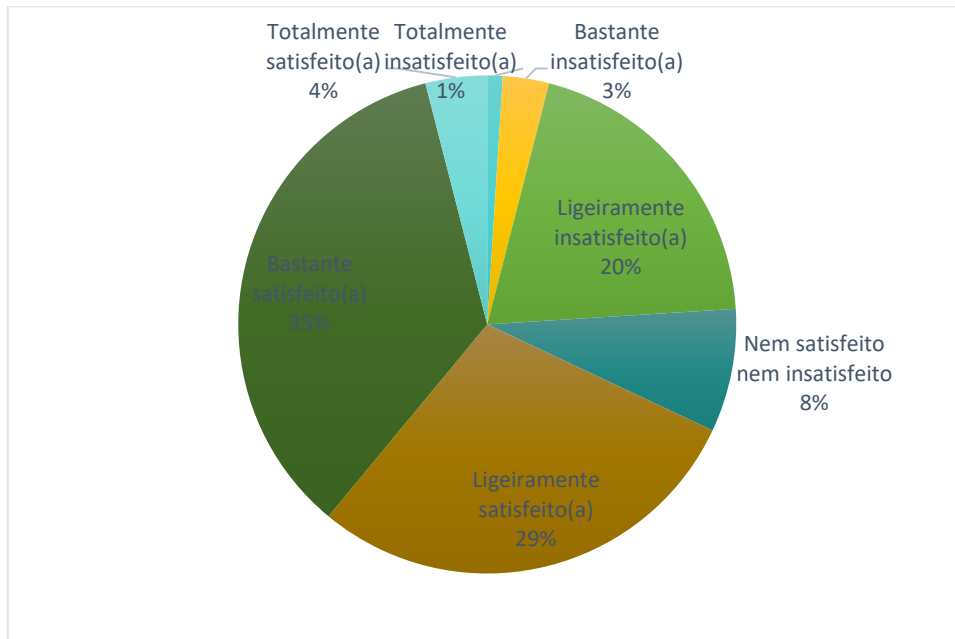


Gráfico 8 - Experiência com a recolha de resíduos (Almada)

Analisando o Gráfico 8, é possível apurar que a média (4,82) dos inquiridos de Almada responderam que se encontram “Ligeiramente satisfeito(a)” com a recolha de resíduos no seu concelho. Também é possível observar que a maior percentagem dos inquiridos, 35% (N=35), respondeu que se encontra bastante satisfeito e que apenas 1% (N=1) respondeu que se encontra “Totalmente insatisfeito(a)”.

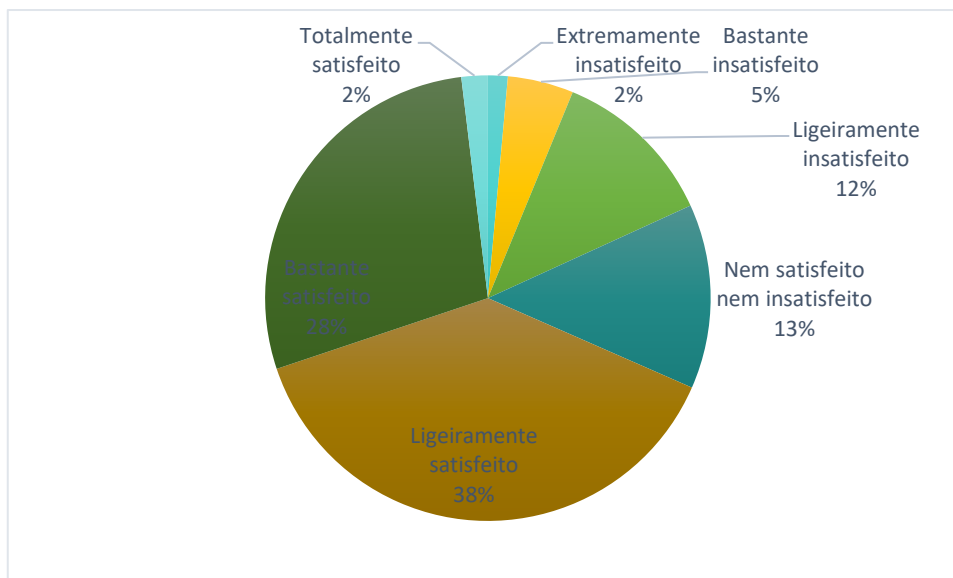


Gráfico 9- Experiência com a recolha de resíduos (Seixal)

Analisando o Gráfico 9, é possível apurar que em média (4,75) os inquiridos do Seixal responderam que se encontram ligeiramente satisfeitos com a gestão de recolha de resíduos no município. Também se verifica que a opção de resposta com maior adesão foi “Ligeiramente satisfeito(a)”, com 38,3% (N=80). Em contrapartida, a resposta com menor adesão foi a “Extremamente insatisfeito”, com 1,4% (N=3).

Deste modo, conclui-se que tanto a média de respostas é igual em ambos os concelhos como com o valor mínimo de respostas corresponder à opção “Extremamente insatisfeito(a)”, verificando-se apenas uma ligeira diferença nos valores mais altos de respostas dadas, em Almada, os inquiridos optaram mais pela opção “Bastante satisfeito(a)”, com 35% e o Seixal pela “Ligeiramente satisfeito(a)”, com 38,3%.

8.2.3.1.2 Taxa de gestão de resíduos mais justa

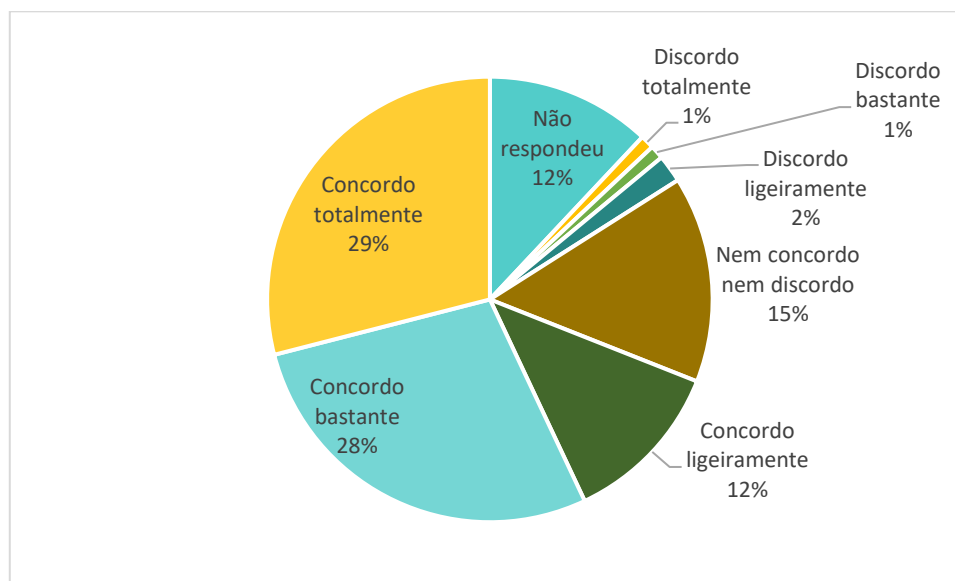


Gráfico 10 - Taxa de gestão de resíduos justa (Almada)

Tendo por base o Gráfico 10 verifica-se que a média (5) dos inquiridos de Almada optaram pela resposta “Concordo ligeiramente” que a gestão de recolha de resíduos inteligente permite obter uma taxa de gestão de resíduos mais justa. Também é possível constatar que estes inquiridos de concordam totalmente, em 29% (N=29), com a premissa anterior. No entanto, as respostas com menor adesão foram as “Discordo totalmente” ou “Discordo bastante”, com 1% (N=1). Também é possível observar que 12% (N=12) das pessoas não responderam a esta pergunta.

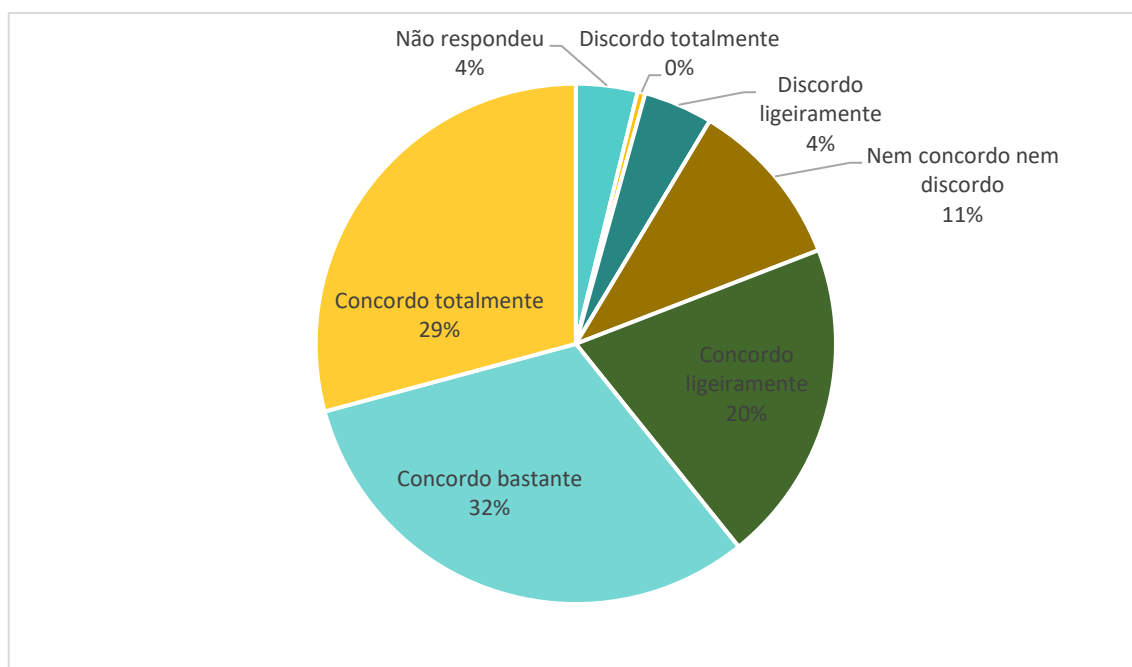


Gráfico 11 - Taxa de gestão de resíduos justa (Seixal)

Analisando o Gráfico 11, é possível constatar-se que a média (5,50) das respostas obtidas no concelho do Seixal foi de que concordam bastante que a gestão de recolha de resíduos inteligente proporciona uma taxa de gestão de resíduos mais justa. Verifica-se ainda neste gráfico que opção de resposta mais seleccionada foi “Concordo bastante”, com 32% (N=66) e por outro lado, a opção menos respondida foi a “Discordo totalmente”, com 1% (N=1). O absentismo a esta questão corresponde a 3,8% (N=8).

Conclui-se assim que os questionários aplicados no concelho do Seixal tiveram menos absentismo do que os aplicados em Almada, com uma diferença de 8,2%. Em ambos se verifica que a menor percentagem de respostas diz respeito a “Discordo totalmente” e em relação à maior percentagem em Almada foi a opção “Concordo totalmente” e no Seixal “Concordo bastante”.

9.2.3.1.2 Perceção da aceitação das TIC na gestão de recolha de resíduos

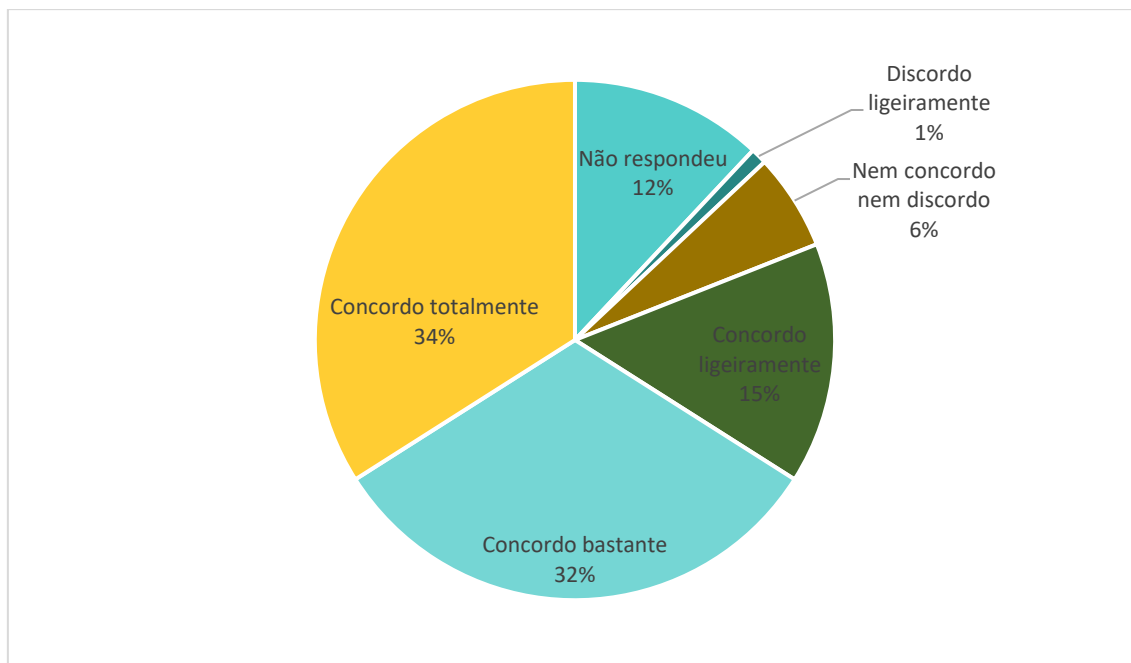


Gráfico 12 - Perceção da aceitação das TIC na gestão de recolha de resíduos (Almada)

Tendo por base o Gráfico 12, apurou-se que os inquiridos do concelho de Almada responderam em média (5,32), que concordam ligeiramente que a é essencial para as cidades terem uma recolha de resíduos com recurso às TIC.

Ainda analisando o gráfico supramencionado, é possível observar que a amostra de Almada optou mais pela resposta “Concordo totalmente”, com 34% (N=34) e a opção de resposta com menor adesão foi a “Discordo totalmente”, com 1% (N=1). Também é possível verificar que 12% (N=12) dos inquiridos absteve-se.

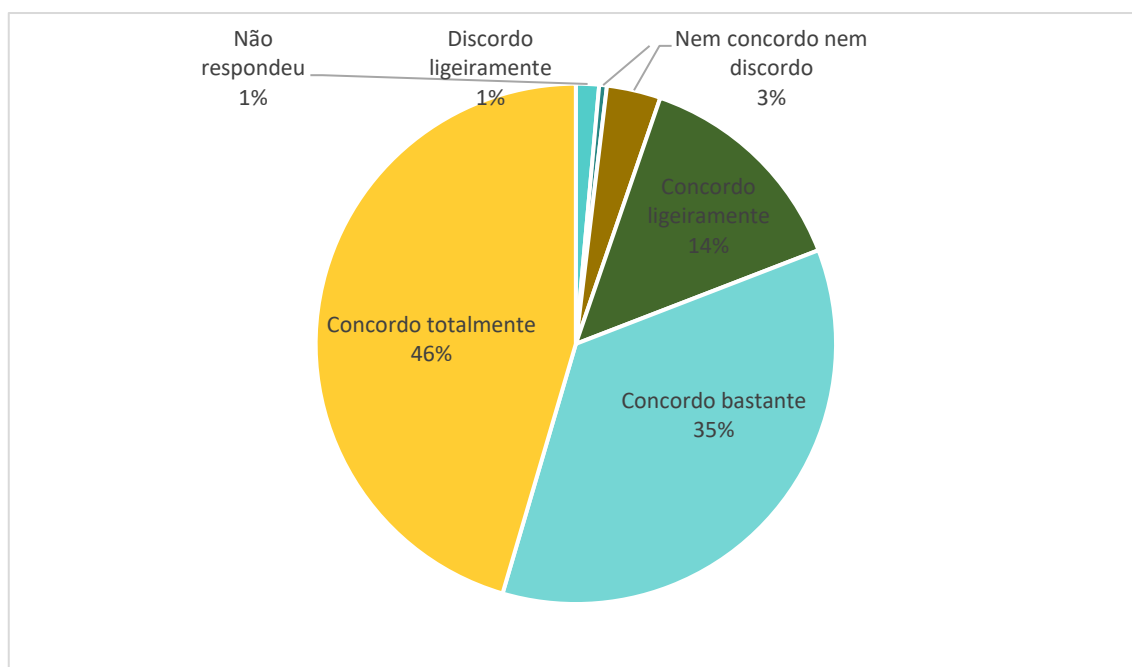


Gráfico 13 - Perceção da aceitação das TIC na gestão de recolha de resíduos (Seixal)

Analisando o Gráfico 13 constata-se que a média (6,15) dos munícipes do Seixal responderam “Concordo bastante” que as TIC na gestão de recolha de resíduos melhoram a qualidade de vida dos munícipes. Também é possível verificar que quase a maioria dos inquiridos, com 45,5% (N=95), respondeu que concorda totalmente com esta afirmação e apenas 1% (N=1) dos inquiridos respondeu que discorda totalmente. Observou-se que apenas 1,4% (N=3) da amostra dos munícipes do Seixal não responderam a esta questão.

Deste modo, é possível concluir que tanto na amostra de Almada como a do Seixal, a resposta com maior adesão foi a “Concordo totalmente”, bem como a menor correspondendo à opção de resposta “Discordo ligeiramente”. As diferenças entre os concelhos verificam-se ao nível do absentismo, tendo os inquiridos apresentado um menor número de absentismo no Seixal em comparação a Almada.

4.2.2.2. Análise Correlacional

A análise correlacional apenas foi possível ser realizada no Seixal, pois o objetivo era perceber o nível de aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos num concelho que não possuísse este tipo de serviços municipalizados inteligentes. Como já fora

mencionado neste estudo Almada já possui um sistema inteligente para a sua gestão de recolha de resíduos.

Esta análise foi efetuada com auxílio do SPSS onde foi possível analisar a matriz de componentes rotativa (Apêndice G) e perceber desta forma as questões que se relacionavam, posteriormente foi apurado o coeficiente alfa Cronbach (Apêndice G) para estimar a confiabilidade do questionário aplicado, definidas as nomenclaturas dos componentes e, por último, mas não menos importante, a correlação de Pearson entre os componentes identificados nas análises anteriores (Tabela 3).

Como é possível verificar no Apêndice G, os níveis de confiança são bastante positivos

Tabela 3- Correlação de Pearson

Correlações				
	FUP	UPO	IU	UPT
FUP	1			
UPO	,328**	1		
IU	,629**	,274**	1	
UPT	,446**	,334**	,324**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01

De acordo com a Tabela 3, é possível verificar que existe correlação entre os vários componentes identificados através das respostas fornecidas pelos inquiridos.

A definição das nomenclaturas dos componentes consiste na Facilidade de Uso Percebida (FUP), a Utilidade Percebida da Otimização (UTO), e a Utilização a Intenção de Utilização (IU) (Davis & Venkatesh, 1996).

Nesta mesma tabela é possível verificar que este estudo apresenta uma relação positiva moderada entre as variáveis, a relação entre IU com a FUP (0,629) é bastante favorável. As restantes relações também se apresentam como positivas entre UPT com FUP (0,446) e UPO com FUP (0,328).

Deste modo é possível validar a premissa de que a Facilidade de Uso Percebida se relaciona com a Utilidade Percebida e que ambas resultam na Intenção de Utilização de uma tecnologia, neste caso, da utilização da *IoT* na gestão de recolha de resíduos no concelho do Seixal (Davis & Venkatesh, 1996).

Capítulo 5 – Conclusões e recomendações

5.1. Principais conclusões

A evolução das TIC, nomeadamente da internet, tem influenciado no quotidiano do ser humano e atualmente, esta evolução já ocorre também com máquinas, pois já temos máquinas conectadas entre si através da *IoT* (Tsourela & Nerantzaki, 2020).

Estes avanços tecnológicos permitiram e continuam a possibilitar melhorias noutras áreas, como por exemplo, na área do tratamento de resíduos urbanos para que este serviço público possa ser otimizado (Zeb et al., 2019).

Tendo por base a revisão da literatura decidiu-se que o modelo a adotar seria o *TAM* e, nesse sentido, foram aplicados dois questionários: um para os munícipes de Almada e outro para os munícipes do Seixal. O foco desta investigação consiste na compreensão da aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos no concelho do Seixal e compreensão do impacto que a implementação desta tecnologia teve no concelho de Almada (Gao & Bai, 2014), (Hu et al., 2015), (Tsourela & Nerantzaki, 2020) (Alturas, 2021).

Este trabalho tinha como função responder aos seus três objetivos. O primeiro objetivo era conhecer a aceitação da utilização da *IoT* na gestão de recolha de resíduos nos concelhos de Almada e do Seixal, o segundo era perceber de que forma a escolaridade pode afetar a aceitação a novas tecnologias e por último, mas não menos importante, compreender o que leva à não implementação de *IoT* no concelho do Seixal.

Relativamente ao primeiro objetivo, tanto os munícipes de Almada como do Seixal consideram que a implementação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos é fundamental para a saúde pública. Ambos consideram que esta implementação também melhora a sua qualidade de vida; rotas mais eficientes; bem como ser essencial para as *smart cities* no que diz respeito à gestão de recolha de resíduos e ter taxas de resíduos mais justas.

Apesar do município do Seixal não ter um sistema da *IoT* que permita ter uma gestão de recolha de resíduos inteligente, conclui-se que os munícipes aceitam esta tecnologia e têm intenção de utilizarem quando a mesmo for implementada.

No que diz respeito ao segundo objetivo verifica-se que os inquiridos do Seixal têm, na sua maioria, o ensino secundário concluído e os de Almada têm a licenciatura. Existe claramente uma diferença entre os inquiridos de Almada e nos Seixal nas diferentes faixas de escolaridade, com base na amostra populacional das respostas obtidas nos

questionários realizados verifica-se que os munícipes do Seixal têm menos escolaridade do que os de Almada, veja-se a nível percentual os inquiridos que possuem o ensino superior no Seixal (48%) e os de Almada (65%), com o ensino secundário no Seixal (38%) e em Almada (30%), ensino básico no Seixal (14%) e em Almada (5%).

No entanto, não se conseguiu verificar uma relação correlação entre a escolaridade e a aceitação às novas tecnologias mas conseguimos verificar os munícipes do Seixal valorizam mais as opções mais manuais para otimizar a recolha de resíduos urbanos, como por exemplo, aumentar os funcionários na recolha (85,2%), o número de contentores (87,6%) ou até mesmo aumentar a frequência de recolha de resíduos (90%) em detrimento do uso de sensores (79,4%).

Também foi possível verificar uma certa incoerência nas respostas dos munícipes do Seixal quando afirmam que o uso de sensores se traduz numa recolha de resíduos com uma pegada sustentável mais sustentável (94,8%) e quando os mesmos são confrontados com a solução de aumentar a frequência das recolhas para melhorar o serviço, respondem de forma positiva. Deste modo, é possível constatar que a diferença entre estes dois opostos, de ter sensores na gestão de recolha de resíduos com intuito de ter uma pegada ecológica mais sustentável e o aumento da frequência de recolhas, que implica mais emissões de gases nefastos para o ambiente, é bastante residual, de 4,8%.

Para responder ao terceiro objetivo, o de compreender a não implementação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos do concelho do Seixal, e tendo por base os questionários realizados às amostras dos municípios de Almada e do Seixal foi possível constar que ambos apresentam a mesma percentagem de satisfação, de 68%.

Este valor apresenta-se bastante positivo, o Seixal consegue ter o mesmo nível de satisfação dos serviços municipalizados sem um sistema de recolha inteligente do que Almada.

Neste sentido, é possível verificar que com uma percentagem de satisfação tão positiva por parte dos munícipes do Seixal, o poder político não sente pressão para otimizar e modernizar este serviço municipalizado fundamental para os seus habitantes e que acaba por ter um peso nefasto significativo nas emissões de gases poluentes.

Deste modo, é possível concluir que a questão de investigação foi respondida com o cumprimento do primeiro objetivo, constata-se que existe aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos nos concelhos de Almada e do Seixal.

5.2. Principais contributos

Este trabalho de investigação permite dar a conhecer à comunidade científica qual a aceitação da tecnologia *IoT* por parte dos munícipes do concelho do Seixal, bem como algumas das características e diferenças entre os concelhos de Almada e do Seixal. Estas informações consideram-se relevantes para servir como base para trabalhos futuros no âmbito da aceitação da tecnologia numa pequena comunidade, como são as comunidades municipais.

Também reúne um conjunto de elementos de informação acerca de alguns temas, como *smart cities*, gestão de recolha de resíduos, *IoT* e a importância da segurança dos sistemas de informação que podem ser utilizados por investigadores no futuro.

5.3. Limitações do estudo

As principais limitações encontradas neste estudo foram essencialmente a dimensão reduzida da amostra (Hill & Hill, Investigação por questionário, 2008) e as limitações geográficas, pois o estudo circunscreve-se aos municípios de Almada e do Seixal.

No que respeita à dimensão da amostra apenas foi possível analisar 0,564% dos munícipes de Almada e 0,1255% dos munícipes do Seixal.

Consequentemente o estudo realizado nesta dissertação não pode nem deve ser extrapolado para outras realidades de maior complexidade e, ou com características populacionais diferentes das apresentadas neste trabalho respeitantes às cidades de Almada e do Seixal.

5.4. Propostas de investigação futura

Como sugestão para trabalhos futuros, seria importante aumentar a amostra para tornar o estudo mais verossímil (Hill & Hill, Investigação por questionário, 2008).

Tendo por base este estudo e o estudo (Anh Khoa et al., 2020) também seria possível desenvolver e, eventualmente, apresentar um protótipo que pudesse ser apresentado aos órgãos de decisão da Câmara Municipal do Seixal.

Referências Bibliográficas

- Alomair, B., & Poovendran, R. (2014). Efficient authentication for mobile and pervasive computing. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 13(3), 469–481. <https://doi.org/10.1109/TMC.2012.252>
- Alturas, B. (2021). Models of acceptance and use of technology research trends: Literature review and exploratory bibliometric study. *Studies in Systems, Decision and Control*, 335, 13–28. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64987-6_2
- Anh Khoa, T., Phuc, C. H., Lam, P. D., Nhu, L. M. B., Trong, N. M., Phuong, N. T. H., Dung, N. Van, Tan-Y, N., Nguyen, H. N., & Duc, D. N. M. (2020). Waste Management System Using IoT-Based Machine Learning in University. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6138637>
- Arebey, M., Hannan, M. A., Basri, H., Begum, R. A., & Abdullah, H. (2011). Integrated technologies for solid waste bin monitoring system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 177(1–4), 399–408. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1642-x>
- Ashton, K., 2009. That ‘Internet of Things’ thing. *RFID Journal* (97-114)
- Baiyere, A., Topi, H., Venkatesh, V., Wyatt, J., & Donnellan, B. (2020). The Internet of Things (IoT): A Research Agenda for Information Systems. *Communications of the Association for Information Systems*, 47(1), 564–589. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.04725>
- Bandyopadhyay, K., & Bandyopadhyay, S. (2010). User Acceptance of Information Technology Across Cultures. *International Journal of Intercultural Information Management*, 2(3), 218. <https://doi.org/10.1504/ijim.2010.037862>
- Bányai, T., Tamás, P., Illés, B., Stankevičiūtė, Ž., & Bányai, Á. (2019). Optimization of municipal waste collection routing: Impact of industry 4.0 technologies on environmental awareness and sustainability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph16040634>
- Caragliu, A., del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Chaudhari, S. S., & Bhole, V. Y. (2018). Solid Waste Collection as a Service using IoT-

- Solution for Smart Cities. *2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology, ICSCET 2018, January 2019*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/ICSCET.2018.8537326>
- Chen, S.-C., Li, S.-H., & Li, C.-Y. (2011). *Recent Related Research in Technology Acceptance Model: A Literature Review*. *38(9)*, 33–36.
- Coe, A., Paquet, G., & Roy, J. (2001). E-governance and smart communities: A social learning challenge. *Social Science Computer Review*, *19(1)*, 80–93.
<https://doi.org/10.1177/089443930101900107>
- Cui, L., Xie, G., Qu, Y., Gao, L., & Yang, Y. (2018). Security and privacy in smart cities: Challenges and opportunities. *IEEE Access*, *6*, 46134–46145.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2853985>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *13(3)*, 319–339. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., & Venkatesh, V. (1996). A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model: Three experiments. *International Journal of Human Computer Studies*, *45(1)*, 19–45.
<https://doi.org/10.1006/ijhc.1996.0040>
- Drenoyanis, A., Raad, R., Wady, I., & Krogh, C. (2019). Implementation of an IoT based radar sensor network for wastewater management. *Sensors (Switzerland)*, *19(2)*. <https://doi.org/10.3390/s19020254>
- Elmaghraby, A. S., & Losavio, M. M. (2014). Cyber security challenges in smart cities: Safety, security and privacy. *Journal of Advanced Research*.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.006>
- Estatística, I. N. de. (2020). Projeções de População Residente 2080 . Contudo , na Área Metropolitana de Lisboa e no Algarve a população residente poderá aumentar. *Destaque Informação à Comunicação Social*, 1–21.
- European Union. (2018). Directive 2018/851 amending Directive 2008/98/EC on waste Framework. *Official Journal of the European Union*, *1907*, (L-150/109-140).
- Eurostat, O. and. (2005). Oslo Manual - Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. In *Communities: Vol. Third edit* (Third edit).

- <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Oslo+manual#0>
- Gao, L., & Bai, X. (2014). A unified perspective on the factors influencing consumer acceptance of internet of things technology. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 26(2), 211–231. <https://doi.org/10.1108/APJML-06-2013-0061>
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., & Meijers, E. (2007). Abigail_Final_Research_Papper. *Digital Agenda for Europe*, 1–12.
- Govindasamy, J., & Punniakody, S. (2018). A comparative study of reactive, proactive and hybrid routing protocol in wireless sensor network under wormhole attack. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 5(3), 735–744. <https://doi.org/10.1016/j.jesit.2017.02.002>
- Gross, D. (2019). ONU News (/ pt /). *Onu*, 1–4. <https://news.un.org/pt/story/2018/06/1625911>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswamia, M. (2013). Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. *Future Generation Computer Systems*, 369(6), 321–332. <https://doi.org/10.1115/imece2001/htd-24365>
- Gusmeroli, S., Haller, S., Harrison, M., Kalaboukas, K., Tomasella, M., Vermesan, O., & Wouters, K. (2010). Vision and Challenges for Realising the Internet of Things: CERP-IoT – Cluster of European Research Projects on the Internet of Things. In *European Commission – Information Society and Media DG, Brussels* (Vol. 1, Issue APRIL).
- Hall, R. E. (2000). *The vision of a smart city The Vision of A Smart City 2nd International Upton , New York , U . S . A . , 11973. October.*
- Haller, S., Karnouskos, S., & Schroth, C. (2009). *The Internet of Things in an Enterprise Context*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00985-3>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hancke, G.; Markantonakis, K.; Mayes, K.(2010). Security Challenges for User-Oriented RFID Applications Within the ‘Internet of Things’ in *Journal of Internet Technology Internet Technology* (307-313)

- Hartwick, J., & Barki, H. (1994). Hypothesis testing and hypothesis generating research: An example from the user participation literature. *Information Systems Research*, 5(4), 446–449. <https://doi.org/10.1287/isre.5.4.446>
- Hendricks, A., Collins, M. (1996). An Assessment of Structure and Causation of IS Usage. *Data Base* 27, 2, 61–67. <https://doi.org/10.4337/9781845423438.00017>
- Hu, P. J., Chau, P. Y. K., Liu Sheng, O. R., & Tam, K. Y. (2015). Examining the Technology Acceptance Model Using Physician Acceptance of Telemedicine Technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112. <https://doi.org/10.1080/07421222.1999.11518247>
- Hubona, G. S., & Cheney, P. H. (1994). System effectiveness of knowledge-based technology: the relationship of user performance and attitudinal measures. *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, 4, 532–541. <https://doi.org/10.1109/hicss.1994.323465>
- Ijaz, S., Ali, M., Khan, A., & Ahmed, M. (2016). Smart Cities: A Survey on Security Concerns. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 7(2). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2016.070277>
- Jing, Q., Vasilakos, A. V., Wan, J., Lu, J., & Qiu, D. (2014). Security of the Internet of Things: perspectives and challenges. *Wireless Networks*, 20(8), 2481–2501. <https://doi.org/10.1007/s11276-014-0761-7>
- Kitchin, R. (2016). *Getting Smarter About Smart Cities: Improving Data Privacy and Data Security*. February.
- Komninos, N., Schaffers, H., & Pallot, M. (2011). Developing a Policy Roadmap for Smart Cities and the Future Internet. *EChallenges E2011, February 2014*, 1–8. http://www-sop.inria.fr/teams/axis/pages/bestpaper/2011-eChallenges_ref_196-Roadmap-for-Smart-Cities-Published.pdf
- Lee, Y., Kozar, K. A., & Larsen, K. R. T. (2003). The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(December). <https://doi.org/10.17705/1cais.01250>
- Legris, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003a). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information and Management*. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)

- Legris, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003b). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information and Management*, 40(3), 191–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Likotiko, E. D., Nyambo, D., & Mwangoka, J. (2017). Multi-agent Based IoT Smart Waste Monitoring and Collection Architecture. *International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCSEIT)*, 7(5), 1–14. <http://airccse.org/journal/ijcseit/current.html>
- Limba, T., Novikovas, A., Stankevičius, A., Andrulevičius, A., & Tvaronavičiene, M. (2020). Big data manifestation in municipal waste management and cryptocurrency sectors: Positive and negative implementation factors. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12072862>
- Lin, C. H., Shih, H. Y., & Sher, P. J. (2007). Integrating technology readiness into technology acceptance: The TRAM model. *Psychology and Marketing*, 24(7), 641–657. <https://doi.org/10.1002/mar.20177>
- Martinez-Balleste, A., Perez-Martinez, P., & Solanas, A. (2013). The pursuit of citizens' privacy: A privacy-aware smart city is possible. *IEEE Communications Magazine*, 51(6), 136–141. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2013.6525606>
- Mathieson, K. (1991). Predicting User Intentions: Comparing the Technology Acceptance Model With the Theory of Planned Behavior. *Information Systems Research*, 2(3), 173–191. <https://doi.org/10.1287/isre.2.3.173>
- Naoui, S., Elhdhili, M. E., & Saidane, L. A. (2017). Enhancing the security of the IoT LoraWAN architecture. *5th IFIP International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wired and Wireless Networks, PEMWN 2016*. <https://doi.org/10.1109/PEMWN.2016.7842904>
- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011). Smarter cities and their innovation challenges. *Computer*, 44(6), 32–39. <https://doi.org/10.1109/MC.2011.187>
- OECD;Eurostat. (2005). Manual de Oslo 2005. In *Manual de Oslo*.
- Orlikowski, W., Hofman, J. (1997). An Improvisational Model for Change Management: The Case of Groupware Technologies. *Sloan Management Review*,

38(2), 11–21.

- Park, N.; Roman, R.; Lee, S.; J.E, Chung (2009). User Acceptance of a Digital Library System in Developing Countries: an Application of the Technology Acceptance Model in *International Journal of Information Management* (196-209)
- Piro, G., Cianci, I., Grieco, L. A., Boggia, G., & Camarda, P. (2014). Information centric services in Smart Cities. *Journal of Systems and Software*.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.10.029>
- Prayoga, T., & Abraham, J. (2019). Technopsychology of IoT Optimization in the Business World. In *Securing the Internet of Things*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9866-4.ch002>
- Sanchez, L., Muñoz, L., Galache, J. A., Sotres, P., Santana, J. R., Gutierrez, V., Ramdhany, R., Gluhak, A., Krco, S., Theodoridis, E., & Pfisterer, D. (2014). SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks*, 61, 217–238. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2013.12.020>
- Segars, A. H., & Grover, V. (1993). Re-examining perceived ease of use and usefulness: A confirmatory factor analysis. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 17(4), 517–525. <https://doi.org/10.2307/249590>
- Sehgal, A., Perelman, V., Kürýla, S., & Schönwälder, J. (2012). Management of resource constrained devices in the internet of things. *IEEE Communications Magazine*, 50(12), 144–149. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2012.6384464>
- Sharma, P. K., Chen, M. Y., & Park, J. H. (2018). A Software Defined Fog Node Based Distributed Blockchain Cloud Architecture for IoT. *IEEE Access*, 6, 115–124. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2757955>
- Shim, J. P., Avital, M., Dennis, A. R., Rossi, M., Sørensen, C., & French, A. (2019). The Transformative Effect of the Internet of Things on Business and Society. *Communications of the Association for Information Systems*, 44(1), 129–140. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.04405>
- Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I., Ramos, V., Falcone, F., Postolache, O., Perez-Martinez, P., Pietro, R., Perrea, D., & Martinez-Balleste, A. (2014). Smart health: A context-aware health paradigm within smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 52(8), 74–81.

<https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6871673>

- Suciu G., Vulpe, A., Halunga, S., Fratu O., Todoran, G., Suciu V. (2013). Smart cities built on resilient cloud computing and secure internet of things. 19th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS), 513–518.
- Szolnoki, G., & Hoffmann, D. (2013). Online, Face-to-Face and Telephone Surveys - Comparing Different Sampling Methods in Wine Consumer Research. *Wine Economics and Policy*, 2(2), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2013.10.001>
- Taylor, S., & Todd, P. (1995). Assessing IT usage: The role of prior experience. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 19(4), 561–568.
<https://doi.org/10.2307/249633>
- Thürer, M., Pan, Y. H., Qu, T., Luo, H., Li, C. D., & Huang, G. Q. (2019). Internet of Things (IoT) driven kanban system for reverse logistics: solid waste collection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(7), 2621–2630.
<https://doi.org/10.1007/s10845-016-1278-y>
- Tsourela, M., & Nerantzaki, D. M. (2020). An Internet of Things (Iot) Acceptance Model. Assessing Consumer’s Behavior Toward IoT Products and Applications. *Future Internet*, 12(11), 1–23. <https://doi.org/10.3390/fi12110191>
- Uckelmann, D., Harrison, M., & Michahelles, F. (2011). An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things. *Architecting the Internet of Things*, April.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-19157-2>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). Theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Washburn, D., & Sindhu, U. (2009). Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives. *Growth*, 17. <http://c3328005.r5.cf0.rackcdn.com/73efa931-0fac-4e28-ae77-8e58ebf74aa6.pdf>
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is Current Research on Blockchain Technology? - A Systematic Review. *PLoS ONE*, 11(10).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22–32.

<https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>

Zeb, A., Ali, Q., Saleem, M. Q., Awan, K. M., Alowayr, A. S., Uddin, J., Iqbal, S., & Bashir, F. (2019). A Proposed IoT-Enabled Smart Waste Bin Management System and Efficient Route Selection. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7043674>

Zhang, W., Ma, F., Ren, M., & Yang, F. (2021). Application with Internet of things technology in the municipal industrial wastewater treatment based on membrane bioreactor process. *Applied Water Science*. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01375-8>

- Adams, D., Nelson, R., Todd, P. (1992) Perceived Usefulness, Ease of Use, and Usage of Information Technology: A Replication. *MIS Quarterly* 16(2), pp. 227-247.
- Agarwal, R., Karahanna, E. (2000). Time Flies When you're Having Fun Cognitive Absorption and Beliefs about Information Technology Usags. *MIS Quarterly* 24(4), pp.665-694.
- Agarwal, R., Prasad, J. (1998). A Conceptual and Operational Definition of Personal Innovativeness in the Domain of Information Technology. *Information Systems Research* 9(2), pp. 204-215.
- Ajzen, I., Fishbein, M. (1980). *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- Alomair, B., & Poovendran, R. (2014). Efficient authentication for mobile and pervasive computing. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 13(3), 469–481. <https://doi.org/10.1109/TMC.2012.252>
- Alturas, B. (2021). Models of acceptance and use of technology research trends: Literature review and exploratory bibliometric study. *Studies in Systems, Decision and Control*, 335, 13–28. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64987-6_2
- Anh Khoa, T., Phuc, C. H., Lam, P. D., Nhu, L. M. B., Trong, N. M., Phuong, N. T. H., Dung, N. Van, Tan-Y, N., Nguyen, H. N., & Duc, D. N. M. (2020). Waste Management System Using IoT-Based Machine Learning in University. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020.

<https://doi.org/10.1155/2020/6138637>

- Arebey, M., Hannan, M. A., Basri, H., Begum, R. A., & Abdullah, H. (2011). Integrated technologies for solid waste bin monitoring system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 177(1–4), 399–408. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1642-x>
- Baiyere, A., Topi, H., Venkatesh, V., Wyatt, J., & Donnellan, B. (2020). The Internet of Things (IoT): A Research Agenda for Information Systems. *Communications of the Association for Information Systems*, 47(1), 564–589. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.04725>
- Bandyopadhyay, K., & Bandyopadhyay, S. (2010). User Acceptance of Information Technology Across Cultures. *International Journal of Intercultural Information Management*, 2(3), 218. <https://doi.org/10.1504/ijim.2010.037862>
- Bányai, T., Tamás, P., Illés, B., Stankevičiūtė, Ž., & Bányai, Á. (2019). Optimization of municipal waste collection routing: Impact of industry 4.0 technologies on environmental awareness and sustainability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph16040634>
- Caragliu, A., del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Chaudhari, S. S., & Bhole, V. Y. (2018). Solid Waste Collection as a Service using IoT-Solution for Smart Cities. *2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology, ICSCET 2018, January 2019*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSCET.2018.8537326>
- Chen, S.-C., Li, S.-H., & Li, C.-Y. (2011). *Recent Related Research in Technology Acceptance Model: A Literature Review*. 38(9), 33–36.
- Coe, A., Paquet, G., & Roy, J. (2001). E-governance and smart communities: A social learning challenge. *Social Science Computer Review*, 19(1), 80–93. <https://doi.org/10.1177/089443930101900107>
- Cui, L., Xie, G., Qu, Y., Gao, L., & Yang, Y. (2018). Security and privacy in smart cities: Challenges and opportunities. *IEEE Access*, 6, 46134–46145. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2853985>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of

- information technology. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 13(3), 319–339. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D., & Venkatesh, V. (1996). A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model: Three experiments. *International Journal of Human Computer Studies*, 45(1), 19–45. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1996.0040>
- Drenoyanis, A., Raad, R., Wady, I., & Krogh, C. (2019). Implementation of an IoT based radar sensor network for wastewater management. *Sensors (Switzerland)*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/s19020254>
- Elmaghraby, A. S., & Losavio, M. M. (2014). Cyber security challenges in smart cities: Safety, security and privacy. *Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.006>
- Estatística, I. N. de. (2020). Projeções de População Residente 2080 . Contudo , na Área Metropolitana de Lisboa e no Algarve a população residente poderá aumentar. *Destaque Informação à Comunicação Social*, 1–21.
- European Union. (2018). Directive 2018/851 amending Directive 2008/98/EC on waste Framework. *Official Journal of the European Union*, 1907, (L-150/109-140).
- Eurostat, O. and. (2005). Oslo Manual - Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. In *Communities: Vol. Third edit* (Third edit). <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Oslo+manual#0>
- Gao, L., & Bai, X. (2014). A unified perspective on the factors influencing consumer acceptance of internet of things technology. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 26(2), 211–231. <https://doi.org/10.1108/APJML-06-2013-0061>
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., & Meijers, E. (2007). Abigail_Final_Research_Papper. *Digital Agenda for Europe*, 1–12.
- Govindasamy, J., & Punniakody, S. (2018). A comparative study of reactive, proactive and hybrid routing protocol in wireless sensor network under wormhole attack. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 5(3), 735–744. <https://doi.org/10.1016/j.jesit.2017.02.002>
- Gross, D. (2019). ONU News (/ pt /). *Onu*, 1–4. <https://news.un.org/pt/story/2018/06/1625911>

- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswamia, M. (2013). Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. *Future Generation Computer Systems*, 369(6), 321–332. <https://doi.org/10.1115/imece2001/htd-24365>
- Gusmeroli, S., Haller, S., Harrison, M., Kalaboukas, K., Tomasella, M., Vermesan, O., & Wouters, K. (2010). Vision and Challenges for Realising the Internet of Things: CERP-IoT – Cluster of European Research Projects on the Internet of Things. In *European Commission – Information Society and Media DG, Brussels* (Vol. 1, Issue APRIL).
- Hall, R. E. (2000). *The vision of a smart city The Vision of A Smart City 2nd International Upton , New York , U . S . A . , 11973. October.*
- Haller, S., Karnouskos, S., & Schroth, C. (2009). *The Internet of Things in an Enterprise Context.* <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00985-3>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hartwick, J., & Barki, H. (1994). Hypothesis testing and hypothesis generating research: An example from the user participation literature. *Information Systems Research*, 5(4), 446–449. <https://doi.org/10.1287/isre.5.4.446>
- Hendricks, A., Collins, M. (1996). An Assessment of Structure and Causation of IS Usage. *Data Base* 27, 2, 61–67. <https://doi.org/10.4337/9781845423438.00017>
- Hu, P. J., Chau, P. Y. K., Liu Sheng, O. R., & Tam, K. Y. (2015). Examining the Technology Acceptance Model Using Physician Acceptance of Telemedicine Technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112. <https://doi.org/10.1080/07421222.1999.11518247>
- Hubona, G. S., & Cheney, P. H. (1994). System effectiveness of knowledge-based technology: the relationship of user performance and attitudinal measures. *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, 4, 532–541. <https://doi.org/10.1109/hicss.1994.323465>
- Ijaz, S., Ali, M., Khan, A., & Ahmed, M. (2016). Smart Cities: A Survey on Security Concerns. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*,

- 7(2). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2016.070277>
- Jing, Q., Vasilakos, A. V., Wan, J., Lu, J., & Qiu, D. (2014). Security of the Internet of Things: perspectives and challenges. *Wireless Networks*, 20(8), 2481–2501. <https://doi.org/10.1007/s11276-014-0761-7>
- Kitchin, R. (2016). *Getting Smarter About Smart Cities: Improving Data Privacy and Data Security*. February.
- Komninos, N., Schaffers, H., & Pallot, M. (2011). Developing a Policy Roadmap for Smart Cities and the Future Internet. *EChallenges E2011, February 2014*, 1–8. http://www-sop.inria.fr/teams/axis/pages/bestpaper/2011-eChallenges_ref_196-Roadmap-for-Smart-Cities-Publied.pdf
- Lee, Y., Kozar, K. A., & Larsen, K. R. T. (2003). The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(December). <https://doi.org/10.17705/1cais.01250>
- Legris, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003a). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information and Management*. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Legris, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003b). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information and Management*, 40(3), 191–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Likotiko, E. D., Nyambo, D., & Mwangoka, J. (2017). Multi-agent Based IoT Smart Waste Monitoring and Collection Architecture. *International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCSEIT)*, 7(5), 1–14. <http://airccse.org/journal/ijcseit/current.html>
- Limba, T., Novikovas, A., Stankevičius, A., Andrulevičius, A., & Tvaronavičiene, M. (2020). Big data manifestation in municipal waste management and cryptocurrency sectors: Positive and negative implementation factors. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12072862>
- Lin, C. H., Shih, H. Y., & Sher, P. J. (2007). Integrating technology readiness into technology acceptance: The TRAM model. *Psychology and Marketing*, 24(7), 641–657. <https://doi.org/10.1002/mar.20177>

- Martinez-Balleste, A., Perez-Martinez, P., & Solanas, A. (2013). The pursuit of citizens' privacy: A privacy-aware smart city is possible. *IEEE Communications Magazine*, 51(6), 136–141. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2013.6525606>
- Mathieson, K. (1991). Predicting User Intentions: Comparing the Technology Acceptance Model With the Theory of Planned Behavior. *Information Systems Research*, 2(3), 173–191. <https://doi.org/10.1287/isre.2.3.173>
- Naoui, S., Elhdhili, M. E., & Saidane, L. A. (2017). Enhancing the security of the IoT LoraWAN architecture. *5th IFIP International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wired and Wireless Networks, PEMWN 2016*. <https://doi.org/10.1109/PEMWN.2016.7842904>
- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011). Smarter cities and their innovation challenges. *Computer*, 44(6), 32–39. <https://doi.org/10.1109/MC.2011.187>
- OECD;Eurostat. (2005). Manual de Oslo 2005. In *Manual de Oslo*.
- Orlikowski, W., Hofman, J. (1997). An Improvisational Model for Change Management: The Case of Groupware Technologies. *Sloan Management Review*, 38(2), 11–21.
- Piro, G., Cianci, I., Grieco, L. A., Boggia, G., & Camarda, P. (2014). Information centric services in Smart Cities. *Journal of Systems and Software*. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.10.029>
- Prayoga, T., & Abraham, J. (2019). Technopsychology of IoT Optimization in the Business World. In *Securing the Internet of Things*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9866-4.ch002>
- Sanchez, L., Muñoz, L., Galache, J. A., Sotres, P., Santana, J. R., Gutierrez, V., Ramdhany, R., Gluhak, A., Krco, S., Theodoridis, E., & Pfisterer, D. (2014). SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks*, 61, 217–238. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2013.12.020>
- Segars, A. H., & Grover, V. (1993). Re-examining perceived ease of use and usefulness: A confirmatory factor analysis. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 17(4), 517–525. <https://doi.org/10.2307/249590>
- Sehgal, A., Perelman, V., Kürýla, S., & Schönwälder, J. (2012). Management of

- resource constrained devices in the internet of things. *IEEE Communications Magazine*, 50(12), 144–149. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2012.6384464>
- Sharma, P. K., Chen, M. Y., & Park, J. H. (2018). A Software Defined Fog Node Based Distributed Blockchain Cloud Architecture for IoT. *IEEE Access*, 6, 115–124. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2757955>
- Shim, J. P., Avital, M., Dennis, A. R., Rossi, M., Sørensen, C., & French, A. (2019). The Transformative Effect of the Internet of Things on Business and Society. *Communications of the Association for Information Systems*, 44(1), 129–140. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.04405>
- Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I., Ramos, V., Falcone, F., Postolache, O., Perez-Martinez, P., Pietro, R., Perrea, D., & Martinez-Balleste, A. (2014). Smart health: A context-aware health paradigm within smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 52(8), 74–81. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6871673>
- Szolnoki, G., & Hoffmann, D. (2013). Online, Face-to-Face and Telephone Surveys - Comparing Different Sampling Methods in Wine Consumer Research. *Wine Economics and Policy*, 2(2), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2013.10.001>
- Taylor, S., & Todd, P. (1995). Assessing IT usage: The role of prior experience. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 19(4), 561–568. <https://doi.org/10.2307/249633>
- Thürer, M., Pan, Y. H., Qu, T., Luo, H., Li, C. D., & Huang, G. Q. (2019). Internet of Things (IoT) driven kanban system for reverse logistics: solid waste collection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(7), 2621–2630. <https://doi.org/10.1007/s10845-016-1278-y>
- Tsourela, M., & Nerantzaki, D. M. (2020). An Internet of Things (IoT) Acceptance Model. Assessing Consumer's Behavior Toward IoT Products and Applications. *Future Internet*, 12(11), 1–23. <https://doi.org/10.3390/fi12110191>
- Uckelmann, D., Harrison, M., & Michahelles, F. (2011). An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things. *Architecting the Internet of Things*, April. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19157-2>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). Theoretical extension of the Technology

- Acceptance Model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Washburn, D., & Sindhu, U. (2009). Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives. *Growth*, 17. <http://c3328005.r5.cf0.rackcdn.com/73efa931-0fac-4e28-ae77-8e58ebf74aa6.pdf>
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is Current Research on Blockchain Technology? - A Systematic Review. *PLoS ONE*, 11(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22–32. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>
- Zeb, A., Ali, Q., Saleem, M. Q., Awan, K. M., Alowayr, A. S., Uddin, J., Iqbal, S., & Bashir, F. (2019). A Proposed IoT-Enabled Smart Waste Bin Management System and Efficient Route Selection. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7043674>
- Zhang, W., Ma, F., Ren, M., & Yang, F. (2021). Application with Internet of things technology in the municipal industrial wastewater treatment based on membrane bioreactor process. *Applied Water Science*. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01375-8>

Anexos e Apêndices

Apêndice A - Guião de entrevista ao presidente Câmara Municipal de Abrantes

O presente estudo surge no âmbito de uma dissertação de Mestrado de Gestão de Sistemas de Informação no ISCTE-IUL sob a orientação científica do Professor Bráulio Alturas.

O objetivo desta entrevista é perceber através da ótica de quem gere uma cidade, o Senhor Presidente da Câmara de Abrantes, de que forma a *Internet of Things (IoT)* poderá auxiliar a gestão de recolha de resíduos.

Quais as motivações que contribuíram para a implementação da Gestão Inteligente de Recolha de Resíduos na cidade de Abrantes?

Após a introdução dos contentores inteligentes foram criadas novas métricas relevantes?

No seguimento desta inovação na cidade de Abrantes, surgiu a necessidade de redesenhar as rotas de recolha para torná-las mais eficazes?

Ocorreu algum impacto social e ambiental no município? Se sim, pode dar alguns exemplos?

Como foi a aceitação da recolha de resíduos inteligente por parte dos munícipes?

Na sua opinião, porque é que esta inovação tecnológica não foi ainda implementada nos concelhos de Almada e Seixal, considerados como *smart cities*?

Muito obrigada pela sua disponibilidade e colaboração.

Apêndice B - Guião de entrevista à presidente Câmara Municipal de Almada

O presente estudo surge no âmbito de uma dissertação de Mestrado de Gestão de Sistemas de Informação no ISCTE-IUL sob a orientação científica do Professor Bráulio Alturas.

O objetivo desta entrevista é perceber através da ótica de quem gere uma cidade, a Senhora Presidente da Câmara de Almada, de que forma a *Internet of Things (IoT)* poderá auxiliar a gestão de recolha de resíduos.

Quais as motivações que poderiam contribuir para a implementação da Gestão Inteligente da Recolha de Resíduos na cidade de Almada?

Considera que a introdução dos contentores inteligentes criaria novas métricas relevantes para a otimização de recolha de resíduos?

Considera que as rotas dos camiões de recolha de resíduos no nosso concelho são eficazes? Será que existe margem para otimizá-las?

Na sua opinião, uma gestão de resíduos inteligente teria algum impacto social e ambiental no município? Se sim, pode dar alguns exemplos?

Como prevê que será a aceitação desta tecnologia por parte dos munícipes?

Para concluir, porque é que esta inovação tecnológica não foi ainda implementada nos concelhos de Almada e Seixal, considerados como *smart cities*?

Muito obrigada pela sua disponibilidade e colaboração.

Apêndice C - Guião de entrevista ao presidente Câmara Municipal do Seixal

O presente estudo surge no âmbito de uma dissertação de Mestrado de Gestão de Sistemas de Informação no ISCTE-IUL sob a orientação científica do Professor Bráulio Alturas.

O objetivo desta entrevista é perceber através da ótica de quem gere uma cidade, o Senhor Presidente da Câmara do Seixal, de que forma a *Internet of Things (IoT)* poderá auxiliar a gestão de recolha de resíduos.

Quais as motivações que poderiam contribuir para a implementação da Gestão Inteligente da Recolha de Resíduos na cidade do Seixal?

Considera que a introdução dos contentores inteligentes criaria novas métricas relevantes para a otimização de recolha de resíduos?

Considera que as rotas dos camiões de recolha de resíduos no nosso concelho são eficazes? Será que existe margem para otimizá-las?

Na sua opinião, uma gestão de resíduos inteligente teria algum impacto social e ambiental no município? Se sim, pode dar alguns exemplos?

Como prevê que será a aceitação desta tecnologia por parte dos munícipes?

Para concluir, porque é que esta inovação tecnológica não foi ainda implementada nos concelhos de Almada e Seixal, considerados como *smart cities*?

Muito obrigada pela sua disponibilidade e colaboração.

Apêndice D – Aceitação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos no concelho do Seixal

Este questionário surge no âmbito do Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação, no ISCTE-IUL, sob a orientação do Professor Bráulio Alturas.

A sua participação é voluntária e as suas respostas serão tratadas como anónimas e confidenciais para fins estritamente académicos.

O objetivo do nosso tema de dissertação é analisar a aceitação dos munícipes às novas tecnologias, utilizadas em cidades inteligentes, no concelho do Seixal.

O questionário demorará menos de 5 minutos a ser respondido. Para participar no estudo basta que tenha 18 ou mais anos e que seja munícipe ou visitante do concelho do Seixal.

As suas respostas são importantes e não existem respostas certas nem erradas. As suas respostas permitirão um aprofundamento do conhecimento sobre esta temática.

Quanto mais pessoas participarem na pesquisa, mais robustos serão os resultados encontrados.

Para qualquer questão contactar o email: aidbo@iscte-iul.pt

1 - Pretende continuar o questionário?

Sim

Não

2 - Insira a sua idade.

3 - Selecione o seu género.

Feminino

Masculino

Outro

4 - Selecione o município onde reside.

Seixal

Outro _____

5 - Qual a sua escolaridade?

Até ao 1º ciclo do ensino Básico (até ao 4º Ano)

2º ciclo do ensino Básico (6º Ano)

3º ciclo do ensino Básico (9º Ano)

Ensino Secundário (12º Ano)

Ensino Superior 1º ciclo (Licenciatura)

Ensino Superior 2º ciclo (Mestrado)

Ensino Superior 3º ciclo (Doutoramento)

6 - Qual a sua principal ocupação?

- Empregado(a) por conta de outrem
 - Trabalhador(a) independente
 - Empresário(a)
 - Desempregado(a)
 - Estudante
 - Reformado(a)
 - Doméstico(a)
 - Outra _____
-

7 - Qual o seu nível de satisfação com a recolha de resíduos no Seixal (Gao & Bai, 2014)?

- Totalmente satisfeito
 - Bastante satisfeito
 - Ligeiramente satisfeito
 - Nem satisfeito nem insatisfeito
 - Ligeiramente insatisfeito
 - Bastante insatisfeito
 - Extremamente insatisfeito
-

8 - Como considera que a recolha de resíduos no Seixal poderia ser melhorada (Hu et al., 2015)?

	Extremamente importante	Bastante importante	Ligeiramente importante	Nem importante nem irrelevante	Ligeiramente irrelevante	Bastante irrelevante	Extremamente irrelevante
Implementar sensores no interior dos contentores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementar sensores no interior e exterior dos contentores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redesenhar as rotas de recolha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentar o número de funcionários para recolher os resíduos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existir mais contentores onde colocar os resíduos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentar a frequência das recolhas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fiscalizar a limpeza dos espaços públicos após a recolha de lixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9 - Concorda que o recurso a novas tecnologias da informação e comunicação, para a gestão de recolha de resíduos nos municípios, poderia melhorar a qualidade de vida dos munícipes (Gao & Bai, 2014)?

- Concordo totalmente
 - Concordo bastante
 - Concordo ligeiramente
 - Nem concordo nem discordo
 - Discordo ligeiramente
 - Discordo bastante
 - Discordo totalmente
-

10 - De que forma a colocação dos sensores nos contentores pode otimizar a recolha de resíduos e ser benéfica para o concelho e para si (Tsourela & Nerantzaki, 2020)?

	Concordo totalmente	Concordo bastante	Concordo ligeiramente	Nem concordo nem discordo	Discordo ligeiramente	Discordo bastante	Discordo totalmente
Otimizar as rotas de recolha de resíduos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhorar a qualidade de vida devido ao controlo de odores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desenvolver uma pegada ecológica mais sustentável devido à otimização das recolhas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzir os custos a longo prazo por deslocações indevidas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11 - Considera que a implementação das tecnologias da informação e comunicação na recolha de resíduos no concelho do Seixal seria algo fácil de ser operacionalizado (Gao & Bai, 2014)?

- Concordo totalmente
 - Concordo bastante
 - Concordo ligeiramente
 - Nem concordo nem discordo
 - Discordo ligeiramente
 - Discordo bastante
 - Discordo totalmente
-

12 - Na sua opinião o Seixal, considerado como cidade inteligente, deve ter uma recolha de resíduos assente nas tecnologias da informação e comunicação, por forma a otimizar os seus serviços (Tsourela & Nerantzaki, 2020)

- Concordo totalmente
 - Concordo bastante
 - Concordo ligeiramente
 - Nem concordo nem discordo
 - Discordo ligeiramente
 - Discordo bastante
 - Discordo totalmente
-

13 - Na sua opinião, a implementação das tecnologias da informação e comunicação poderão ser um meio para existirem tarifas de gestão de resíduos mais justas (Hu et al., 2015)?

- Concordo totalmente
- Concordo bastante
- Concordo ligeiramente
- Nem concordo nem discordo
- Discordo ligeiramente
- Discordo bastante
- Discordo totalmente

Muito obrigada pela sua disponibilidade e continuação de um excelente dia!

Apêndice E - Satisfação da gestão de recolha de resíduos no concelho de Almada

Este questionário surge no âmbito do Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação, no ISCTE-IUL, sob a orientação do Professor Bráulio Alturas. A sua participação é voluntária e as suas respostas serão tratadas como anónimas e confidenciais para fins estritamente académicos.

O objetivo do nosso tema de dissertação é analisar a aceitação dos munícipes às novas tecnologias utilizadas em cidades inteligentes no concelho do Seixal tendo como referência o concelho de Almada.

O questionário demorará menos de 5 minutos a ser respondido. Para participar no estudo basta que tenha 18 ou mais anos e que seja munícipe ou visitante do concelho de Almada.

As suas respostas são importantes e não existem respostas certas nem erradas. As suas respostas permitirão um aprofundamento do conhecimento sobre esta temática.

Quanto mais pessoas participarem na pesquisa, mais robustos serão os resultados encontrados.

Para qualquer questão contactar o email: aidbo@iscte-iul.pt

1 - Pretende continuar o questionário?

Sim

Não

2 - Insira a sua idade.

3 - Selecione o seu género.

Feminino

Masculino

Outro

4 - Qual a sua escolaridade?

Até ao 1º ciclo do ensino Básico (até ao 4º Ano)

2º ciclo do ensino Básico (6º Ano)

3º ciclo do ensino Básico (9º Ano)

Ensino Secundário (12º Ano)

Ensino Superior 1º ciclo (Licenciatura)

Ensino Superior 2º ciclo (Mestrado)

Ensino Superior 3º ciclo (Doutoramento)

5 - Qual a sua principal ocupação?

Empregado(a) por conta de outrem

Trabalhador(a) independente

Empresário(a)

Desempregado(a)

Estudante

Reformado(a)

Doméstico(a)

Ou _____

6 - Selecione o município onde reside.

Almada

Outro. Qual? _____

7 - Qual o seu nível de satisfação com a recolha de resíduos em Almada (Gao & Bai, 2014)?

- Totalmente satisfeito(a)
 - Bastante satisfeito(a)
 - Ligeiramente satisfeito(a)
 - Nem satisfeito nem insatisfeito
 - Ligeiramente insatisfeito(a)
 - Bastante insatisfeito(a)
 - Totalmente insatisfeito(a)
-

8 - Tem conhecimento que a Câmara Municipal de Almada utiliza um sistema de recolha de resíduos inteligente em 5500 contentores (entrevista com CMA)?

- Sim
 - Não
-

9 - Qual o nível de importância que atribui à possibilidade de ter uma aplicação no seu telemóvel que permitisse saber se o contentor da sua rua está cheio (Hu et al., 2015)?

- Totalmente relevante
 - Bastante relevante
 - Ligeiramente relevante
 - Nem relevante nem irrelevante
 - Ligeiramente irrelevante
 - Bastante irrelevante
 - Totalmente irrelevante
-

10 - Caso o contentor da sua rua esteja cheio, qual o nível de importância que atribui à possibilidade de ter uma aplicação no seu telemóvel que permitisse saber a capacidade dos contentores na sua área geográfica (Hu et al., 2015)?

- Totalmente relevante
 - Bastante relevante
 - Ligeiramente relevante
 - Nem relevante nem irrelevante
 - Ligeiramente irrelevante
 - Bastante irrelevante
 - Totalmente irrelevante
-

11 - Qual a importância que atribui à possibilidade de ter uma aplicação no seu telemóvel que permitisse saber a previsão da recolha do contentor da sua rua?

- Totalmente relevante
 - Bastante relevante
 - Ligeiramente relevante
 - Nem relevante nem irrelevante
 - Ligeiramente irrelevante
 - Bastante irrelevante
 - Totalmente irrelevante
-

12 - Considera que as perguntas anteriores (a pergunta 9 e 10) teriam impacto direto e positivo na sua qualidade de vida?

- Concordo totalmente
 - Concordo bastante
 - Concordo ligeiramente
 - Nem concordo nem discordo
 - Discordo ligeiramente
 - Discordo bastante
 - Discordo totalmente
-

13 - Considera que as perguntas 9 e 10 teriam um impacto direto e positivo na sua satisfação dos serviços municipalizados?

- Concordo totalmente
 - Concordo bastante
 - Concordo ligeiramente
 - Nem concordo nem discordo
 - Discordo ligeiramente
 - Discordo bastante
 - Discordo totalmente
-

14 - Na sua opinião, a gestão de recolha de resíduos inteligente proporciona uma recolha de resíduos mais eficaz e mais justa no que diz respeito ao pagamento da taxa de gestão de resíduos urbanos (análise das faturas de um munícipe da CMA antes e após a implementação de *IoT* nos contentores da CMA)?

- Concordo totalmente
 - Concordo bastante
 - Concordo ligeiramente
 - Nem concordo nem discordo
 - Discordo ligeiramente
 - Discordo bastante
-

15 - Como percebe a gestão de recolha de resíduos com recurso às tecnologias da informação e comunicação (Hu et al., 2015)?

	Concordo totalmente	Concordo bastante	Concordo ligeiramente	Nem concordo nem discordo	Discordo ligeiramente	Discordo bastante	Discordo totalmente
Essencial para as cidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhora a qualidade dos serviços municipalizados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As rotas de recolha de resíduos mais eficientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impacta diretamente na satisfação do munícipe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundamental para saúde pública	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhora a qualidade de vida dos munícipes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhora a gestão do erário público	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cria impostos mais justos para os munícipes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhora a imagem do município	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Apêndice F – Matriz de componente rotativa

Questões do Questionário do Seixal	Componente			
	Facilidade Uso Percebido (FUP)	Utilidade Percebida da Otimização (UPO)	Intenção de Utilização (IU)	Utilidade Percebida da Tecnologia (UPT)
Os custos a longo prazo por deslocações indevidas reduzem com aplicação dos sensores nos contentores?	0,879			
Os sensores nos contentores podem desenvolver uma pegada ecológica mais sustentável devido à otimização das recolhas?	0,871			
A sua qualidade de vida pode ser melhorada devido ao controlo de odores com recurso a sensores nos contentores?	0,813			
Concorda que as TIC na gestão de recolha de resíduos nos municípios, poderia melhorar a qualidade de vida dos munícipes?	0,807			
As rotas de recolha de resíduos podem ser otimizadas com sensores nos contentores?	0,724			
Aumentar o número de funcionários para recolher os resíduos melhoraria a recolha de resíduos no Seixal?		0,787		
Existirem mais contentores onde colocar os resíduos melhoraria a recolha de resíduos no Seixal?		0,731		
Aumentar a frequência das recolhas melhoraria a recolha de resíduos no Seixal?		0,708		
Redesenhar as rotas de recolha melhoraria a recolha de resíduos no Seixal?		0,675		
A implementação das TIC na recolha de resíduos no concelho do Seixal seria algo fácil de ser operacionalizado?			0,844	
A implementação das TIC poderão ser um meio para existirem tarifas de gestão de resíduos mais justas?			0,763	
Na sua opinião o Seixal deve ter uma recolha de resíduos assente nas TIC, para otimizar os seus serviços?			0,762	

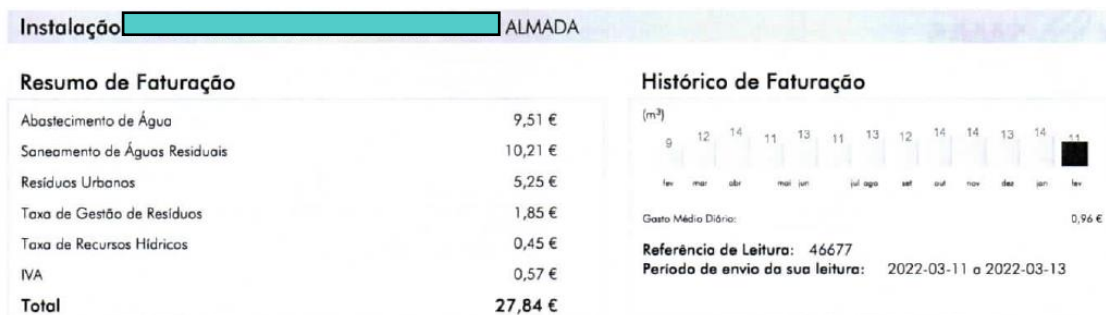
Implementar sensores no interior e exterior dos contentores melhoraria a recolha de resíduos no Seixal?			0,857
Implementar sensores no interior dos contentores melhoraria a recolha de resíduos no Seixal?			0,847
Fiscalizar a limpeza dos espaços públicos após a recolha de lixo melhoraria a recolha de resíduos no Seixal?			0,520

Método de Extração: análise de Componente Principal.
Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.
a. Rotação convergida em 6 iterações.

Apêndice G - Coeficiente de alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	0,916	0,737	0,852	0,715
------------------	-------	-------	-------	-------

Apêndice H - Evolução da fatura da taxa de resíduos em Almada (fatura de 2020 – ano de implementação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos)



Apêndice I - Evolução da fatura da taxa de resíduos em Almada (fatura de 2022 – resultado da implementação da *IoT* na gestão de recolha de resíduos)



