

## **O impacto do 5G na IoT e na sociedade**

Tiago da Fonseca Dias

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

### **INFORMÁTICA**

Orientador: Professor Doutor Paulo André Reis  
Duarte Branco

Presidente: Professora Doutora Andreia Cristina Teles  
Vieira

Arguente: Professor Doutor José Vicente Pereira dos  
Reis

**Maio, 2025**

**ISTEC**

[Página intencionalmente deixada em branco]

# **Instituto Superior de Tecnologias Avançadas de Lisboa**

Campus Académico do Lumiar, Lisboa

## **Dissertação Mestrado em Informática**

Por Tiago Dias

Dissertação de Mestrado, apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Informática, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Paulo Duarte e a coorientação do Professor Doutor José Reis.

Lisboa, 2025

[Página intencionalmente deixada em branco]

# Índice

Índice.....	I
Índice de Figuras .....	IV
Abreviaturas e Siglas.....	VI
Resumo.....	VII
Abstract .....	IX
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Perguntas de investigação .....	2
1.4. Estrutura da dissertação.....	3
2. Estado Da Arte .....	6
2.1. Introdução .....	6
2.2. Internet das Coisas (IoT).....	6
2.2.1. O aparecimento da IoT.....	7
2.2.2. Vantagens da IoT.....	7
2.2.3. Desvantagens da IoT .....	8
2.2.4. A arquitetura IoT .....	10
2.3. Redes Móveis.....	13
2.3.1. Evolução Das Redes Móveis.....	14
2.4. O Impacto do 5G na IoT .....	21
2.4.1. As aplicações reais do 5G-IoT na sociedade .....	22
2.4.2. As preocupações de segurança da IoT.....	23
2.4.3. O Futuro do 5G e da IoT .....	25
3. Metodologia .....	28
3.1. Opções metodológicas.....	28
3.2. Questões de investigação .....	30
3.3. População e Amostra.....	30
3.4. Análise de dados.....	30
4. Apresentação de Resultados .....	32
5. Discussão de Resultados .....	47
5.1. Introdução .....	47
5.2. Caracterização dos dados das respostas .....	47
5.3. Resposta às perguntas de investigação.....	49

5.3.1 Qual o Impacto do 5G na IoT?.....	49
5.3.2 Qual o Impacto do 5G e da IoT na sociedade?.....	51
5.4. Ameaças à validade .....	52
5.4.1. Validade de conclusão .....	52
5.4.2. Validade interna.....	53
5.4.3. Validade externa .....	53
6. Conclusão.....	55
7. Bibliografia .....	58
8. Apêndice A – Questionário.....	65
8.1 Introdução .....	65
8.2 Perguntas .....	66

[Página intencionalmente deixada em branco]

# Índice de Figuras

Figura 1 - As fases da Metodologia.....	29
Figura 2 - A arquitetura IOT (David. (n.d.). Deep seas developments).....	11
Figura 3 – Evolution of 1G to 4G (Patel. B, 2022) .....	17
Figura 4 - Idade dos Participantes .....	32
Figura 5 - Países de origem dos participantes .....	33
Figura 6 - Área de trabalho dos participantes.....	34
Figura 7 - Anos de experiência dos participantes.....	35
Figura 8 - Ocupação dos participantes .....	36
Figura 9 - Relação dos participantes com o 5G/IOT.....	36
Figura 10 - Integração entre dispositivos IoT .....	41
Figura 11 - Dependência excessiva da tecnologia.....	42
Figura 12 - O aumento da Eficiência das operações nos setores da sociedade .....	43
Figura 13 - A melhoria significativa do 5G na prestação de serviços .....	44
Figura 14 - O papel do 5G nas inovações da IoT.....	40
Figura 15 - A influência do 5G na oferta de emprego .....	38
Figura 16 - A influência do 5G/IoT nos que procuram emprego .....	38
Figura 17 - Os problemas de privacidade do 5G/IoT.....	42
Figura 18 - O risco de Ciberataques como consequência da implementação do 5G/IoT. ....	39
Figura 19 - A divulgação eficaz dos riscos da implementação do 5G/IoT. ....	40
Figura 20 - A exclusão de alguns grupos sociais.....	37
Figura 21 - A melhoria da qualidade de vida a longo prazo com o 5G/IoT.....	44

[Página intencionalmente deixada em branco]

# Abreviaturas e Siglas

IoT – Internet das Coisas

IT – Tecnologias da Informação

HTTP - *Hypertext Transfer Protocol*

MQTT - Message Queuing Telemetry Transport

BLE - Bluetooth de Baixa Energia

WIFI - *Wireless Fidelity*

GPS - Sistema de Posicionamento Global

RGPD - Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados

DAS - Sistemas de aquisição de dados

FDMA - Técnica de Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência

TDMA - Acesso múltiplo por divisão de tempo

GSM - Sistema Global para Comunicações Móveis

SMS - *Short Message Service*

MMS - *Multimedia Messaging Service*

CDMA - Tecnologia de Acesso Múltiplo por Divisão de Código

LTE - Tecnologia *Long Term Evolution*

CCTV - Sistemas de televisão em circuito fechado

TIC - Tecnologia da informação e comunicação

VR – Realidade Virtual

AR – Realidade Aumentada

EUA – Estados unidos da América

# Resumo

A era digital transformou profundamente a forma como interagimos e operamos no mundo. No meio desta revolução tecnológica, surge a Internet das Coisas (IoT), uma inovação que promete uma interligação sem precedentes entre dispositivos, desde eletrodomésticos até aos veículos inteligentes. Esta dissertação explora as profundas implicações da integração da tecnologia 5G com a IoT, uma combinação tecnológica que não só potencia a velocidade de comunicação e reduz a latência, mas também levanta questões críticas sobre segurança e privacidade.

A IoT, ao interligar milhões de dispositivos, cria uma rede complexa de dados que são incessantemente recolhidos, transmitidos e processados. O 5G, com a sua capacidade de suportar uma densidade massiva de dispositivos, acelera esta dinâmica, possibilitando aplicações inovadoras e disruptivas em setores como a saúde, os transportes ou a indústria. No entanto, esta conectividade não está isenta de riscos. A presente investigação visa também analisar a perceção dos utilizadores sobre a confiança, segurança e privacidade neste novo cenário.

Recorrendo a uma metodologia quantitativa, a pesquisa recolheu várias informações através de um questionário aplicado a utilizadores destas duas áreas. O estudo seguiu uma estrutura metodológica rigorosa que incluiu: uma extensa revisão de literatura, desenvolvimento de um questionário robusto, recolha e análise de dados, e a formulação de conclusões fundamentadas.

Os resultados revelam um paradoxo: Enquanto que o 5G potencia a expansão da IoT e as suas aplicações, acaba por amplificar também as vulnerabilidades. Questões de segurança e privacidade emergem como barreiras significativas à adoção plena da IoT. A confiança dos utilizadores é assim fragilizada pela perceção dos riscos associados à combinação destas duas tecnologias.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas, 5G, Segurança, Privacidade, Confiança, Tecnologias Emergentes.

[Página intencionalmente deixada em branco]

# Abstract

The digital era has profoundly transformed the way we interact and operate in the world. Amidst this technological revolution, the Internet of Things (IoT) emerges as an innovation that promises unprecedented interconnection between devices, from household appliances to smart vehicles. This dissertation explores the profound implications of integrating 5G technology with IoT. This technological combination not only enhances communication speed and reduces latency but also raises critical issues regarding security and privacy.

By interconnecting millions of devices, the IoT creates a complex network of data that is incessantly collected, transmitted, and processed. 5G, with its capacity to support a massive density of devices, accelerates this dynamic, enabling innovative and disruptive applications in sectors such as healthcare, transportation, or the industry. However, this connectivity is not without risks. This research also aims to analyse users' perceptions of trust, security, and privacy in this new scenario.

Using a quantitative methodology, the research gathered various data through a questionnaire applied to users in these two areas. The study followed a rigorous methodological structure that included: an extensive literature review, development of a robust questionnaire, data collection and analysis, and formulating well-founded conclusions.

The results reveal a paradox: While 5G enhances the expansion of IoT and its applications, it also amplifies vulnerabilities. Security and privacy issues emerge as significant barriers to the full adoption of IoT. Users' trust is thus undermined by the perception of risks associated with the combination of these two technologies.

**Keywords:** Internet of Things, 5G, Security, Privacy, Trust, Emerging Technologies

[Página intencionalmente deixada em branco]

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

Nos últimos anos, a rápida evolução da tecnologia tem impulsionado uma revolução na conectividade global, com a Internet das Coisas (IoT) a emergir como uma força transformadora em diversos setores da sociedade. A IoT, que se baseia na interligação de dispositivos inteligentes para recolher, transmitir e analisar dados, está a transformar a forma como vivemos, trabalhamos e interagimos com o mundo ao nosso redor. Desde sistemas de monitorização de saúde até às redes inteligentes de energia, a IoT está a integrar-se cada vez mais no nosso cotidiano, prometendo eficiência, conveniência e inovação.

No entanto, a implementação da IoT em larga escala tem sido limitada pela capacidade da rede 4G em lidar com um elevado número de dispositivos IoT em simultâneo, a duração da bateria e questões de segurança e privacidade. À medida que a IoT continua a expandir-se, estes desafios tornam-se cada vez mais proeminentes, destacando a necessidade de uma infraestrutura de rede mais robusta e eficiente para sustentar o crescimento contínuo da IoT.

Além disso, surge agora um novo marco que promete acelerar ainda mais a implementação e o impacto na IoT: a chegada do 5G. O 5G, a próxima geração de redes móveis, promete revolucionar a conectividade ao oferecer velocidades ultrarrápidas, latência mínima e uma conectividade massiva. Estas características têm o potencial de elevar a IoT a novos patamares, viabilizando aplicações e serviços mais sofisticados e eficientes numa ampla gama de setores, desde as *smartcities* até à saúde e indústria.

A implementação do 5G não apenas promete acelerar a adoção da IoT, mas também abre novas possibilidades para inovação e transformação digital. O 5G é muito mais do que uma simples atualização das redes móveis existentes; é um catalisador para uma nova era de conectividade ubíqua e interação digital. Esta revolução tecnológica não só irá impactar todos os dispositivos IoT já existentes, mas também abrirá caminho para o desenvolvimento de novas aplicações que antes eram impensáveis dadas as limitações das redes móveis anteriores.

No entanto, enquanto que o potencial do 5G para transformar a IoT é imenso, também existem desafios significativos a serem superados. Questões como a segurança, a privacidade, e a infraestrutura são cruciais para garantir que esta integração ocorra de forma eficaz e

sustentável. Além disso, as considerações éticas e regulatórias também desempenharão um papel fundamental na forma como o 5G e a IoT são desenvolvidos, implementados e utilizados em todo o mundo.

## **1.2. Objetivos**

Esta dissertação tem como objetivo principal investigar e avaliar o impacto entre a tecnologia 5G e a Internet das Coisas (IoT), abordando questões cruciais e delineando possíveis soluções. Em particular, pretende-se analisar os benefícios potenciais da conectividade ultrarrápida e de baixa latência do 5G para a IoT, levando em consideração como isso pode impulsionar setores tais como a saúde, a indústria, entre outros, melhorando assim, a eficiência e a tomada de decisões.

No entanto, esta investigação estuda também as preocupações de segurança associadas à implementação do 5G na IoT. Vulnerabilidades de segurança, como ciberataques e violações de privacidade, são estudadas para compreender a exposição destas tecnologias às ameaças externas.

Olhando para o futuro, a investigação considera ainda necessário analisar as perspectivas para a evolução contínua do 5G e da IoT. Pretende-se saber se os avanços tecnológicos na rede 5G, juntamente com potenciais melhorias na segurança e na privacidade, impulsionam ou não a adoção e a implementação da IoT nos diversos setores da sociedade no longo prazo.

## **1.3. Perguntas de investigação**

Foram elaboradas duas perguntas de investigação com o objetivo de explorar e compreender de forma aprofundada o impacto do 5G, tanto nas suas implicações tecnológicas quanto nas suas consequências para a sociedade. O 5G representa um avanço significativo na conectividade, com promessas de transformar a forma como interagimos com a tecnologia e uns com os outros. Assim, torna-se crucial investigar como esta inovação pode afetar áreas fundamentais como a Internet das Coisas (IoT) e a sociedade.

**Pergunta de investigação 1:** Qual o impacto do 5G na IoT?

O objetivo desta pergunta é compreender como o 5G pode transformar as redes e aplicações IoT. Para isto, é fundamental entender quais são as melhorias em termos de desempenho, segurança, e capacidade de conectar múltiplos dispositivos de forma simultânea. Pretende-se também avaliar quais os desafios que o 5G pode trazer para a implementação e manutenção das infraestruturas de IoT.

**Pergunta de investigação 2:** Qual o impacto do 5G e da IoT na sociedade?

Esta pergunta visa investigar os impactos sociais causados pela introdução do 5G em larga escala. Compreender como esta nova tecnologia pode influenciar áreas como a saúde, educação e a forma de trabalhar é essencial para determinar se a adoção do 5G melhora a qualidade de vida ou, pelo contrário, gera desafios que requerem novas soluções. Também é importante saber se o 5G promove maior inclusão digital e que setores da sociedade serão os mais beneficiados.

O objetivo destas perguntas de investigação é entender o impacto real do 5G tanto nas áreas tecnológicas quanto nas sociais, de forma a determinar se esta tecnologia será benéfica para o futuro e quais os desafios que ainda precisam de ser superados.

## **1.4. Estrutura da dissertação**

Considerando a relevância do impacto do 5G na Internet das Coisas (IoT), esta investigação propõe a estruturação da dissertação em seis capítulos, cada um abordando aspetos específicos do tema.

O primeiro capítulo consiste na introdução, apresentando uma visão geral do tema e os objetivos da dissertação. Já, o segundo capítulo faz referência à metodologia de trabalho adotada, ao detalhar o quadro metodológico utilizado na pesquisa e as etapas seguidas durante a elaboração da dissertação. No terceiro capítulo, intitulado de estado da arte, é realizada uma contextualização histórica da Internet das Coisas (IoT), seguida de uma análise das suas características e funcionamento. É também explorada a evolução das comunicações móveis, culminando na rede de quinta geração (5G), sendo posteriormente examinado o seu potencial impacto no futuro na IoT.

O quarto capítulo denomina-se por apresentação de resultados, local esse, onde fica descrito como foi realizado o questionário e a quem foi dirigido. Para além disso, são ainda

apresentados estatisticamente todos os resultados previamente recolhidos pelo questionário. Já no quinto capítulo são discutidos e debatidos os resultados apresentados no capítulo anterior.

Por fim, o último capítulo está destinado a retirar as conclusões de toda a dissertação, bem como as sugestões para investigações futuras.

[Página intencionalmente deixada em branco]

## 2. Estado Da Arte

### 2.1. Introdução

Este capítulo apresenta uma revisão sobre as tecnologias centrais exploradas nesta investigação, tendo como ênfase a Internet das Coisas (IoT) e a sua relação o 5G. Esta revisão procura oferecer o contexto necessário para compreender os avanços tecnológicos que suportam estas áreas e os desafios associados.

A primeira parte irá abordar a Internet das Coisas (IoT), ao começar por apresentar o aparecimento da mesma e os fatores que permitiram o seu desenvolvimento. De seguida, são descritas as vantagens associadas à IoT, bem como as suas desvantagens, onde se incluem preocupações relacionadas com a segurança e a privacidade. Por fim, apresenta-se uma descrição detalhada da arquitetura da IoT, que pretende evidenciar os componentes que a constituem e a forma como operam em conjunto de forma a conseguir viabilizar esta tecnologia.

A segunda parte pretende explorar a evolução das redes móveis, com particular destaque para o 5G, um marco relevante no aumento da capacidade de transmissão e na redução da latência. Aqui são analisados os benefícios do 5G, bem como os desafios e as suas limitações.

Na última parte, será abordado o impacto do 5G na IoT, através da apresentação de casos práticos de aplicação, tais como a sua utilização na saúde ou no desenvolvimento de carros autónomos. Adicionalmente, serão também analisadas as preocupações de segurança que decorrem da integração destas duas, sublinhando o seu potencial transformador em múltiplos setores da sociedade no futuro.

### 2.2. Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas (IoT) define-se como uma rede coletiva de dispositivos físicos interligados que recolhem e transmitem dados através da internet sem que uma interação humana direta esteja presente. Estes dispositivos podem variar desde objetos simples, como eletrodomésticos e sensores, até máquinas industriais complexas. A ideia central da IoT é transformar dispositivos que inicialmente são limitados em termos de processamento em equipamentos mais inteligentes, capazes de comunicar informações em tempo real de modo a proporcionar uma maior eficiência e automação em várias áreas da sociedade atual. Um exemplo

prático seria então uma lâmpada que pode ser controlada remotamente através de uma app, representando assim um dispositivo IoT. (Félix 2022).

De acordo com Wazid. et al. (2020), as potenciais aplicações da IoT na sociedade são vastas e diversas, e o seu impacto já se faz sentir em múltiplos setores tais como a indústria, transportes, saúde, agricultura, entre outros. Conforme mais e mais dispositivos se conectam à internet, espera-se que a Internet das Coisas (IoT) tenha um papel cada vez mais significativo na mudança da maneira como trabalhamos e vivemos.

### **2.2.1. O aparecimento da IoT**

Conforme mencionado por Massola & Pinto (2023), o conceito de IoT (Internet das Coisas) foi introduzido em 1999, quando o Ashton publicou um artigo intitulado de "As Coisas da Internet das Coisas". Neste artigo é discutido que a crescente escassez de tempo entre as pessoas tem levado ao desenvolvimento de ferramentas destinadas a automatizar tarefas que tradicionalmente exigiam intervenção humana. Estas tarefas podem ser atribuídas a dispositivos conectados que, ao operarem em rede através de diversos protocolos, são capazes de monitorizar as atividades humanas, recolher dados e fornecer assistência no cotidiano.

### **2.2.2. Vantagens da IoT**

A Internet das Coisas (IoT) destaca-se como uma tecnologia que possibilita a partilha de dados e a interação com uma variedade de dispositivos. De acordo com Félix (2022), esta tecnologia assume um papel crucial na automatização de tarefas, ao contribuir para a redução do esforço humano. Os sensores e dispositivos inteligentes permitem a execução autónoma de rotinas, o que acaba por libertar os recursos humanos para a realização de atividades mais complexas. Esta abordagem não só aumenta a eficiência operacional, mas também promove a satisfação no trabalho, ao colocar os profissionais em tarefas que requerem competências exclusivamente humanas.

Além disso, Félix (2022) salienta que a redução de custos é mais uma das grandes vantagens associadas à IoT. Esta tecnologia proporciona informações em tempo real sobre as operações e os recursos, o que permite a identificação rápida e eficaz das áreas que necessitam de melhorias. Tal capacidade, facilita e enriquece as tomadas de decisões, o que leva a uma redução

substancial das despesas operacionais. Wazid et al. (2020) complementam esta visão, ao afirmar que a IoT é um elemento-chave na procura por eficiência económica e competitividade.

A análise de dados é outro domínio que beneficia enormemente a IoT. De acordo com Wazid et al. (2020), a recolha contínua de informações em tempo real permite a identificação de padrões, tendências e desempenhos com elevada precisão. Félix (2022) reforça que esta capacidade de análise fomenta a inovação, ao oferecer *insights* profundos sobre processos e comportamentos relevantes.

No que diz respeito à produtividade e eficiência, Félix (2022) realça que a IoT otimiza o uso de recursos e automatiza processos, ao criar um ambiente colaborativo entre máquinas. Wazid et al. (2020) destacam que esta sinergia resulta em operações com um impacto positivo na produtividade geral. Esta transformação é particularmente relevante em setores onde a competitividade depende da capacidade de executar operações de forma eficiente e eficaz.

Outro ponto fundamental é o estímulo à inovação e ao desenvolvimento de novos produtos. Segundo Wazid et al. (2020), a conectividade entre dispositivos IoT cria um ambiente propício para o surgimento de soluções inovadoras. As empresas têm a oportunidade de explorar novas ideias, desenvolver produtos adaptados às exigências do mercado e melhorar os processos existentes, consolidando a sua competitividade.

### **2.2.3. Desvantagens da IoT**

Embora a Internet das Coisas (IoT) ofereça uma ampla gama de benefícios, esta tecnologia enfrenta igualmente desafios significativos, conforme apontado por diversos autores. De acordo com Wazid et al. (2020), uma das principais preocupações é a segurança das informações. A recolha, transmissão e armazenamento de dados sensíveis, como informações pessoais, financeiras ou de saúde, podem tornar os dispositivos IoT mais vulneráveis a ataques cibernéticos, especialmente quando estes dispositivos não possuem mecanismos de proteção suficientemente robustos. Além disso, as inexistências de padrões de segurança uniformes agravam ainda mais o problema, o que dificulta a mitigação dos riscos.

Alsulami e Akkari (2018) destacam que a privacidade é outro ponto bastante sensível. A recolha constante de dados por parte dos dispositivos IoT levanta preocupações sobre como as informações pessoais dos utilizadores são recolhidas, armazenadas e utilizadas. Este problema

pode gerar desconforto e desconfiança entre os utilizadores, o que torna a transparência um ponto essencial para a aceitação desta tecnologia.

Wazid et al. (2020) referem ainda o impacto ambiental negativo relacionado ao lixo eletrónico. O ciclo rápido de inovação associado à IoT promove a obsolescência precoce de dispositivos, o que acaba por resultar num aumento bastante alarmante de resíduos eletrónicos. Uma gestão inadequada destes resíduos pode ter sérias consequências ambientais, sendo assim necessária a doação de soluções sustentáveis que permitam minimizar este problema.

A falta de padrões uniformes e problemas de interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes representam outro obstáculo, conforme sublinhado por Olusanya et al. (2021). Esta limitação dificulta a integração de sistemas IoT e impede o desenvolvimento de soluções abrangentes, tornando-se um entrave à evolução tecnológica.

Para além disso, a implementação da IoT é frequentemente acompanhada por elevados custos e complexidade técnica. Segundo Wazid et al. (2020), muitas organizações enfrentam desafios na integração de dispositivos, na gestão de grandes volumes de dados e na manutenção de infraestruturas sofisticadas, o que pode dificultar a adoção generalizada desta tecnologia.

No que diz respeito ao consumo de energia, Alsulami e Akkari (2018) salientam que muitos dispositivos IoT dependem de baterias e que a sua eficiência energética é crucial. Dispositivos que consomem demasiada energia podem necessitar de trocas frequentes de baterias, o que pode ser impraticável em contextos onde a manutenção regular é difícil.

A confiabilidade e a disponibilidade também são frequentemente questionadas. Wazid et al. (2020) destacam que, em operações críticas, falhas nos dispositivos IoT ou interrupções na rede podem afetar gravemente os sistemas e comprometer a sua funcionalidade.

Questões éticas e sociais também são levantadas por Alsulami e Akkari (2018). A utilização generalizada da IoT suscita dúvidas sobre quem possui e controla os dados recolhidos, bem como sobre as implicações sociais de uma sociedade profundamente conectada, o que requer uma reflexão ética contínua.

Por fim, os desafios regulatórios destacados por Wazid et al. (2020) revelam também que a rápida evolução da IoT tende a superar a capacidade dos reguladores de desenvolverem normas apropriadas, criando um vazio ou regulamentos inadequados que dificultam a adaptação às novas realidades tecnológicas.

#### **2.2.4. A arquitetura IoT**

Barros et al. (2023) afirmam que a complexa arquitetura da Internet das Coisas (IoT) consiste numa teia de componentes, tais como sensores, nuvem, protocolos e diversas camadas que constituem os sistemas de redes IoT. Em termos gerais, esta arquitetura está dividida em várias camadas que permitem aos administradores avaliar, monitorizar e preservar a integridade do sistema.

Segundo Bouaouad et al. (2020), o principal propósito desta arquitetura passa por conseguir gerir as informações recolhidas através das tecnologias habilitadas para a IoT, permitindo assim a sua análise ou processamento conforme necessário. A colaboração entre dispositivos, sensores e infraestrutura de rede é essencial para facilitar uma comunicação eficaz entre os mesmos. Após esta integração, torna-se possível realizar diversas tarefas, como por exemplo, a resolução de problemas identificados no sistema, graças a técnicas de análise de dados eficientes implementadas através dos dispositivos IoT.

A função crucial desta arquitetura mantém-se constante: efetuar a recolha de atributos fornecidos/observados pelos utilizadores e fornecer feedback sobre a sua eficácia durante as operações, ao mesmo tempo em que controla os processos recorrendo a medidas precisas viabilizadas pelas capacidades nativas (Affia et al., 2023).

#### **2.2.4. A importância da arquitetura IoT**

A concretização das implementações IoT depende sempre de uma arquitetura bem definida que permita a interação e operação sem problemas com os dispositivos IoT, ao mesmo tempo que se encontra sempre em constante expansão, mantendo a compatibilidade e garantindo a segurança necessária (Bouaouad, et al., 2020).

De acordo com Barros et al. (2023), não existe atualmente uma arquitetura amplamente adotada por todas as empresas desenvolvedoras deste tipo de dispositivos. A complexidade e a quantidade de camadas arquiteturais podem variar dependendo dos requisitos específicos da tarefa em questão. Embora uma arquitetura de quatro camadas seja um formato comum e amplamente aceite por todos, é essencial reconhecer a natureza dinâmica deste tipo de estruturas.

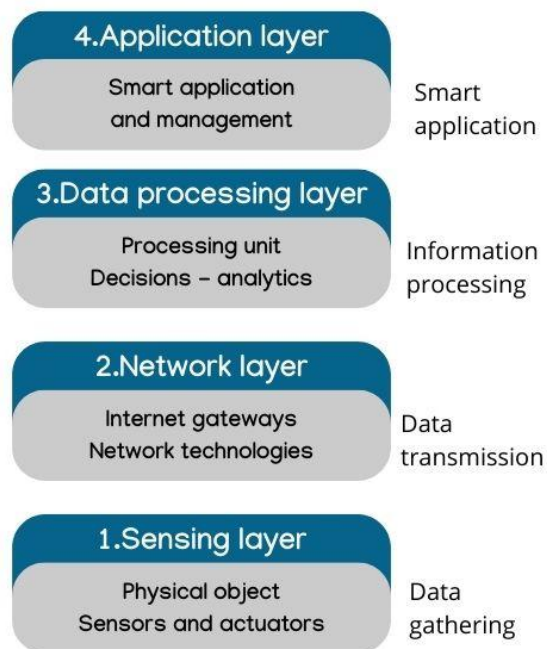


Figura 1 - A arquitetura IoT (David. (n.d.). Deep seas developments disponível em <https://www.deepseadev.com/en/blog/iot-architecture-explained/>).

A figura 2 revela os quatro pilares basilares da arquitetura IoT. Seguindo o pensamento de Barros et al. (2023), Bouaouad, et al. (2020), e Affia et al. (2023), são estas a camada de sensores, a camada de rede, a camada de processamento de dados e a camada de aplicação.

### 2.2.5. Camada de Sensores

A camada de sensores é fundamental para um sistema IoT. A camada consiste em sensores e atuadores responsáveis por adquirir e processar dados de fontes externas. Esta camada desempenha um papel essencial na obtenção de informações brutas dos ambientes físicos, fornecendo assim dados que serão depois analisados nas camadas superiores da arquitetura (Palmer, 2023).

A ausência desta camada em qualquer arquitetura de rede da Internet das Coisas irá comprometer a capacidade destes sistemas de recolher informações cruciais na interação com a realidade, resultando assim na inviabilidade da implementação dos dispositivos IoT (Souissi, 2020).

### **2.2.6. Camada de Rede**

A camada de rede é fundamental para permitir que os dados sejam transmitidos entre todos os elementos de uma estrutura IoT. Ela utiliza tecnologias como o HTTP e o MQTT para facilitar a comunicação de uma aplicação/dispositivo para outra. Além disso, este mesmo nível de conectividade pode proporcionar um ambiente seguro, especialmente quando inclui recursos como as redes móveis privadas 5G, que permitem o controlo total sobre a transferência de informações (Bouaouad et al., 2020). Isto envolve diversos dispositivos: routers de internet que possibilitam a comunicação fora das redes locais, routers que conectam vários dispositivos de uma só vez através de funções de bridge e sistemas de aquisição de dados (DAS) que permitem a recolha de leituras de sensores em várias aplicações dentro de um sistema (Finch et al., 2023).

### **2.2.7. Camada de Processamento de Dados**

Na camada de processamento de dados, as informações recolhidas pelas camadas anteriores são aqui processadas e analisadas para auxiliar as empresas na tomada de decisões e otimização das suas operações. Esta camada é capaz de processar as informações brutas provenientes de sistemas IoT através de algoritmos de *machine learning* de modo a proporcionar a melhor automatização de processos (Jung et al., 2023).

Segundo o mesmo autor, a inteligência artificial, faz assim também ela parte desta camada, ao auxiliar na filtragem de informações irrelevantes ou inutilizáveis antes de ser realizada a análise. A implementação bem-sucedida destas medidas produz resultados mais eficientes para o mundo real.

### **2.2.8. Camada de Aplicação**

A camada de aplicação na arquitetura IoT atua como uma plataforma crucial para a interação humana com o sistema e o acesso a serviços específicos. Isto permite que os utilizadores utilizem os seus dispositivos de maneira conveniente, seja através de aplicações móveis ou através de *dashboards* nos computadores. Um exemplo disso ocorre quando alguém utiliza uma aplicação

projetada especialmente para casas inteligentes como por exemplo a Alexa, podendo assim, ativar a máquina de café facilmente através da função de toque de um botão na app (Barros et al., 2023).

O mesmo autor afirma que a escolha de uma plataforma IoT deve levar em consideração a sua capacidade de armazenamento e processamento de dados. É necessário que ela seja capaz de lidar eficientemente com grandes volumes de informações e seja adaptável à procura existente. Explorar protocolos de comunicação disponíveis, como Bluetooth, Wi-Fi ou 5G, é essencial para uma conectividade bem-sucedida entre dispositivos que transmitem dados via wireless.

Além disso, é também importante avaliar a integração com sistemas e aplicações existentes. Isto permitirá uma transição suave da *framework* atual para as novas funcionalidades que poderão ser adicionadas no decorrer do processo de desenvolvimento. A avaliação destes elementos pode garantir a solução certa, adaptada especificamente para atender a todos os requisitos do projeto envolvidos no uso bem-sucedido de um sistema de serviços de Internet das Coisas nas organizações.

### **2.3. Redes Móveis**

Faz quase 40 anos que as redes móveis estão constantemente a evoluir. Estas, enfrentam agora mais uma vez tempos de transformação. 2004 foi o ano em que com o surgimento da rede móvel 3G, foi observado um aumento do volume de tráfego na denominada rede móvel. A partir desta data, o tráfego nunca mais abrandou. Neste ano, foi também verificado um aumento na variedade de produtos e serviços disponíveis aos consumidores, no entanto, é só em 2012 assim que surge o 4G, que esta rede desperta mais interesse, estando isto, diretamente relacionado com os smartphones (Wazid et al., 2020).

Agora, com o aparecimento do 5G, espera-se uma nova revolução na comunicação móvel. O 5G promete oferecer velocidades muito superiores ao 4G, bem como uma maior capacidade, fiabilidade e eficiência energética. O 5G permitirá também o desenvolvimento de novas aplicações e serviços, tais como a Internet das Coisas, a realidade virtual e aumentada, os veículos autónomos, a telemedicina, entre outros... No entanto, o 5G também enfrenta vários desafios e limitações, tais como o custo, a segurança, a regulamentação, a compatibilidade e a cobertura. Assim, o 5G representa uma oportunidade e um desafio para as operadoras, os consumidores e a sociedade em geral (Painuly et al., 2020).

### 2.3.1. Evolução Das Redes Móveis

Desde a primeira até a mais recente 5G, as redes móveis evoluíram de forma notável, ao trazer avanços tecnológicos, melhorias nas funcionalidades e mudanças profundas na sociedade. É essencial analisar esta evolução para entender não só o progresso técnico, mas também as implicações sociais e económicas de cada geração (Painuly et al., 2021).

#### 1G

A 1G, que surgiu na década de 1980, foi um marco inicial na revolução das comunicações móveis. Ao utilizar sinais analógicos e a técnica de Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA), esta primeira geração iniciou a era *wireless*. No entanto, as suas funcionalidades eram bastante limitadas às chamadas de voz, essas, com baixa qualidade de áudio e uma cobertura geográfica relativamente reduzida (Painuly et al., 2021).

O mesmo autor, afirma ainda que as limitações da 1G não estavam relacionadas apenas com a qualidade das chamadas, mas também com a sua capacidade e segurança. Com uma capacidade de transmissão relativamente baixa e falta de medidas de segurança robustas, as chamadas feitas através desta tecnologia eram vulneráveis a interseções pela parte dos hackers, representando assim, um desafio significativo para a privacidade dos utilizadores.

O impacto da 1G, contudo, não pode ser menosprezado. Ao marcar o início da era da comunicação móvel, esta primeira geração permitiu que as pessoas fizessem chamadas sem depender de linhas fixas, oferecendo uma liberdade até então inédita. Esta conquista pioneira criou as bases para desenvolvimentos posteriores, estimulando a necessidade de redes mais avançadas que superassem as limitações da 1G. Este ponto de partida inicial, indica não apenas uma conquista tecnológica, mas também a origem do dinamismo evolutivo que caracteriza as gerações seguintes de redes móveis (Wazid et al., 2020).

#### 2G

A segunda geração (2G) de redes móveis, lançada na década de 1990, assinalou a mudança das comunicações realizadas através de sinais analógicos para digitais. Ao utilizar o acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) e mais tarde o Sistema Global para Comunicações

Móveis (GSM), o 2G representou um progresso importante no setor (Gope et al., 2020).

O referido autor declara ainda que de entre as principais características do 2G, salienta-se a introdução de serviços de dados como o SMS (*Short Message Service*) e o MMS (*Multimedia Messaging Service*). Além disso, ofereceu uma qualidade de comunicação e capacidade superiores em comparação com a tecnologia de primeira geração (1G). A implementação de técnicas de encriptação contribuiu para uma comunicação mais segura, estabelecendo assim uma base sólida para o desenvolvimento futuro das redes móveis.

O impacto do 2G foi notável na democratização do acesso aos telemóveis, tornando-os mais acessíveis ao público em geral. Além disso, a introdução do conceito de dados móveis abriu caminho para o surgimento da internet móvel, redefinindo assim a forma como as pessoas comunicam e acedem a informações. O 2G desempenhou, assim, um papel fundamental na evolução das comunicações móveis, consolidando-se como um marco significativo na história da tecnologia (Shetty et al., 2020).

### **3G**

A terceira geração, conhecida como 3G, surgiu na década de 2000, e utilizava a tecnologia de Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA). Esta era tecnológica assinalou a mudança para a transmissão de dados em alta velocidade e a introdução do conceito de banda larga móvel (Matta et al., 2021).

O autor em questão sustenta que o 3G apresentou uma série de características inovadoras que aumentaram significativamente as capacidades dos dispositivos móveis. A principal delas foi a capacidade de suportar taxas de transferência de dados mais altas, o que possibilitou serviços como internet móvel, videochamadas e televisão móvel. Além disso, o 3G trouxe melhorias consideráveis na qualidade e capacidade das chamadas de voz, proporcionando uma experiência mais eficaz e clara para os utilizadores.

O impacto do 3G na comunicação móvel foi revolucionário, ao servir como catalisador para a proliferação de *smartphones* e conseqüentemente para o aparecimento de uma variedade de aplicações móveis. Este progresso tecnológico desempenhou um papel fundamental no crescimento das redes sociais e do comércio eletrónico, abrindo novas possibilidades de interação e transações comerciais através destes dispositivos (Painuly et al., 2021).

A era do 3G deixou um legado duradouro no panorama das comunicações, abrindo assim o caminho para inovações subseqüentes. O seu impacto não se limitou apenas à melhoria das capacidades técnicas, mas estendeu-se à transformação social e económica, moldando a forma como nos ligamos, comunicamos e realizamos negócios na era digital.

## 4G

A quarta geração de rede móvel, ou 4G, emergiu na década de 2010, e utiliza a tecnologia *Long Term Evolution* (LTE) para oferecer velocidades de dados ainda mais altas. Esta evolução representou um marco importante ao introduzir o conceito de uma rede totalmente baseada em IPs, tratando as chamadas de voz como dados (Wazid, et al., 2020).

O citado autor argumenta ainda que as características essenciais do 4G incluíram o fornecimento de acesso à internet de alta velocidade e alta capacidade, possibilitando assim, a utilização de serviços como a televisão móvel de alta definição, videoconferências, serviços de jogos e outras aplicações intensivas em dados. O 4G possibilitou ainda a expansão dos serviços de *streaming*.

Esta tecnologia estabeleceu assim, bases sólidas para a interligação digital, redefinindo as possibilidades e a experiência do utilizador em cenários cada vez mais orientados para a mobilidade e conectividade.

## Comparação do salto evolutivo das Gerações Anteriores

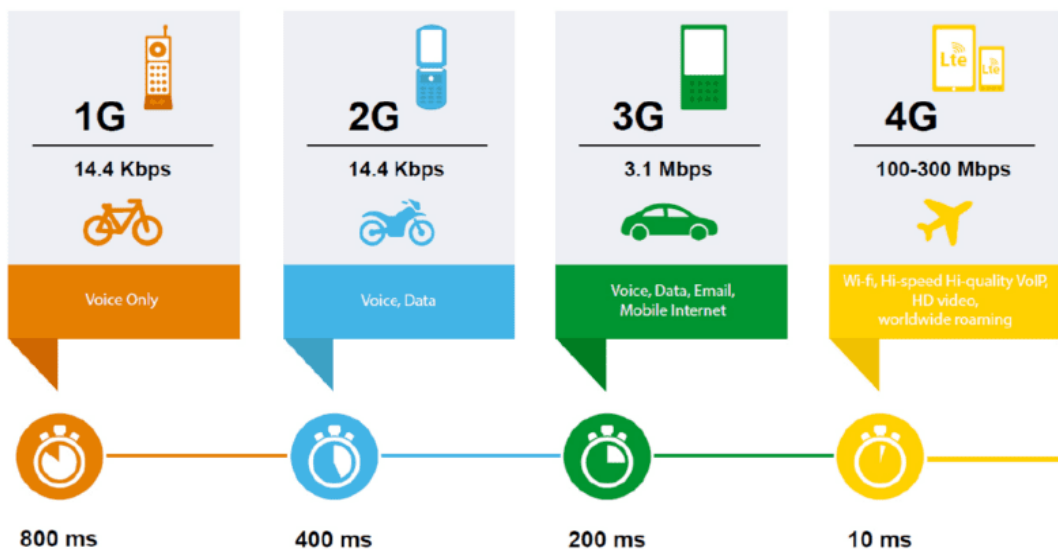


Figura 2 – Evolution of 1G to 4G (Patel, 2022)

A figura 2 apresenta uma comparação das características das tecnologias de rede móvel desde a 1G até à 4G. Segundo Patel (2022), nesta figura são comparadas a velocidade dos dados e a latência para cada geração. O autor também esclarece algumas destas características tecnológicas tais como:

- **Velocidade dos Dados:** Esta é a velocidade a que os dados podem ser transmitidos ou recebidos pela rede. Ela é medida neste caso, em kilobits por segundo (kbps) ou megabits por segundo (Mbps). Quanto maior a velocidade, mais rápido é o acesso à internet. Por exemplo, o 4G pode atingir velocidades até 100 Mbps, o que é muito mais rápido do que a rede 1G, que só podia atingir até 2.4 kbps.
- **Latência:** Esta é a quantidade de tempo necessária para que um conjunto de informações viaje de um local para outro na rede. Ela é medida em milissegundos (ms) ou segundos (s). Quanto menor a latência, mais responsiva é a rede. Por exemplo, a 4G tem uma latência entre 20 ms e 50 ms, o que é muito menor do que a rede 1G, que tinha uma latência entre 500 ms e 1 s.

- **Largura de Banda:** Esta é a capacidade da rede de transportar dados. Ela é medida em hertz (Hz) ou megahertz (MHz). Quanto maior a capacidade de transmissão, mais informações podem ser transmitidas ou recebidas ao mesmo tempo. Por exemplo, a rede 4G tem uma largura de banda ampliada, o que permite mais aplicações e serviços de alta qualidade, enquanto que a rede 1G tinha uma largura de banda bem mais limitada, o que restringia as opções de comunicação.

Ao analisar a figura 2, o mesmo autor destaca ainda que é também possível verificar uma progressão notável ao longo das décadas em termos de velocidade dos dados, latência e largura de banda. Inicialmente introduzido na década de 1980, o 1G apresentava velocidades modestas, acompanhadas por uma latência significativa. Esta fase inicial da tecnologia refletia as limitações tecnológicas da época. No entanto, com o advento do 2G, observa-se uma redução substancial na latência. Esta evolução sugere avanços notáveis na infraestrutura e nas capacidades de comunicação.

O 3G torna-se também um marco importante, ao oferecer velocidades de até 3.1 Mbps e ao reduzir ainda mais a latência. Esta fase testemunha um salto considerável nas capacidades de transmissão de dados, impulsionando assim, o desenvolvimento de serviços mais sofisticados e a melhoria da conectividade global. A mesma figura, destaca como as redes móveis não apenas aumentaram as velocidades, mas também continuaram a otimizar a eficiência das comunicações.

A transição para o 4G, na década de 2010, representa um salto significativo em termos de desempenho. Com velocidades impressionantes, latência muito baixa e uma largura de banda ampliada, o 4G revoluciona a forma como os dispositivos móveis acedem e transmitem os dados. Esta geração não apenas proporciona uma experiência mais rápida e eficiente para os utilizadores, mas também viabiliza o desenvolvimento de aplicações e serviços inovadores que aproveitam ao máximo esta capacidade de transmissão.

## **5G**

O 5G, a quinta geração de redes móveis, é o mais recente avanço na tecnologia de comunicação sem fios. Esta nova geração, que sucede ao 4G, promete trazer melhorias significativas em termos de velocidade, capacidade, latência e conectividade. O 5G foi concebido

para responder ao aumento da necessidade de comunicação dos dados, elevando a conectividade global a patamares nunca antes atingidos (Painuly et al., 2020).

Diferentemente das gerações anteriores, o 5G não é apenas uma melhoria incremental, mas sim uma mudança radical na arquitetura das redes móveis. Da mesma forma, emprega-se frequências de rádio mais elevadas do que aquelas que são utilizadas pelas gerações anteriores, permitindo a conectividade em simultâneo de um maior número de dispositivos. Prevê-se que uma rede eficiente possa suportar cerca de 1 milhão de dispositivos por quilómetro quadrado, transmitindo dados em alta velocidade, com baixa latência e taxas de erro mínimas. O 5G poderá ser até 100 vezes mais rápido do que o 4G, permitindo por exemplo a realização de downloads de filmes completos em segundos, em vez de minutos (Wazid et al., 2020).

Wazid (2020), afirma ainda que esta tecnologia não só proporciona uma experiência de internet mais rápida para dispositivos móveis, mas também suporta uma variedade de aplicações, desde a Internet das Coisas (IoT) até à realidade virtual. O 5G tem o potencial de impulsionar a inovação em várias indústrias, tornando assim as comunicações mais eficientes, fiáveis e de baixa latência, abrindo caminho para uma sociedade cada vez mais interligada e inteligente.

## **Vantagens do 5G**

O 5G surge como uma revolução tecnológica, apresentando uma série de vantagens substanciais em relação ao seu antecessor, o 4G. Estas melhorias abrangem vários aspetos cruciais, proporcionando um salto significativo no desempenho das comunicações móveis (Wazid et al., 2020).

No que diz respeito à velocidade dos dados, o 5G destaca-se, oferecendo velocidades impressionantes quando comparado ao 4G. Teoricamente capaz de atingir até 20 Gbps, o 5G ultrapassa as modestas velocidades do 4G, que geralmente oscilam entre 20 e 100 Mbps. Esta diferença substancial abre portas para uma experiência mais rápida e eficiente na transmissão de dados (Alsulami & Akkari, 2018).

Além disso, a latência, ou tempo de resposta da rede, apresenta uma redução notável no 5G sendo esta agora cerca de 1 até um máximo de 10 milissegundos, face aos 20 a 50 milissegundos da tecnologia 4G. Esta diminuição é de extrema importância em cenários que exigem respostas instantâneas, como jogos online, veículos autónomos e cirurgias remotas. A capacidade do 5G de minimizar a latência proporciona um ambiente mais propício para o desenvolvimento destas aplicações sensíveis ao tempo (Wazid, & Rodrigues, 2020).

A capacidade de conexão do 5G representa outro avanço significativo, permitindo a gestão de um número substancialmente maior de dispositivos conectados simultaneamente em comparação com o 4G. Este atributo torna-se crucial no contexto da Internet das Coisas (IoT), onde milhares de milhões de dispositivos necessitam interagir de forma eficiente e contínua (Alsulami, & Akkari, 2018).

Alsulami (2018), destaca também a eficiência energética do 5G como uma característica fundamental, projetada para prolongar a vida útil da bateria dos dispositivos móveis. Em contraste com o 4G, o 5G é concebido com um foco adicional na otimização do consumo de energia, representando um avanço importante no desenvolvimento sustentável da tecnologia móvel e conseguindo assim obter resultados 90% superiores nesta matéria quando comparado à geração anterior.

No que diz respeito à fiabilidade, o 5G sobressai, proporcionando uma experiência mais estável em comparação com o 4G. Menos chamadas perdidas e interrupções mínimas no serviço de dados contribuem para uma conectividade mais fiável, atendendo às crescentes demandas por comunicações ininterruptas (Wazid et al., 2020).

Adicionalmente, a largura de banda e a cobertura do 5G são também elas notáveis. A maior largura de banda permite uma transmissão de dados mais rápida e eficiente, enquanto que a cobertura expandida, embora parte de um processo gradual de implementação, eventualmente oferecerá uma cobertura mais ampla e consistente do que o 4G. Este avanço é particularmente relevante em áreas urbanas densamente povoadas, onde a procura por conectividade rápida e fiável é mais intensa (Alsulami & Akkari, 2018).

Adicionalmente, o suporte a tecnologias avançadas, como a realidade aumentada e virtual, posiciona o 5G na vanguarda da inovação. Estas tecnologias exigem altas velocidades de dados e baixa latência, requisitos que o 5G atende de forma excepcional, abrindo caminho para experiências imersivas e interações mais sofisticadas (Alsulami, & Akkari., 2018).

## **Desvantagens do 5G**

De acordo com Khuntia e Sahoo (2021), o 5G, embora repleto de potencial e promessas significativas, enfrenta uma série de desafios que merecem uma análise cuidadosa. Um dos aspetos destacados refere-se ao custo de implementação. A transição para o 5G exige investimentos substanciais na instalação de novas infraestruturas de rede, incluindo torres de comunicação modernas e tecnologia avançada, o que representa um encargo financeiro

considerável para as operadoras de telecomunicações. Além disso, do ponto de vista do consumidor, a necessidade de adquirir dispositivos compatíveis com esta tecnologia pode constituir uma barreira devido ao elevado custo associado.

A cobertura de rede é outro fator crítico apontado pelos autores. A utilização de ondas de rádio de maior frequência por parte do 5G, embora permita velocidades bastante superiores, acaba por limitar consideravelmente o alcance das transmissões. Este fator implica a necessidade de instalar um número significativamente maior de torres de comunicação para garantir uma cobertura adequada, sobretudo em áreas rurais ou menos densamente povoadas. Como consequência, podem acabar por surgir zonas do país com cobertura limitada ou mesmo inexistente.

No que respeita ao consumo de energia, Khuntia et al. (2021) referem que, apesar de o 5G ser projetado para melhorar a eficiência energética, a enormidade dos dados que são transmitidos e processados poderá conduzir a um aumento global no consumo de energia. Este cenário levanta preocupações tanto em relação à autonomia dos dispositivos móveis como às implicações energéticas a uma escala mais abrangente.

As questões de segurança e privacidade também são destacadas como áreas de preocupação. Apesar das melhorias significativas em relação às gerações anteriores, o aumento da conectividade e a natureza abrangente do 5G trazem consigo novos desafios e vulnerabilidades. Estes desafios exigem uma vigilância constante e a implementação de soluções que mitiguem os riscos inerentes à segurança dos dados transmitidos e armazenados.

Por fim, os possíveis impactos do 5G na saúde humana continuam a ser objeto de debate. Embora estudos iniciais indiquem que a radiação emitida por esta tecnologia se encontra dentro dos limites considerados seguros, Khuntia et al. (2021) sublinham a necessidade de investigações adicionais para compreender plenamente os efeitos a longo prazo da exposição às ondas de rádio associadas ao 5G.

## **2.4. O Impacto do 5G na IoT**

A emergência da tecnologia 5G promete ter um impacto significativo nos utilizadores, graças à sua velocidade superior, latência reduzida e cobertura global, possibilitando assim, uma conexão universal. Estes elementos convergem para um objetivo final: a Internet das Coisas (IoT) (Khuntia et al., 2021).

Atualmente, calcula-se que existam mais de 20 mil milhões de dispositivos IoT espalhados por todo o mundo, e esse número continua a crescer dia após dia. Dada a expansão do 5G e das suas características inovadoras, torna-se evidente que esta tecnologia pode desempenhar um papel crucial no avanço da IoT, especialmente quando se considera a crescente quantidade de dados que são transmitidos diariamente (Meneses, 2022).

Hoje, a maior parte dos dispositivos IoT opera com tecnologias como o ZigBee, BLE, 4G e WiFi. Essas tecnologias têm contribuído para transformar a vida cotidiana, particularmente em ambientes residenciais e urbanos inteligentes, bem como em setores fundamentais, como é o caso da saúde e da indústria. Apesar destas tecnologias oferecerem uma cobertura de sinal ampla, custos reduzidos e simplicidade, os avanços rápidos da IoT ainda apresentam desafios importantes, como a necessidade de maior robustez, confiabilidade e velocidade nas comunicações (Sahoo et al., 2021).

Além disso, os mesmos autores apontam ainda que as redes 4G não são suficientes para suportar as comunicações máquina-a-máquina (M2M), que ocorrem sem a intervenção humana. Nesse contexto, o 5G surge como uma solução promissora para superar estas limitações e possibilitar a ligação de milhões de dispositivos IoT.

O principal desafio enfrentado pelo 5G no universo da IoT é sua capacidade de lidar com a diversidade de dispositivos existentes e atender às exigências específicas de cada aplicação.

### **2.4.1. As aplicações reais do 5G-IoT na sociedade**

Conforme destacado por Galindo (2020), já estão a ser realizadas diversas experiências em diferentes áreas da sociedade com o objetivo de aplicar e ampliar a tecnologia 5G. Uma das aplicações apontadas pelo autor é o carro autónomo, descrito como um veículo inteligente capaz de perceber o ambiente ao seu redor e deslocar-se com pouca ou nenhuma intervenção humana. Equipados com sensores, radar e sistemas GPS, estes veículos recolhem e interpretam dados para identificar os caminhos a seguir e evitar obstáculos. Além disso, podem comunicar entre si, o que permite decisões colaborativas e escolhas mais eficientes de rotas, tudo facilitado pela comunicação móvel 5G.

Outra área com potencial significativo é a realidade virtual (VR). Segundo o mesmo autor, a VR cria ambientes artificiais apresentados ao utilizador de forma a suspender a perceção do mundo real. A experiência, baseada em sentidos como visão e a audição, beneficia

significativamente do 5G, que permite uma comunicação em tempo real dos mundos virtuais transmitidos ao vivo, o que eleva a qualidade e imersão.

Os drones, também mencionados por Galindo (2020), têm obtido destaque como dispositivos IoT utilizados para vigilância do espaço aéreo e serviços de navegação, tais como o resgate e a entrega de encomendas. Estes dispositivos recolhem dados do ambiente e transmitem-nos para uma estação base, algo que requer uma rede móvel eficiente como o 5G para garantir a comunicação necessária.

No campo da segurança e vigilância, o mesmo autor salienta que, devido às crescentes ameaças à segurança pública, governos e agências têm implementado sistemas mais avançados, como câmaras CCTV em veículos, transportes públicos e a utilização de drones de vigilância. Ao utilizar o 5G, passa a ser possível a análise em tempo real de conteúdos de vídeo e a instalação de um grande número de dispositivos em áreas estratégicas, o que assegura um desempenho elevado e respostas rápidas.

No setor da saúde, o 5G também apresenta vantagens significativas, especialmente para pessoas em áreas rurais onde o acesso aos hospitais é limitado. A telemedicina e os sistemas de monitorização remota permitem que os cuidados médicos sejam prestados no conforto das suas casas. Galindo (2020), destaca que dispositivos implantáveis ou vestíveis recolhem diversos dados de saúde e transmitem-nos para a nuvem, o que permite aos médicos analisar as informações e prescrever os tratamentos adequados remotamente. No entanto, estas tecnologias geram grandes volumes de dados, o que acaba por criar desafios como o congestionamento das redes de comunicação. Neste contexto, a alta velocidade e baixa latência do 5G tornam-se essenciais para garantir o seu funcionamento eficiente.

Por fim, a cirurgia remota é uma aplicação que beneficia diretamente do 5G. Com esta tecnologia, cirurgiões podem operar pacientes a grandes distâncias ao utilizar braços robóticos controlados de forma remota. Galindo (2020), exemplifica como os médicos nos EUA poderiam realizar cirurgias a pacientes em Portugal, o que iria eliminar a necessidade de deslocações internacionais para a realização de determinadas cirurgias. Esta funcionalidade depende da baixa latência do 5G, que garante a precisão e segurança necessárias durante os procedimentos.

#### **2.4.2. As preocupações de segurança da IoT**

A integração contínua de dispositivos inteligentes já se tornou uma prática recorrente do nosso dia a dia, acabando assim, por registar todas as nossas atividades do cotidiano. Isto, no entanto, levanta preocupações sobre a segurança e a privacidade destes dispositivos. A recolha de informações sensíveis e confidenciais por parte dos dispositivos IoT, aliada à sua interação direta com o mundo físico, torna-os alvos fáceis e suscetíveis de ataques. Meneses (2022), afirma que um cidadão pode ter sua imagem capturada através de câmaras até cerca de 300 vezes por dia. Embora possam existir diversos benefícios, como por exemplo a gravação de um *carjacking*, estas informações podem também ser utilizadas de forma maliciosa.

Com o crescimento do número de dispositivos conectados à Internet das Coisas (IoT), em conjunto com o elevado nível de automatização, passa a existir uma recolha em larga escala e contínua de dados pessoais, que circulam pelo complexo ecossistema das redes 5G (Meneses, 2022). O mesmo autor afirma que este mesmo crescimento cria uma superfície de ataque ampla e vulnerável, acabando por expor a tecnologia a um número elevado de vulnerabilidades em comparação com as antigas redes de comunicação das diferentes gerações. O 5G tem como objetivo aguentar com uma maior quantidade de dados, incluindo alguns deles pessoais o que proporciona só por si novos desafios. O roubo dessas informações pode ter consequências prejudiciais para os utilizadores e as empresas. Além disso, a interligação da rede 5G com a IoT, na qual se prevê que todos os serviços estejam disponíveis 24 horas por dia, aumenta as ameaças às quais a IoT já é consideravelmente suscetível (Meneses, 2022).

De acordo com Meneses (2022), uma das maiores adversidades enfrentadas pela IoT é a de assegurar a proteção dos dados dos seus utilizadores. Nesse sentido, o 5G, embora traga grandes benefícios, também pode acentuar vulnerabilidades já existentes. Entre os principais aspetos a considerar em matéria de segurança e privacidade no contexto do 5G-IoT estão a insuficiência de planos de segurança suficientemente robustos, o carácter aberto e descentralizado da rede e os riscos relacionados com a privacidade dos dados. Apesar de o 5G representar um avanço significativo para o potencial da IoT, nem todos os fabricantes dão prioridade à segurança dos seus dispositivos.

Com o esperado aumento no número de dispositivos conectados, que apresentam diferentes níveis de segurança, capacidades de processamento e recursos computacionais, a ausência de mecanismos eficazes para garantir a integridade e a confidencialidade dos dados torna-se um problema crítico. Este cenário aumenta o risco de exposição de informações transmitidas e armazenadas nos dispositivos, facilitando o acesso não autorizado a dados sensíveis por terceiros (Meneses, 2022).

Relativamente à privacidade, o mesmo autor afirma que a legislação desempenha um papel essencial no avanço das tecnologias. Contudo, é necessário encontrar um equilíbrio entre os regulamentos legais e as ferramentas de segurança, particularmente no que se refere à identificação do utilizador e do dispositivo. Com a introdução do 5G, que visa melhorar os serviços e fornecer uma publicidade mais direcionada, muitas aplicações requerem a partilha contínua da localização do utilizador. Embora esta partilha possa oferecer benefícios, também representa um risco elevado para a privacidade, uma vez que informações adicionais podem ser associadas a essa localização.

Assim, é indispensável que exista transparência sobre como os dados são recolhidos, o período pelo qual são armazenados e as entidades que têm acesso a essas informações. Tal transparência é fundamental para promover o desenvolvimento de aplicações úteis e seguras, garantindo simultaneamente a proteção da privacidade e a segurança dos dados dos utilizadores (Meneses, 2022).

### **2.4.3. O Futuro do 5G e da IoT**

As perspetivas futuras para a evolução do 5G e da Internet das Coisas (IoT) apresentam um cenário promissor, com o potencial de transformar significativamente diversos setores. No entanto, Singh et al., (2021) alertam para o facto de que o progresso destas tecnologias está em constante evolução, sendo influenciado por diversos fatores que moldam o seu desenvolvimento. Entre as tendências previstas, destaca-se a ampliação progressiva da cobertura global do 5G, à medida que a infraestrutura necessária é implementada em mais regiões. Essa expansão permitirá um suporte cada vez mais robusto a dispositivos IoT, potenciando a sua adoção a uma escala sem precedentes.

Outro aspeto sublinhado pelos mesmos autores é a convergência de tecnologias. A integração do 5G com ferramentas como a inteligência artificial deverá acelerar, permitindo o desenvolvimento de soluções inovadoras e altamente eficientes em setores como a saúde e os transportes. Este avanço, aliado à massiva expansão da IoT, prevê um aumento exponencial no número de dispositivos conectados, abrangendo sensores, câmaras e outros equipamentos que desempenham um papel crucial em ecossistemas inteligentes.

Contudo, Khuntia et al. (2021) salientam que a privacidade e a segurança dos dados continuam a ser áreas de preocupação central. Com o crescimento da transmissão e recolha de dados por dispositivos IoT, emergem desafios relacionados com a proteção da informação. Este

contexto deverá impulsionar o desenvolvimento contínuo de regulamentações, como o RGPD, para acompanhar as rápidas mudanças tecnológicas.

Além disso, o 5G e a IoT deverão abrir portas para novas aplicações e serviços, muitos dos quais ainda estão em fases iniciais de concepção. Tecnologias como realidade aumentada, realidade virtual, cidades inteligentes e modelos de negócios disruptivos são apontadas como áreas com um enorme potencial de crescimento. Ao mesmo tempo, enquanto o 5G lidera a conectividade atual, os investigadores já exploram a próxima geração, o 6G, que, embora promissor, ainda não está previsto para uma adoção ampla num futuro próximo.

No que diz respeito à sustentabilidade, os autores defendem que o 5G e a IoT podem desempenhar um papel fundamental na promoção de práticas mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Soluções como a gestão energética em edifícios, transporte sustentável e melhorias na agricultura são exemplos de como estas tecnologias poderão contribuir para a redução do impacto ambiental.

Khuntia et al., concluem que a colaboração entre indústrias, governos e investigadores será essencial para maximizar o potencial destas tecnologias emergentes, ao mesmo tempo que se mitigam os riscos associados ao seu crescimento e adoção.

[Página intencionalmente deixada em branco]

## 3. Metodologia

### 3.1. Opções metodológicas

A presente dissertação, teve como objetivo principal a avaliação do impacto do 5G na Internet das Coisas. A conceção metodológica é abordada através de diversas terminologias, que variam desde a consideração como princípio elucidativo até à perceção como um esquema esclarecedor. De acordo com Leavy (2017), é crucial que o investigador explicitamente declare qual a metodologia que pretende adotar, conferindo, assim, maior clareza ao delinear a investigação.

Já Quivy (2018), propõe uma análise que identifica três distintas abordagens de pesquisa: a quantitativa, a qualitativa e uma combinação de ambas (mista). Esta última oferece uma perspetiva mais abrangente e integradora. Contudo, é importante sublinhar que a precisão desta abordagem mista não é infalível, devido à inclinação notável de favorecimento por uma única perspetiva metodológica. A habilidade de retirar conclusões significativas ao comparar e contrastar duas metodologias, conforme afirma Lunt & Lincoln (1996), representa um desafio considerável no contexto da pesquisa científica.

Na condução desta investigação, foi realizada uma cuidadosa análise para determinar qual seria a metodologia mais apropriada para este estudo, culminando na escolha de uma abordagem quantitativa. A metodologia quantitativa é uma abordagem de pesquisa que é baseada na recolha e análise de dados numéricos de forma a compreender fenómenos e explorar relações entre algumas variáveis. Esta metodologia utiliza técnicas estatísticas e matemáticas para quantificar e medir as características dos objetos de estudo. Ao contrário da abordagem qualitativa, que se concentra em interpretações subjetivas e significados, a metodologia quantitativa procura objetividade através de medidas mensuráveis.

A metodologia quantitativa permitiu assim a recolha sistemática de informações recorrendo a um questionário, destinado a diversos utilizadores de IoT. Ao optar por esta metodologia, pretendeu-se não apenas compreender a extensão do impacto do 5G na IoT, mas também avaliar de forma objetiva as perceções, experiências e expectativas dos utilizadores.

Ao longo desta investigação, foi adotada uma abordagem estruturada composta por cinco etapas distintas, cada uma com um papel essencial na condução do estudo (ver Figura 3).

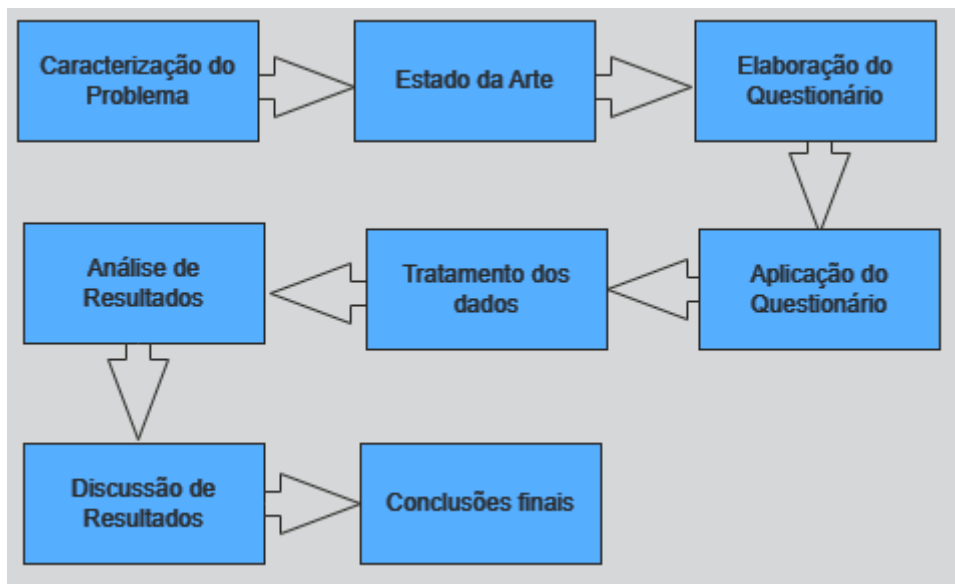
A primeira etapa da investigação, é a revisão do estado da arte. A atenção voltou-se para estudos e projetos bibliográficos relacionados com o 5G e a Internet das Coisas, com o objetivo

de identificar os principais conceitos. Estes estudos são assim utilizados como ponto de partida para a investigação.

A segunda etapa consiste na elaboração do questionário. O mesmo, foi desenvolvido a partir dos conceitos obtidos através da etapa anterior. Foram elaboradas várias perguntas específicas destinadas a avaliar tanto o potencial impacto do 5G na Internet das Coisas como as suas preocupações éticas e de segurança. Antes disso, foi também realizado um pré-teste para garantir a consistência e compreensibilidade do mesmo.

Após ter sido concluída a elaboração do questionário, iniciou-se então a etapa da recolha e tratamento dos dados. Nesta etapa são analisadas todas as informações obtidas através do questionário.

Na quarta etapa, são então apresentados e discutidos os resultados desta investigação proporcionando assim, uma compreensão aprofundada dos impactos do 5G na IoT. Já na última etapa, tendo como base tudo o que foi realizado em etapas anteriores, são formuladas conclusões definitivas e potenciais sugestões de melhoria.



*Figura 3 - As fases da Metodologia*

### **3.2. Questões de investigação**

A abordagem inicial do método científico passa por caracterizar o problema, destacando as perguntas fundamentais e as suas particularidades. Estas perguntas contam com um elevado grau de precisão e sucinteza, levando em consideração a viabilidade em termos de recursos como por exemplo, o tempo e o conhecimento. Além disso, é fundamental que as perguntas sejam pertinentes para que consigam proporcionar os melhores resultados possíveis. Este estudo pretende então encontrar respostas para as seguintes questões (i) Qual o impacto do 5G na IoT? (ii) Qual o impacto do 5G e da IoT na sociedade?

### **3.3. População e Amostra**

De modo a garantir resultados viáveis e de qualidade, a amostra populacional do questionário abrangeu profissionais empregados nas áreas de IT, cuja atividade envolve diretamente a utilização de equipamentos informáticos e a interação com diversos dispositivos IoT. A amostra incluiu também indivíduos que utilizam regularmente o 5G, tanto em contextos industriais como científicos. O questionário foi elaborado através da plataforma Google Forms e divulgado através do envio de 18.765 emails. Como resultado, foram obtidas 102 respostas. Todas as informações recolhidas foram processadas de uma forma consolidada, o que assegurou a confidencialidade e garantiu o anonimato dos participantes.

### **3.4. Análise de dados**

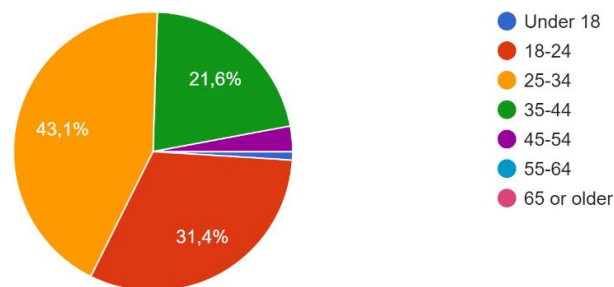
Na análise dos dados, os resultados obtidos através do questionário são submetidos a um tratamento estatístico. Este processo visa encontrar e validar estatisticamente as questões de investigação propostas. A análise estatística será conduzida com recurso a ferramentas adequadas, tais como o Excel, para garantir a precisão e confiabilidade dos resultados. A significância estatística da variância será avaliada para proporcionar uma compreensão abrangente dos dados recolhidos.

[Página intencionalmente deixada em branco]

## 4. Apresentação de Resultados

A figura 4 representa a distribuição etária dos participantes de um questionário que obteve 102 respostas na sua totalidade. A análise dos dados é fundamental para compreender o perfil demográfico da amostra, sendo assim, de extrema relevância para esta investigação. O envio do questionário foi direcionado para um público alvo que se encontra envolvido tanto na área da Internet das Coisas (IoT) como na área do 5G, o que influenciou diretamente os resultados obtidos.

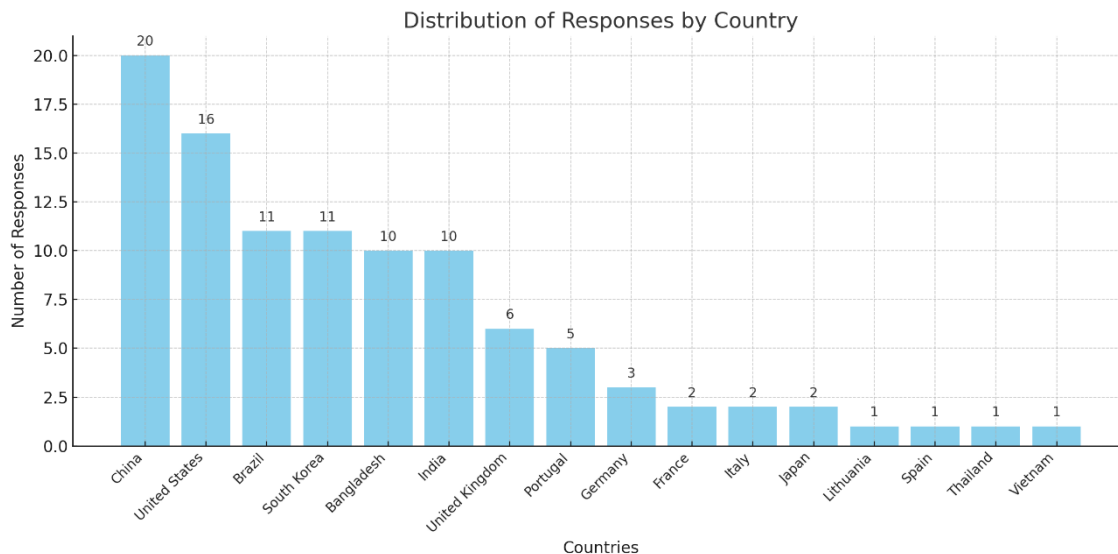
What's your age?  
102 respostas



*Figura 4 - Idade dos Participantes*

A distribuição etária dos respondentes, conforme representada neste gráfico, revela uma concentração significativa nas faixas etárias mais jovens, especialmente entre os 18 e os 24 anos e entre os 25 e os 34 anos.

A figura 5 revela a distribuição geográfica dos participantes da pesquisa sobre o impacto do 5G na Internet das Coisas (IoT). A pesquisa incluiu 102 respostas, representando diversos países ao redor do mundo. Os países mais representados na pesquisa são a China, o Brasil, a Coreia do Sul e os Estados Unidos, seguidos pelo Bangladesh e Índia. Estes seis países compõem a maior parte dos participantes, indicando um interesse significativo nas tecnologias 5G e IoT nestas regiões.



*Figura 5 - Países de origem dos participantes*

Com 20 participantes, a China é o país mais representado, o que corresponde a 19,6% do total. Os Estados Unidos são o segundo país com mais respostas, com 16 respondentes, o que representa 15,7% do total. O Brasil e a Coreia do Sul seguem de perto, cada um com 11 participantes (10,8%).

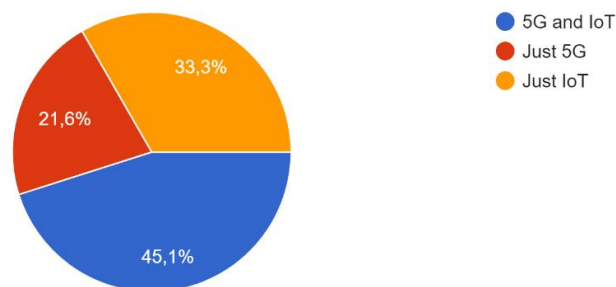
Já o Bangladesh e a Índia têm 10 participantes cada, o que dá 9,8% do total. O Reino Unido, Portugal e a Alemanha possuem uma presença moderada na pesquisa, com 6, 5 e 3 respondentes, respectivamente.

Outros países com menor representação incluem França, Itália, Japão, Lituânia, Espanha, Tailândia e Vietname, que somam 10 participantes no total, o que completa as 102 respostas.

A figura 6 ilustra o campo de atuação atual dos participantes da investigação sobre o impacto do 5G na Internet das Coisas. A pesquisa categorizou os participantes em três grupos distintos: aqueles que trabalham tanto com o 5G quanto com a IoT, aqueles que trabalham exclusivamente com 5G e aqueles que trabalham exclusivamente com IoT.

What's your current field of work?

102 respostas



*Figura 6 - Área de trabalho dos participantes*

A maior parte dos participantes da pesquisa está envolvida tanto com o 5G quanto com a IoT, representando 45,1% do total, o que corresponde a aproximadamente 46 respondentes.

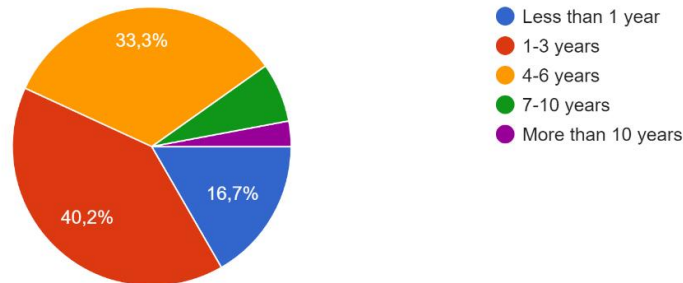
Em segundo lugar, um terço dos participantes, está focado exclusivamente em IoT, totalizando assim cerca de 34 respondentes.

Por fim, cerca de 21,6% dos participantes, ou aproximadamente 22 respondentes, atuam exclusivamente com 5G.

A figura 7 fornece uma visão detalhada sobre os anos de experiência dos participantes nos seus respectivos campos de atuação. A pesquisa que incluiu 102 respostas, foram distribuídas em cinco categorias: menos de 1 ano, 1-3 anos, 4-6 anos, 7-10 anos e mais de 10 anos de experiência.

How many years of experience do you have in your field?

102 respostas



*Figura 7 - Anos de experiência dos participantes*

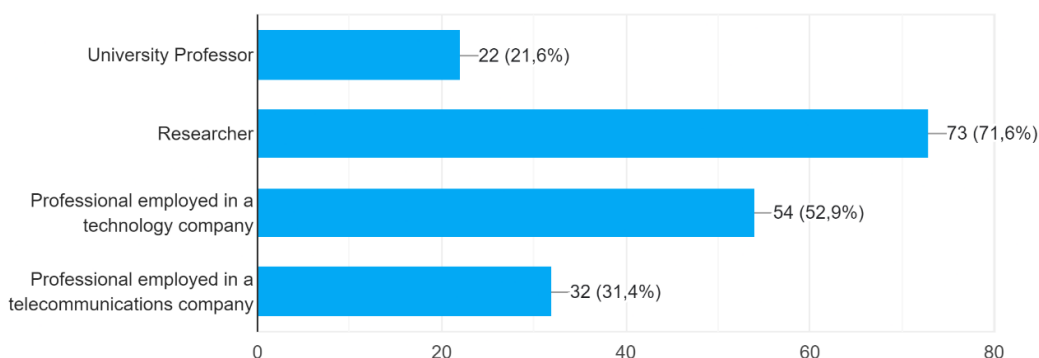
A maior categoria, 40,2% dos participantes, consiste em profissionais com 1 a 3 anos de experiência. De seguida, 33,3% dos respondentes possuem entre 4 a 6 anos de experiência, correspondendo a aproximadamente 34 participantes.

Já os profissionais com mais de 10 anos de experiência constituem 16,7% da amostra, o que equivale a cerca de 17 respondentes. Os grupos com menor representação são aqueles com 7-10 anos de experiência (7,8%, aproximadamente 8 participantes) e menos de 1 ano de experiência (2%, cerca de 2 respondentes).

A figura 8 oferece uma visão clara sobre a ocupação dos participantes da pesquisa. A investigação incluiu 102 respostas, distribuídas entre quatro categorias principais: professores universitários, investigadores, profissionais empregados em empresas de tecnologia, e profissionais empregados em empresas de telecomunicações.

### What's your occupation?

102 respostas



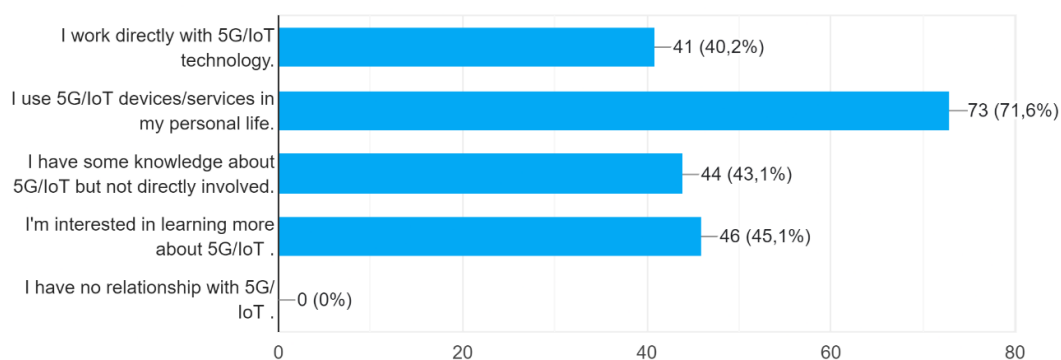
*Figura 8 - Ocupação dos participantes*

A maior categoria, com uma representatividade esmagadora de 71,6%, corresponde aos investigadores, totalizando 73 respondentes. A segunda maior categoria inclui profissionais empregados em empresas de tecnologia, com 54 respondentes, representando 52,9% do total. Já os profissionais empregados em empresas de telecomunicações constituem 31,4% dos participantes. Por fim, os professores universitários representam 21,6% dos participantes, com 22 respondentes.

A figura 9 mostra a relação dos participantes da investigação com as tecnologias 5G e IoT.

### What's your relationship with 5G/IoT?

102 respostas

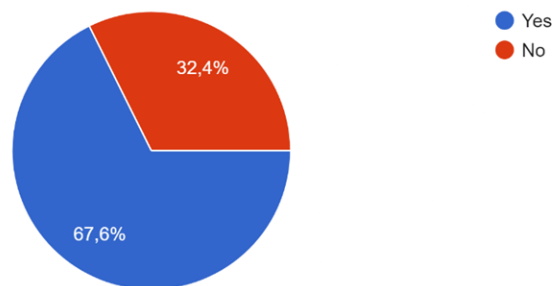


*Figura 9 - Relação dos participantes com o 5G/IOT*

A categoria mais representativa, com 73 respondentes (71,6%), é a dos que utilizam dispositivos ou serviços 5G/IoT na sua vida pessoal. Já com 46 respondentes (45,1%), verifica-se que existe um interesse significativo em aprender mais sobre as tecnologias 5G e IoT. 44 participantes (43,1%) indicaram ter também algum conhecimento sobre o 5G/IoT, mas sem que exista um envolvimento direto no assunto. Contrariamente ao indicador anterior, 41 inquiridos (40,2%) trabalham diretamente com a tecnologia 5G/IoT.

As perguntas que se seguem apresentam os resultados sobre o impacto do 5G e da IoT na sociedade, ao destacar como estas tecnologias influenciam os diversos setores e transformam o cotidiano das pessoas e as indústrias.

Are you afraid that the implementation of 5G may exclude social groups that do not have access to the latest technology?  
102 respostas

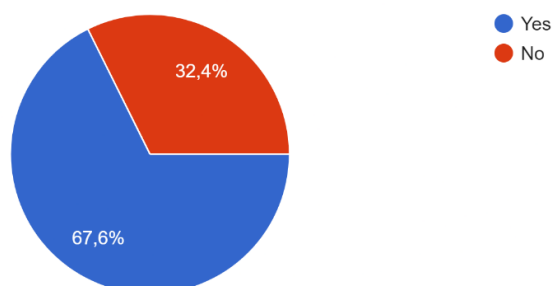


*Figura 10 - A exclusão de alguns grupos sociais*

A figura 10 acima apresenta as respostas à pergunta: "Tem medo de que a implementação do 5G possa excluir grupos sociais que não têm acesso à tecnologia mais recente?". Dos 102 participantes, 67,6% (69 respondentes) indicaram que têm medo desta exclusão, enquanto 32,4% (33 respondentes) não partilham desta preocupação. Estes resultados indicam assim, uma preocupação prevalente entre os participantes sobre o impacto social da implementação do 5G.

Do you think 5G and IoT will open new job opportunities?

102 respostas

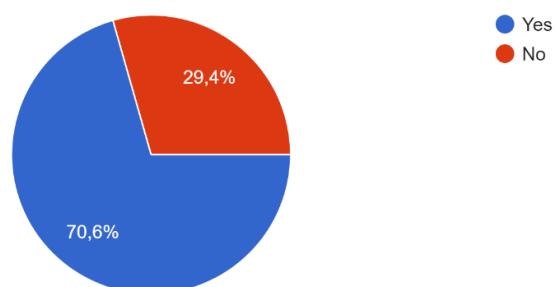


*Figura 11 - A influência do 5G na oferta de emprego*

A figura 11 acima, intitulada de "Acredita que o 5G e a IoT vão abrir novas oportunidades de emprego?", apresenta as percepções dos inquiridos sobre o impacto potencial da integração do 5G com a Internet das Coisas (IoT) na criação de novas oportunidades de trabalho. Os dados revelam que 67,6% dos participantes acreditam que o avanço do 5G e da IoT resultará na abertura de novas oportunidades de emprego.

Do you think 5G and IoT will request new skills in the job market?

102 respostas



*Figura 12 - A influência do 5G/IoT nos que procuram emprego*

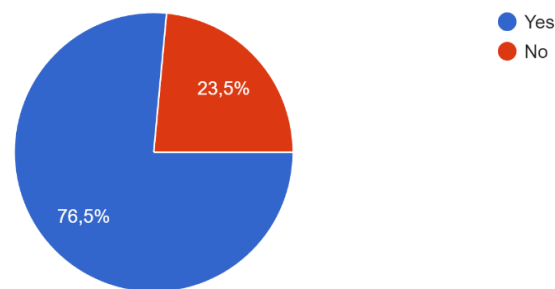
A figura 12 pretendeu encontrar resposta à seguinte pergunta: "Acredita que o 5G e a IoT irão exigir novas habilidades ao mercado de trabalho?". Esta figura apresenta as opiniões dos inquiridos sobre a necessidade de existirem novas competências e habilidades devido à introdução e integração do 5G e da Internet das Coisas (IoT) no mercado de trabalho. De acordo com os

dados, 70,6% dos respondentes acreditam que a implementação do 5G e da IoT exigirá novas habilidades ao mercado de trabalho atual.

A seguir, são apresentados os resultados que pretendem responder à pergunta de investigação relacionada com o impacto do 5G na IoT.

Do you think the implementation of 5G in IoT can increase the risk of cyber-attacks on critical infrastructures?

102 respostas

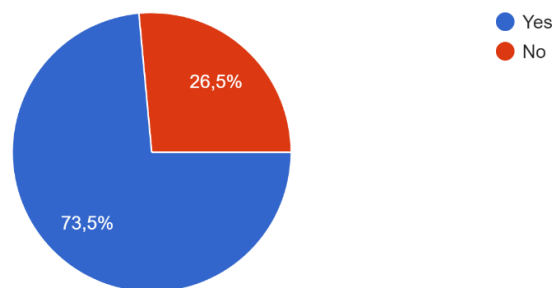


*Figura 13 - O risco de Ciberataques como consequência da implementação do 5G/IoT.*

A figura 13 demonstra os resultados da investigação sobre a percepção do risco de ciberataques em infraestruturas críticas com a implementação do 5G na IoT. Dos 102 inquiridos, 76,5% acreditam que a implementação do 5G pode aumentar o risco de ciberataques, enquanto 23,5% não compartilham desta preocupação.

Do you believe that 5G could be a catalyst for the creation of new revolutionary innovations in IoT in the coming years?

102 respostas

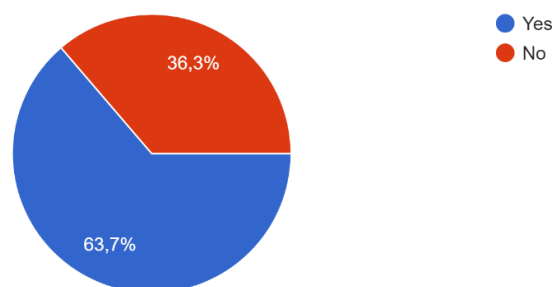


*Figura 14 - O papel do 5G nas inovações da IoT*

A figura 14, pretende responder à pergunta "Acredita que o 5G pode ser um catalisador para a criação de novas inovações revolucionárias na IoT nos próximos anos?". A análise dos dados revela que uma expressiva maioria dos inquiridos, 73,5%, acredita que nos próximos anos, o 5G será um catalisador significativo para o desenvolvimento de novas inovações na IoT.

Do you believe there is currently an effective disclosure about the possible dangers that 5G could bring to the IoT and, consequently, to its users' data?

102 respostas



*Figura 15 - A divulgação eficaz dos riscos da implementação do 5G/IoT.*

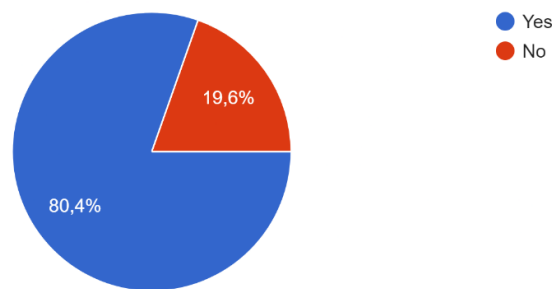
Os resultados apresentados na figura 15 ilustram a perceção dos participantes em relação à eficácia da divulgação dos possíveis perigos que a tecnologia 5G pode trazer para a Internet das Coisas (IoT) e, conseqüentemente, para os dados dos utilizadores. De um total de 102

participantes, 63,7% afirmaram acreditar que há uma divulgação efetiva sobre esses perigos, enquanto 36,3% discordaram dessa afirmação.

Esta seção reúne os resultados que exploram simultaneamente o impacto do 5G e da IoT na sociedade, assim como o impacto direto do 5G na IoT.

Do you believe that the continuous development of 5G and IoT will inevitably lead to greater integration between devices and greater automation in our daily routines?

102 respostas

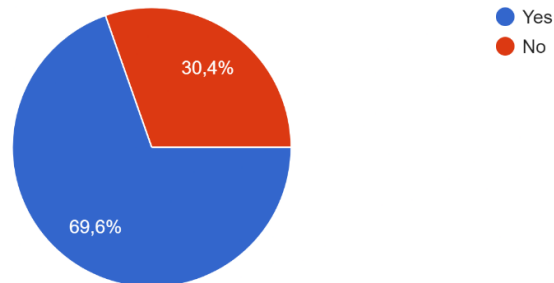


*Figura 16 - Integração entre dispositivos IoT*

A figura 16, ilustra a opinião dos participantes sobre a questão: "Acredita que o desenvolvimento contínuo do 5G e da IoT levará inevitavelmente a uma maior integração entre dispositivos e maior automação em nossas rotinas diárias?". A grande maioria dos participantes, representando 80,4% (82 respondentes), acredita que o desenvolvimento contínuo das tecnologias 5G e IoT irá resultar inevitavelmente em uma maior integração entre dispositivos e uma automação mais significativa nas nossas rotinas diárias.

Are you concerned about your privacy due to the massive data collection now facilitated by IoT and 5G?

102 respostas

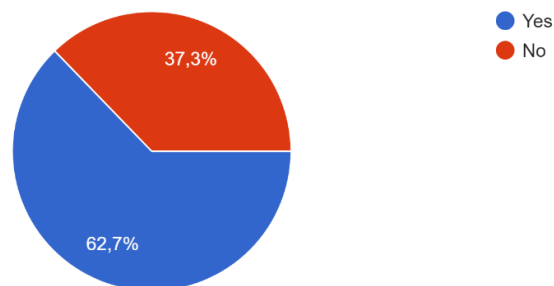


*Figura 17 - Os problemas de privacidade do 5G/IoT*

Os resultados da figura 17 indicam uma clara preocupação dos participantes em relação à privacidade dos seus dados diante do avanço das tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e 5G. Dos 102 inquiridos, 69,6% expressaram preocupação, enquanto 30,4% indicaram não estar preocupados.

Do you think the increasing interconnection of devices through 5G and IoT can raise questions about excessive dependence on technology in our society?

102 respostas

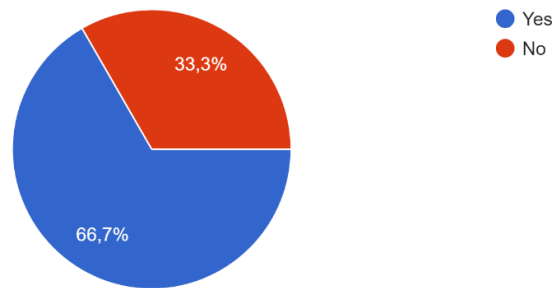


*Figura 18 - Dependência excessiva da tecnologia*

A figura 18 apresenta acima as respostas à pergunta: "Acha que a crescente interligação de dispositivos através do 5G e da IoT pode levantar questões sobre a dependência excessiva da tecnologia na nossa sociedade?". Os resultados estão assim divididos entre duas posições: "Sim" e "Não". Uma maioria de 62,7% dos respondentes (64 pessoas) acredita que a interligação crescente de dispositivos por meio do 5G e da IoT pode, de fato, levantar questões sobre a dependência excessiva da tecnologia na nossa sociedade.

Do you think the integration between 5G and IoT can increase the efficiency of operations in sectors such as health, agriculture, and industry?

102 respostas

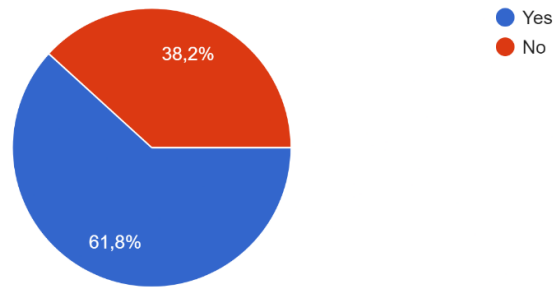


*Figura 19 - O aumento da Eficiência das operações nos setores da sociedade*

A figura 19 representa as respostas à pergunta: "Acha que a integração entre 5G e IoT pode aumentar a eficiência das operações em setores como saúde, agricultura e indústria?". Os resultados para esta pergunta estão divididos entre duas respostas possíveis: "Sim" e "Não". A maioria dos participantes, 66,7% (68 pessoas), acredita que a integração entre o 5G e a IoT tem o potencial de aumentar a eficiência das operações de setores cruciais como saúde, agricultura e indústria.

Do you foresee that the integration of 5G with IoT will result in a significant improvement in the provision of public services, such as education?

102 respostas

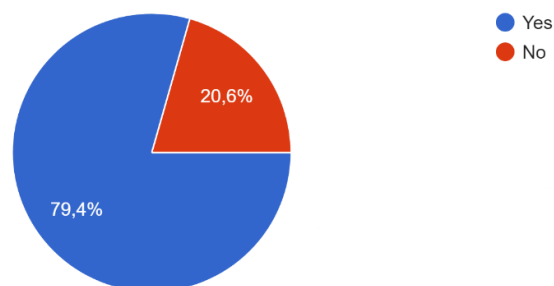


*Figura 20 - A melhoria significativa do 5G na prestação de serviços*

A figura 20 apresenta as respostas à pergunta: "Prevê que a integração do 5G com a IoT resultará em uma melhoria significativa na prestação de serviços públicos, como a educação?". A maioria dos participantes, representando 61,8% (63 pessoas), acredita que a integração do 5G com IoT irá trazer melhorias significativas na prestação de serviços públicos, incluindo a educação.

In your opinion, does the combination of 5G with IoT have the potential to improve people's quality of life in the long run?

102 respostas



*Figura 21 - A melhoria da qualidade de vida a longo prazo com o 5G/IoT.*

A figura 21 acima apresentada, ilustra a opinião dos participantes sobre a questão: "Na sua opinião, a combinação do 5G com a IoT tem o potencial de melhorar a qualidade de vida das pessoas a longo prazo?" Dos 102 inquiridos, 79,4% (81 respondentes) acreditam que a combinação do 5G com a IoT tem o potencial de melhorar a qualidade de vida das pessoas a longo prazo, enquanto 20,6% (21 respondentes) não acreditam neste potencial. Este resultado mostra um consenso significativo entre os participantes sobre os benefícios potenciais das tecnologias 5G e IoT na melhoria da qualidade de vida.

[Página intencionalmente deixada em branco]

## 5. Discussão de Resultados

### 5.1. Introdução

O presente capítulo apresenta a análise e interpretação dos resultados obtidos nesta investigação, com o objetivo de responder às perguntas de investigação propostas: Qual o impacto do 5G na IoT? e Qual o impacto do 5G e da IoT na sociedade?. A discussão é organizada de forma a confrontar os resultados deste estudo com o conhecimento existente no capítulo do estado da arte, o que permite assim identificar pontos de convergência e divergência.

Para cada pergunta, são explorados os impactos identificados, acompanhados de uma reflexão crítica sustentada com estudos de diversos autores. Para além disso, são apresentadas também sínteses das respostas em secções dedicadas para o efeito, com o intuito de clarificar os aspetos mais relevantes.

A ultima parte procura identificar as ameaças à validade dos resultados, considerando três dimensões fundamentais: validade de conclusão, validade interna e validade externa. Estas análises procuram refletir sobre as limitações desta investigação, ao reconhecer os fatores que podem influenciar a interpretação dos resultados e ao destacar a necessidade de investigações futuras para consolidar as evidências apresentadas.

Embora este capítulo procure justificar os resultados com base no conhecimento existente e nos resultados desta investigação, procurou-se evitar estabelecer relações causais definitivas, dado que a natureza e a complexidade do tema exigem análises adicionais para alcançar conclusões mais robustas. Este exercício crítico contribui para um entendimento mais profundo do impacto do 5G na IoT e na sociedade, o que permitiu oferecer perspectivas para futuras investigações.

### 5.2. Caracterização dos dados das respostas

A caracterização dos dados obtidos nesta investigação fornece uma base sólida para compreender o contexto no qual as respostas foram construídas de modo a garantir a representatividade da amostra face aos objetivos definidos. Esta etapa permite validar a adequação dos participantes selecionados e identificar padrões relevantes que orientam as análises subsequentes.

A diversidade observada nesta amostra é um dos aspetos mais marcantes deste estudo. O questionário atraiu participantes de vários perfis etários, geográficos e profissionais, o que refletiu numa ampla gama de experiências e envolvimentos com as tecnologias 5G e IoT. Esta pluralidade foi intencionalmente promovida, dado que o público-alvo foi selecionado entre indivíduos com diferentes graus de ligação a estas duas tecnologias.

A relevância desta diversidade reside na possibilidade de captar tanto percepções específicas, relacionadas ao uso profissional do 5G e IoT, como visões mais gerais sobre o impacto destas tecnologias no dia a dia. Esta composição oferece uma base rica para identificar tendências globais e regionais, ao destacar fatores que podem influenciar a implementação e aceitação destas inovações.

Um aspeto significativo desta investigação é o equilíbrio entre os participantes mais experientes e aqueles que ainda estão em estágios iniciais da sua carreira. Esta distribuição pretendeu cruzar pontos de vista consolidados com abordagens mais inovadoras, que muitas vezes surgem de profissionais que possuem um menor tempo de atuação.

A elevada percentagem de participantes com experiência nestas áreas evidencia que as respostas muito provavelmente são baseadas em práticas reais e conhecimento técnico, o que confere uma maior robustez às análises.

Os grupos profissionais representados nesta investigação reforçam a pertinência dos dados para os objetivos do estudo. A participação de investigadores destaca o caráter exploratório e técnico das respostas, enquanto que os profissionais das empresas de tecnologia e telecomunicações contribuíram com perspetivas relacionadas à aplicação direta das tecnologias 5G e IoT em diferentes contextos.

Esta composição revela uma conexão clara entre os objetivos da investigação e o perfil dos participantes. As opiniões recolhidas baseiam-se tanto em práticas quotidianas quanto em análises de tendências, garantindo que os resultados possam ser analisados sob múltiplos ângulos.

Outro ponto relevante é a relação que os participantes possuem com as tecnologias investigadas. A presença de utilizadores pessoais, profissionais e interessados em aprofundar os seus conhecimentos demonstra que o impacto do 5G e da IoT não está apenas limitado a um único grupo, mas é transversal a várias esferas sociais e económicas.

Esta característica possibilitou observar como as tecnologias são vistas tanto como ferramentas de uso quotidiano quanto como plataformas de inovação para negócios e serviços.

Esta caracterização dos dados permite assim, confirmar que a amostra é adequada para responder às questões propostas nesta investigação. A combinação da diversidade geográfica, experiência profissional e o envolvimento com as tecnologias reforça a validade dos dados e contribui para uma análise abrangente e bem fundamentada.

### **5.3. Resposta às perguntas de investigação**

#### **5.3.1 Qual o Impacto do 5G na IoT?**

A Figura 14 sugere que uma ampla maioria dos participantes (73,5%) reconheceu o potencial do 5G enquanto catalisador de inovações significativas na IoT nos próximos anos. Este otimismo está possivelmente associado às capacidades técnicas do 5G, como a latência ultrabaixa, maior largura de banda e conectividade massiva, que indicam a expansão de dispositivos e serviços IoT. Esta perceção encontra suporte em estudos como o de Wang et al. (2021), que destacam o papel do 5G em aplicações em tempo real, como monitorização remota e veículos autónomos. Por sua vez, o trabalho de Gupta et al. (2022) aponta que as redes 5G são suscetíveis de promover inovações em áreas como saúde e logística, através de dispositivos conectados e sensores inteligentes.

A Figura 16 reforça esta análise, indicando que 80,4% dos respondentes acreditam que o desenvolvimento contínuo do 5G e da IoT levará, com grande probabilidade, a uma integração mais robusta entre dispositivos, promovendo maior automação nas rotinas diárias. Este cenário parece estar alinhado com o trabalho de Liu et al. (2020), que explora o papel do 5G em cidades inteligentes e na indústria 4.0, áreas que dependem de redes rápidas e confiáveis para a gestão eficiente de dados.

Apesar destes potenciais avanços, os desafios associados ao 5G e IoT são igualmente significativos. A Figura 13 mostra que 76,5% dos inquiridos estão preocupados com o aumento do risco de ciberataques em infraestruturas críticas. Tal preocupação pode estar relacionada com a interligação massiva de dispositivos, que, de acordo com Zhou et al. (2022), expande as superfícies de ataque. Para mitigar este risco, Chen et al. (2021) sugerem a adoção de protocolos de segurança mais avançados, como criptografia e soluções baseadas em inteligência artificial. Kumar e Jain (2023) também destacam que estratégias como "zero trust" são promissoras para reduzir a vulnerabilidade de redes críticas.

As questões de privacidade também são relevantes, como ilustrado pela Figura 17, na qual 69,6% dos participantes expressam preocupações sobre a proteção de dados pessoais no contexto do 5G e IoT. Este receio estará possivelmente relacionado à falta de regulamentações padronizadas, como discutido por Al-Rousan et al. (2023), e à ausência de transparência na gestão de dados, apontada por Park et al. (2022).

A dependência tecnológica emergiu como outra preocupação relevante, conforme revelado pela Figura 18, onde 62,7% dos participantes consideram que a interligação crescente de dispositivos pelo 5G e IoT poderá levantar questões sobre a dependência excessiva da tecnologia. Lee et al. (2022) sugerem que esta dependência poderá diminuir a resiliência em cenários de falha tecnológica, enquanto Smith e Rodríguez (2023) indicam que sistemas redundantes são suscetíveis de mitigar tais riscos.

Por outro lado, os benefícios percebidos destas tecnologias são notáveis. A Figura 19 indica que 66,7% dos participantes acreditam que a integração do 5G com a IoT aumentará a eficiência operacional em setores como saúde, agricultura e indústria. Estudos como o de Ahmed et al. (2022) sustentam que sensores IoT conectados ao 5G têm o potencial de revolucionar práticas agrícolas e otimizar recursos. Além disso, a Figura 20 sugere que 61,8% dos respondentes consideram que o 5G oferece grandes possibilidades de trazer melhorias significativas em serviços públicos, como a educação. Torres e Almeida (2023) argumentam que esta combinação tecnológica é uma forte candidata a potencializar o ensino remoto, tornando-o mais acessível e eficaz.

Por fim, a Figura 21 indica que 79,4% dos participantes acreditam que a combinação do 5G com a IoT tem o potencial de melhorar a qualidade de vida a longo prazo. Estudos como o de Kim e Huang (2023) sugerem que a conectividade avançada poderá transformar áreas como assistência médica domiciliar e mobilidade urbana, promovendo maior bem-estar social.

Com base nos resultados apresentados, a investigação aponta para a possibilidade de o impacto do 5G na IoT ser predominantemente positivo, dado que as suas contribuições demonstram avanços em inovação, eficiência e qualidade de vida. Contudo, os desafios identificados, especialmente no que concerne a segurança e privacidade, são indícios de que poderão limitar o alcance completo deste potencial transformador, caso não sejam devidamente enfrentados. Assim, esta análise sugere que, embora o 5G e a IoT apresentem grandes oportunidades, é essencial que sejam implementadas medidas proativas para mitigar os riscos, promovendo um equilíbrio sustentável entre os benefícios e os desafios que estas tecnologias podem apresentar.

### 5.3.2 Qual o Impacto do 5G e da IoT na sociedade?

O impacto do 5G e da IoT na sociedade poderá estar relacionado ao seu potencial de transformação em setores fundamentais, como saúde, educação, agricultura e indústria. Os resultados desta investigação sugerem que a maioria dos participantes acredita que a combinação dessas tecnologias pode, a longo prazo, melhorar a qualidade de vida das pessoas (79,4%, Figura 21), aumentar a eficiência de operações em setores críticos (66,7%, Figura 19) e aprimorar a prestação de serviços públicos, incluindo educação (61,8%, Figura 20). Estas percepções parecem alinhar-se com estudos, como o de Wang et al. (2021), que destacam a possibilidade de avanços significativos nesses setores através do 5G e da IoT.

Além disso, o impacto no mercado de trabalho também poderá ser significativo. Os resultados obtidos indicam que 67,6% dos participantes (Figura 11) acreditam que o 5G e a IoT poderão abrir novas oportunidades de emprego. Simultaneamente, 70,6% (Figura 12) consideram que estas tecnologias irão exigir novas competências no mercado de trabalho. Este cenário poderá refletir uma transformação nas exigências profissionais, semelhante ao que Marr (2020) sugere ao afirmar que a implementação do 5G e da IoT poderá criar oportunidades em áreas como análise de dados, engenharia de redes e desenvolvimento de software, enquanto promove a requalificação de trabalhadores em setores tradicionais.

Por outro lado, os dados indicam que poderão surgir desafios sociais relevantes, como a exclusão digital. Esta preocupação foi expressa por 67,6% dos participantes (Figura 10), que temem que a implementação do 5G e da IoT possa excluir grupos sociais sem acesso a dispositivos modernos ou conectividade adequada. Este receio poderá ser comparável às conclusões de Gorski et al. (2021), que identificam desigualdades tecnológicas como barreiras significativas à adoção universal dessas tecnologias, especialmente em contextos socioeconômicos menos favorecidos.

Adicionalmente, a dependência excessiva da tecnologia poderá ser outro desafio a considerar. Com base nos dados desta investigação, 62,7% dos inquiridos (Figura 18) acreditam que a crescente interconexão entre dispositivos poderá levar a uma dependência prejudicial. Este cenário encontra paralelo nos estudos de Harris et al. (2021), que apontam para possíveis implicações psicológicas e culturais dessa dependência, incluindo a redução da autonomia e resiliência dos indivíduos em situações de falhas tecnológicas.

Ainda assim, os resultados sugerem que a maioria dos participantes vê mais benefícios do que desafios no avanço dessas tecnologias. Por exemplo, 80,4% dos inquiridos (Figura 16) consideram que o desenvolvimento contínuo do 5G e da IoT poderá levar a uma maior automação

e integração entre dispositivos nas rotinas diárias. Estes resultados corroboram, ainda que parcialmente, as suposições de Wang et al. (2021), que afirmam que essas tecnologias poderão trazer melhorias significativas em áreas como saúde, por meio de monitoramento remoto, e agricultura, através de técnicas de precisão.

Por fim, uma preocupação com a privacidade foi identificada, com 69,6% dos participantes (Figura 17) demonstrando receio em relação à segurança dos seus dados. Este aspecto poderá estar alinhado com estudos anteriores, que destacam a privacidade como um dos principais obstáculos à aceitação generalizada dessas tecnologias.

Com base nestes resultados, esta investigação reforça a hipótese de que o 5G e a IoT poderão desempenhar um papel transformador na sociedade, desde que os desafios sociais e tecnológicos sejam endereçados. Estratégias governamentais e privadas que promovam inclusão digital, educação tecnológica e fortalecimento da segurança cibernética poderão ser essenciais para maximizar os benefícios dessas inovações e minimizar seus impactos negativos.

## **5.4. Ameaças à validade**

A validade de uma investigação é fundamental para garantir que os resultados obtidos são precisos e confiáveis. No entanto, diversas ameaças podem comprometer esta validade, tornando assim essenciais a sua identificação e análise. Nesta dissertação ocorreram ameaças à validade que podem ser classificadas de validades internas, que diz respeito à relação causal entre as variáveis estudadas, validades externas, que se refere à generalização dos resultados e validades de conclusão, que aborda a precisão das inferências obtidas a partir dos dados.

### **5.4.1. Validade de conclusão**

Nesta dissertação, uma possível ameaça à validade reside na análise quantitativa do questionário aplicado. O número de participantes (102 respostas) pode não ser suficiente para capturar a complexidade das percepções sobre o impacto do 5G na IoT e na sociedade, especialmente devido à diversidade de países envolvidos. Além disso, a forma como as perguntas foram elaboradas pode não ter permitido explorar adequadamente nuances ou especificidades regionais ou culturais. Assim, pode existir um risco de sobre interpretação dos dados, levando a conclusões que não refletem a realidade mais ampla do impacto do 5G.

### **5.4.2. Validade interna**

Nesta investigação, uma ameaça à validade interna pode advir de possíveis vieses na amostra. Como os participantes foram selecionados principalmente entre profissionais de áreas ligadas à tecnologia e telecomunicações, a amostra pode não refletir a totalidade dos utilizadores afetados pelo 5G e pela IoT. Além disso, variáveis tais como, o nível de experiência com 5G ou o seu contexto de uso (pessoal ou profissional), podem ter influenciado as respostas. Estes fatores podem comprometer a capacidade de estabelecer relações claras entre o 5G e os impactos observados na IoT, como perceções de segurança e privacidade.

### **5.4.3. Validade externa**

A validade externa refere-se à possibilidade de generalizar os resultados para outras populações e contextos. No caso desta investigação, uma ameaça significativa a esta validade está na representatividade geográfica e setorial da amostra. A maior parte dos participantes veio de países com uma infraestrutura de 5G bem desenvolvida, como a China, os EUA e a Coreia do Sul, o que pode não refletir a realidade de países ou regiões com infraestruturas mais limitadas. Além disso, a pesquisa focou-se em setores onde o 5G já está mais implementado, o que pode dificultar a generalização dos resultados para outros setores menos avançados em termos tecnológicos. A rapidez com que a tecnologia do 5G e da IoT evolui também representa uma ameaça à validade externa, uma vez que novos desenvolvimentos podem alterar significativamente o impacto percebido destas tecnologias no curto prazo.

[Página intencionalmente deixada em branco]

## 6. Conclusão

Esta dissertação investigou o impacto da rede móvel 5G na internet das coisas (IoT), com o objetivo de encontrar respostas a duas perguntas principais: (i) Qual o impacto do 5G na IoT? (ii) Qual o impacto do 5G e da IoT na sociedade?

Os resultados desta investigação demonstraram que a integração entre o 5G e a IoT poderão apresentar benefícios significativos. De acordo com o que foi verificado no estado da arte, a tecnologia 5G proporciona uma maior velocidade de transmissão de dados, baixa latência, um aumento considerável da cobertura e da eficiência energética, além de suportar um número muito maior de dispositivos interligados. Estas melhorias permitem que a IoT expanda as suas aplicações em diversas áreas, tais como a saúde, indústria e serviços públicos.

No entanto, a implementação do 5G na IoT também levanta preocupações éticas e de segurança. A investigação revelou que quanto maior for a quantidade de dispositivos conectados maior será o risco de exposição a ciberataques e violações de privacidade. A heterogeneidade dos dispositivos IoT e a falta de políticas de segurança uniformes exacerbam estes riscos. Os inquiridos expressaram alguma desconfiança na IoT, especialmente em relação à segurança dos dados pessoais. Assim, torna-se essencial desenvolver e implementar medidas robustas de segurança para proteger os dados dos utilizadores e garantir a integridade dos sistemas IoT.

Relativamente às perspetivas futuras do 5G e da IoT, a investigação sugere que, apesar dos desafios, os potenciais benefícios poderão superar as dificuldades na hora de pesar na balança. A evolução contínua destas tecnologias poderá gerar novas oportunidades de emprego, estimular a inovação e criar soluções que atendam às necessidades emergentes dos consumidores. Contudo, é crucial que as questões de segurança e privacidade sejam abordadas de maneira eficaz para construir a confiança dos utilizadores e garantir a adoção bem-sucedida destas tecnologias. A cooperação internacional parece ser essencial para estabelecer padrões comuns de segurança e interoperabilidade, o que facilita assim, a troca de conhecimento e experiências para acelerar a adoção de soluções seguras e eficazes.

Além disso, a exclusão digital foi também uma preocupação levantada por esta investigação. A introdução do 5G pode exacerbam as desigualdades existentes, o que deixa para trás aqueles que não têm acesso à tecnologia mais recente. Portanto, políticas públicas e regulamentações parecem ter de ser implementadas para promover a inclusão digital e garantir que todos os segmentos da sociedade possam beneficiar das vantagens do 5G e da IoT.

A educação e a conscientização pública sobre o 5G e a IoT revelam-se como fundamentais para promover uma adoção consciente e segura. Informar os cidadãos sobre os benefícios e riscos destas tecnologias pode ajudar a preparar a sociedade para os desafios e oportunidades que estas inovações emergentes acabam por disponibilizar.

A investigação enfrentou algumas limitações, como a dificuldade em obter uma amostra mais significativa de participantes para o questionário. Embora os resultados tenham fornecido informações valiosas, uma amostra maior poderia oferecer uma visão mais abrangente sobre as percepções dos cidadãos em relação ao 5G e à IoT. Além disso, a complexidade técnica de algumas perguntas pode ter influenciado as respostas, sugerindo a necessidade de um questionário mais acessível e claro para futuros estudos.

Para investigações futuras, é recomendado explorar mais detalhadamente medidas específicas destinadas a mitigar os riscos de segurança associados à IoT e ao 5G. Pesquisas adicionais deverão centrar-se na análise de vulnerabilidades específicas do 5G em aplicações críticas de IoT, como na telemedicina, automação industrial entre outros, o que acabaria por garantir uma melhor compreensão das ameaças e a identificação de soluções adequadas. Adicionalmente, poderão ainda ser estudadas estratégias de comunicação eficazes, destinadas a aumentar a consciencialização pública acerca dos benefícios e dos riscos destas tecnologias, assim como regulamentações robustas para a proteção dos dados. Desta forma, os diferentes setores terão a possibilidade de se adaptar e integrar o 5G e a IoT de forma segura e eficiente, tendo em conta as particularidades de cada área.

Em suma, esta dissertação contribuiu para uma compreensão mais aprofundada do impacto do 5G na IoT, e respondeu assim às perguntas de investigação propostas. Os benefícios da integração do 5G com a IoT são substanciais, mas é crucial abordar as questões de segurança, privacidade e inclusão digital de maneira eficaz. Com um foco adequado nestas áreas, o 5G e a IoT têm o potencial de transformar positivamente diversos aspetos da sociedade, o que impulsiona a inovação e melhora a qualidade de vida das pessoas. Futuros estudos devem continuar a explorar estas áreas, e acabar por assim fornecer mais informações para a implementação segura e eficaz destas tecnologias emergentes.

[Página intencionalmente deixada em branco]

## 7. Bibliografia

Affia, A.-O., Finch, H., Jung, W., Samori, I. A., Potter, L., & Palmer, X.-L. (2023). IoT Health Devices: Exploring Security Risks in the Connected Landscape. DOI: 10.3390/iot4020009.

Ahad, A., Tahir, M., & Yau, K. (2019). 5G-Based Smart Healthcare Network: Architecture, Taxonomy, Challenges and Future Research Directions. IEEE Access. DOI: DOI:10.1109/ACCESS.2019.2930628

Ahmad, I., Kumar, T., Liyanage, M., Okwuibe, J., Ylianttila, M., & Gurtov, A. (2017). 5G security: Analysis of threats and solutions. 2017 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN). DOI: 10.1109/CSCN.2017.8088621

Akpakwu, G. A., Silva, B., Hancke, G., & Abu-Mahfouz, A. (2018). A Survey on 5G Networks for the Internet of Things: Communication Technologies and Challenges. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2779844

Alsulami, M., & Akkari, N. (2018). The Role of 5G Wireless Networks in the Internet-of-Things (IoT). DOI:10.1109/CAIS.2018.8471687

Altaleb, H., & Zoltán, R. (2023). Addressing Cybersecurity Challenges in 5G-enabled IoT and Critical Infrastructures: A Comprehensive Overview. 2023 IEEE 27th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES). DOI:10.1109/INES59282.2023.10297774

Attaran, M. (2021). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. DOI: 10.1007/s12652-020-02521-x

Anderson, A., Borfitz, D., & Getz, K. (2019). Differences in Clinical Research Perceptions and Experiences by Age Subgroup. *Therapeutic Innovation & Regulatory Science*, 2168479018814723. DOI: 10.1177/2168479018814723

Barros, N. N., Dias, A. M., & Ruschel, R. C. (2023). Monitoramento por IoT no auxílio à avaliação do consumo de energia operacional de ambiente laboratorial. DOI: 10.46421/sbtic.v4i00.2391.

Bochud, M., Currat, C., Chapatte, L., Roth, C., & Mooser, V. (2017). High participation rate among 25 721 patients with broad age range in a hospital-based research project involving whole-genome sequencing - the Lausanne Institutional Biobank. *Swiss Medical Weekly*, 147, w14528. DOI: 10.4414/smw.2017.14528

- Bouaouad, A.-E., Cherradi, A., & Souissi, N. (2020). The key layers of IoT architecture. DOI: 10.1109/CloudTech49835.2020.9365919.
- Briguglio, L., Nesse, P., Giglio, A. D., Occhipinti, C., Durkin, P., & Markopoulos, I. (2021). Business Value and Social Acceptance for the Validation of 5G Technology. 2021 IEEE International Mediterranean Conference on Communications and Networking (MeditCom). DOI:10.1109/MeditCom49071.2021.9647485
- Carvalho, G. H. S., Woungang, I., Anpalagan, A., & Traoré, I. (2020). When Agile Security Meets 5G. IEEE Access. DOI:10.1109/ACCESS.2020.3022741
- Catania, E., & Corte, A. L. (2018). IoT Privacy in 5G Networks. Journal of Communications. DOI:10.5220/0006710501230131
- Cheng, K. (2020). Smart rural financial innovation based on 5G network and internet of things. Microprocessors and Microsystems. DOI:10.1016/j.micpro.2020.103500
- Chigona, W., Beukes, D., Vally, J., & Tanner, M. (2009). Can Mobile Internet Help Alleviate Social Exclusion in Developing Countries? The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries. DOI:10.1002/j.1681-4835.2009.tb00254.x
- Dabo, A. M., Sarki, A. M., Fapohunda, S. E., & Longe, E. (2022). Impacts of Internet of Things (Iot) and 5G Network on Technology Enhanced Learning (Tel). Advances in Multidisciplinary and scientific Research Journal Publication. DOI:10.22624/AIMS/ACCRABESPOKE2022/V34P14
- Dake, D. K., & Adjei, B. (2019). 5G Enabled Technologies for Smart Education. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. DOI:10.14569/IJACSA.2019.0101228
- David. (n.d.). What is IoT architecture? Deep Sea Development. <https://www.deepseadev.com/en/blog/iot-architecture-explained/>
- Denzin N. K. & Lincoln Y. S. (1994). Handbook of qualitative research. Sage Publications.
- Félix, T. (2022). IoT (Internet of Things): Podemos confiar? DOI: 99991918
- Frey, R. (2021). Psychological Drivers of Individual Differences in Risk Perception: A Systematic Case Study Focusing on 5G. Psychological Science, 32, 1592-1604. DOI: <https://doi.org/10.1177/0956797621998312>
- Galindo Florez, J. de J. (2020). Impacto en las sociedad con la implementación masiva de tecnologías móviles de quinta generación 5G.

- Jadhav, N., Rajnivas, B., Subapriya, V., Sivaramakrishnan, S., & Premalatha, S. (2023). Enhancing Crop Growth Efficiency through IoT-enabled Smart Farming System. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*. DOI: <https://doi.org/10.4108/eetiot.4604>
- Jape, S. D., Mungase, K. V., Thite, V. B., & Jadhav, D. (2023). A Comprehensive Analysis on 5G, IoT and Its Impact on Agriculture and Healthcare. 2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS). DOI:10.1109/ICAISS58487.2023.10250552
- Kanesin, R., Sam, S., Sjarif, N. N. A., Abas, H., & Yuhaniz, S. (2023). Exploring The Role of 5G Networks in Advancing IoT Enabled Smart Healthcare. 2023 IEEE 2nd National Biomedical Engineering Conference (NBEC). DOI: DOI:10.1109/NBEC58134.2023.10352629
- Khan, R., Kumar, P., Jayakody, D., & Liyanage, M. (2020). A Survey on Security and Privacy of 5G Technologies: Potential Solutions, Recent Advancements, and Future Directions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. DOI:10.1109/COMST.2019.2933899
- Kenyon, S. B., Lyons, G., & Rafferty, J. (2002). Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. *Journal of Transport Geography*. DOI:10.1016/S0966-6923(02)00012-1
- Koh, T., Choi, J., Seo, M-S., Choi, H-D., & Kim, K. (2020). Factors Affecting Risk Perception of Electromagnetic Waves From 5G Network Base Stations. *Bioelectromagnetics*, 41, 491-499. DOI:10.1002/bem.22290
- Khuntia, M., Singh, D., & Sahoo, S. (2021). Impact of Internet of Things (IoT) on 5G. DOI:10.1007/978-981-15-6202-0\_14
- Laavanya, M., Madhumitha, S., & Maheswari, A. (2023). Accelerating innovation: the transformative impact of 5G. *The International Conference on scientific innovations in Science, Technology, and Management*. ISSN (Online): 2583-7052
- Leavy, P. (2017). *Research Design. Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches*. New York: Guilford Publications, Inc. DOI: 10.1111/fcsr.12276
- Li, S., Xu, L., & Zhao, S. (2018). 5G Internet of Things: A survey. *Journal of Industrial Information Integration*. DOI: 10.1016/j.jii.2018.01.005
- Li, S., Da Xu, L., & Zhao, S. (2018). The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 243-259. DOI: 10.1007/s10796-014-9492-7

- Liyanage, M., Salo, J., Braeken, A., Kumar, T., Seneviratne, S., & Ylianttila, M. (2018). 5G Privacy: Scenarios and Solutions. 2018 IEEE 5G World Forum (5GWF). DOI:10.1109/5GWF.2018.8516981
- Loghin, D., Cai, S., Chen, G., Dinh, T. T. A., Fan, F., Lin, Q., Ng, J., Ooi, B. C., Sun, X., Ta, Q. T., Wang, W., Xiao, X., Yang, Y., Zhang, M., & Zhang, Z. (2020). The Disruptions of 5G on Data-Driven Technologies and Applications. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. DOI: 1909.08096
- Lucic, D., & Misevic, P. (2021). An Impact of Implementation of 5G Technology on Information Security. 2021 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO). DOI:10.23919/MIPRO52101.2021.9596777
- Marchese, M., Moheddine, A., & Patrone, F. (2019). IoT and UAV Integration in 5G Hybrid Terrestrial-Satellite Networks. Sensors (Basel, Switzerland). Link DOI: 10.3390/s19173704
- Massola, S. C., & Pinto, G. S. (2023). O uso da Internet das Coisas (IoT) a favor da saúde. DOI: 10.31510/infa.v15i2.515
- Meneses, L. C. C. (2022). A Era da Rede 5G no Futuro da Segurança da Internet das Coisas em Portugal.
- Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2020). Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges. Mechanical Systems and Signal Processing. DOI:10.1016/j.ymsp.2019.106382
- Nesse, P., Hamsund, M., & Krogstad, E. (2022). 5G and IoT: How telecom operators can boost innovation in collaboration with HW labs. 2022 International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME). DOI:10.1109/ICECCME55909.2022.9988547
- Olusanya, G. S., Okunbor, C., & Avwokuruaye, O. (2021). Internet of Things (IOT) as the future of networked devices: An overview. DOI: 10.30574/gjeta.2021.9.3.0154.
- Painuly, S., Sharma, S., & Matta, P. (2021). Future Trends and Challenges in Next Generation Smart Application of 5G-IoT. DOI: 10.1109/ICCMC51019.2021.9418471
- Painuly, S., Sharma, S., Kohli, P., & Matta, P. (2020). Advance Applications and Future Challenges of 5G IoT. DOI: 10.1109/ICISS49785.2020.9316004

- Patel, B. (2022). The evolution of 5G and the backup power it requires. Schneider Electric Blog. Link: <https://blog.se.com/telecommunications/2022/07/28/the-evolution-of-5g-and-the-backup-power-it-requires/>
- Pratap, A., Neto, E. C., Snyder, P., Stepnowsky, C., Elhadad, N., Grant, D., ... & Omberg, L. (2020). Indicators of retention in remote digital health studies: a cross-study evaluation of 100,000 participants. *NPJ Digital Medicine*, 3(1), 21. DOI: 10.1038/s41746-020-0224-8
- Preston, J., & Rajé, F. (2007). Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography*. DOI:10.1016/j.jtrangeo.2006.05.002
- Purohit, A., Kaushik, R., & Sharma, M. K. (2023). 5G and its Impact on IoT: A Review. *Journal of Nonlinear Analysis and Optimization*. DOI:10.36893/JNAO.2023.V14I2.032-042
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. (2018). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Quy, V. K., Hau, N. V., Anh, D. V., Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., Randazzo, G., & Muzirafuti, A. (2022). IoT-Enabled Smart Agriculture: Architecture, Applications, and Challenges. *Applied Sciences*. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12073396>
- Schneir, J. R., Whalley, J., Amaral, T. P., & Pogorel, G. (2018). The implications of 5G networks: Paving the way for mobile innovation? *Telecommunications Policy*. DOI:10.1016/j.telpol.2018.06.001
- Sicari, S., Rizzardi, A., & Coen-Portisini, A. (2020). 5G In the internet of things era: An overview on security and privacy challenges. *Comput. Networks*. DOI:10.1016/j.comnet.2020.107345
- Soler, U. (2022). Social perception of 5G technology. *Rocznik Instytutu Europy Środkowo-Wschodniej*. DOI:10.36874/RIESW.2022.1.6
- Smith, R., Croft, R., Wiedemann, P., Verrender, A., Böhmert, C., & Loughran, S. (2020). Framing Effects in Risk Communication Messages - Hazard Identification vs. Risk Assessment. *Environmental Research*. DOI:10.1016/j.envres.2020.109934
- Tang, Y., Dananjayan, S., Hou, C., Guo, Q., Luo, S., & He, Y. (2021). A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities. *Comput. Electron. Agric*. DOI: DOI:10.1016/j.compag.2020.105895
- Valantasis Kanellos, N., Katsianis, D., & Varoutas, D. (2023). Assessing the Impact of Emerging Vertical Markets on 5G Diffusion Forecasting. *IEEE Communications Magazine*. DOI:10.1109/MCOM.001.2200342

Varga, P., Peto, J., Frankó, A., Balla, D., Haja, D., Janky, F., ... & Toka, L. (2020). 5G support for Industrial IoT Applications—Challenges, Solutions, and Research gaps. *Sensors* (Basel, Switzerland). DOI: 10.3390/s20030828

Wang, D., Chen, D., Song, B., Guizani, N., Yu, X., & Du, X. (2018). From IoT to 5G I-IoT: The Next Generation IoT-Based Intelligent Algorithms and 5G Technologies. *IEEE Communications Magazine*. DOI: 10.1109/MCOM.2018.1701310

Wazid, M., Das, A. K., Shetty, S., Gope, P., & Rodrigues, J. J. P. C. (2020). Security in 5G-Enabled Internet of Things Communication: Issues, Challenges, and Future Research Roadmap. DOI: 9309301

[Página intencionalmente deixada em branco]

## 8. Apêndice A – Questionário

### 8.1 Introdução

Dear researcher/practitioner:

As a 5G/IOT researcher/practitioner, we believe the following initiative will interest you. Tiago Dias Master's research work at the ISTECH-Higher Institute of Advanced Technologies, Lisbon, Portugal, involves studying the impact of 5G technology on the Internet of Things (IoT).

As a noticeable researcher/practitioner in the area, we want your opinion on the impact of 5G technology on the Internet of Things (IoT). Therefore, please express your objective opinion by answering this online survey. We sincerely thank you for agreeing to participate in this survey, as your opinion is of the utmost importance to completing this study. In recognition of your effort in completing this survey (it will take about 5 minutes), we will send you the results.

There are no wrong or right answers. We are just looking for honest answers that match your perception of reality as closely and fairly as possible. For anonymity's sake, no names or identification of respondents will appear in the Master dissertation or anywhere else. We truly appreciate your cooperation and personally thank you for your time and assistance in this matter.

#### Consent Information Letter

**Purpose:** This study attempts to collect information for a study on the impact of 5G technology on the Internet of Things (IoT) as part of a master's thesis.

**Participation Requirements:** The questionnaire consists of 15 questions and should take no more than 5 minutes to complete.

**Potential Risk/Discomfort:** This survey has no risks associated with it. Moreover, you may withdraw at any time. You may also choose not to answer any question you do not feel comfortable answering or are unsure of the answer.

Benefits: If you answer this survey until it is completed, you will have first-hand access to the survey results.

Anonymity/Confidentiality: Individual answers collected in this survey will be kept confidential. Only aggregated values will be reported.

Questions or Complaints: If you have any questions or complaints about this study, you may contact the researchers whose names and contact information are provided above.

Thank you for participating in this study.

Yours sincerely,

Tiago Dias

tiagofonseca.dias@my.istec.pt

## 8.2 Perguntas

Pergunta	Opções de Resposta
What's your age?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Under 18</li><li>• 18-24</li><li>• 25-34</li><li>• 35-44</li><li>• 45-54</li><li>• 55-64</li><li>• 65 or older</li></ul>
What country are you based in?	Free response
What's your current field of work?	<ul style="list-style-type: none"><li>• 5G and IoT</li><li>• Just 5G</li><li>• Just IoT</li></ul>
How many years of experience do you have in your field?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Less than 1 year</li><li>• 1-3 years</li><li>• 4-6 years</li><li>• 7-10 years</li><li>• More than 10 Years</li></ul>

What's your occupation?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• University Professor</li> <li>• Researcher</li> <li>• Professional employed in a technology company</li> <li>• Professional employed in a telecommunications company</li> </ul>
What's your relationship with 5G/IoT?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I work directly with 5G/IoT technology.</li> <li>• I use 5G/IoT devices/services in my personal life.</li> <li>• I have some knowledge about 5G/IoT but not directly involved.</li> <li>• I'm interested in learning more about 5G/IoT.</li> <li>• I have no relationship with 5G/IoT.</li> </ul>
Do you believe that the continuous development of 5G and IoT will inevitably lead to greater integration between devices and greater automation in our daily routines?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Do you think the increasing interconnection of devices through 5G and IoT can raise questions about excessive dependence on technology in our society?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Do you think the integration between 5G and IoT can increase the efficiency of operations in sectors such as health, agriculture, and industry?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Do you foresee that the integration of 5G with IoT will result in a significant improvement in the provision of public services, such as education?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Are you afraid that the implementation of 5G may exclude social groups that do not have access to the latest technology?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>

Do you believe that 5G could be a catalyst for the creation of new revolutionary innovations in IoT in the coming years?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Do you think 5G and IoT will open new job opportunities?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Do you think 5G and IoT will request new skills in the job market?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Are you concerned about your privacy due to the massive data collection now facilitated by IoT and 5G?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Do you think the implementation of 5G in IoT can increase the risk of cyber-attacks on critical infrastructures?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
Do you believe there is currently an effective disclosure about the possible dangers that 5G could bring to the IoT and, consequently, to its users' data?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>
In your opinion, does the combination of 5G with IoT have the potential to improve people's quality of life in the long run?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yes</li> <li>• No</li> </ul>