Viabilidade do Serviço Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores suportado pela Rede 5G

Gualter de Medeiros Sousa

Engenharia Informática e Tecnologia Web

2022

Viabilidade do Serviço Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores Suportado pela Rede 5G

Gualter de Medeiros Sousa

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em

Engenharia Informática e Tecnologia Web

Orientada pelo

Professor Doutor Arnaldo Manuel Pinto dos Santos,
Universidade Aberta

2022

DIREITOS AUTORAIS E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho de índole académica que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do Repositório Aberto da Universidade Aberta.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho

Atribuição
CC BY

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

UNIVERSIDADE
AbERTA
www.uab.pt

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE
STATEMENT OF INTEGRITY

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente dissertação/tese. Confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer outra forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Regulamento Disciplinar da Universidade Aberta, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º 215, de 6 de novembro de 2013.

I hereby declare having conducted my thesis with integrity. I confirm that I have not used plagiarism or any form of falsification of results in the process of the thesis elaboration. I further declare that I have fully acknowledged Disciplinary Regulations of the Universidade Aberta (regulation published in the official journal Diário da República, 2.ª série, N.º 215, de 6 de novembro de 2013).

Universidade Aberta, 17 de novembro de 2022

Nome completo/Full name: Gualter de Medeiros Sousa

Assinatura/Signature:

Assinado por: **Gualter de Medeiros Sousa**
Num. de Identificação: 10627894
Data: 2023.02.02 22:03:32-01'00'

CHAVE MÓVEL

“O mundo não está preparado para isso. É algo muito além do nosso tempo, mas as leis vão prevalecer, e um dia farão um sucesso triunfante.”

(Nikola Tesla, 1919)

Agradecimentos

Na concretização da presente dissertação, contei com o auxílio de várias pessoas e instituições às quais estou profundamente grato.

Ao orientador desta dissertação, o Professor Doutor Arnaldo Santos, pela orientação prestada, pelo seu incentivo, disponibilidade e apoio que sempre demonstrou. Aqui lhe exprimo a minha enorme gratidão.

À minha esposa, companheira desta árdua jornada, que sempre esteve a meu lado, pela sua empatia, compreensão e cooperação prestada durante a elaboração da presente dissertação, especialmente quando sacrificava os dias e noites, em prol da revisão deste documento.

Aos meus pais, amigos, colegas e familiares, pela força, resignação e cuidado que dispensaram. Em particular, à minha amiga Marta Brandão, que muito me ajudou para que este estudo se concretizasse.

Agradeço, ainda de forma especial, aos dois especialistas que voluntariamente, aceitaram participar na entrevista, pois sem vós, não teria sido possível a recolha dos dados.

Por fim, e para todos, o meu sincero obrigado.

Dedicatória

Ao meu filho, o meu melhor amigo, responsável por toda a minha força interior…

Resumo

Os avanços tecnológicos na medicina são permanentes e apresentam um cenário de desenvolvimento muito encorajador a vários níveis, tais como tratamentos, equipamentos, medicamentos, vacinas ou segurança hospitalar.

As telecomunicações e, em particular, as redes 5G acompanham esta evolução e têm permitido avanços consideráveis ao nível da velocidade, latência e cobertura. A tecnologia da rede 5G é considerada como uma das tecnologias impulsionadoras de diversas mudanças na sociedade. Entre os múltiplos usos que esta oferece, está a Telecirurgia.

Em situações em que o paciente precisa de uma cirurgia especializada, mas não existem condições para que este seja transportado até ao local onde possa ser efetuada a intervenção cirúrgica, a Telecirurgia possibilita-lhe o acesso ao procedimento, com a velocidade e a segurança que a tecnologia da rede 5G disponibiliza.

Devido à condição geográfica insular da Região Autónoma dos Açores, este estudo poderá ser de enorme importância para quebrar esta condição que se apresenta como uma barreira no campo da saúde.

Neste contexto, este trabalho tem como principal objetivo estudar a viabilidade da implementação de um serviço de Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores suportada pela rede 5G.

Para o efeito, será utilizada a metodologia Survey, com recurso a um inquérito por entrevista, focado nas áreas científicas de medicina e de engenharia, para apoiar as questões de investigação.

Após realizar as entrevistas, foi feita uma análise qualitativa de dados com recurso ao software "QSR NVivo" e apresentado um conjunto de conclusões, limitações e considerações futuras.

Palavras-Chave: *Tecnologia Redes 5G, Região Autónoma dos Açores, Telecirurgia.*

Abstract

Technological advances in medicine are permanent and present a very encouraging development scenario at various levels, such as treatments, equipment, medicines, vaccines or hospital safety.

Telecommunications and, in particular, 5G networks follow this development and have made considerable strides in speed, latency and coverage. 5G network technology is considered one of the driving forces behind various societal changes.

Among the multiple uses, it offers is Telesurgery. In situations where the patient needs specialized surgery, but there are no conditions for it to be transported to where surgical intervention can be performed, Telesurgery allows him access to the procedure with the speed and safety that 5G network technology provides.

Due to the insular geographical condition of the Autonomous Region of the Azores, this study may be of great importance in breaking this condition, which presents itself as a barrier in health. In this context, this work has as its main objective to present a proposal for guidance for implementing a Telesurgery service in the Autonomous Region of the Azores, supported by the 5G network.

In this context, the main objective of this work is to study the feasibility of implementing a Tele-Surgery service in the Autonomous Region of the Azores supported by the 5G network.

For this purpose, the Survey methodology will be used, using a survey, with an interview focused on the scientific areas of medicine and engineering to support the research questions.

After conducting the interviews, qualitative data analysis was performed using the "QSR NVivo" software and a set of conclusions, limitations and future considerations were presented.

Keywords: *Technology 5G Networks, Autonomous Region of the Azores, Telesurgery.*

Índice

Agradecimentos i
Dedicatória ii
Resumo iii
Abstract iv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos vi
Índice de Figuras viii
Índice de Gráficos ix
Índice de Tabelas x
Capítulo 1 - Introdução 2
1.1 Introdução 2
1.2 Objetivos e Estrutura da Dissertação 5
Capítulo 2 - Enquadramento Teórico 8
2.1 Tecnologia 4G *vs* 5G 8
2.2 Da Telemedicina à Telecirurgia 15
2.3 Atualidade e Tendências em Portugal Continental e Ilhas 20
Capítulo 3 - Revisão Sistemática da Literatura 26
3.1 Introdução 26
3.2 Recolha de Dados 27
3.3 Processo de Seleção de Artigos 28
3.4 Análise de Conteúdo 32
Capítulo 4 - Metodologia de Investigação 45
4.1 Survey 45
4.2 Inquérito por Entrevista 49
Capítulo 5 - Extração e Análise de Dados 54
5.1 Tratamento de Dados 54
5.2 Conclusões das Entrevistas 62
Capítulo 6 – Proposta de viabilidade para a Telecirurgia na RAA com 5G 64
6.1 Proposta de Linhas de Orientação (*Guidelines)* 64
Capítulo 7 – Conclusões 70
7.1 Limitações da pesquisa e considerações futuras 71
Bibliografia 74
Anexos 79

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

1G	*1st Generation Mobile*
2D	*Two-Dimensional*
3D	*Three-Dimensional*
3GPP	*Third Generation Partnership Project*
4G	*4th Generation Mobile*
5G	*5th Generation Mobile*
AECIMA	Associação Espanhola de Cirurgiões da Mama
AI	*Artificial Intelligence*
ANACOM	*Autoridade Nacional de Comunicações*
AR	*Augmented Reality*
ATM	*Advanced Asynchronous Transfer Mode*
CAGR	*Compound Annual Growth Rate*
CEO	*Chief Executive Officer*
CTS	*Clear to Send*
DN	*Data Network*
EUA	Estados Unidos da América
EPC	*Evolved Packet Core*
H2H	*Human-to-Human*
HMDs	*Head-Mounted Displays*
HSI	*Human-System Interface*
IBM	*International Business Machines*
IDC	*Independent Directors Council*
KPIs	*Key Performance Indicators*
LTE	*Long Term Evolution*
LTE-A	*Long Term Evolution Advanced*
LOS	*Line of Sight*
HDTV	*Hight Definition Television*
M2M	*Machine-to-Machine*
Mb/s	*Megabits per second*
MEC	*Multi-access Edge Computing*
MIMO	*Multiple Input Multiple output*
ML	*Machine Learning*
MMS	*Multimedia Messaging Service*
ms	*Milliseconds*
mmWave	*Millimetre Wave*
NR	*New Radio*
PRR	Plano de Recuperação e Resiliência
QCA	Quadro Comunitário de Apoio
QoS	*Quality of Service*
RAA	Região Autónoma dos Açores
RAM	Região Autónoma da Madeira

RTS	*Request to Send*
RSL	Revisão sistemática da Literatura
SREA	Serviço Regional de Estatística dos Açores
SMF	*Session Management Function*
TI	Tecnologia de Informação
UNINOVA	Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias
UPF	*User Plan Function*
URLLC	*Ultra-reliable and low-latency communications*
V2X	*Vehicle-to-Everything*
VOIP	*Voice Over Internet Protocolo*
VR	*Virtual Reality*

Índice de Figuras

Figura 1 - Visão geral da pesquisa..... 6
Figura 2 - Evolução das gerações móveis ao longo do tempo..... 8
Figura 3 - Difusão do sinal das antenas 12
Figura 4 - 5G *mmWave* requisitos de linha de visão. 13
Figura 5 - Diferença entre a tecnologia sem fios atual e a tecnologia *Beamforming*... 14
Figura 6 - Esquema dos elementos constituintes da Telecirurgia..... 18
Figura 7 - Visão geral da pesquisa..... 46
Figura 8 - Esquema de um Inquérito ou Survey..... 49
Figura 9 - Fonte de dados e classificação..... 55
Figura 10 - Atributos E1..... 56
Figura 11 - Atributos E2..... 56
Figura 12 - Referências de codificação..... 58
Figura 13 - Relação ocupação/fragmentos de dados relativos à temática..... 59
Figura 14 - Referências relativas ao grau de conhecimento de E1..... 59
Figura 15 - Referências relativas ao grau de conhecimento de E2..... 60
Figura 16 - Referências sobre aspetos que devem ser ponderados..... 60
Figura 17 - Consulta de frequência de palavras relativas à pergunta 5..... 61
Figura 18 - Referências relativas às perguntas 7 e 8..... 61
Figura 19 - Referências relativas à pergunta 9..... 62
Figura 20 - Esquema das linhas de orientação..... 66

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Distribuição da população da RAA, por ilha..... 23
Gráfico 2 - Distribuição do número de artigos por ano..... 30
Gráfico 3 - Distribuição das referências de codificação..... 62

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Principais diferenças da 4G e 5G.....11
Tabela 2 - Distribuição da população da RAA, por ilha.....23
Tabela 3 - Critérios de inclusão/exclusão.....29
Tabela 4 - Revisão de documentos.....29
Tabela 5 - Distribuição de artigos por ano de publicação.....29
Tabela 6 - Lista de artigos para leitura.....31
Tabela 7 - Caraterização da amostra da entrevista.....51
Tabela 8 - Cronograma da entrevista….....52
Tabela 9 - Guião de entrevista….....52
Tabela 10 - Categorias de análise.....57
Tabela 11- Linhas de orientação (*guidelines*).....66

.

Capítulo 1
Introdução

Capítulo 1 - Introdução

1.1 Introdução

Na sociedade moderna, em que vivemos atualmente, o direito à saúde é tema complexo, pois envolve o pleno bem-estar físico e mental de cada indivíduo. Tal significa que, o ser humano necessita ver concretizado não só o seu direito à alimentação, abrigo, proteção, segurança, bem como o direito a tratamentos, sempre que tal se justifique (Burity et.al, 2010).

Tendo em conta que o direito de assistência e tratamento integra diretamente o conceito das políticas de saúde, o qual alguns estados de direito estão obrigados a fornecer, o utente tem o direito de escolha dos serviços e prestadores de cuidados de saúde, na medida dos recursos existentes e das regras de organização dos serviços de saúde. Há, neste sentido, uma constante necessidade de se inovar e proporcionar garantias a esse direito para todos os cidadãos (ERS., 2021).

O recurso às telecomunicações é, cada vez mais, uma forma de conseguir chegar até aos utentes que necessitam de assistência médica e que, pelas mais variadas razões, não é possível fazer de forma presencial.

Atendendo a essa realidade, já há algum tempo que a teleconsulta e telemonitorização têm sido uma solução, fazendo uso do recurso às redes 4G - *4th Generation Mobile*. Mesmo com as limitações que estas redes contêm, as mesmas têm tido um resultado aceitável. Ressalve-se que, para situações mais delicadas, esta solução não é a ideal dado que em alguns tratamentos há uma necessidade de que os tempos de espera sejam muito inferiores a 1ms e é igualmente necessário que existam várias ligações em simultâneo sem congestionamento, recorrendo frequentemente a ferramentas de *streaming* de alta-definição (Ye et.al.,2016).

Torna-se relevante uma mudança na natureza do sistema das redes de telecomunicações, nomeadamente, maior velocidade, melhor tecnologia, alteração na gama de frequências e maior capacidade de dados, tudo isso com a mais baixa latência possível.

Cada geração de telecomunicações tem alguns padrões com diferentes capacidades, novas técnicas e novas características que as diferenciam da anterior (Lopa Vora, 2015). Esta situação beneficiará, em muitos fatores, as regiões cujas características geográficas obrigam a que os seus residentes habitem em pequenos e dispersos aglomerados.

De acordo com o site oficial da comissão europeia, *"[a]s regiões ultraperiféricas enfrentam uma série de condicionalismos específicos, como afastamento geográfico, insularidade, pequena dimensão, topografia e clima difíceis e dependência económica de um pequeno número de produtos. A combinação destes fatores ao longo do tempo prejudica seriamente o desenvolvimento socioeconómico das regiões. O reconhecimento do seu estatuto especial no artigo 349.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia assenta nos princípios da igualdade e da proporcionalidade, que permitem que determinadas regiões beneficiem de um tratamento diferente de forma que sejam tidas em conta as suas circunstâncias específicas."* Existem nove regiões da União Europeia que são classificadas como «*ultraperiféricas*», onde a Região Autónoma dos Açores (RAA) está incluída.

A tecnologia de telepresença facilitou a realização de procedimentos cirúrgicos complexos em regiões que carecem de cirurgiões especializados, tais como em pequenos hospitais, países em desenvolvimento, e também para militares em combate.

Ao mesmo tempo, a robótica presta uma assistência inestimável ao permitir que os procedimentos sejam realizados de forma menos invasiva, reduzindo assim as complicações e os prazos de regeneração. Um aspeto que fará avançar, ainda mais, a Telecirurgia é a obtenção de uma ligação à Internet suficientemente rápida que permitirá a telepresença em tempo real (Bhattacharyya & Bhattacharya, 2013).

A tecnologia 5G - 5*th Generation Mobile*- possibilitará assistência remota com procedimentos cirúrgicos em tempo real. A incorporação desta tecnologia permitirá ultrapassar barreiras e reduzir o atual período de latência de 0,80 segundos para 0,01 segundos, uma redução crucial do tempo em qualquer procedimento cirúrgico. A rede 5G também proporcionará o aumento da qualidade e da definição da imagem, um fator-chave para as equipas médicas tomarem decisões com o máximo de informação possível (Acemoglu et al., 2020).

Assim sendo, o serviço de comunicações 5G, que será disponibilizado pelas operadoras de telecomunicações, poderá ser de enorme importância para quebrar uma barreira que, ao longo dos anos, tem sido solucionada com o recurso a deslocações dos pacientes ao estrangeiro, território continental português ou até mesmo apenas inter-ilhas. Estas deslocações, por si só, são caras e muitas vezes incómodas para os pacientes, aumentando, assim, os custos na área da saúde.

As categorias de serviços da tecnologia 5G imersivos, inteligentes, omnipresentes, autónomos e públicos e os cenários de serviço detalhados são, por si só, demonstrativas do potencial que podem oferecer na área da saúde e em particular para a Telecirurgia. Dependendo do caso de uso, as limitações técnicas da 4G, que podem ser desafios técnicos da 5G, oferecem tecnologias inovadoras e uma nova arquitetura de rede. Os requisitos propostos tanto para tecnologias sem fio quanto para redes *core* podem ser usados como diretriz na padronização, implementação e implantação de redes 5G (Yu, Lee, & Jeon, 2017).

A importância de serviços de Telecirurgia evidencia-se devido a três fatores, estando estes relacionados com questões económicas e de disponibilização de serviços. O primeiro fator é o económico, visto que os serviços de saúde são sinónimo, geralmente, de um alto encargo financeiro; o segundo é a existência da disponibilidade de alguns serviços especializados só a nível internacional, o que origina deslocações para fora do país, com tudo o que as mesma acarretam para o utente, e o terceiro fator é a falta de disponibilidade de serviços especializados para áreas remotas de um determinado país, o

que implica a deslocação interna de utentes com consequências nas políticas de saúde internas. É importante reconhecer como podemos atender a essas demandas de acessibilidade, introduzindo uma estrutura básica ou esboço para identificar e fornecer soluções possíveis (Anwar & Prasad, 2018).

1.2 Objetivos e Estrutura da Dissertação

Este estudo de investigação tem como principal objetivo estudar a viabilidade da implementação de um serviço de Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores suportada pela rede 5G. Neste contexto, foram identificadas as seguintes questões de investigação:

QI 1 - Que fatores contribuem para o sucesso da Telecirurgia com recurso aos serviços e soluções das redes 5G?

QI 2 - Quais são as características efetivas para a RAA que justifiquem a Telecirurgia com recurso às redes 5G?

Este documento está estruturado em **sete capítulos.**

No **primeiro capítulo** é apresentada a Introdução com o enquadramento para o problema, os objetivos deste estudo e as respetivas questões de investigação.

No **segundo capítulo**, é apresentado o referencial teórico que visa descrever as tecnologias 4G *versus* 5G, nomeadamente a sua origem e evolução histórica, os seus conceitos e definições, a identificação dos benefícios e uma análise sucinta do impacto da Telemedicina até à Telecirurgia, identificando tendências associadas à sua implementação na RAA.

No **terceiro capítulo**, é apresentada uma Revisão Sistemática da Literatura, com estudos já documentados com relevância no campo científico para este estudo.

O **quarto capítulo** incide sobre a metodologia de investigação a ser utilizada para a concretização dos objetivos definidos e para responder às questões de investigação.

No **quinto capítulo**, será apresentada a extração e análise dos dados obtidos com o Survey, com recurso ao software nVivo.

No **sexto capítulo**, é feita a elaboração de uma proposta de viabilidade com a exposição de *guidelines* sobre a temática em estudo.

No **sétimo capítulo**, apresentam-se as considerações finais, as principais limitações da pesquisa e uma proposta de trabalhos futuros.

De forma a ser mais percetível, a figura 1 mostra de forma esquemática toda a sequência de etapas a serem realizadas neste estudo.

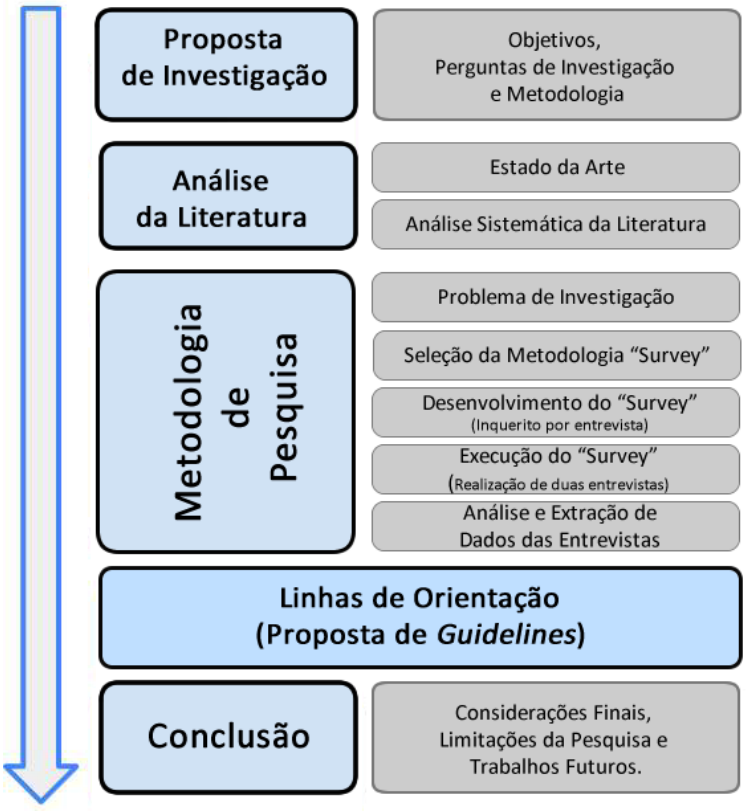


Figura 1- Visão geral da pesquisa (fonte autor).

Capítulo 2

Enquadramento Teórico

Capítulo 2 - Enquadramento Teórico

2.1 Tecnologia 4G *vs* 5G

Com o avanço da tecnologia e a constante investigação sobre as telecomunicações, o aparecimento das redes móveis na sociedade, evoluiu desde as ligações oferecidas pela 1G (*1st Generation Mobile*), que permitiam apenas chamadas de voz, até chegarmos à 5G, que promete integrar a sociedade como um todo, oferecendo muito mais do que velocidade de rede, como mostra na figura 2. Com base nesta figura, é possível verificar que cada célula suportava uma quantidade limitada de ligações, mas o avanço das tecnologias foi evoluindo oferecendo mais utilizadores interligados. A rede 5G suporta 1 milhão de ligações, em simultâneo, por quilómetro quadrado. (Hajlaoui, Zaier, Khlifi, Ghodhbane, Hamed, Ben & Sbita, 2020).

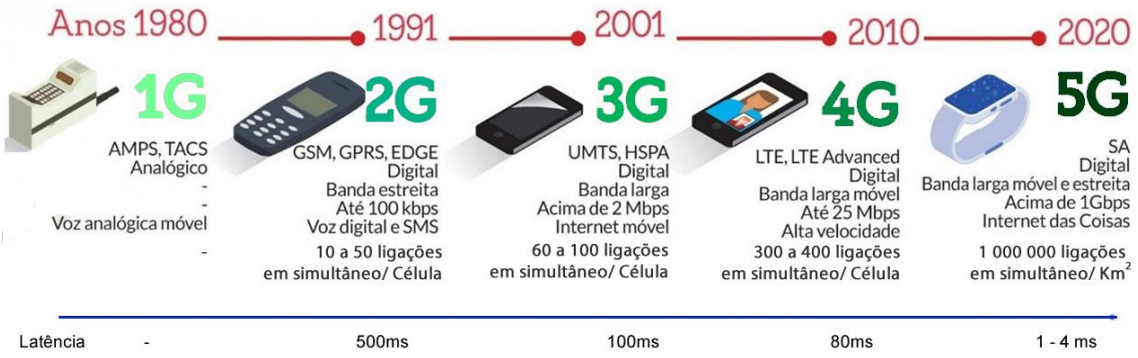


Figura 2 – Evolução das gerações móveis ao longo do tempo (adaptado Jornal NH).

Ao longo dos últimos anos, as redes móveis têm-se desenvolvido quase de forma exponencial. Sucessivas gerações de redes de comunicações foram implementadas para fornecer a "*banda larga móvel*".

Na sua essência, a rede 4G, de acordo com as especificações avançadas das telecomunicações móveis internacionais, requer a transmissão de dados a uma taxa de pico de pelo menos 100 megabits por segundo para comunicações de alta mobilidade e de e 1 gigabit por segundo para comunicações de baixa mobilidade.

No entanto, mesmo que a 4G fosse nomeada como a sucessora das gerações anteriores, o futuro não é limitado aos sistemas existentes e a 4G não deve ser vista exclusivamente como uma extensão linear da sua antecessora. O acesso à rede 4G requer um aumento substancial do número de transmissores e recetores no dispositivo. As aplicações da rede 4G são muitas e diversas, entre as quais se apresentam o software multimodo, codificação de vídeo, entre outras.

A transmissão na Internet depende fortemente da transferência de ficheiros para fornecer o vídeo de ponta a ponta. Os atrasos de descodificação associados a estes códigos podem, no entanto, ser muito "caros" em termos da qualidade do vídeo. Além disso, as soluções baseadas na fonte podem sobrecarregar uma rede ao longo da rota de pacotes quando apenas as bordas requerem fiabilidade acrescida (Hajlaoui et. al., 2020), (Bhattacharyya & Bhattacharya, 2013).

Com o intuito de melhorar o serviço de redes 4G, criou-se a 4G *Advance*, também chamada de *LTE (Long Term Evolution) Advance*, a qual fornece as velocidades necessárias para acomodar a qualidade do serviço (QoS) e os requisitos de tarifas estabelecidos pelo desenvolvimento de aplicações existentes, como o acesso à banda larga móvel, o Serviço de Mensagens Multimédia (MMS), o vídeo chat, a televisão móvel, e também novos serviços como a televisão de alta-definição (HDTV).

Juntamente com o aumento da velocidade, a tecnologia 4G oferece uma abundância de melhorias centradas no desempenho. As redes 4G utilizam antenas de entrada e saída múltiplas (MIMO) para melhorar o desempenho das comunicações. Esta forma de tecnologia de antena inteligente aumenta a produção de dados e o alcance da ligação sem largura de banda adicional. A tecnologia 4G também apresenta ligações adaptativas com códigos corretores de erros para menos bugs. A 4G oferece uma experiência móvel globalmente melhorada (Hajlaoui et. al., 2020).

Neste contexto, o objetivo dos sistemas de 4.ª geração é fornecer aos utilizadores serviços contínuos ao longo do tempo. Assim, os utilizadores móveis podem aceder e

partilhar informação independentemente da sua posição ou tempo e utilizar equipamentos com diferentes capacidades, A 4G fornece altas taxas de dados em movimento e oferece mobilidade para o utilizador, estabelecendo a interoperabilidade entre diferentes redes existentes. O seu objetivo é fazer a transição entre redes transparentes e evitar a interrupção de serviços durante a entrega.

Por conseguinte, a característica desta tecnologia é deixar de utilizar o modo de comutação de circuitos (estabelecimento de um circuito para transmitir uma chamada de "voz"), o que significa que as chamadas telefónicas poderão utilizar o *Voice Over Internet Protocolo (VOIP*) (Hajlaoui et. al., 2020), (Bhattacharyya & Bhattacharya, 2013).

Contudo, a latência apresentada no serviço de *streaming* ainda não é a esperada para o propósito deste trabalho. A 4G atinge latências na ordem dos 80ms. De acordo com estudos já realizados para a Telecirurgia, é necessário que o valor da latência seja o mais baixo possível (Acemoglu et al., 2020).

Deste modo, a recente rede 5G irá fornecer uma baixa latência, o que permitirá, entre outras vantagens, a realização da Telecirurgia. As principais diferenças entre a 4G e a 5G são a **velocidade de transferência de dados, a latência e a cobertura.**

Isto significa que, com a rede 5G, poder-se-ão fazer transferências de dados de forma praticamente imediata. A tecnologia 5G promete ter uma latência entre 1 e 2 milissegundos, no máximo 4 milissegundos. Atualmente, com a tecnologia 4G, a velocidade máxima de download é cerca de 150 Mbps, nas redes 5G, este valor ascende a 10.000 Mbps (Hajlaoui et. al., 2020).

As redes 5G são conhecidas por serem comunicações ultra-confiáveis e de baixa latência. A *Ultra-reliable and low-latency communications (URLLC)* é uma nova categoria de serviço que será suportada pelo *New Radio* (NR)5G. Destina-se a aplicações emergentes em que as mensagens de dados são sensíveis ao tempo e devem ser entregues em segurança de ponta a ponta, sujeitas a elevada fiabilidade e latência rigorosa.

O requisito de latência rigorosa significa que uma transmissão de dados não pode ser descodificada no recetor antes do prazo. Se assim não o for, não tem qualquer utilidade e pode ser abandonada pelo sistema, resultando na perda de fiabilidade.

Quer isto dizer que, a qualidade de serviço (QoS) do URLLC é quebrada se mais do que um dos 10^5 pacotes não for entregue em um milissegundo sobre o sistema de redes sem fios, ou seja, é exigida uma fiabilidade de 99,999%. Em contraste com a QoS das aplicações de banda larga móvel, a referida tecnologia otimiza a produção de dados e o atraso médio.

Os casos da utilização de URLLC irão incidir sobre veículos autónomos que realizam cooperação e funções de segurança, monitorização e controlo em redes inteligentes, *feedback* tátil em procedimentos médicos à distância, controlo e coordenação de veículos de aviação não tripulados, robótica e automação industrial (Li, Jiang, Chen, Ji & Smee, 2017).

Estas razões ajudam a entender porque é que a tecnologia de rede 5G pode ser considerada ideal para a Telecirurgia. Neste sentido, é apresentada a tabela 1, onde constam as principais diferenças entre as duas gerações de comunicações.

Tabela 1- Principais diferenças da 4G e 5G, (Hajlaoui et. al., 2020), (Bhattacharyya & Bhattacharya, 2013), (Li et. al, 2017).

Característica	4G	5G
Velocidade (Transferência de dados)	150 Mbps	10000 Mbps
Latência (Tempo de espera)	80 milissegundos	1 - 4 milissegundos
Cobertura (Dispositivos ligados)	Cerca de 10.000 dispositivos/ km^2	Cerca de 1.000.000 de dispositivos/ km^2
Banda Larga	Reduzida	Ampla
Consumo Energético	Maior consumo energético	Economiza energia em quase 90%

A principal diferença com as redes existentes está no uso de antenas inteligentes MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), sendo que cada uma compreende um grande número de antenas em miniatura e nos permite atingir velocidades e uma capacidade de transmissão que são inatingíveis hoje com a 4G (Hajlaoui et. al., 2020).

Essas antenas inteligentes emitem ondas de rádio onde a ligação exige. Por serem direcionais, elas emitem apenas sob demanda, ou seja, apenas quando os dispositivos se precisam ligar à rede.

Ao contrário das antenas padrão que emitem continuamente por uma área geográfica inteira (células), elas respondem à demanda de um dispositivo que se liga à rede.

Esta característica permite que as antenas passem para o modo *standby* quando não estiverem ativadas, proporcionando uma melhor gestão do consumo de energia (Hajlaoui et. al., 2020), (Bhattacharyya & Bhattacharya, 2013).

A diferença a nível de difusão das antenas é demonstrada na figura 3, a qual evidencia o ganho que a tecnologia 5G oferece.

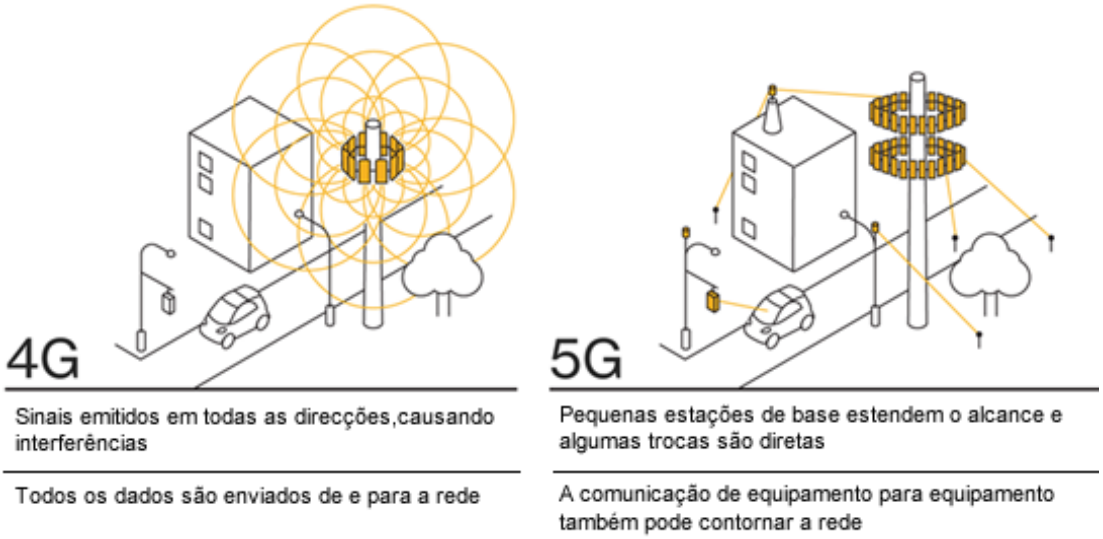


Figura 3- Difusão do sinal das antenas *(I*nstitute *of Electrical and Electronics Engineers*)

Além das frequências tradicionais, abaixo dos 6 GHz, a 5G deverá operar em faixas entre 24 e 60 GHz, as chamadas *mmWave*. O enorme potencial da tecnologia *mmWave* traz grandes desafios.

As velocidades de rede *mmWave* do mundo real variam muito, dependendo do alcance, dos bloqueadores de sinal e da proximidade da torre 5G ou célula pequena mais

próxima. Embora as redes *mmWave* 5G sejam ultra-rápidas, elas também são de alcance muito curto.

Para receber sinais *mmWave*, os utilizadores devem estar ao alcance de um ou dois quarteirões, no máximo, de uma torre 5G sem obstruções de linha de visão (*LOS*), como ilustrado na figura 4. Sinais de *mmWave* de alta frequência são facilmente bloqueados por edifícios, paredes, janelas e folhagens, reduzindo ainda mais o alcance 5G disponível.

Figura 4 - 5G mmWave requisitos de linha de visão (Movandi).

Para otimizar a cobertura, as operadoras precisam instalar várias pequenas células em altas densidades, aumentando o custo de implantação de redes *mmWave* em escala (Shunlongwei Co. Ltd, 2021).

As antenas *mmWave* existem dentro dos dispositivos que suportam *Beamforming*, ou seja, vão utilizar algoritmos mais eficientes para enviar e receber pulsos de sinais para a torre da operadora por meio da melhor rota possível, evitando ao máximo os obstáculos físicos que enfraquecem a ligação.

Os dispositivos que suportam *Beamforming* em vez de transmitirem um sinal para toda uma área, na expectativa de atingir um alvo dentro dela, concentram o sinal sobre este como podemos ver na figura 5 (Shunlongwei Co. Ltd, 2021).

Figura 5 -Diferença entre a tecnologia sem fios atual e a tecnologia *Beamforming* (Movandi).

Deste modo, a rede 5G permite que o *streaming* a 4K e 8K seja feito em segundos, sem falhas, com uma excelente qualidade e em qualquer lugar.

A resolução 4K (norma habitual de 3840 X 2160 pixels horizontais) requer um grande suporte de largura de banda para fazer aparecer o vídeo transmitido com qualidade razoável e o desafio será ainda maior com a evolução dos 8K (7680 X 4320 pixels horizontais), o que permite a captação e difusão de vídeos de 360º (Hosseini & Swaminathan, 2017).

Atualmente, com a rede 4G, os vídeos a 360º ao vivo ainda necessitam de certos requisitos, tais como qualidade aceitável ou apresentação de imagem em bom funcionamento.

Devido às suas exigências de largura de banda, a emissão deste tipo de vídeo é feita por meio de uma câmara panorâmica com a capacidade de gravar e carregar para o servidor, onde é recodificada (em tempo real) em várias qualidades possíveis.

Com diversas qualidades por onde escolher, mais pessoas são capazes de ver o vídeo, mesmo que a sua ligação não seja suficiente para a de alta qualidade que o sítio de difusão e o servidor de *streaming* são capazes de enviar (Xing et. al., 2019).

Em Portugal, tal como no seguimento da União Europeia, a Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) tem vindo a divulgar informação sobre a 5G, que contribuirá para a transformação digital em todos os sectores de atividade e, simultaneamente, para a coesão económica, social e territorial do país, indo ao encontro dos anseios legítimos das populações e do tecido económico nacional (Ricardo, M., Campos, R., & Manuel Pessoa, L., 2021).

De acordo com site oficial da ANACOM, a cobertura das redes 5G é uma meta a atingir mesmo para regiões de baixa densidade populacional, "[d]*estaque-se a obrigação de cobertura de 75% (até ao final de 2023) e de 90% (até ao final de 2025) da população de cada uma das freguesias consideradas de baixa densidade e de cada uma das freguesias das Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores. Por outro lado, situa-se em 70% (até ao final de 2024) e em 90% (até ao final de 2025) a obrigação de cobertura da população de cada uma das freguesias que não são consideradas de baixa densidade, mas que integram municípios com freguesias de baixa densidade*".

A mesma entidade exercerá, igualmente, um papel ativo na implementação da Caixa de Ferramentas de Conectividade e 5G, que inclui 39 melhores práticas relativas à redução de custos de instalação de redes de muito alta capacidade e ao acesso ao espectro para 5G, com vista a fomentar e acelerar a instalação daquelas redes em linha com os objetivos da Sociedade Gigabit da União Europeia (Ricardo, M., Campos, R., & Manuel Pessoa, L., 2021).

2.2 Da Telemedicina à Telecirurgia

Em 1964, sob um subsídio do *National* Institute *for Mental Health* dos Estados Unidos da América (EUA), o Instituto Psiquiátrico do *Nebraska* começou a usar uma ligação de TV de circuito fechado de duas vias entre o próprio Instituto e o Hospital Estadual de Norfolk, a cerca de 112 milhas de distância. A ligação foi utilizada para a formação e aconselhamento entre clínicos gerais e especialistas (Kenny, Brigitte L.,

1969). Os programas militares e espaciais estão na origem da Telemedicina atual, que remonta à década de sessenta e tem estado presente desde então (WHO, 2010).

A adoção da Telemedicina à escala mundial deu-se, de forma mais abrangente, na década de noventa (Wilson LS, Maeder AJ, 2015), com fortes investimentos em novos projetos, onde médicos informados destas novas potencialidades viram a oportunidade de desenvolver novos formatos de prestação de cuidados de saúde (Monteiro M, Cunha A, Carrasqueiro S., 2007).

Na fase inicial, o seu desenvolvimento viu-se comprometido pelas limitações ao nível das infraestruturas destinadas às telecomunicações e pelo elevado custo dos dispositivos periféricos que permitem o acesso do utilizador (Wilson LS, Maeder AJ, 2015). Atualmente, 90% dos conhecimentos que um médico necessita, podem ser obtidos através de meios eletrónicos, tais como sensores de diagnóstico e modalidades de imagem, vendo diretamente o paciente com uma câmara de vídeo para consulta médica, ou utilizando registos médicos eletrónicos (Satava,1995).

As constantes evoluções que a sociedade tem vido a adquirir nas mais variadas áreas, colocam na área da saúde a telemedicina num patamar de relevo: "*A Telemedicina tem o potencial para melhorar a qualidade do cuidado, ao permitir que os médicos em um "centro de controlo" monitorem, atendam e realizem alguns procedimentos em pacientes que estão em diferentes lugares*" (Steinman, Morbeck, Pires, Alberto, Abreu, Helena, Andrade, Claudio, Terra, Carlos, Junior & Kanamura, 2015).

A **Telecirurgia**, ou também chamada de *teleoperação* por alguns investigadores, é um procedimento que, pela sua natureza e complexidade, envolve a interação homem--máquina em múltiplas tarefas realizadas e cujo campo de aplicação foi aumentando nas últimas décadas.

A popularidade destes sistemas baseia-se na minimização da exposição do risco dos operadores. Estes sistemas têm tido êxito, pois cumpriram as suas tarefas em ambientes inóspitos, tais como espaço, centrais nucleares, campos de batalha, entre outros

(Cui, Tosunoglu, Roberts, Moore & Repperger, 2003). A Telecirurgia é uma aplicação direta da *teleoperação* na medicina, proporcionando possibilidades inimagináveis.

A Telecirurgia é um procedimento em que um médico especializado realiza uma cirurgia a um paciente com a ajuda de um equipamento robótico, com a particularidade de tanto o cirurgião como o paciente se encontrarem em locais diferentes.

Os sistemas de Telecirurgia são dados por dois elementos principais, mostrados na figura 6: (a) O equipamento de cirurgia robótica, que em termos técnicos atua como "escravo", instalado numa sala de operações altamente especializada, onde se encontra o paciente, acompanhado por uma equipa local de profissionais de saúde que intervêm conforme solicitações do especialista, e (b) consola de controlo (mestre) operada por um cirurgião especializado e alguns elementos coadjuvantes que podem estar localizados a centenas ou milhares de quilómetros de distância do centro de operação.

No bloco operatório (a) todas as operações são acompanhadas e monitorizadas pelos especialistas à distância, por vídeo de alta-definição, não só a nível do procedimento cirúrgico, mas também de todo o ambiente envolvente (Navarro, Ramos Álvarez, & Soler Anguiano, 2022), (Acemoglu et al., 2020).

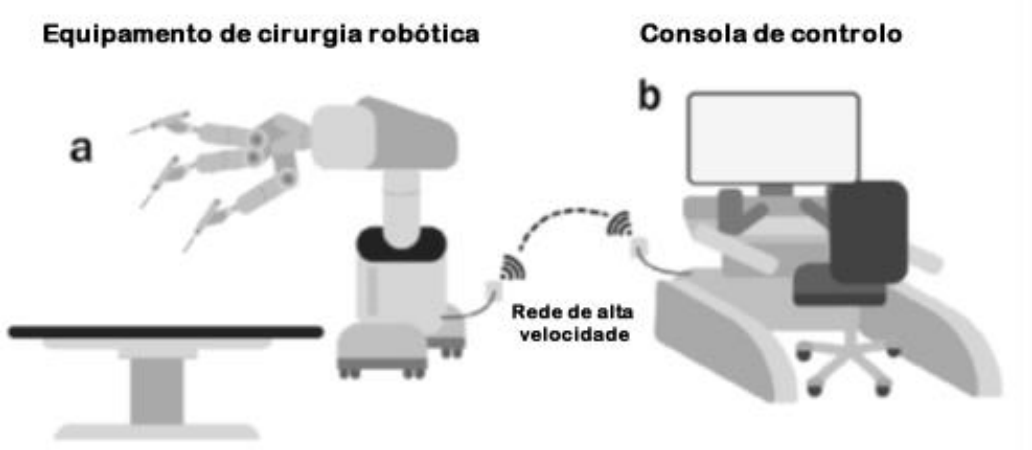


Figura 6 – Esquema dos elementos constituintes da Telecirurgia (Navarro, Ramos Álvarez, & Soler Anguiano, 2022).

Na análise à figura 6, vemos que esta faz referência à rede de alta velocidade, pois a comunicação entre os elementos principais deve ser rápida e estável, devido à natureza dos procedimentos, em que não há lugar para erros ou perturbações que possam colocar a vida de um paciente em risco. Este é o maior obstáculo face à Telecirurgia.

Os avanços significativos em telecomunicações e cirurgia robótica ao longo das décadas de 1980 e 1990 levaram a cirurgia *telerobótica* a ser considerada uma opção prática.

A primeira cirurgia *telerobótica* foi realizada com sucesso num paciente em Estrasburgo, França, pelo professor Jacques Marescaux, a 7 de setembro de 2001, tendo sido designada de *'Operação Lindbergh'*.

Foi uma colecistectomia assistida por Telecirurgia, que foi concluída em 54 minutos, sem complicações (Marescaux, 2002). Foi um marco ricamente simbólico na cirurgia, que impulsionou as bases da globalização dos procedimentos cirúrgicos.

Desde esta primeira cirurgia *telerobótica* em 2001, o desenvolvimento da cirurgia remota tem sido difícil devido às limitações significativas do sistema de rede. Atualmente, estamos vivendo a quarta revolução industrial em todos os campos das nossas vidas e a cirurgia não é exceção.

O futuro da cirurgia está-se transformando com a integração de novas tecnologias, como Internet de quinta geração (5G), inteligência artificial, tecnologia de *feedback* háptico, impressão tridimensional (3D) e nanotecnologia (Adler, 2020).

Como já referido neste artigo, as redes 4G não nos permitem ter esta estabilidade, mas a promissora rede 5G já contempla todos os requisitos necessários para a sua realização.

Uma das condições diferenciadoras entre as duas redes prende-se com o *streaming* de vídeos a 360º, especialmente com a resolução de vídeo 4K sendo amplamente vista

como uma resolução mínima funcional para os HMDs atuais, e 8K ou superior sendo o desejado, essas novas resoluções de vídeo são extremamente intensivas em consumo de largura de banda e difíceis de transmitir em níveis de qualidade aceitáveis (Hosseini & Swaminathan 2017).

Com as suas diversas novas bandas de rádio variando de banda baixa e banda média a rádio *mmWave* de banda alta, baseadas em bandas de frequência ultra-alta que variam de 24 GHz a 40 GHz e ainda mais, proporcionando o desempenho extremamente rápido, a largura de banda ampla é o fator surpreendente que a maioria das pessoas espera da rede 5G. Esta é apontada como uma chave facilitadora para uma variedade de novos aplicativos que exigem latência ultrabaixa e/ou largura de banda ultra-alta.

Esses aplicativos incluem *streaming* de vídeo 4K/8K, interativo 360° e *streaming* de vídeo volumétrico, onde se distingue a Realidade Aumentada/Realidade Virtual (AR/VR), entre outros, com uma taxa de transferência teórica de até 20 Gbps que está muito além de 4G (Qualcomm, 2021).

As previsões indicam que, até 2025, os hospitais poderão ter salas ocupadas por robôs e humanos ligados por 5G com cirurgiões em qualquer lugar do planeta. Em tempo real, poderão obter informações com especialistas que estejam em outros locais. Será certamente inovador termos a possibilidade de ligarmos dispositivos para realizar vários trabalhos em diversas áreas com a Internet das Coisas (Garcia, 2022).

A Telecirurgia amplia a assistência médica, trazendo benefícios para médicos, pacientes e sistema de saúde. Entre as principais vantagens estão: suporte para casos cirúrgicos em locais remotos que não possuem especialistas; redução de custos e tempo na transferência de pacientes para centros de referência; o uso de tecnologia dentro de um único centro de saúde; possibilidade do cirurgião auxiliar o paciente peri operatório à distância, realização de operações avançadas remotamente e ferramenta de ensino na formação de cirurgiões.

As cirurgias em países em guerra, vítimas de desastres naturais ou crises humanitárias, sempre foram um obstáculo ao atendimento cirúrgico adequado e de qualidade. Assim, a Telecirurgia permite o contacto com a equipa cirúrgica local que trabalha com cirurgiões utilizando tecnologia avançada (Meade & Lam, 2007).

2.3 Atualidade e Tendências em Portugal Continental e Ilhas

Existem, a nível mundial, muitos estudos já com aplicações práticas de Telemedicina e Telecirurgia, e Portugal também não é exceção. Importa referir que, as operadoras de telecomunicações estão empenhadas no seu desenvolvimento, pois os sucessos de tais estudos poderão beneficiar muitos utentes.

Um dos exemplos em Portugal é o Hospital da Luz em Lisboa que, em 2016, instalou a cirurgia robótica, o Da Vinci XI. Atualmente, dispõem de 8 salas equipadas para todo o tipo de procedimentos, como zonas de indução anestésica individuais anexas e a marcação de consultas em 5 áreas distintas.

De acordo com a mesma instituição, é também o primeiro hospital do país com cobertura parcial da rede 5G. A CEO do Grupo Luz Saúde destacou precisamente o universo de possibilidades da nova rede, ao dizer que "[é] *incomensurável a vantagem que uma tecnologia como a 5G pode trazer a um hospital*".

Lembrou ainda que "*o fim é o doente*", mas a tecnologia "*é um meio indispensável*". Para criar a estrutura 5G no Hospital da Luz foram já instaladas 17 antenas em áreas nucleares como as consultas externas, as salas de cirurgia, o centro de formação e o auditório. E no futuro "todo o Hospital da Luz será 5G" (Eanes, JN ,2021).

Outro exemplo em Portugal, e de acordo com a Fundação Champalimaud, a Altice Portugal e a operadora Movistar "(…) *foram os intervenientes deste evento que colocou a tecnologia 5G ao serviço da Saúde. 900 km distam Lisboa de Zaragoza. Esta foi a distância encurtada pelas valências da 5.ª geração móvel da Altice Portugal* (…)".

Maior velocidade, menor latência, inteligência e fiabilidade foram fatores-chave para que um reputado cirurgião da Unidade de Mama do Centro Clínico Champalimaud estivesse em contacto direto por meio audiovisual permanente e em tempo real com o cirurgião espanhol da mesma unidade.

A cirurgia foi acompanhada no palco do Congresso da Associação Espanhola de Cirurgiões da Mama (AECIMA) (Gouveia, P., Andr, R., & Labs, A., 2022). "Realizámos a primeira experiência no mundo de utilização, ao vivo e em direto, daquilo a que se dá o nome de '*remote proctoring'* (supervisão remota), durante uma cirurgia de cancro da mama" (Gouveia *et. al.*, 2022).

Na Região Autónoma da Madeira (RAM), há um investimento num sistema de Telemedicina no âmbito de um projeto promovido pelo Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias (UNINOVA).

A Telemedicina evidenciou-se na RAM na sequência da Covid-19, permitindo que uma grande parte das atividades dos profissionais de saúde fosse feita à distância. "*Trata-se de um conjunto de atividades que colaboram para a transição digital na Madeira e que colocam a região, e Portugal, na linha da frente daquilo que se faz de melhor na área do digital"* (Gonçalves, 2021).

Outro caso referenciado na ilha da Madeira teve como intervenientes o operador NOS e o hospital do Funchal, onde foi implementada uma solução de assistência remota, estabelecida por uma ligação de vídeo de alta-definição 4K entre dois profissionais de Saúde ligados remotamente, utilizando "*smartglasses*". Neste procedimento, um especialista remoto em Lisboa a deu apoio e suporte aos médicos na ilha da Madeira no decorrer de uma *ablação de uma taquicardia supraventricular*.

No que diz respeito à RAA, a Telemedicina já existe em algumas ilhas como São Jorge, Corvo, Flores e São Miguel.

No caso específico de São Miguel, o hospital de Ponta Delgada, Hospital Divino Espírito Santo, efetua teleconsultas nas áreas de cardiologia pediatria, genética e materno-infantil, sendo a primeira especialidade referida a mais utilizada (Lalanda, 2020).

Em relação à Telecirurgia, até à data, não foi testada e pouca ou nenhuma informação existe sobre a sua intenção quer pelas entidades governamentais, quer pelos operadores de telecomunicações nesta Região.

A RAA possui condições geográficas que justificam a escolha da Telecirurgia enquanto instrumento promotor da interação entre utentes e prestadores, isolados pela geografia e condicionados pelas condições climáticas.

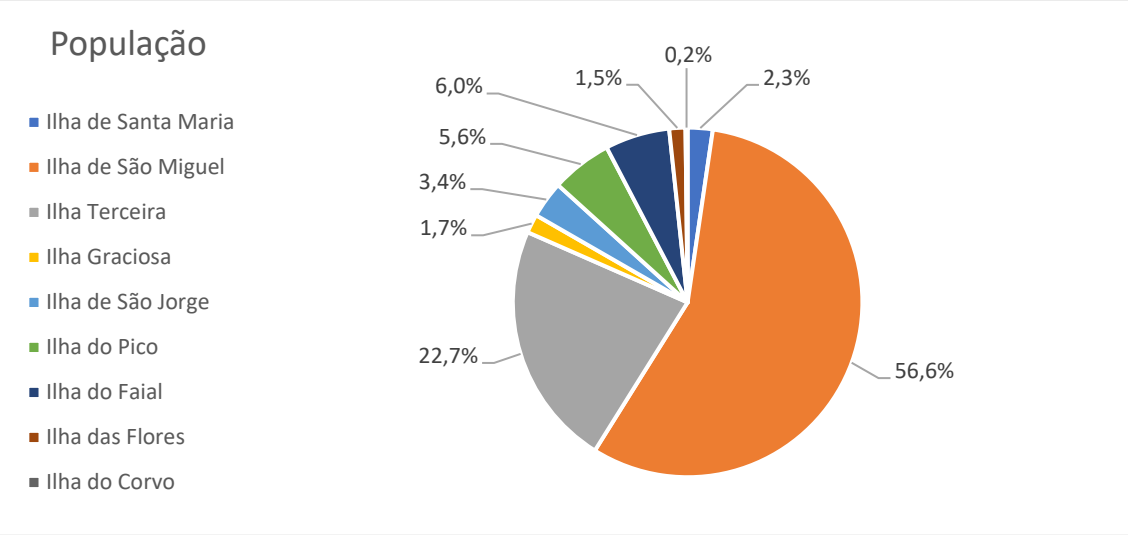
Existem 9 Unidades de Saúde de Ilha, com um total de 17 Centros de Saúde - 3 hospitais públicos, 1 em São Miguel, 1 na Terceira, 1 no Faial, e 1 privado na ilha de São Miguel, para uma estimativa total de população de 242 497 habitantes (SREA, 2020) distribuídos de acordo com a tabela 2.

Tabela 2- Distribuição da população da RAA, por ilha (SREA, 2020).

Ilha	População	Percentagem
Ilha de Santa Maria	5 614	2,3%
Ilha de São Miguel	137 220	56,6%
Ilha Terceira	54 998	22,7%
Ilha Graciosa	4 193	1,7%
Ilha de São Jorge	8 252	3,4%
Ilha do Pico	13 643	5,6%
Ilha do Faial	14 482	6,0%
Ilha das Flores	3 628	1,5%
Ilha do Corvo	467	0,2%
Total	**242 497**	**100%**

Analisando o gráfico 1, que abaixo se apresenta, denota-se que há uma percentagem mínima do total de habitantes nas ilhas sem hospital.

Gráfico 1- Distribuição da população, da RAA, por ilha. (SREA, 2020)



Nas ilhas com hospital, há falta de especialidades, que apenas existem no território continental português. A evolução tecnológica na medicina, como a Telemedicina e a Telecirurgia, proporcionará à população, principalmente à mais isolada, a ampliação do acesso à saúde especializada, já que ela é transfronteiriça, ultrapassa as barreiras geográficas.

A condição de dispersão das ilhas açorianas é mais do que suficiente para que se promova a Telecirurgia, com o recurso à tecnologia que as redes 5G oferecem. A viabilidade deste recurso é notória, não só nas ilhas sem hospital como nas restantes onde faltam especialidades.

As cirurgias podem ser transmitidas por Internet de alta velocidade em tempo real ou tendo sido previamente gravadas. Cirurgias em tempo real, à semelhança do que se faz em alguns cursos, têm a vantagem de permitir o pleno acompanhamento das operações, com discussões envolvendo o próprio cirurgião e outros eventuais debatedores.

Os diversos aspetos técnicos, as inerentes dificuldades e o processo decisório são compartilhados pela plateia, o que pode aumentar o nível de compreensão (CUTAIT, 2001).

A RAA, pelas suas condições socioeconómicas, tem os critérios para que se invista nas comunicações de última geração 5G como suporte na área da Saúde.

Como já referido neste estudo, pelo facto de ser uma região ultraperiférica, a qual está abrangida pelo artigo 349.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia, assenta nos princípios da igualdade e da proporcionalidade, que permitem que determinadas regiões beneficiem de um tratamento diferente de forma que sejam tidas em conta as suas circunstâncias específicas. Este facto permite que sejam criados projetos na área da Saúde com grande viabilidade, em especial a Telecirurgia.

Capítulo 3

Revisão Sistemática da Literatura

Capítulo 3 - Revisão Sistemática da Literatura

3.1 Introdução

Segundo Kitchenham & Charters (2007), "[u]*ma revisão sistemática de literatura é uma forma de estudo secundário que utiliza uma metodologia bem definida para identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis a respeito de uma questão de pesquisa particular de maneira imparcial e repetível*", ou seja, uma revisão sistemática da literatura (frequentemente referida como revisão sistemática) é um meio de identificar, avaliar e interpretar toda a investigação disponível relevante para uma determinada questão de investigação, ou área temática, ou fenómeno de interesse.

A consistência do protocolo da revisão sistemática pode ser averiguada se se verificarem os seguintes prossupostos: (1) os termos surgem das questões de investigação; (2) os dados extraídos respondem às questões de investigação, (3) o procedimento de análise de dados é o apropriado para responder às questões de investigação.

De acordo com os mesmos autores, existem muitas razões para empreender uma revisão sistemática da literatura. As mais comuns são:

- Resumir as provas existentes relativas a um tratamento ou tecnologia, por exemplo, para resumir as provas empíricas dos benefícios e limitações de um método ágil específico;
- Identificar lacunas na investigação atual, a fim de sugerir áreas para uma investigação mais aprofundada;
- Fornecer um quadro/fundo para posicionar adequadamente novas atividades de investigação.

As revisões sistemáticas da literatura também podem ser realizadas para examinar até que ponto a evidência empírica apoia/contraria as hipóteses teóricas, ou até mesmo para ajudar a formulação de novas hipóteses (Kitchenham & Charters, 2007).

Esta revisão sistemática centrou-se nas aplicações publicadas da Telecirurgia em seres humanos.

Para a revisão sistemática de literatura deste trabalho, explorou-se a literatura recente como principal fonte de respostas aos estudos que se relacionam com as questões de investigação apresentadas, nomeadamente:

QI 1 - Que fatores contribuem para o sucesso da Telecirurgia com recurso aos serviços e soluções das redes 5G?

QI 2 - Quais são as características efetivas para a RAA que justifiquem a Telecirurgia com recurso às redes 5G?

3.2 Recolha de Dados

Para a recolha de dados foram utilizadas as bases de dados ***Scopus, Google Académico*** e ***B-on***.

Scopus é a base de dados de resumos e de citações da Elsevier, lançada em 2004. *Scopus* cobre quase 37000 títulos de aproximadamente 11678 editores, dos quais estima-se que cerca de 34500 são revistas temáticas de alto nível nas áreas de ciências da vida, ciências sociais, ciências físicas e ciências da saúde. Abrange três tipos de fontes, livros, revistas, e revistas comerciais. Todas as revistas cobertas na base de dados *Scopus* são inspecionadas anualmente. As pesquisas no *Scopus* também incorporam pesquisas em bases de dados de patentes (Kulkarni, Aziz, Shams, Busse, 2009).

O Google Acadêmico é uma base de dados proprietária da empresa Google direcionada especialmente para estudantes, pesquisadores, cientistas, universitários e curiosos. A ferramenta funciona como um repositório de teses, artigos científicos, resumos, monografias, dissertações e livros, isto é possível pois esta, indexa conteúdos das bases de acesso aberto como *a Scielo, Altametric e Wiley* ou de materiais que estejam disponíveis no Google Livros (Caregnato, 2011).

B-on é uma base de dados que garante o acesso a mais de 17.000 títulos de publicações periódicas científicas internacionais, e e-books online, de alguns dos mais importantes fornecedores de conteúdos. De entre as bases de dados disponíveis via *B-On* estão: *Academic Search Premier, Business Source Complete, Science Direct, ISI Web of Science, IEEE, Wiley Interscience, Sage* e *Springer Link*, permitindo o acesso ao texto integral de um vasto conjunto de publicações em texto integral (ISCTE, 2013).

O intuito de utilizar uma pesquisa recorrendo a três bases de dados, deve-se ao facto de apresentar informação mais precisa, para que seja possível identificar, avaliar e interpretar o maior número de estudos disponíveis relevantes para as questões de investigação.

Por forma a seguir uma estratégia orientada para a realização da pesquisa, foram executadas *keywords* familiares e sinónimas para artigos que façam referências à Tecnologia 5G e para artigos relacionados com a implementação da Telecirurgia.

Com a utilização dos operadores booleanos "*OR*", para alternativas e sinónimos, e "*AND*", para ligar outras palavras de interesse, originou-se a chave de pesquisa a ser utilizada nas bases de dados consultadas.

3.3 Processo de Seleção de Artigos

Iniciou-se a pesquisa com a seguinte *string*: **(5G OR Redes AND 5G OR 5G AND Network*) AND (*Telesurgery* OR Telecirurgia)**.

Posteriormente, foram aplicados os **critérios de inclusão e exclusão**, de modo a restringir o número de artigos e a refinar a pesquisa ao foco da investigação. Esta aplicação de critérios não só origina uma base de estudo mais coerente, como também proporciona um melhor entendimento da temática a ser pesquisada.

Assim, foram aplicados critérios de inclusão/exclusão, apresentados na tabela 3:

Tabela 3 – Critérios de inclusão/exclusão, (Fonte: Elaboração do Autor).

Critérios	Data de Publicação	Fontes	Idioma
Inclusão	2015 a 2022	Revistas académicas Publicações da especialidade Estudos em texto completo	Em Inglês e Português
Exclusão	Anteriores a 2015	Fragmentos de estudos Textos incompletos Estudos sem referência institucional	Diferentes de Inglês e Português

Como resultado, aplicando os critérios sobre a "*string*" e eliminados os artigos repetidos, obteve-se os resultados apresentados na tabela 4, por fases.

Tabela 4 - Revisão de documentos, (Fonte: Elaboração do Autor).

Fase	B-on	Scopus	Google Scholar	Total
Primária s/Filtros	124	152	116	365
C/ Filtros	49	37	31	117
Leitura de títulos/ Resumos	12	16	7	35
Leitura na Integra	4	14	5	23

A aplicação dos critérios de inclusão e de exclusão permitiu chegar a **23 artigos** que serão utilizados como referências no trabalho final. Esta Revisão Sistemática da Literatura foi realizada no final do 1.º trimestre de 2022.

Para fins estatísticos e demonstrativos do crescente interesse pela temática, foi feita a distribuição do número de artigos escritos por ano de publicação, apresentado na tabela 5.

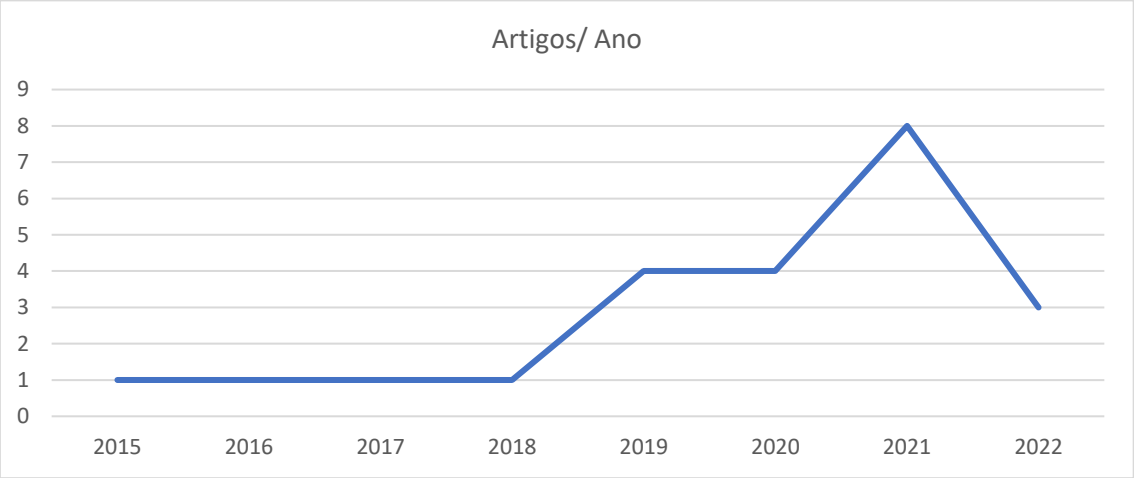
Tabela 5 - Distribuição de artigos por ano de publicação, (Fonte: Elaboração do Autor).

Ano	N.º Artigos	Percentagem
2015	1	4,35%
2016	1	4,35%
2017	1	4,35%
2018	1	4,35%
2019	4	17,39%
2020	4	17,39%
2021	8	34,78%
2022 (1º trimestre)	3	13,04%
Total	23	100%

Numa análise do gráfico 2, é notória a tendência crescente de interesse pelo estudo. Diante do cenário de constante evolução tecnológica do setor de Saúde, a previsão é de uma expansão da Telecirurgia em poucos anos.

A possibilidade de poder projetar o conhecimento e a habilidade física de um cirurgião para longas distâncias tem muitos atrativos. Há consideráveis pesquisas em desenvolvimento sobre este assunto.

Gráfico 2- Distribuição do número de artigos por ano, (Fonte: Elaboração do Autor).



Ao analisar os artigos encontrados da Revisão de Literatura, percebe-se que existem pontos de convergência que falam de pesquisas prévias, embora como já referido neste documento, este intervalo foi mais restrito, apenas nos últimos 8 anos, o que não invalida que também existam outros artigos não observados nesta literatura.

Atualmente, utilizamos a palavra Telecirurgia por se tratar de uma nomenclatura dentro da Telemedicina. O interesse em investir nessa área baseia-se em colocar um especialista representado pela robótica em locais distantes onde existem apenas clínicos gerais.

Após a execução de todo o processo de Revisão da Literatura, foi elaborada a lista dos seguintes artigos, apresentados na tabela 6, por autores/título/ano de publicação e revista.

Tabela 6 – Lista de artigos para leitura, (Fonte: Elaboração do Autor).

Author / Editor	Title	Year	Journal/Booktitle
Acemoglu et al.	*5G Robotic Telesurgery: Remote Transoral Laser Microsurgeries on a Cadaver*	2020	*IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*
Anand et al.	*An efficient CNN-based deep learning model to detect malware attacks (CNN-DMA) in 5G-IoT healthcare applications*	2021	*Sensors*
Anwar & Prasad	*Framework for Future Telemedicine Planning and Infrastructure using 5G Technology*	2018	*Wireless Personal Communications*
Barba et al.	*Remote telesurgery in humans: a systematic review*	2022	*Surgical Endoscopy*
Borner Valdez et. al.	*5G mobile communication applications for surgery: An overview of the latest literature*	2021	*Artificial Intelligence in Gastrointestinal Endoscopy*
De'Angelis et al.	*Robotic surgery in emergency setting: 2021 WSES position paper*	2022	*World Journal of Emergency Surgery*
Ganesan et al.	*5g-enabled tactile internet resource provision via software-defined optical access networks (Sdoans)*	2021	*Photonics*
Gupta et al.	*6G-enabled Edge Intelligence for Ultra -Reliable Low Latency Applications: Vision and Mission*	2021	*Computer Standards and Interfaces*
Gupta et al.	*Tactile-internet-based telesurgery system for healthcare 4.0: An architecture, research challenges, and future directions*	2019	*IEEE Network*
Hamacher et al.	*Application of virtual, augmented, and mixed reality to urology*	2016	*International Neurourology Journal*
Jun et al.	*Ultra-low-latency services in 5G systems: A perspective from 3GPP standard*	2020	*ETRI Journal*
Li	*5G and intelligence medicine—how the next generation of wireless technology will reconstruct healthcare?*	2019	*Precision Clinical Medicine*
Li & Wang	*5G will drive the development of health care*	2019	*Chinese Medical Journal*
Lu et al.	*Three-dimensional telesurgery and remote proctoring over a 5G network*	2021	*Digital journal of ophthalmology: DJO*
Meshram & Patil	*5G Enabled Tactile Internet for Tele-Robotic Surgery*	2020	*Procedia Computer Science*
Nunna et al.	*Enabling Real-Time Context-Aware Collaboration through 5G and Mobile Edge Computing*	2015	*Proceedings - 12th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG 2015*
Oliveira et al.	*Exploring current communication frameworks for medical teleoperation*	2021	*SeGAH 2021 - 2021 IEEE 9th International Conference on Serious Games and Applications for Health*
Penn et al.	*Fifth Generation Cellular Networks and Neurosurgery: A Narrative Review*	2021	*World Neurosurgery*
Setyo et al.	*Challenge of 5g network technology for telemedicine and telesurgery*	2019	*International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*
Sucheta & Rajan	*Survey on Secure Telesurgery Systems for Healthcare 4.0: A Comparative Analysis*	2021	*GIT-Journal of Engineering and Technology*
Yu et al.	*What is 5G? Emerging 5G mobile services and network requirements*	2017	*Sustainability (Switzerland)*
Zhang et al.	*Application of deterministic networking for reducing network delay in urological telesurgery: A retrospective study*	2022	*The International Jornal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery (Wiley)*
Zheng et al.	*5G ultra-remote robot-assisted laparoscopic surgery in China*	2020	*Surgical Endoscopy*

3.4 Análise de Conteúdo

QI 1 - Que fatores contribuem para o sucesso da Telecirurgia com recurso aos serviços e soluções das redes 5G?

A primeira Telecirurgia transcontinental assistida por robô foi realizada em 2001 utilizando uma rede terrestre de alta velocidade (Advanced Asynchronus Transfer Mode - ATM).

No entanto, tal como foi notado referido pelos autores, a maioria dos hospitais não dispõe da conectividade necessária para realizar tais cirurgias em segurança (Nunna et al., 2021).

Os sistemas de Telemedicina são classificados como sistemas on-line ou off-line. A principal característica que decide o sistema de Telemedicina, o sistema on-line ou off-line, é a latência da rede de comunicação.

No caso de sistemas off-line, foi seguida uma abordagem de armazenamento e encaminhamento quando os pacientes não são críticos. Mas, no cenário on-line, o paciente precisa de serviços de emergência em tempo real, ou seja, monitorização de pressão arterial, monitorização do ritmo cardíaco, monitorização do pulso, entre outras (bem adequado para doentes críticos).

Um sistema em tempo real não é um problema, mas há necessidade de um sistema interativo, que requer uma rede de comunicação ultrarrápida e confiável e um robô inteligente. Um dos inconvenientes é a exigência de redes de comunicação dedicadas para controlar a latência temporal no *loop*, em que um cirurgião executa uma ação até que o resultado se torne visível.

Esta latência tem sido objeto de pesquisa e deve ser inferior a 10^5 ms para evitar a deterioração do desempenho e a experiência do utilizador (Hamacher et al. Hamacher et al., 2016).

De acordo com Barba et. al., (2022), os avanços da tecnologia prepararam o caminho para a inclusão da Telemedicina na cirurgia. Estas incursões começaram com a telepresença, onde o local de operação remota é apresentado de uma forma natural, resultando na sensação de presença (Evans, Medina, Dwyer, 2018).

A investigação continua a mostrar a eficácia da *telemonitorização*, onde um cirurgião experiente pode "monitorar" um estagiário durante um procedimento, utilizando tecnologia de telecomunicações (Erridge, Yeung, Patel, Purkayastha, 2019).

Finalmente, em comparação com a *telepresença* e a *telemonitorização*, a Telecirurgia acontece quando um cirurgião primário opera num doente distante.

Embora existam os elementos fundamentais de hardware necessários para a Telecirurgia, o campo da cirurgia clínica à distância permanece na sua infância (Barba et al., 2022).

Meshram & Patil (2020) afirmam que a capacidade única de serviços condensada na era da banda larga móvel é que a 5G tem várias soluções, tais como área densa, mobilidade e tecnologia de rede heterogénea, com recurso a soluções focadas na Internet das Coisas. Para tal, o serviço 5G vem com dispositivos eletromecânicos (sensores, acionadores e outros).

Para além disso, a 5G tem restrições a nível da função CTS/RTS (mecanismo com o RTS (Request to Send), que é um processo simples que controla o acesso das estações ao meio de transmissão, usado em conjunto com a função CTS (Clear to Send)) de alta fiabilidade, cobertura global, baixa latência, e assim a segurança pública será suportada pela infraestrutura 5G.

Os desafios acima referenciados foram resolvidos nas infraestruturas 5G de acordo com a Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR) de 50-60 %.

A 5G foi concebida para ter maior largura de banda do que a 4G, com velocidades mais rápidas de download e upload. A largura de banda é a capacidade máxima da ligação de rede para transmitir dados (medida em bits ou bytes) sobre um período pré-definido, geralmente medido em 1 segundo.

O conceito de largura de banda é frequentemente confundido com a velocidade, embora estejam separados. A velocidade descreve o ritmo a que os dados podem ser enviados, ao passo que a largura de banda descreve a capacidade da rede para essa velocidade (Penn et al., 2021).

Acemoglu et al. (2020) reitera que, estas características proporcionam aos sistemas 5G o potencial para alcançar todos os requisitos das aplicações de Telecirurgia, e tornar-se numa tecnologia adequada à realização deste tipo de cirurgia.

De acordo com os mesmos autores, a vontade de permitir a implementação da segmentação da rede é um conceito que possibilitará a criação de redes virtuais independentes na mesma infraestrutura física, cada uma com características específicas em termos de segurança, encaminhamento de tráfego e qualidade de serviço.

A separação da rede permitirá a personalização dos serviços para utilizadores ou aplicações com requisitos específicos, tornando possível atribuir e reservar recursos para missões críticas e serviços, como é a aplicação da Telecirurgia.

Li & Wang (2019) acreditam que a tecnologia 5G encurtou muito o tempo e o espaço para serviços médicos e de saúde. No futuro, as enfermarias podem ter a ajuda tecnológica e será necessário introduzir apenas os dispositivos inteligentes de um médico em tempo real por meio de códigos de barras de informações usando redes 5G.

Operações específicas podem ser realizadas por meio de robôs remotos, o que reduz bastante o desperdício e a distribuição desigual de recursos médicos.

A Telecirurgia é um dos campos amplamente adotados em tempos pandémicos, onde a presença física ou as viagens dos cirurgiões a partir de um local distante é bastante arriscado (Sucheta & Rajan, 2021).

A Telecirurgia tem o potencial de melhorar a educação cirúrgica, proporcionar uma educação intraoperatória, consulta e orientação de inspetores especializados e melhorar os resultados dos doentes, especialmente em áreas remotas e com poucos recursos (Lu et al., 2021).

Um passo nesta tendência foi a introdução da cirurgia robótica. No entanto, esta não passou ainda o limiar para a utilização padrão clínica.

Para desempenhar um papel na cirurgia onde a precisão e fiabilidade é um requisito inquestionável, a evolução da Internet com a 5G parece ser a ferramenta cirúrgica necessária na sala de operações que acabará por aproveitar as inovações das tecnologias cirúrgicas (Valdez et al., 2021).

Como exposto por Anwar & Prasad (2018), a União Europeia (UE) fixou 2025 como prazo para a implantação da tecnologia 5G em todas as zonas urbanas e todas as principais vias de transporte.

A procura de serviços como os interativos tridimensionais intercâmbios de dados, a realidade aumentada (AR)/realidade virtual (VR), a Internet táctil, a automatização de fábricas e a autonomia de condução está a crescer rapidamente no domínio vertical, assim como no domínio do consumidor.

Tais serviços sensíveis à latência não foram apoiados no sistema 4G, porque houve apenas o objetivo de aumentar a capacidade de serviço ao utilizador.

Além disso, para apoiar o serviço de banda larga, um sistema de quinta geração (5GS) considera como apoiar a fiabilidade e a baixa latência de comunicação para serviços sensíveis à latência.

Para atingir este objetivo a organização de padronização para o desenvolvimento de 5GS, 3GPP (Projeto de Parceria de 3ª Geração), classifica os cenários e requisitos de serviço utilizando *key performance indicators* (KPIs) para 5GS, que são utilizados para avaliar a prestação de serviços. Esta parceria congrega sete organizações de desenvolvimento de normas de telecomunicações e tem estado a estudar as normas de aplicação do 5G (Jun et. al., 2020).

Além disso, questões como custos, regulamentos políticos, tanto a nível nacional como internacional, e segurança de dados devem ser tidas em consideração se a tecnologia 5G se tornar parte integrante da próxima geração cirúrgica (Borner Valdez et. al., 2021).

Zhang et al. (2022) evidencia que fiabilidade e a baixa latência de comunicação para serviços sensíveis à latência, juntamente com a crescente utilização de robôs, coloca de facto o cirurgião num ambiente de realidade Virtual (VR).

Esta técnica permite as modificações no desenvolvimento gradual de outras situações e aplicações. A utilização de controlos remotos com software de formação cria um ambiente de formação virtual. Aumentar a distância entre o dispositivo de controlo remoto e o robô cria a Telecirurgia.

O ambiente de Realidade Virtual pode juntar formação, cirurgia, e Telemedicina e criar oportunidades para proporcionar uma maior qualidade e competência médica em lugares adicionais.

Este papel pode ser aplicado à *telementoria*, pois, apesar da sua virtualidade, apresenta a possibilidade para construir uma rede humana através das fronteiras e dos países para partilha das melhores práticas ou pedir conselhos, quando for necessário.

Gupta et al. (2021) vão mais além, explicando que, durante a fase de formação, alguns pontos-chave têm de ser considerados, tais como arquitetura de formação, velocidade de formação, procedimento de formação otimização, e estimativa da incerteza.

Depois disso, o modelo é testado com alguns dados para avaliar a sua exatidão.

Mais tarde, os dados serão transferidos para armazenamento em nuvem através do canal de comunicação sem fios (4G, LTE, LTE-A e 5G) para requisitos futuros (Gupta et. al., 2019). Ainda que a computação de ponta com infraestrutura de rede tradicional ofereça latência ultra-baixa (< 5ms) e elevada fiabilidade (99,999%) nos dados, não é perfeitamente adequada para as missões críticas acima mencionadas.

Espera-se que as grandes análises de dados criem oportunidades em várias áreas, porque o seu valor pode ser extraído através da recolha de dados, processamento, análise preditiva ou inferência.

O potencial das grandes análises de dados, especialmente na área dos serviços de conhecimento e inteligência, é maximizado através da utilização de tecnologia de computação em nuvem, por exemplo, aprendizagem de máquinas, profunda aprendizagem, inferência e reconhecimento da IBM Watson (Yu et. al., 2017).

A combinação de cirurgia com novas tecnologias tais como *AI, ML, VR e AR*, usando a tecnologia 5G, uma vez que a rede de fornecimento continua a ser uma questão de interesse, fornece as condições ideais para a Telecirurgia.

O 5GS suporta uma variedade de serviços verticais, tais como veículos, comunicação para tudo *(V2X), VR/AR*, e automatização de fábrica. Estas aplicações de serviço vertical requerem serviços sensíveis ao tempo, ou seja, determinísticos, bem como serviços de *ultra-low delay* (Jun et al., 2020).

Segundo Ganesan et al. (2021), citando Wei, Duan, & Zhou (2020), para apoiar adequadamente as aplicações de Tecnologias de Informação, o objetivo da infraestrutura de rede é ter uma latência muito baixa de ponta a ponta inferior a 1ms, mais especificamente, de acordo com o grupo de trabalho IEEE P1918.1 sobre TI, uma *teleoperação*.

Referindo Sachs et. al. (2018), o cenário inclui os seguintes requisitos: garantia de fiabilidade ultraelevada de 99,999% (tácteis, vídeo e áudio), uma largura de banda de rede de 100-500 pacotes por segundo para controlo tácteis e de *feedback*, e larguras de banda de 1-100 Mb/s e 5-512 kb/s para canais de vídeo e áudio, respetivamente, entre o *teleoperador* e o operador.

Além disso, autores como Maier, M., Chowdhury, M., Rimal, B.P. e Van, D.P, apontam a existência de uma sobreposição nos conceitos e tecnologias relacionados com a IDC, 5G, e TI, tais como requisitos de latência ultrabaixa, disponibilidade garantida, humano-humano (H2H) comunicações, coexistência máquina-a-máquina (M2M), largura de banda elevada e a necessidade de uma infraestrutura de rede segura com sistema de bordo com inteligência integrada.

A arquitetura de um sistema de Telecirurgia consiste em três domínios: Domínio principal (controlador), Domínio escravo (controlado) e Domínio de rede (canal de comunicação).

Um cirurgião é uma parte do domínio principal que controla as operações do domínio dos escravos através da HSI. Ele passa os comandos de entrada, tais como descrição de tarefa, posição, velocidade, força e impedância do braço robótico ao robô controlado no local do escravo.

Depois o mestre recebe *feedback* de dados, nomeadamente, dados de deteção táctil, dados audiovisuais, dados de texto, imagens de dados de avaliação médica e informação propriocetiva do avatar remoto.

Trata-se de uma interação humano-máquina, onde o humano é um cirurgião e a máquina é um robô cirúrgico. Esta secção compreende duas subsecções (Gupta et al., 2019).

Por outro lado, ao contrário do Núcleo de Pacote Evoluído 4G (*EPC*), um 5GS tem uma estrutura em que o plano de controlo e plano do utilizador são separados e uma

função de plano do utilizador (FPU/*UPF*) para a transmissão de dados é distribuída, por isso é fácil para o 5GS instalar uma *UPF* separada para MEC numa rede de dados local (*DN*). Além disso, a *UPF* é uma rede de dados local, cuja função de gestão da sessão (*SMF*) pode controlar o pacote MEC e o encaminhamento do pacote para o *DN* juntos (Jun et. al., 2020).

As mudanças revolucionárias oferecidas pelo 5G incluem larguras de banda elevada e baixa latência. Há frequentemente avarias no serviço devido às limitações de largura de banda e latência atuais, particularmente quando muitos utilizadores na mesma área estão a tentar aceder em linha a serviços móveis ao mesmo tempo. Mais dispositivos sobre a rede irão criar uma maior necessidade de ligações, algo que a 4G não pode suportar (Li, 2019).

Como mencionado, o 5G não é uma tecnologia única, mas sim uma combinação de tecnologias de vanguarda, incluindo *Big Data*, *cloud computing* e inteligência artificial.

Na era 5G, com a capacidade melhorada dos computadores para processarem grandes quantidades de informação, autodeterminação, a medicina surgirá.

Em vez do dominante diagnóstico e tratamento contemporâneo centrado no modelo médico, o modelo médico de autodeterminação permitirá aumentar significativamente a autonomia do doente, dando a este a participação como sujeito doente ao longo de todo o sistema de tratamento (Li, 2019).

Para o processamento de problemas complexos, o sistema requer inteligência para uma solução precisa. A inteligência artificial (*AI*) é conjugada com as redes existentes para melhorar a inteligência global e o processamento mais rápido.

A integração da inteligência com a nuvem é uma das soluções para aplicações críticas, tais como cuidados de saúde, Virtualização Aumentada, transações bancárias e Internet das Coisas.

Contudo, a transferência de dados para a nuvem, para serem utilizados na inteligência, consome muito tempo que não é adequado para a aplicação sensível ao tempo, onde os dados se tornam menos significativos dentro de um momento. Assim, a demonstração de inteligência no dispositivo de borda torna o sistema mais rápido e seguro, porque os dados são armazenados em cache no servidor de borda mais próximo e processados com algoritmos inteligentes apenas no servidor de borda (Gupta et al., 2021).

Anand et al. (2021) reitera que a segurança é um fator importante, pois estamos a viver na era dos hackers. Os dados sensíveis são sempre vulneráveis a ataques, uma vez que há quase 100% de probabilidade de ocorrência de perda destes dados.

Por conseguinte, há que assegurar que a transmissão de dados, o armazenamento de dados, e o processamento de dados deve ser feita de forma segura. Se os dados relativos à saúde do doente forem sendo armazenados num servidor de *cloud*, então há uma hipótese de que o paciente possa perder o controlo dos seus dados.

A encriptação dos dados antes do carregamento é obrigatória. Por conseguinte, segurança e privacidade aqui desempenham um papel importante. No entanto, o problema que surge aqui é que, em caso de emergência, como é que o pessoal médico pode identificar o doente na ausência de um identificador. De acordo com este autor, Li et al. (2010) deram uma solução a este problema, fazendo um modelo em que o doente só pode fornecer informações necessárias ao pessoal médico, escondendo o resto.

A cirurgia à distância (Telecirurgia) está cada vez mais presente na rotina dos cirurgiões e o grande salto dar-se-á com a tecnologia 5G que proporcionará uma **enorme cobertura** de milhões de dispositivos interligados ao mesmo tempo por quilómetro quadrado, a **alta velocidade** de rede e a **latência baixíssima.**

QI 2 - Quais são as características efetivas para a RAA que justifiquem a Telecirurgia com recurso às redes 5G?

Operações à distância em que os cirurgiões comandam robôs cirúrgicos de através de assentos especiais, no mesmo edifício ou a centenas de milhas, e monitorizam o procedimento através da ligação vídeo, têm vindo a ser discutidas há mais de um quarto de século (Nunna et al., 2021).

O médico *telerobótico* é agora um campo amplamente estudado que irá ter um impacto significativo nos cuidados de saúde e na qualidade de vida tanto de pacientes como de médicos.

Saliente-se que, enquanto em revisões anteriores sobre este assunto houve uma prevalência de sistemas que utilizam comunicações de curta distância, agora as soluções de longa distância estão a aumentar rapidamente (Oliveira et al., 2021).

Juntamente com a rapidez da entrega de informação até à era da 5.ª Geração (5G,), a Telemedicina não foi utilizada apenas como um meio de comunicação social para aconselhamento ou radiodifusão. A Telemedicina evoluiu para um tratamento que foi realizado diretamente entre médicos e doentes em locais diferentes.

A Telecirurgia é um método médico utilizado na realização de operações de longa distância confiando em redes 5G que têm muito pouca latência, combinados por robôs para que rompem o limite do espaço, especialmente no campo da cirurgia (Setyo et al., 2019).

Lu et al. (2021) afirma que, ter um vídeo remoto em tempo real intraoperatório de alta resolução é a razão que permite que os cirurgiões subespecializados no local forneçam orientações e recomendações intraoperatórias para casos cirúrgicos, especialmente para casos mais complexos.

A futura adoção e integração desta tecnologia pode aumentar o acesso a especialistas e a formação de estagiários em áreas com poucos recursos. Além disso, este modelo pode ser útil no exército, onde as bases em áreas remotas não têm acesso a cirurgiões especializados. O futuro passa por trabalhar utilizando larguras de banda mais elevadas e completar a transmissão 5G do codificador para o descodificador sem uma Internet com fios.

Em regiões mal servidas a nível de Saúde, a Telecirurgia é um conceito crucial para expandir os conhecimentos cirúrgicos a áreas que sofrem de falta de cirurgiões especializados, tais como em zonas rurais ou países subdesenvolvidos. Nesses casos, a Telecirurgia pode aumentar a qualidade dos cuidados de saúde e minimizar os custos de viagem. Considerado por muitos, isto deve-se a uma falta de recursos económicos ou ao seu afastamento das instalações, enquanto para outros a dificuldade surge de um não confiável sistema de saúde com cirurgiões limitados.

Por conseguinte, a Telecirurgia, a *telemonitorização* e a *teleassistência* têm o potencial de alterar radicalmente esta situação, facilitando o apoio em tempo real a um cirurgião que execute o procedimento dentro de uma rede de cirurgiões especializados em todo o mundo. Estas possibilidades já foram demonstradas com experiências de prova de conceito para Telecirurgia e *telemonitorização* (Acemoglu et al., 2020).

Este conceito também pode ser aplicável para ambientes específicos, como por exemplo na estação espacial, onde uma condição médica de emergência tem de ser gerida por uma componente treinada da tripulação, ou perto de um campo de batalha, onde o cirurgião pode operar a uma distância segura, ou novamente no fundo do oceano. A Telecirurgia poderia muito bem ser uma opção em tais situações (De'Angelis et al., 2022).

Este cenário suscita a necessidade de cuidados de saúde inteligentes que permitam aos médicos examinar os doentes a partir dos seus lugares distantes e fornecer soluções de saúde em tempo real através de dispositivos eletrónicos (dispositivos tácteis, sensores e atuadores) sem visita física às suas instalações (Sucheta & Rajan, 2021).

Borner Valdez et. al. (2021) realça que todos os autores dos estudos que utilizam 5G para cirurgia concordaram em beneficiar da Telecirurgia para áreas remotas. Isto está de acordo com a literatura, tal como anteriormente descrita.

No entanto, nenhum dos estudos descritos mencionou os custos para estabelecer a cirurgia baseada em 5G. Os mesmos autores evocando Van Wynsberghe et al. (2008) levantaram, justificadamente, a objeção de que as áreas remotas acima mencionadas, geralmente rurais e de baixos rendimentos, não terão os meios necessários para se dotarem de tecnologia altamente avançada.

É notório que existem diversos estudos a convergir para a temática desta dissertação. Verifica-se o interesse desta temática quando se pode associar todos os benefícios que a tecnologia das redes 5G pode oferecer para salvar vidas a nível mundial.

Durante o processo decisório, os múltiplos atributos envolvidos e a subjetividade inerente à definição da seleção e escolha dos artigos, esta RSL revelou a grande convergência que quase todos os autores/investigadores demonstram ter sobre o assunto, não só pela Telecirurgia enquanto modelo teórico, mas também pelo canal de comunicações que permitirá ter todos os recursos, quer de viabilidade, quer de segurança que esta impera.

Focando no território insular português da RAA, sobre o recurso à Telemedicina, ou até mesmo à Telecirurgia, não foram encontrados dados nesta revisão sistemática que possam ilustrar o grau de adesão dos utentes e dos profissionais de saúde, em particular os médicos, a esta alternativa complementar de atendimento.

Capítulo 4

Metodologia de Investigação

Capítulo 4 - Metodologia de Investigação

De acordo com o apresentado na figura 1 e na figura 7, para responder às questões de investigação que resultam da revisão sistemática da literatura e do problema deste estudo, a metodologia de investigação adotada para este estudo foi o Survey.

Para o efeito, foram preparados, efetuados e analisados dois inquéritos por entrevista, um para um especialista da área medicina e outro para um especialista da área das telecomunicações.

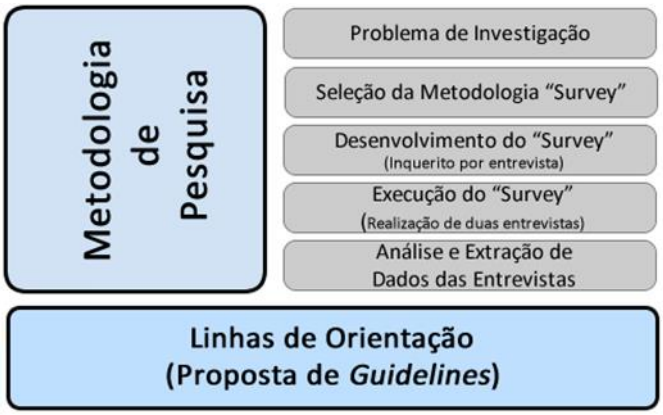


Figura 7 - Visão geral da pesquisa.

Após efetuar a extração e análise de dados das duas entrevistas, foram propostas um conjunto de linhas de orientação (*guidelines*) para responder ao problema de investigação apresentado neste trabalho.

4.1 Survey

Um *survey* é um método de investigação quantitativa ou qualitativa, que pode ser definido como uma forma de coletar dados e informações a partir de características e opiniões de grupos de indivíduos. O resultado encontrado, desde que o grupo seja representativo da população, pode ser extrapolado para todo o universo em estudo. O

instrumento normalmente utilizado como forma de se obter dados para esse tipo de pesquisa é o questionário estruturado (Freitas, Oliveira, Saccol, & Moscarola, 2000).

Freitas et. al. (2000), citando Fink (1995a, 1995c), afirma que "*não há uma forma precisa de definir em qual circunstância se deve usar ou não determinado tipo de pesquisa. Até porque, é possível usar mais de uma forma de investigação para o mesmo trabalho. O survey é apropriado como método de pesquisa quando, em geral, essas perguntas são "o quê?", "como?" "porquê?" e "quanto?"*.

A partir deste tipo de questões, é possível estruturar um questionário, que será respondido por um grupo de pessoas representativo do universo da pesquisa (amostra).

Pinsonneault & Kraemer (1993) classificam o *survey* quanto ao seu propósito de acordo com uma base:

a) *explanatória* – quando o objetivo é testar uma teoria e as relações causais; estabelece a existência de relações causais, mas também questiona por que a relação existe;

b) *exploratória* — quando o objetivo é familiarizar-se com o tópico ou identificar os conceitos iniciais sobre um tópico, dar ênfase na determinação de quais conceitos devem ser medidos e como devem ser medidos, buscar descobrir novas possibilidades e dimensões da população de interesse;

c) *descritiva* – quando o objetivo é identificar situações, eventos, atitudes ou opiniões estão manifestas em uma população; descreve a distribuição de algum fenómeno na população ou entre os subgrupos da população ou, ainda, faz uma comparação entre essas distribuições. Neste tipo de *Survey*, a hipótese não é causal, mas tem o propósito de verificar se a perceção dos factos está ou não de acordo com a realidade.

Quanto ao número de momentos em que os dados são coletados, este tipo de pesquisa pode ser (Sampieri et. al., 1991):

a) *longitudinal* - a coleta dos dados ocorre ao longo do tempo em períodos ou pontos especificados, procurando estudar a evolução ou as mudanças de determinadas variáveis ou, ainda, as relações entre elas;

b) *corte-transversal* (cross-seccional) - a coleta dos dados ocorre em um só momento, pretendendo descrever e analisar o estado de uma ou várias variáveis em um dado momento.

Outro ponto a ser observado é a adequação dos respondentes (indivíduos que fornecem as informações) à unidade de análise (aquilo que se pretende analisar), ou seja, é expectável que os respondentes realmente representem a unidade de análise.

Segundo Pinsonneault & Kraemer (1993), a unidade de análise pode ser um individuo, um grupo, um setor da organização ou a própria organização, entre outras.

Segundo Hoppen et. al. (1996), a elaboração do instrumento e o seu refinamento constituem as duas áreas que devem ser consideradas para a validação do conteúdo. Os enunciados que compõem o instrumento devem ser baseados na revisão da literatura pertinente ao fenómeno.

Esse tipo de validação implica que todos os aspetos do atributo que está sendo medido sejam considerados pelo instrumento, ou seja, que os indicadores construídos sejam uma boa representação do fenómeno a ser estudado.

Após a elaboração do instrumento, podem utilizar-se juízes (especialistas na área) para julgar a pertinência e a clareza, considerando o seu propósito.

De acordo com o mesmo autor, na sequência deve realizar-se o pré-teste do instrumento. O pré-teste tem como objetivo refinar o instrumento, visando a garantia de que ele realmente irá medir aquilo a que se propõe.

Na análise, deve observar-se se todas as questões foram respondidas corretamente e se as respostas não indicam dificuldade quanto ao entendimento da questão e quanto à forma de preenchimento do questionário.

Segundo Gil (1991), devem ser considerados no pré-teste os seguintes aspetos: clareza e precisão dos termos, quantidade de perguntas, forma das perguntas, ordem das perguntas e introdução.

A figura 8 ilustra o esquema de um inquérito ou Survey elaborado por Coutinho (2011), adaptado de Wiersma, 1995, p. 178, com 6 etapas sequenciais: Planear, Constituição da Amostra, Recolha de Dados, Organização dos Dados, Análise dos Dados, Conclusões/Relatório.

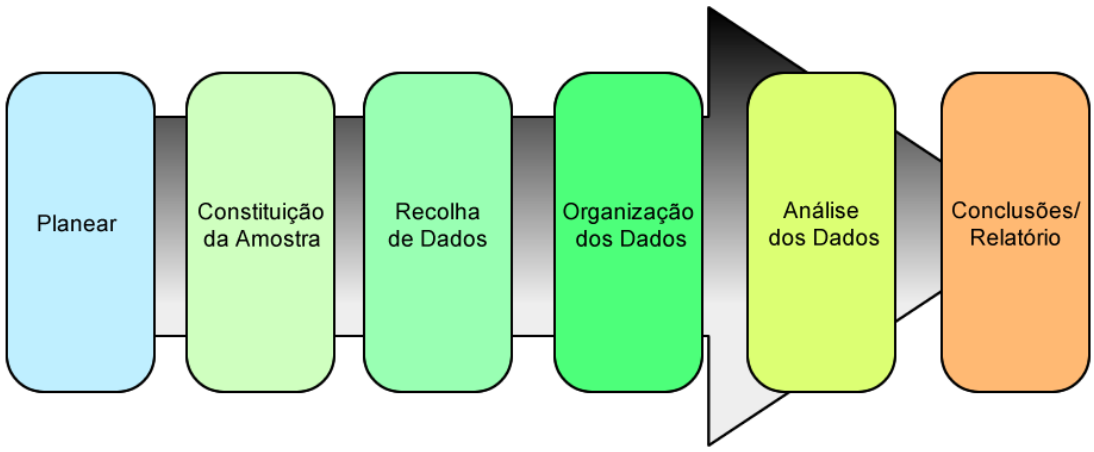


Figura 8- Esquema de um Inquérito ou *Survey*. (Coutinho, 2011)

A fase de planeamento é uma fase crítica, sem esta este estudo poderia correr o risco de criar um levantamento demasiado inflado e sem leme, resultando num fraco envolvimento e em resultados dos quais não se poderiam tirar conclusões úteis.

A dimensão da amostra é também muito importante uma vez que, na maioria dos casos, é impossível fazer o levantamento de toda a população alvo de interesse devido ao enorme volume de pessoas que nele se encontram. Nesta fase, foi apresentada aos dois

entrevistados uma lista de dez questões, para analisar duas perspetivas, nas áreas de saúde e de telecomunicações.

Relativamente à organização dos dados e à realização da análise, deverá ser prestada atenção à forma como todo o procedimento foi conduzido no presente estudo, uma vez que é utilizado o método de entrevista. Desta forma, e para uma melhor análise, foi utilizado o software "QSR NVivo 12" para organizar e analisar os dados.

Finalmente, ao apresentar o relatório, deve considerar-se que o resultado pode parecer impercetível, abstrato e difícil de apreender por algumas pessoas. Portanto, os dados serão apresentados visualmente em gráficos e imagens para descrever melhor os resultados.

4.2 Inquérito por Entrevista

O inquérito por entrevista é a técnica de investigação que permite recolher informações, dados, utilizando a comunicação verbal. A entrevista é uma conversa com um objetivo concreto (Bogdan & Biklen, 1994).

Num sentido mais lato, o método refere-se ao caminho ou ao conjunto de operações para se chegar a um determinado resultado em investigação (Coutinho, 2011).

No decorrer da entrevista alguns aspetos devem ser tidos em consideração, no sentido de otimizar todo o trabalho (Ramos, 2016), nomeadamente:

a. procure ficar sozinho com o entrevistado;
b. não deixar o entrevistado ver as preguntas;
c. leia as perguntas textualmente, pela ordem correta, com precisão e clareza, evitando a mudança do seu sentido. Leia igualmente todas as categorias das respostas com exceção das que se encontram ente parênteses;

d. não reformule uma questão. Esteja atento à informação que o entrevistado lhe vai fornecendo para que a entrevista seja fluida e dinâmica;
e. assegure-se de que está a marcar adequadamente a resposta do entrevistado;
f. se o entrevistado der respostas irrelevantes ou se se detiver com maior detalhe em determinado assunto, escute-o, mas não se esqueça que é necessário ter o controlo da entrevista centrando-se nas respostas às questões;
g. não deduza nem sugira respostas aos entrevistados;
h. não faça comentários, mesmo que o objetivo seja criar empatia com o entrevistado. Sem querer pode estar a interferir nas respostas futuras;
i. seja natural, mantenha-se à margem, não mostre acordo nem desacordo;
j. quando uma resposta não for clara ou quando o entrevistado se contradisser, sonde com o objetivo de obter uma informação mais clara. No entanto, aceite as respostas que pareçam contradizer outras já transmitidas;
k. se houver interrupções no desenvolvimento da entrevista, tanto quanto puder retome o tema de forma cordial evitando prolongamentos que fujam aos objetivos pretendidos;
l. se o entrevistado hesitar em responder ou se negar a resposta, tente persuadi-lo e explique mais uma vez a confidencialidade da informação;
m. se existir alguma dúvida devido ao facto de o entrevistado não ter percebido ou escutado parte da pergunta, repita-a integral e textualmente;
n. aceite a possibilidade de o entrevistado não saber responder a questões e continue a aplicação da entrevista;
o. o tempo de realização da entrevista não deverá ser inferior a 45 minutos.

De acordo com os pressupostos de confidencialidade o inquirido é identificado por E1 e E2, como é apresentado na tabela 7 (ver pedido de colaboração, Anexo I).

Tabela 7 - Caraterização da amostra da entrevista (Fonte: Elaboração do Autor).

Entrevistado	**Profissão**
E1	Médico Especialista.
E2	Engenheiro Telecomunicações.

4.3 Guião da Entrevista

A construção do guião da entrevista engloba a operacionalização dos objetivos definidos sob a forma de variáveis, (Carmo & Ferreira, 2008). As questões são expostas de forma sequencial para que, no fim, os objetivos traçados sejam alcançados.

Foram selecionados dois entrevistados de acordo com os requisitos necessários, nomeadamente a qualificação e competências que detêm. Deste modo, a amostra é intencional.

Os inquiridos foram contactados previamente e informados sobre os resultados que se esperavam obter, a razão pela qual foram escolhidos e a relevância das suas respostas relativamente ao estudo.

A Tabela 8 apresenta o cronograma de realização das entrevistas.

Tabela 8- Cronograma da entrevista (Fonte: Elaboração do Autor).

Entrevistado	**Forma**	**Data**	**Início**	**Duração**
E1	Presencial	04.10.2022	12h30	45 min
E2	Online	10.10.2022	16h00	50 min

A Tabela 9, referente ao guião da entrevista, expões as secções, questões, objetivos e variáveis a serem tratadas.

Tabela 9 – Guião da entrevista (Fonte: Elaboração do Autor)

Pergunta	**Objetivo**	**Variável**
1. Como está?	Introdução, colocar o entrevistado mais cómodo.	Disposição

Secção I - Experiência e relevância da temática: Nesta secção pretende-se contextualizar e validar as competências dos entrevistados considerando a temática, assim como avaliar e analisar a relevância dos modelos de referência na viabilidade do serviço de Telecirurgia na RAA, suportado pela rede 5G.

2. Já ouviu falar ou leu sobre a rede 5G? Em que contexto? Quão familiarizado está com esta tecnologia?	Contextualizar e validar a experiência, averiguar experiência e o grau de conhecimento.	Competências
3. Considera relevante existir o serviço 5G RAA? (Se sim) Qual a importância?	Avaliar a relevância da existência da tecnologia 5G, analisar em que medida podem ser importantes para a RAA.	Opinião individual
4. Entre vários serviços que a rede 5G pode suportar está a Telecirurgia. Tem conhecimento sobre este procedimento? (Se sim) O que sabe sobre?	Analisar a relevância e compreender a necessidade de recorrer a várias áreas.	Opinião individual

Secção II- Perspetiva de análise - Inovação: Engloba diferentes elementos que podem determinar a habilitação da RAA para implementar a Telecirurgia suportada pela rede 5G.

5. Na sua opinião, que aspetos devem ser ponderados/considerados pela RAA numa eventual preparação de um projeto de implementação de Telecirurgia?	Analisar e recolher informação sobre aspetos a considerar inicialmente pela RAA no projeto de implementação.	Opinião individual
6. Em relação a um possível processo de implementação, acha que existem aspetos que devem ser continuamente melhorados?	Recolher e analisar informações sobre circunstâncias a considerar na inovação durante a implementação.	Opinião individual

Secção III - Perspetiva de análise - Impacto: Nesta secção pretende-se avaliar e analisar aspetos relativos ao impacto resultante do processo de implementação.

7. Do seu ponto de vista, que vantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?	Avaliar as vantagens e pontos fortes a ser demarcados.	Opinião individual
8. Do mesmo modo que a pergunta anterior, que desvantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?	Avaliar as desvantagens e pontos fracos a ser demarcados.	Opinião individual
9. Em seu entender, quais seriam os maiores desafios da utilização desta Implementação?	Analisar e recolher informação sobre desafios a considerar na utilização aquando da sua implementação.	Opinião individual

Secção IV- Secção - Sugestões e recomendações: Nesta secção pretende-se recolher um conjunto de observações e recomendações que possam contribuir para o desenvolvimento, aperfeiçoamento das *guidelines* e abordagens futuras.

10. Pretende acrescentar alguma perspetiva, complementar ou deixar alguma recomendação de um projeto de implementação de Telecirurgia?	Recolher observações, sugestões ou informação para as *guidelines*.	Opinião individual

Capítulo 5

Extração e Análise de Dados

Capítulo 5 - Extração e Análise de Dados

A utilização de tecnologias transformou a análise de dados. A eventualidade de serem apresentados sobre diversas formas pode beneficiar a qualidade das interpretações, (Quivy & Campenhoudt, 2008).

Como já referido neste documento, os dados dos inquéritos por entrevista foram tratados no software "**QSR Nvivo 12**". A escolha e utilização deste software acrescenta qualidade e oferece maior credibilidade à investigação, (Cervantes, García & Rivera, 2018).

Remeteu-se, antecipadamente por correio eletrónico, aos entrevistados o "position paper" sobre a temática, as questões, secções e os objetivos que se pretendiam alcançar com a entrevista, por forma a familiarizar os mesmos.

O facto de uma das entrevistas ter sido efetuada de forma *online*, através da aplicação Zoom, não condicionou, de modo algum, a realização dos objetivos propostos.

5.1 Tratamento de Dados

A fonte de dados foi a entrevista efetuada, posteriormente importada para o programa, e classificada conforme apresentado na figura 9.

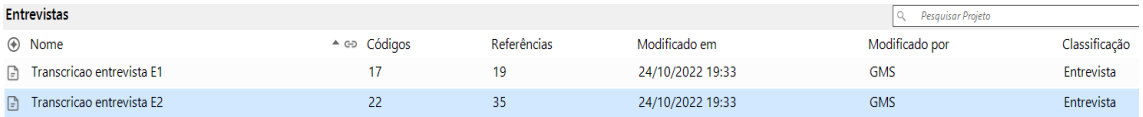


Figura 9- Fonte de dados e classificação (Fonte: Elaboração do Autor).

Na figura 9, os códigos e as referências são apresentados de forma manual. De modo a evitar que o número de códigos e referência seja nulo, a informação surge na sequência da análise previamente efetuada.

Um dos princípios iniciais incluía avaliar relações entre as respostas e as caraterísticas dos entrevistados, mais concretamente a capacidade de certificar o tema e os seus conteúdos. Assim, foi formulado um *"Caso"* para cada entrevistado e associado o atributo *"Ocupação"* para o qualificar, como exposto nas figuras 10 e 11.

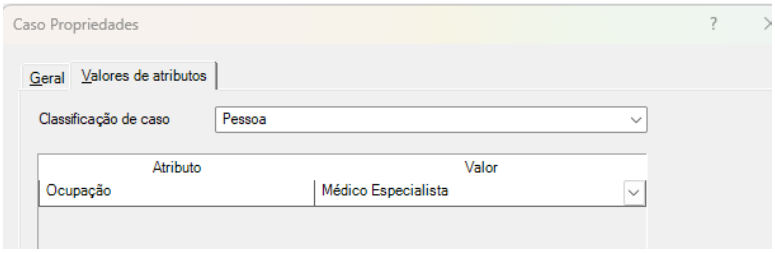


Figura 10- Atributos E1(Fonte: Elaboração do Autor).

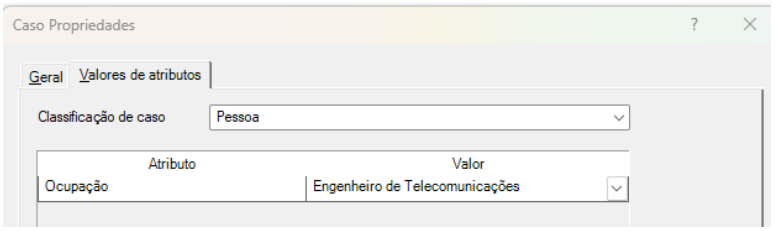


Figura 11- Atributos E2 (Fonte: Elaboração do Autor).

Os atributos podem posteriormente ser relacionados entre si ou entre os códigos. Partindo desta associação, para uma melhor interpretação dos conteúdos apresentados, podem ser concebidas consultas ou imagens gráficas.

Os dados codificados são frações de texto que ficam referenciadas em *"*códigos*"*, exibem as categorias e podem ser definidas previamente ou criadas durante a análise.

Neste caso, as **categorias** principais foram formuladas previamente de acordo a análise das orientações retiradas das entrevistas, as **subcategorias** foram concebidas de acordo com o decorrer da observação das respostas às questões levantadas e os objetivos definidos para a entrevista.

A tabela 10 e a figura 12 exemplificam as categorias e subcategorias de análise definidas e as **referências** (frações de texto selecionadas) associadas a cada uma delas.

Tabela 10 - Categorias de análise (Fonte: Elaboração do Autor).

Nome	Arquivos	Referências	Criado em	Criado por	Modificado em	Modificado por
• **Temática**	0	0	23/10/2022 03:30	GMS	23/10/2022 03:30	GMS
Relevância do tema	2	2	23/10/2022 03:31	GMS	23/10/2022 13:13	GMS
Grau de Conhecimento	2	3	23/10/2022 03:32	GMS	23/10/2022 13:16	GMS
Familiarização	1	1	23/10/2022 03:49	GMS	23/10/2022 13:14	GMS
Experiência	0	0	23/10/2022 03:32	GMS	23/10/2022 12:22	GMS
• **Inovação**	0	0	23/10/2022 03:32	GMS	23/10/2022 03:32	GMS
Processos	0	0	23/10/2022 03:33	GMS	23/10/2022 11:06	GMS
Gestão Processos	2	3	23/10/2022 03:33	GMS	23/10/2022 13:20	GMS
Formação	2	3	23/10/2022 03:33	GMS	23/10/2022 13:20	GMS
Meios	0	0	23/10/2022 03:32	GMS	23/10/2022 11:06	GMS
Materiais	2	2	23/10/2022 03:34	GMS	23/10/2022 13:19	GMS
Humanos	1	1	23/10/2022 03:34	GMS	23/10/2022 13:18	GMS
• **Impacto**	0	0	23/10/2022 03:34	GMS	23/10/2022 03:34	GMS
Vantagens	0	0	23/10/2022 03:34	GMS	23/10/2022 12:22	GMS
Recursos Humanos	1	1	23/10/2022 03:37	GMS	23/10/2022 13:21	GMS
Integração	1	1	23/10/2022 03:37	GMS	23/10/2022 13:21	GMS
Implementação	1	1	23/10/2022 03:36	GMS	23/10/2022 13:21	GMS
Desvantagens	0	0	23/10/2022 03:34	GMS	23/10/2022 03:34	GMS
Recursos Humanos	0	0	23/10/2022 03:37	GMS	23/10/2022 03:37	GMS
Integração	0	0	23/10/2022 03:38	GMS	23/10/2022 12:22	GMS
Implementação	0	0	23/10/2022 03:37	GMS	23/10/2022 13:10	GMS
Desafios	0	0	23/10/2022 03:35	GMS	23/10/2022 12:22	GMS
Tecnológicos	0	0	23/10/2022 03:39	GMS	23/10/2022 13:10	GMS
Recursos Humanos	2	2	23/10/2022 03:38	GMS	23/10/2022 13:26	GMS
Infraestruturas	2	4	23/10/2022 03:38	GMS	23/10/2022 13:26	GMS
Geográficos	0	0	23/10/2022 03:39	GMS	23/10/2022 03:39	GMS
Económico-Financeiros	0	0	23/10/2022 03:39	GMS	23/10/2022 03:39	GMS
• **Sugestões Recomendações**	0	0	23/10/2022 03:36	GMS	23/10/2022 03:36	GMS
Linhas de orientação (G*uidelines*)	0	0	23/10/2022 03:36	GMS	23/10/2022 03:36	GMS
Tecnológicas	1	2	23/10/2022 03:41	GMS	23/10/2022 13:28	GMS
Recursos Humanos	2	3	23/10/2022 03:40	GMS	23/10/2022 13:29	GMS
Políticas	2	2	23/10/2022 03:40	GMS	23/10/2022 13:30	GMS
Infraestruturas	1	2	23/10/2022 03:40	GMS	23/10/2022 13:30	GMS
Geográficas	1	1	23/10/2022 03:40	GMS	23/10/2022 13:29	GMS
Económico-Financeiros	2	2	23/10/2022 03:41	GMS	23/10/2022 13:29	GMS

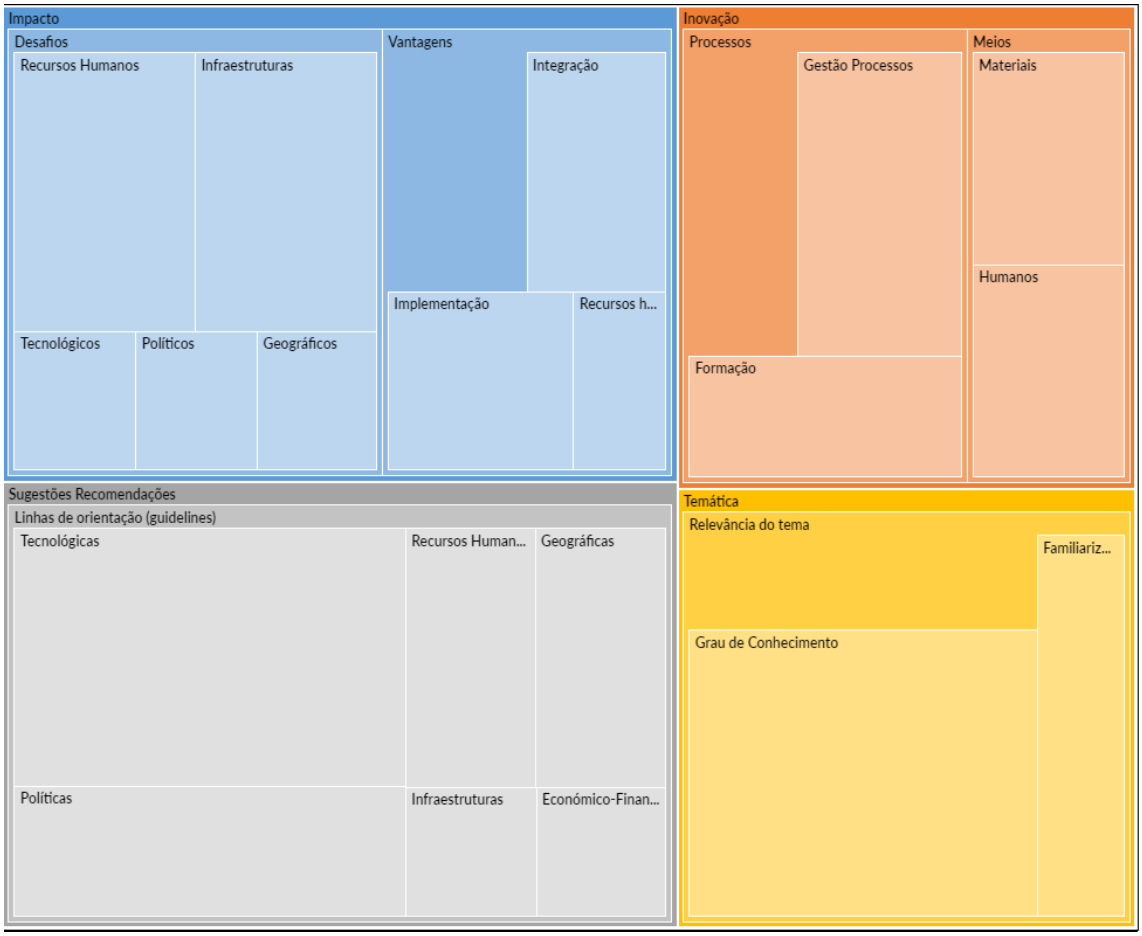


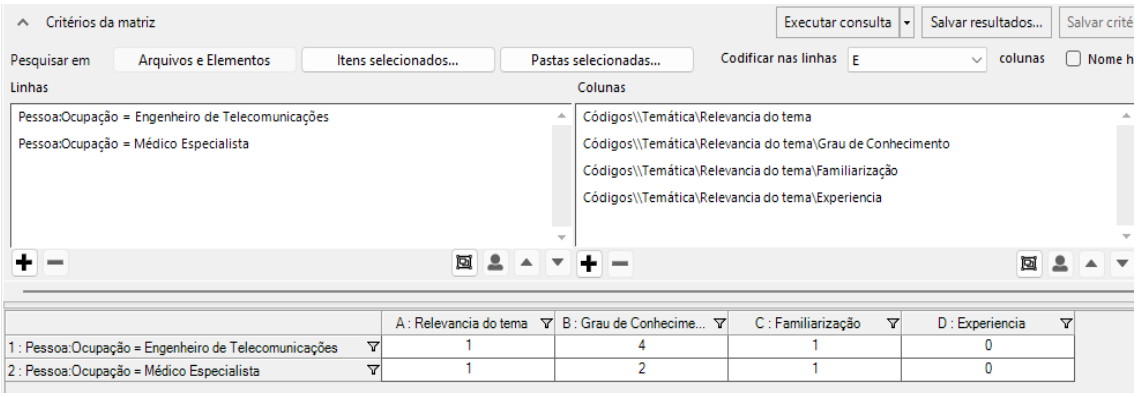
Figura 12 - Referências de codificação (Fonte: Elaboração do Autor).

A aplicação "***QSR Nvivo 12***" dispõe de ferramentas que permitem a interpretação das respostas às questões, que suportam a informação apresentada.

A **pergunta 1** não foi tida em consideração para análise no "QSR Nvivo 12", uma vez que o objetivo desta questão era apenas deixar o entrevistado mais confortável.

As **perguntas 2, 3 e 4** tinham como objetivo avaliar a relevância, o grau de conhecimento/experiência/familiarização para com a tecnologia 5G, bem como o conhecimento sobre a Telecirurgia, de um modo geral.

Após combinar o atributo "*Ocupação*" e o "[Códigos\\Temática\Relevância do tema\] Grau de conhecimento; Familiarização e Experiência", encontramos **várias referências** conforme apresentado na figura 13.



	A : Relevancia do tema	B : Grau de Conhecime...	C : Familiarização	D : Experiencia
1 : Pessoa:Ocupação = Engenheiro de Telecomunicações	1	4	1	0
2 : Pessoa:Ocupação = Médico Especialista	1	2	1	0

Figura 13. Relação ocupação/fragmentos de dados relativos à temática (Fonte: Elaboração do Autor).

Os indicadores demonstram a presença de elementos que validam que os entrevistados **detêm o conhecimento** necessário para responder às questões, trabalham em áreas distintas, mas que se complementam no caso deste estudo. Sendo assim, são uma **fonte fidedigna** de informação.

As figuras 14 e 15 ilustram algumas referências codificadas, retiradas da transcrição das entrevistas, mais em específico, a título de exemplo, o grau de conhecimento.

<Arquivos\\Entrevistas\\Transcricao entrevista E1> - § 2 referências codificadas [8,26% Cobertura]

Referência 1 - 1,97% Cobertura

Sim, em contexto clínico já ouvi, em experiência pessoal e enquanto profissional também

Referência 2 - 6,28% Cobertura

Tenho, a nível pessoal enquanto paciente, já a alguns anos atrás ouvi nessa altura o meu cirurgião, que tratou do meu caso em particular, dizer que fazia parte de um programa, no qual se fazia cirurgias remotas a militares do sexo feminino que estavam em comissão no Iraque.

Figura 14- Referências relativas ao grau de conhecimento de E1(Fonte: Elaboração do Autor).

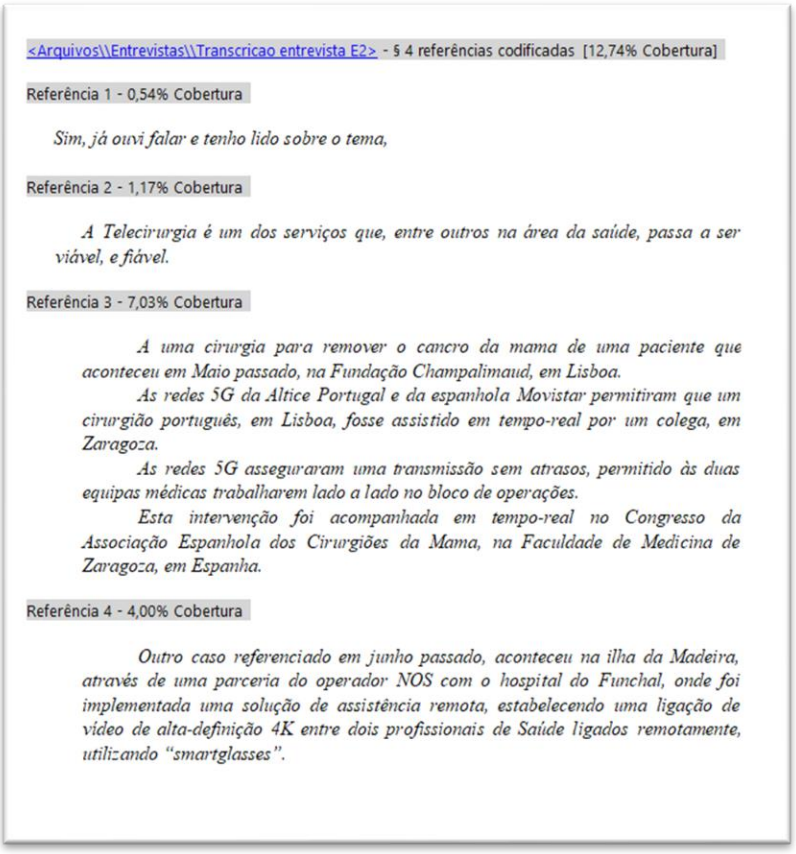


Figura 15- Referências relativas ao grau de conhecimento de E2 (Fonte: Elaboração do Autor).

As **perguntas 5 e 6** tinham como objetivo avaliar quais os aspetos a serem ponderados e o seu melhoramento continuo, os quais devem ser ponderados/considerados pela RAA numa eventual preparação de um projeto de implementação de Telecirurgia. A figura 16 valida a presença de referências sobre a necessidade de existirem vários aspetos que devem ser ponderados, para que a implementação tenha sucesso.

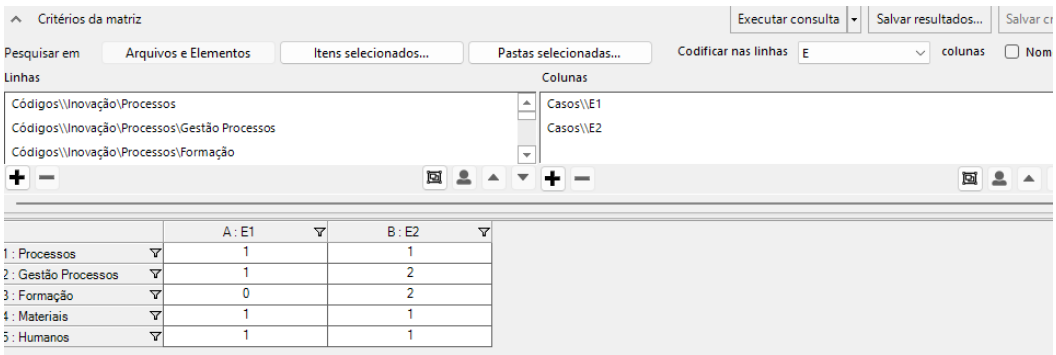


Figura 16 - Referências sobre aspetos que devem ser ponderados (Fonte: Elaboração do Autor).

A figura 17 apresenta uma consulta de frequência de palavras das referências codificadas sobre esta questão.

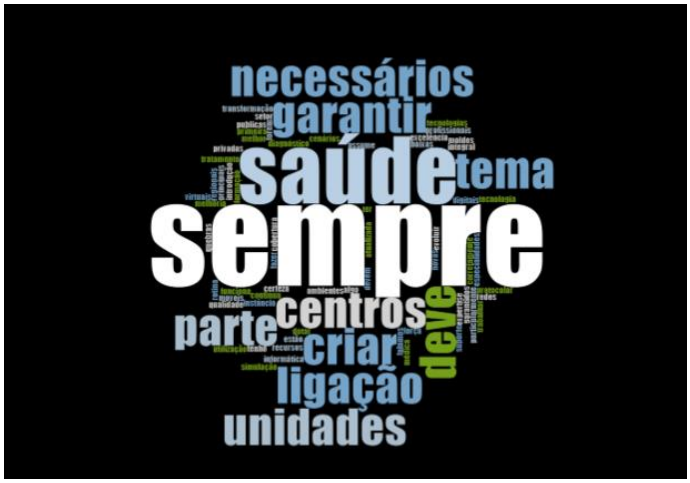


Figura 17 - Consulta de frequência de palavras relativas à pergunta 5 (Fonte: Elaboração do Autor).

As **perguntas 7 e 8** estão intimamente ligadas e são de enorme importância, pois demonstram a opinião dos entrevistados sobre o **impacto** que este serviço poderá ter na RAA, sendo que apresentaram **prós e contras** no que concerne à sua viabilidade. A figura 18 valida a presença de referências sobre o supracitado.

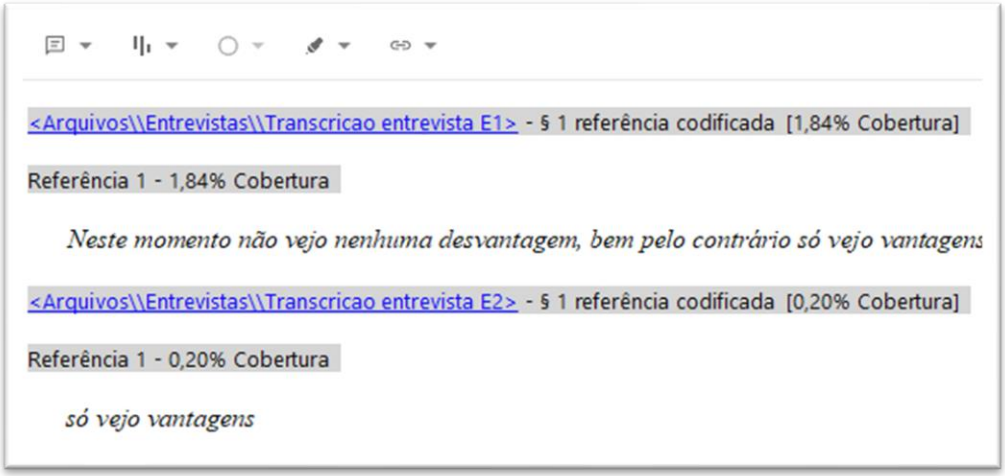
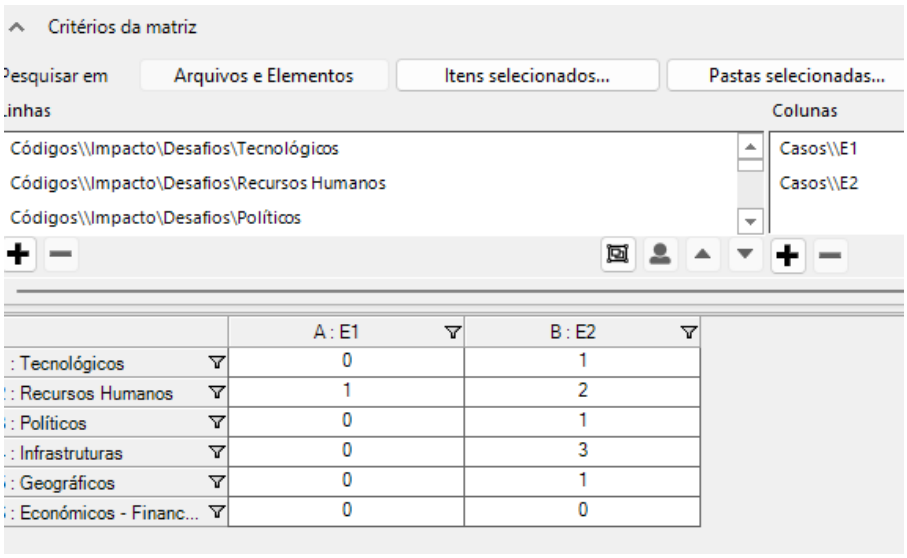


Figura 18 - Referências relativas às perguntas 7 e 8 (Fonte: Elaboração do Autor).

Tendo como referência sobre o **impacto**, a **pergunta 9** dá ênfase aos maiores desafios que poderão existir na utilização da implementação do serviço de Telecirurgia na RAA,

suportado pelas redes 5G. A figura 19 valida a presença das categorias e as referências associadas.

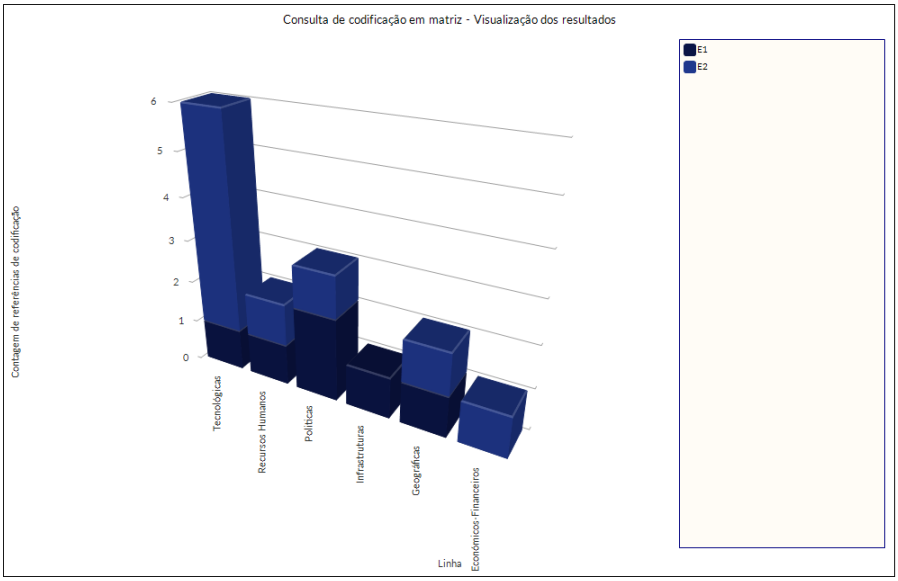


	A : E1	B : E2
: Tecnológicos	0	1
: Recursos Humanos	1	2
: Políticos	0	1
: Infrastruturas	0	3
: Geográficos	0	1
: Económicos - Financ...	0	0

Figura 19 - Referências relativas à pergunta 9 (Fonte: Elaboração do Autor).

A **pergunta 10** tinha como objetivo recolher observações, sugestões ou recomendações para o desenvolvimento de ***guidelines***. Os entrevistados fizeram referência a alguns aspetos até então não mencionados, o que acrescenta a necessidade de investimento, seja em recursos humanos, tecnológicos e/ou outros. O gráfico 3 valida estas referências.

Gráfico 3- Distribuição das referências de codificação (Fonte: Elaboração do Autor).



5.2 Conclusões das Entrevistas

De um modo geral, os dois entrevistados partilham a mesma opinião, destacando-se o **E1** que revela todas as suas tendências sobre modelo humano de posturas e mudança de mentalidades, enquanto o **E2** evidencia as suas opiniões sobre as infraestruturas que suportarão a base deste projeto.

O **E2** ressalva que a formação dos médicos traz um amplo rol de exigências, para realizar esse tipo de cirurgia. Estes cirurgiões devem possuir formação específica, para tal será necessário implementar condições "*ao nível da criação de novos cenários e ambientes virtuais para formação, diagnóstico e tratamento"*, bem como, "*ao nível da criação de centros de simulação médica"*.

O **E1** afirma com rigor, que deverá ser garantido o respeito ao sigilo médico na relação com o paciente, no atendimento prestado, pois os dados do mesmo devem ser preservados, no que se refere a segurança, garantias de tratamento, integridade, autenticidade, confidencialidade, privacidade e sigilo profissional das informações.

Ficou evidente que os dois entrevistados vêm vantagens na implementação deste serviço na RAA, e que a rede 5G é o suporte perfeito para que esta seja viável, tendo em conta que se trata de uma região ultraperiférica onde faz todo o sentido existir este serviço.

A necessidade urgente de alterações a nível de infraestruturas, mudanças de mentalidade, envolvência das entidades governamentais e a introdução deste serviço como um serviço corriqueiro o qual faça parte do "*ecossistema*" do Serviço Regional de Saúde são as principais ideias a reter destas entrevistas.

Capítulo 6

Proposta de viabilidade para a Telecirurgia na RAA com 5G

Capítulo 6 – Proposta de viabilidade para a Telecirurgia na RAA com 5G

Neste capítulo, e com base na avaliação das entrevistas, é apresentada uma **proposta de viabilidade com um conjunto de linhas de orientação (*guidelines*)**, para a implementação do serviço Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores, suportado pela tecnologia que a rede 5G oferece.

6.1 Proposta de Linhas de Orientação (*Guidelines)*

Reforçando a definição já apresentada neste estudo e de acordo como o dicionário de Oxford, *guidelines* podem ser definidas como uma regra geral, um princípio ou, até mesmo, um conselho. Partindo dessa definição, podemos entender que as *guidelines* são um conjunto de diretrizes voltadas para um procedimento a adotar. Elas têm como objetivo principal orientar, por exemplo, uma decisão a ser tomada aquando da execução ou implementação de um processo.

Deste modo, com base na análise teórica e prática deste estudo, são propostas diferentes guidelines, elencadas na tabela 11.

Este contributo de investigação apresenta uma segmentação distribuída em **6 linhas de orientação (*guidelines*) principais**, nomeadamente:

1. **Tecnologias**
2. **Recursos humanos**
3. **Políticas**
4. **Geografias**
5. **Infraestruturas**
6. **Económico-financeiras**

A proposta destas linhas de orientação (ver figura 20) surge do modo exploratório utilizado das entrevistas, os critérios nelas apresentados oriundos de uma eventual interpretação sobre os resultados aferidos.

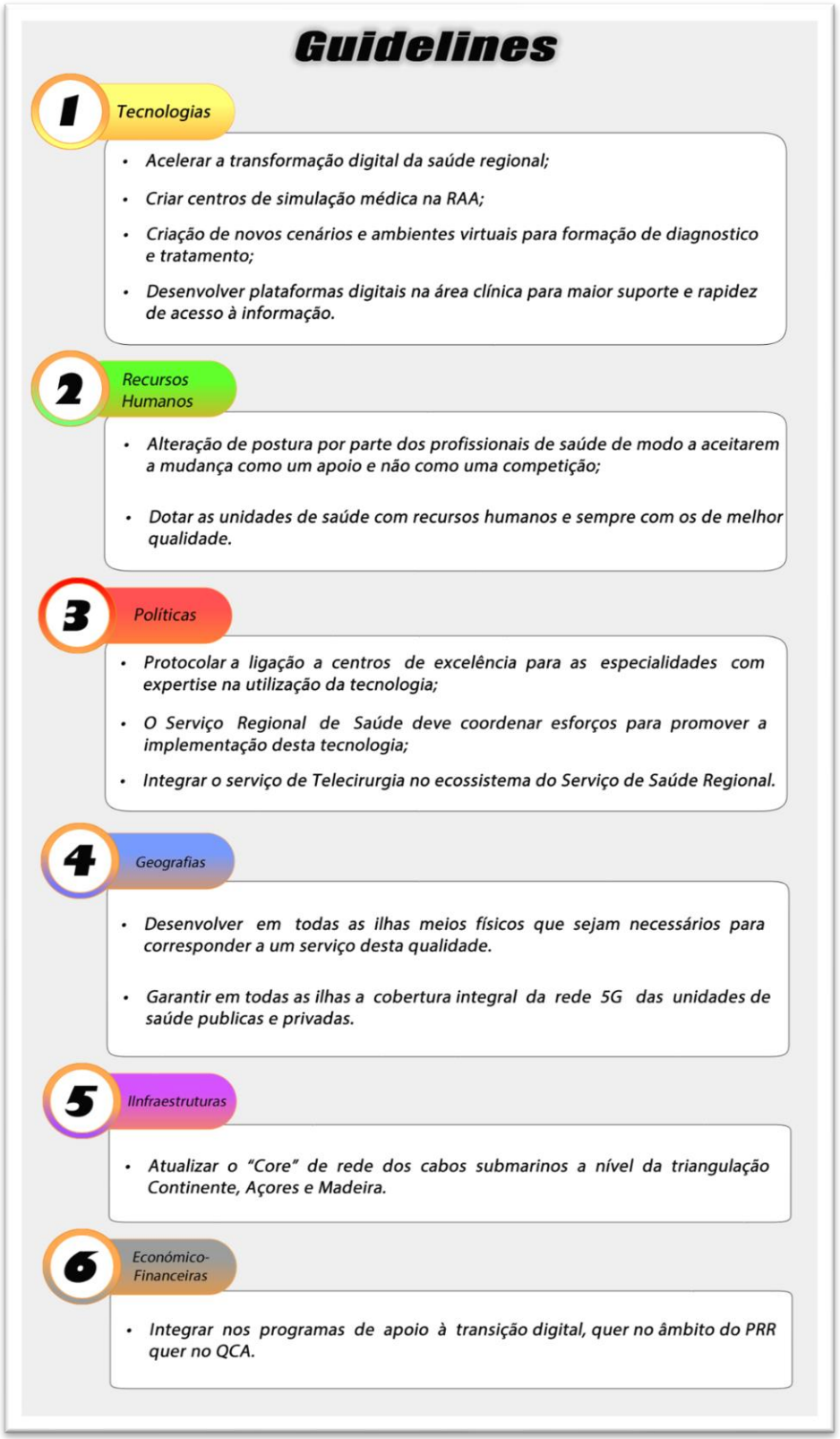


Figura 20 - Esquema das linhas de orientação (Fonte: Elaboração do Autor).

A tabela 11 especifica cada um dos atributos sugeridos por linha de orientação com os critérios e um aprofundamento de cada item dos *guidelines* deste estudo de investigação:

Tabela 11 – Linhas de orientação (*guidelines*) (Fonte: Elaboração do Autor).

Critério	Orientação
Tecnologias	• **Acelerar a transformação digital da saúde regional.** A transformação digital é um processo contínuo de mudança organizacional estratégica, planeada e evolutiva, ao longo do qual se potenciam as competências digitais da plataforma tecnológica e a inovação para se atingirem determinados objetivos.
	• **Criar centros de simulação médica na RAA.** A simulação consiste numa técnica que permite a criação de uma situação ou ambiente real, possibilitando aos indivíduos a experiência com situações da prática clínica. À semelhança do que já existe nas faculdades de medicina por todo o país, com centros convencionais, deverão ser criados centros na RAA, vocacionados especificamente para a Telecirurgia utilizando a rede 5G.
	• **Criação de novos cenários e ambientes virtuais para formação de diagnostico e tratamento.** Devido às suas caraterísticas, a 5G irá permitir utilizar a rede móvel de formas que não eram possíveis com as redes móveis anteriores. Esta tecnologia permite dar suporte e viabilidade à realidade virtual (RV) e realidade virtual aumentada (RA), sempre com excelente qualidade de transição de vídeo em "streaming". A RV é capaz de uma envolvência em 360 graus e em três dimensões para transmitir uma ilusão ainda que esses espaços sejam parcialmente ou totalmente navegáveis e interativos e, conforme os movimentos do utilizador, tem a capacidade de até poder manipular os objetos. A RA incide sobre o mundo real. Neste caso permite um ambiente onde existem elementos sobrepostos, com informações e gráficos específicos de grande utilidade.
	• **Desenvolver plataformas digitais na área clínica para maior suporte e rapidez de acesso à informação.** Quando os dados relativos a um paciente em deslocação para a emergência são compartilhados com hospital, o provedor desta plataforma digital de saúde pode adiantar e garantir que o hospital esteja adequadamente preparado para prestar cuidados em tempo útil. Com este conjunto de dados torna-se possível determinar melhor todos os procedimentos mesmo antes do paciente chegar ao local.

Recursos Humanos	• **Alteração de postura por parte dos profissionais de saúde de modo a aceitarem a mudança como um apoio e não como uma competição.** A maioria das pessoas não se sente confortável quando confrontadas com mudanças, que a rotina que desempenhavam há muito tempo será alterada, e que necessariamente terão de se adaptar a novas funções, as quais exigem dedicação e empenho diferentes. A familiarização com esta nova tecnologia é imperativa e deverá existir uma união, porque no que concerne a saúde só o melhor é bom.
	• **Dotar as unidades de saúde com recursos humanos e sempre com os de melhor qualidade.** Para um serviço com esta criticidade é necessário obter formação contínua, evoluir com os recursos tecnológicos, aprender novos conceitos e aceitar outras opiniões. Deverá haver lugar para um novo tipo de especialista nas salas de cirurgia, o especialista em informática e comunicações, dotado de conhecimentos no domínio das comunicações das redes 5G e tecnologias para a Telecirurgia.
Políticas	• **Protocolar a ligação a centros de excelência para as especialidades com expertise na utilização da tecnologia.** Promover protocolos de intercâmbio entre o Portugal e outros países, envolvendo especialistas na utilização desta tecnologia, cria um ciclo de união. Deste modo, evitam-se hiatos que provoquem perturbações na dinâmica desta tecnologia. Para assegurar este objetivo, importa garantir, através da criação de instrumentos legais, a possibilidade de aprovar projetos de investimento nesta área que beneficiem entidades de saúde públicas ou privadas.
	• **O Serviço Regional de Saúde deve coordenar esforços para promover a implementação desta tecnologia.** Numa política atualizada a nível de tecnologia e transição digital, criar salas de bloco operatório preparadas para suportar o serviço de Telecirurgia, com todos os equipamentos que esta acarreta, é um imperativo na concretização de um projeto desta dimensão. O impacto dar-se-á na velocidade de ligação e no menor tempo de latência de resposta entre terminais.
	• **Integrar o serviço de Telecirurgia no ecossistema do Serviço de Saúde Regional.** A integração do serviço de Telecirurgia no ecossistema do Serviço Regional de Saúde permite que esta iniciativa vise uma participação alargada, responsável e transparente de todos os atores do sistema de saúde, possibilitando a disponibilização de múltiplas plataformas de serviços digitais. Deste modo, promove-se um serviço que tenha como objetivo facultar o acesso a esta tecnologia para todos os utentes quer seja em unidades de saúde públicas ou privadas.

Geografias	• **Desenvolver em todas as ilhas meios físicos que sejam necessários para corresponder a um serviço desta qualidade.** Para além dos desafios logísticos ao nível da mobilidade, que são características evidentes da RAA, existem também outros fatores como os climáticos e até económicos. Todas estas características influenciam as deslocações de pacientes. Neste sentido, será de grande importância uniformizar, numa fase inicial, todas as ilhas com os meios necessários físicos e humanos, para que este serviço fique acessível a todas as ilhas.
	• **Garantir em todas as ilhas a cobertura integral da rede 5G das unidades de saúde publicas e privadas.** O facto da RAA ser uma região classificada como ultraperiférica, acarreta maiores dificuldades por parte das operadoras do serviço de telecomunicações para a cobertura prevista da tecnologia 5G nas unidades de saúde de todas as ilhas. O garante e a capacidade desta tecnologia vêm disponibilizar o serviço de Telecirurgia. Assim sendo, deverá ser assegurado pelas operadoras o suporte de comunicações para a implementação da tecnologia 5G a nível de todo o arquipélago.
Infraestruturas	• **Atualizar o "Core" de rede dos cabos submarinos a nível da triangulação Continente, Açores e Madeira.** As comunicações eletrónicas entre Portugal Continental e os Açores e a Madeira são atualmente asseguradas através de um sistema de cabos submarinos, os quais estão em fase de fim de vida. É da maior importância a substituição dos referidos cabos, pois o "Core" de rede é que permitirá que a rede 5G funcione corretamente. A triangulação entre os Açores, Madeira e Portugal Continental garantirá segurança e redundância das comunicações por esta suportada.
Económico-Financeiras	• **Integrar nos programas de apoio à transição digital, quer no âmbito do PRR quer no QCA.** De modo a viabilizar o serviço de Telecirurgia suportado pelas redes 5G, este processo acarreta investimentos financeiros muito elevados. Incorporar este projeto no programa de apoio à transição digital, quer no âmbito do PRR quer no QCA, seria o mais correto e garantidamente uma inovação que a longo prazo traria muitos benefícios económicos para Portugal e em especial para a RAA.

Capítulo 7
Conclusões

Capítulo 7 – Conclusões

Uma das principais vantagens da Telecirurgia reside no facto de permitir que as populações residentes em locais de difícil acesso possam aceder aos procedimentos médicos mais avançados, já que elas não precisam se locomover por amplas distâncias para beneficiar de um atendimento médico apropriado. Com a Telecirurgia, suportada pela rede 5G, o acesso a procedimentos médicos de qualidade fica ao alcance de um maior número de pessoas.

As regiões ultraperiféricas, como é o caso da RAA, apesar da grande distância que as separa do continente europeu, são parte integrante da União Europeia. Neste sentido, e devido à sua localização geográfica específica e às dificuldades inerentes, a tecnologia 5G apresenta-se como um fator de aproximação que irá quebrar barreiras físicas. **A descontinuidade territorial da RAA é a característica mais evidente onde o serviço de Telecirurgia faz todo o sentido**.

Entre os muitos fatores de sucesso que contribuem para que a Telecirurgia tenha êxito, inclui-se a mudança de mentalidades ao nível dos profissionais de saúde, a remodelação das infraestruturas, nomeadamente o "*Core*" de rede submarino, e em especial a disponibilização da rede 5G em toda a RAA. **Sem a rede 5G, o sucesso no serviço de Telecirurgia fica muito limitado.**

Considera-se igualmente importante que as políticas administradas na RAA sejam canalizadas para o sucesso desta implementação, não só pela legislação a aplicar, mas também, na atribuição de fundos para que este processo se concretize.

Ficou visível neste estudo que deverá existir um novo interveniente no corpo clínico afeto às salas de bloco operatório de Telecirurgia, detentor de uma nova especialidade que conjugará engenharia informática e telecomunicações com a medicina.

O desenvolvimento das *guidelines,* tendo por base uma evidência científica, requer um método mais complexo e um consenso sistemático, para atingir os objetivos. Assim

sendo, o processo utilizado para as recomendações finais torna-se mais transparente e, consequentemente, mais fácil de ser analisado.

Por fim, e não menos importante, deve-se considerar que este processo trará uma enorme vantagem no bem-estar de pacientes e clínicos. Citando E2, *"[trará] qualidade, melhoramento e bem-estar na saúde."*

7.1 Limitações da pesquisa e considerações futuras

No decorrer da pesquisa, foi possível verificar que uma das lacunas na literatura, no que concerne ao tema em estudo, são os cenários de rede 5G limitados que carecem de uma avaliação mais criteriosa.

As limitações evidenciadas pela literatura abrangem, não só um pequeno número de testes de rede e de configurações de infraestrutura, mas também uma pequena área de cobertura e a falta de variabilidade espácio-temporal para os testes realizados nas configurações do laboratório.

Para além disso, a literatura não aborda uma análise crítica dos modos de falha da rede 5G que podem afetar os casos de uso de saúde, sendo esta uma questão em aberto, uma vez que apenas os casos de sucessos são analisados na literatura. Todavia, estes casos de uso podem ter impacto negativo em situações com mobilidade extremamente alta, alta densidade de utilizadores ou a existência na rede de vários fluxos de tráfego críticos.

O facto de a rede 5G não estar totalmente implementada na RAA, poder ser considerado como um fator de limitação de pesquisa. Em adição ao supramencionado, constituiu um fator limitativo, inesperado, a pouca abertura de parte de alguns médicos no que concerne à abordagem ao tema.

Pelo facto da rede 5G ser uma tecnologia recém desenvolvida, vários estudos evidenciam dúvidas e receios em termos de Segurança da Telecirurgia. Como este não

era o foco desta pesquisa, poder-se-á ponderar os diferentes níveis de segurança num trabalho futuro.

De igual forma, no futuro poderá ser tema de estudo o sistema de hardware necessário para a Telecirurgia, o qual contempla vários componentes, nomeadamente equipamentos robóticos, câmaras de alta-definição, estrutura do "core" de rede e software aplicacional a utilizar, entre outros.

Por fim, e tendo em consideração a metodologia adotada, poder-se-á afirmar que uma das limitações desta investigação tem a ver com o número reduzido de entrevistas (apenas duas), apesar da elevada qualidade obtida nas respostas dos dois entrevistados.

Considera-se relevante sugerir a continuidade deste estudo com a conceção e realização de um inquérito por questionário para obter informação mais representativa (de uma amostra mais abrangente) para validar as diferentes linhas de orientação (*guidelines*) propostas e para validar as conclusões apresentadas.

Bibliografia

Bibliografia

A. Babaei, P. M. Kebria and S. Nahavandi, "5G for Low-latency Human-Robot Collaborations; Challenges and Solutions," *2022 15th International Conference on Human System Interaction (HSI)*, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/HSI55341.2022.9869491.

A. Ramos, "INQUÉRITO SOCIAL EUROPEU Manual do Entrevistador (ESS 8)," 2016.

Acemoglu, A., Krieglstein, J., Caldwell, D. G., Mora, F., Guastini, L., Trimarchi, M., Vinciguerra, A., Carobbio, A. L. C., Hysenbelli, J., Delsanto, M., Barboni, O., Baggioni, S., Peretti, G., & Mattos, L. S. (2020). "5G Robotic Telesurgery: Remote Transoral Laser Microsurgeries on a Cadaver." IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics.

Adler JR: Remote robotic spine surgery. Neurospine. 2020, 17:121-122. 10.14245/ns.2040088.044

ANACOM: https://anacom.pt/render.jsp?contentId=1567662 acedido a 27/03/2022.

Anwar, S., & Prasad, R. (2018). Framework for Future Telemedicine Planning and Infrastructure using 5G Technology. *Wireless Personal Communications*, *100*(1), 193–208. https://doi.org/10.1007/s11277-018-5622-8

Bhattacharyya, B., & Bhattacharya, S. (2013). *Emerging Fields in 4G Technology, its Applications & Beyond-An Overview*. *3*(4), 251–260.

Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). Investigação Qualitativa em Educação. Uma Introdução à Teoria e aos Métodos. Porto: Porto Editora.

Burity, V., Franceschini, T., Recine, F., Leão, M., Carvalho,M. (2010). Direito Humano à Alimentação Adequada no Contexto da Segurança Alimentar e Nutriciona, https://www.redsan-cplp.org/uploads/5/6/8/7/5687387/dhaa_no_contexto_da_san.pdf Acedido a 23/07/2022

Carmo, H., Ferreira, M. (2008) Metodologia da investigação – Guia para a autoaprendizagem 2ª edição - UAB, ISBN: 978-972-674-512-9

Caregnato, S. E. (2011), GOOGLE ACADÊMICO COMO FERRAMENTA PARA OS ESTUDOS DE CITAÇÕES: Avaliação da Precisão das Buscas por Autor, Ponto de Acesso, Salvador, V.5, n.3 p. 72-86 dez 2011, DOI:10.9771/1981-6766rpa.v5i3.5682

Coutinho, C. P. (2011). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. Coimbra: Almedina.

CUTAIT, Raul (2001) TCBC. Telemedicina e Cirurgia. Scielo, https://doi.org/10.1590/S0100-69912001000300001

Cui, J., Tosunoglu, S., Roberts, R., Moore, C., & Repperger, D. (2003). "A review of teleoperation system control". Florida Conference on Recent Advances in Robotics, FCRAR, Boca Raton, Florida, May 8-9, 2003.

Erridge S, Yeung DKT, Patel HRH, Purkayastha S (2019) Telementoring of surgeons: a systematic review. Surg Innov26:95–111

Evans CR, Medina MG, Dwyer AM (2018) Telemedicine and telerobotics: from science fiction to reality. Updates Surg
70:357–362

ERS. (2021). Direitos e Deveres dos Utentes dos Serviços de Saúde. *Entidade Reguladora Da Saúde*, 288 p. Retrieved from https://www.dgs.pt/em-destaque/lei-n-152014-de-21-de-marco-direitos-e-deveres-do-utente-dos-servicos-de-saude-pdf.aspx

FELSON, Leonard. Netting limitations. Marketing News, Chicago, v. 35, n. 5, 26 de Fevereiro de 2001, p. 43.

G. P. Browman *et al.*, "The practice guidelines development cycle: A conceptual tool for practice guidelines development and implementation," *J. Clin. Oncol.*, vol. 13, no. 2, pp. 502–512, 1995, doi: 10.1200/jco.1995.13.2.502.

Garcia R. (2022) Tecnologia do 5G trará avanço sem precedentes na cirurgia robótica, https://www.saudebusiness.com/profissionais/tecnologia-do-5g-trara-avanco-sem-precedentes-na-cirurgia-robotica acedido a 10/05/2021.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3ºed. São Paulo, Atlas, 1991. 159p.

Gonçalves R.J. (2021), UNINOVA installs telemedicine system in Madeira, https://www.uninova.pt/newsevent/uninova-installs-telemedicine-system-madeira acedido a 11/05/2022.

Gouveia, P., Cl, C., Andr, R., Labs, A., Gouveia, P., Andr, R., & Labs, A. (2022). *Altice Portugal e Fundação Champalimaud protagonizam cirurgia inédita com recurso ao 5G*. https://conteudos.telecom.pt/Documents/PT/media/comunicados/2022/maio/altice-portugal-e-fundacao-champalimaud-protagonizam-cirurgia-inedita-com-recurso-ao-5G.pdf

H. Freitas, M. Oliveira, A. Z. Saccol, J. Moscarola, O Método de Pesquisa Survey, Revista de Administração, São Paulo v.35, n.3, P 105-112, julho/stembro (2000), http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1138_1861_freitashenriquerausp.pdf

Hajlaoui, E., Zaier, A., Khlifi, A., Ghodhbane, J., Hamed, M. Ben, & Sbita, L. (2020). 4G and 5G technologies: A Comparative Study. *2020 International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing, ATSIP 2020*, 1–6. ttps://doi.org/10.1109/ATSIP49331.2020.9231605

Hospital da Luz Lisboa, https://www.hospitaldaluz.pt/lisboa/pt/areas-dedicadas/cirurgia-robotica#tabp-0 acedido a 10/05/2022

Hosseini, M., & Swaminathan, V. (2017). Adaptive 360 VR video streaming: Divide and conquer! *Proceedings - 2016 IEEE International Symposium on Multimedia, ISM 2016*, 107–110. https://doi.org/10.1109/ISM.2016.45

I. Tomkos, D. Klonidis, E. Pikasis, S. Theodoridis, Toward the 6g network era: Opportunities and challenges, IT Professional 22 (1) (2020) 34–38.

ISCTE, 2013, Biblioteca do Conhecimento Online: b-on Guia de Apoio ao Utilizador Cadernos de Apoio ao Utilizador Nº 3 (2013) - Guia de Apoio ao Utilizador / b-on, https://www.iscte-iul.pt/assets/files/2017/01/30/1485777979520_Guia_b_on_MOD_SID_AU_003_4.pdf

JN, (08 julho 2021) https://www.jn.pt/economia/patrocinado/hospital-da-luz-e-primeiro-a-ter-5g-em-portugal-com-a-nos-13915018.html acedido a 10/05/2022.

Kenny, Brigitte L. Annotated Bibliography on Television and Videotape in Psychiatry. Mississipi Univ. Medical Center, Jackson-Dep. of Psychiatry. Nation Inst. Of Mental Health (DHEW) Bethesda, MD.1969.

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Procedures for performing systematic liter-ature reviews in software engineering. Keele University & Durham University, UK.

Kulkarni, A. V.; Aziz, B.; Shams, I.; Busse, J. W. (2009). "Comparisons of Citations in Web of Science, Scopus, and Google Scholar for Articles Published in General Medical Journals". JAMA. **302** (10): 1092–6. doi:10.1001/jama.2009.1307. PMID 19738094.

Li, C., Jiang, J., Chen, W., Ji, T., & Smee, J. (2017). 5G Ultra-Reliable and Low-Latency Systems Design. 14–18.

Lopa J. Vora, (2015). Evolution of mobile generation technology: 1G to 5G and review of upcoming wireless technology 5G. International Journal of Modern Trends in Engineering and Research, 2(10), 281–290.

Maier, M.; Chowdhury, M.; Rimal, B.P.; Van, D.P. The tactile internet: Vision, recent progress, and open challenges. IEEE Commun. Mag. **2016**, 54, 138–145.

Marescaux J: [Code name: "Lindbergh operation"]. (Article in French). Ann Chir. 2002, 127:2-4. 10.1016/s0003-3944(01)00658-7

Meade K, Lam DM. A deployable telemedicine capability in support of humanitarian operations. Telemed J E Health. 2007; 13:331-40.

Monteiro M, Cunha A, Carrasqueiro S. coord. Telemedicina: onde estamos e para onde vamos. Lisboa: Associação para a Promoção e Desenvolvimento da Sociedade de Informação; 2007.P.53-57.

Navarro, E. M., Ramos Álvarez, A. N., & Soler Anguiano, F. I. (2022). A new telesurgery generation supported by 5G technology: benefits and future trends. Procedia Computer Science, 200, 31–38. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.202

OPPENHEIM, A.N. Questionnaire design, interviewing and attitude measurement. Londres, Pinter, 1992. 303p.

P. Lalanda, “Acesso ao Sistema Regional de Saúde – Região Autónoma dos Açores,” 2020. https://www.provedor-jus.pt/archive/doc/Estudo%20%20ACESSAUDE.pdf acedido a 11/05/2022

PINSONNEAULT, A. & KRAEMER, K. L. Survey research in management information systems: an assessement. Journal of Management Information System, 1993.

PERRIEN, J.; CHERON, E.J.; ZINS, M. Recherche en marketing: méthodes et décisions. Montreal, Gaetan Morin Editeur, 1984. 615p.

Quivy, R., & Campenhoudt, L. (2008). Manual de investigação em ciências sociais (2nd ed., pp. 188-191). Gradiva.

Qualcomm. (2021). Everything You Need to Know About 5G. https://www. qualcomm.com/invention/5g/what-is-5g. Last accessed July 2021, acedido a 10/05/2022.

R. de Amorim Corrêa, “Diretrizes: Necessárias, mas aplicáveis?” *J. Bras. Pneumol.*, vol. 37, no. 2, pp. 139–141, 2011, doi: 10.1590/S1806-37132011000200001.

R. L. Pacheco, A. L. C. Martimbianco, C. M. Garcia, P. Logullo, and R. Riera, “Guidelines para publicação de estudos científicos. Parte 2: Como publicar estudos observacionais (coorte, caso-controle e transversal),” Diagn. Trat., vol. 22, no. 3, pp. 121–126, 2017.

R. Gupta, S. Tanwar, S. Tyagi, N. Kumar, Tactile internet and its applications in 5g era: A comprehensive review, International Journal of Communication Systems 32 (14) (2019) e3981, https://doi.org/10.1002/dac.3981.E3981 dac.3981

Ricardo, M., Campos, R., & Manuel Pessoa, L. (2021). Beyond 5G Communications. *INESC TEC Science&Society*, *1*(3).

SAMPIERI, R.H. et alii. Metodologia de la investigación. México, McGraw-Hill, 1991.

Sachs, J.; Andersson, L.A.A.; Araujo, J.; Curescu, C.; Lundsjo, J.; Rune, G.; Steinbach, E.; Wikstrom, G. Adaptive 5G Low-Latency Communication for Tactile InternEt Services. Proc. IEEE **2018**, 107, 325–349.

Satava, R. M. (1995). Virtual reality, telesurgery, and the new world order of medicine. *Computer Aided Surgery*, *1*(1), 12–16. https://doi.org/10.3109/10929089509106821

Shunlongwei Co. Ltd (2021). Compreendendo os desafios do 5G mmWave https://www.shunlongwei.com/pt/understanding-the-challenges-of-5g-mmwave/, acedido a 10/05/2022.

SREA- Estatística dos Açores, (2020) https://srea.azores.gov.pt/default.aspx?lang_id=1, acedido a 11/05/2022.

Steinman, M., Morbeck, R. A., Pires, P. V., Alberto, C., Abreu, C., Helena, A., Andrade, V., Claudio, J., Terra, C., Carlos, J., Junior, T., & Kanamura, A. H. (2015). Impacto da

telemedicina na cultura hospitalar e suas consequências na qualidade e segurança do cuidado Impact of telemedicine in hospital culture and its consequences on quality of care and safety. 13(11), 580–586. https://doi.org/10.1590/S1679-45082015GS2893

União Europeia: https://ec.europa.eu/regional_policy/pt/policy/what/glossary/o/outermost-regions acedido a: 27/03/2022.

Wei, X.; Duan, Q.; Zhou, L. A QoE-driven tactile internet architecture for smart city. IEEE Netw. **2020**, 334, 130–136.

WHO, 2010. Telemedicine, opportunities and development in the State members: reporton the second survey on ehealth. Geneva: World Health Organization; 2010.

Wilson LS, Maeder AJ. Recent Directions in Telemedicine: review of trends in research and practice.Healthcare Information Research 2015; October; Vol. 21 No. 4. Disponível em: http://dx.doi.org/10.4258/hir.2015.21.4.213

Ye, Junna MDa; Zuo, Yanhai MDa; Xie, Ting MD, PhDb; Wu, Minjie MDb; Ni, Pengwen MDb; Kang, Yutian MDa; Yu, Xiaoping MDa; Sun, Xiaofang MDb; Huang, Yao MDa; Lu, Shuliang MD, PhDa,* A telemedicine wound care model using 4G with smart phones or smart glasses, Medicine: August 2016 - Volume 95 - Issue 31 - p e4198 doi: 10.1097/MD.0000000000004198

Yu, H., Lee, H., & Jeon, H. (2017). What is 5G? Emerging 5G mobile services and network requirements. *Sustainability (Switzerland)*, *9*(10), 1–22. https://doi.org/10.3390/su9101848
Zawacki-Richter, O., Kerres, M., Bedenlier, S., Bond, M., & Buntins, K. (2020). *Systematic Reviews in Educational Research*. Springer VS.

Zheng, J. M., Chan, K. W., & Gibson, I. (1998). Virtual reality. *IEEE Potentials*, *17*(2), 20–23. https://doi.org/10.1109/45.666641

Anexos

Anexo I – Email de pedido de colaboração do inquérito por entrevista

Boa tarde, X,

Tal como combinado telefonicamente, envio-lhe este e-mail a pedir a sua colaboração.

No âmbito da dissertação de mestrado em Engenharia Informática e Tecnologia Web, intitulada "Viabilidade do Serviço Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores Suportado pela Rede 5G.", eu, Gualter de Medeiros Sousa, aluno da UAB/UTAD, venho por este meio solicitar a sua colaboração na realização da entrevista. O ideal seria realizar a entrevista pessoalmente ou por vídeo chamada, por forma a ser gravada para, posteriormente, esta ser tratada pelo software "QSR Nvivo 12". No entanto, na impossibilidade de a entrevista ser realizada deste modo, poderá ser respondida por telefone. A transcrição da entrevista também será compilada pelo mesmo software para a realização da respetiva estatística.

Em anexo segue também o artigo científico sobre a temática que será apresentado na conferência "CENTERIS 2022", a 11 de novembro.

Desde já agradeço a sua atenção.

Com os melhores cumprimentos.

Anexo II – Síntese do Guião da Entrevista

Apresentação:

A presente entrevista enquadra-se num estudo de investigação para a realização de uma dissertação sobre o tema "Viabilidade do Serviço Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores Suportado pela Rede 5G.", incluído no Mestrado em Engenharia Informática e Tecnologia WEB (MEIW) da Universidade Aberta e da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Agradeço um pouco da sua atenção e 45 minutos do seu tempo para a recolha de dados sobre o referido tema. Com a informação recolhida, espera-se validar, avaliar, analisar, compreender e recolher um conjunto de dados sobre a Viabilidade do serviço Telecirurgia na Região Autónoma dos Açores (RAA) suportado pela rede 5G, e que estes possam contribuir para elaboração de "guidelines" e abordagens futuras.

A sua participação é voluntária e, a qualquer momento, tenha a liberdade total de fazer uma pausa. A entrevista será gravada, para posterior transcrição, esta não será partilhada nem difundida e será eliminada assim que forem recolhidos todos os dados necessários.

Esta entrevista será utilizada exclusivamente para o fim descrito e o seu direito ao anonimato está assegurado.

1. Boa tarde, como está?

R: _____

2. Já ouviu falar ou leu sobre a rede 5G? Em que contexto? Quão familiarizado está com esta tecnologia?

R: _____

3. Considera relevante existir o serviço 5G RAA? (Se sim) Qual a importância?

R: _____

4. Entre vários serviços que a rede 5G pode suportar está a Telecirurgia. Tem conhecimento sobre este procedimento? (Se sim) O que sabe sobre?

R: _____

5. Na sua opinião, que aspetos devem ser ponderados/considerados pela RAA numa eventual preparação de um projeto de implementação de Telecirurgia?

R: _____

6. Em relação a um possível processo de implementação, acha que existem aspetos que devem ser continuamente melhorados?

R: _____

7. Do seu ponto de vista, que vantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?

R: _____

8. Do mesmo modo que a pergunta anterior, que desvantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?

R: _____

9. Em seu entender, quais seriam os maiores desafios da utilização desta Implementação?

R: _____

10. Pretende acrescentar alguma perspetiva ou complementar com alguma recomendação no caso da implementação de Telecirurgia na RAA?

R: _____

A entrevista terminou, mais uma vez, obrigada por participar neste estudo.

Anexo III – Transcrição da entrevista E1

1. ***Boa tarde, como está?***

R: Boa tarde, bem obrigada.

2. ***Já ouviu falar ou leu sobre a rede 5G? Em que contexto? Quão familiarizada está com esta tecnologia?***

R: Sim, em contexto clínico já ouvi, em experiência pessoal e enquanto profissional também, aliás trabalhamos com este tipo de redes. Em relação a estar familiarizada, estou bem familiarizada.

3. Considera relevante existir o serviço 5G RAA? (Se sim) Qual a importância?

R: Sim considero bastante relevante. É de enorme importância, dado o largo espectro que este opera, permite-nos trabalhar e partilhar informação, por exemplo na área clínica, com mais rapidez e muito maior suporte, é uma mais-valia, é um elemento facilitador do nosso trabalho.

4. ***Entre vários serviços que a rede 5G pode suportar está a Telecirurgia. Tem conhecimento sobre este procedimento? (Se sim) O que sabe sobre?***

R: Tenho, a nível pessoal enquanto paciente, já a alguns anos atrás ouvi nessa altura o meu cirurgião, que tratou do meu caso em particular, dizer que fazia parte de um programa, no qual se fazia cirurgias remotas a militares do sexo feminino que estavam em comissão no Iraque.

5. ***Na sua opinião, que aspetos devem ser ponderados/considerados pela RAA numa eventual preparação de um projeto de implementação de Telecirurgia?***

R: Considero que deverá ser um programa muito bem montado a todos os níveis. Devem ser garantidos, em primeira instância o suporte da parte informática, garantir que funciona corretamente sem baixas ou quebras de ligação, que não há violações de dados, pois este é um marco muito importante na área clínica, especialmente no sigilo profissional e sempre ter os melhores profissionais a trabalhar neste campo.

6. ***Em relação a um possível processo de implementação, acha que existem aspetos que devem ser continuamente melhorados?***

R: Sempre, as redes moveis e digitais estão sempre a evoluir, ou seja, em transformação. Tenho a certeza que é algo que deve sempre estar atualizada nos moldes que forem necessários.

7. ***Do seu ponto de vista, que vantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?***

R: Considerando que o serviço de cirurgia está sobrelotado de utentes e as listas de espera são enormes. Os nossos cirurgiões locais e técnicos clínicos não conseguem neste momento, dar a resposta necessária básica a tantas cirurgias que é necessário fazer. Seria uma mais-valia, seria um excelente suporte, uma forma de reduzir listas de espera e também poder-se-ia tratar de situações que têm de ser tartadas no imediato e que têm de ficar em listas de espera.

8. ***Do mesmo modo que a pergunta anterior, que desvantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?***

R: Neste momento não vejo nenhuma desvantagem, bem pelo contrário só vejo vantagens. Poderei eventualmente duvidar das condições a nível do meio físico, que sejam necessárias para corresponder a um serviço desta qualidade. De resto não vejo nenhuma desvantagem.

9. ***Em seu entender, quais seriam os maiores desafios da utilização desta Implementação?***

R: São vários os desafios, primeiro os especialistas que temos na nossa região olharem para esta tecnologia como uma mais-valia, um suporte, uma ajuda para este de forma igual, será feita por técnicos especializados de qualidade, e não como uma competição, de forma a dar resposta ao que não estão capazes de dar resposta.

10. ***Pretende acrescentar alguma perspetiva ou complementar com alguma recomendação no caso da implementação de Telecirurgia na RAA?***

R: *A única recomendação que indico é para que os colegas tenham abertura para perceber a mais-valia que isto poderia ser, não só para os cirurgiões, mas também para os utentes do serviço regional de saúde, que necessitem de cirurgia.*

No caso do nosso serviço regional de saúde no geral, será no sentido de perceber, que é uma mais-valia, para que também possam coordenar esforços para promover o suporte físico necessário, mais precisamente o bloco operatório e as estruturas físicas necessárias de apoio às Telecirurgias.

Os tempos mudam e avançam e isto é um grande avanço, é um avanço da tecnologia e deve ser visto, acima de tudo, sempre como uma grande mais-valia. A sugestão que deixo é para isto seja visto como uma expansão, trazendo qualidade, melhoramento e bem-estar na saúde.

Anexo IV – Transcrição da entrevista E2

1. ***Boa tarde, como está?***

R: Boa tarde, bem obrigado!

2. ***Já ouviu falar ou leu sobre a rede 5G? Em que contexto? Quão familiarizado está com esta tecnologia?***

R: Sim, já ouvi falar e tenho lido sobre o tema, na medida em que esta solução tecnológica, é central no contexto da transformação digital, processo que me interessa particularmente, nomeadamente porque a minha vida profissional se desenvolveu na área das telecomunicações, onde vivi diversos processos de transição digital e, agora, procuro acompanhar a transformação digital dos setores de atividade, da sociedade, das pessoas.

Quanto à familiarização com a tecnologia propriamente dita, diria que, por enquanto ainda é bastante limitada, nomeadamente por ainda ser relativamente emergente, em particular aqui, na RAA.

3. Considera relevante existir o serviço 5G RAA? (Se sim) Qual a importância?

R: Considero o serviço 5G absolutamente fundamental para a RAA, sem qualquer margem para dúvidas! Desde logo porque vai viabilizar o surgimento de serviços ao nível da Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), ligação Máquina a Máquina (M2M), Inteligência Artificial (IA), realidade virtual e realidade aumentada, transversais a todas as áreas da sociedade., designadamente:

- ***Ao nível da mobilidade**, viabilizando a conectividade entre automóveis e sinais de trânsito, através do desenvolvimento de aplicações específicas;*
- ***No sector da saúde** prevê-se que venha a ser possível realizar exames e cirurgias médicas à distância;*
- ***Ao nível da indústria**, surgirão novos processos de automatização entre máquinas;*
- ***Ao nível das cidades**, tornando-as mais inteligentes, sustentáveis e resilientes, nomeadamente ao nível dos desafios que as alterações climáticas nos irão impor;*

E tudo isto porque a tecnologia 5G viabiliza:

- *Um maior número de dispositivos ligados simultaneamente (até 1 milhão por km^2);*
- *Uma maior capacidade de partilha de informação, com um volume de dados transmitidos até 1000 vezes superior, por km^2, face às outras redes móveis;*
- *Porque o 5G será 100 vezes mais responsivo do que o 4G LTE, o que permitirá aplicações em tempo real, como cirurgia remota;*
- *Menor tempo de resposta associado a serviços de telecomunicações (menor latência), o que é essencial para aplicações em tempo real, como cirurgia remota;*

4. Entre vários serviços que a rede 5G pode suportar está a Telecirurgia. Tem conhecimento sobre este procedimento? (Se sim) O que sabe sobre?

R: Devido às caraterísticas anteriormente elencadas, o 5G irá permitir utilizar a rede móvel de formas que não eram possíveis anteriormente, com as redes móveis anteriores.

A Telecirurgia é um dos serviços que, entre outros na área da saúde, passa a ser viável, e fiável.

O que sei, não é obviamente por experiência própria, mas através de diversas notícias que vêm surgindo e que, felizmente, começam a ser mais frequentes:
Refiro-me, por exemplo:

> *A uma cirurgia para remover o cancro da mama de uma paciente que aconteceu em maio passado, na Fundação Champalimaud, em Lisboa.*
>
> *As redes 5G da Altice Portugal e da espanhola Movistar permitiram que um cirurgião português, em Lisboa, fosse assistido em tempo-real por um colega, em Zaragoza.*
>
> *As redes 5G asseguraram uma transmissão sem atrasos, permitido às duas equipas médicas trabalharem lado a lado no bloco de operações.*
>
> *Esta intervenção foi acompanhada em tempo-real no Congresso da Associação Espanhola dos Cirurgiões da Mama, na Faculdade de Medicina de Zaragoza, em Espanha.*

> *Outro caso referenciado em junho passado, aconteceu na ilha da Madeira, através de uma parceria do operador NOS com o hospital do Funchal, onde foi implementada uma solução de assistência remota, estabelecendo uma ligação de vídeo de alta-definição 4K entre dois profissionais de Saúde ligados remotamente, utilizando "smartglasses".*
>
> *O sistema foi posto em prática, com um especialista remoto em Lisboa a acompanhar e a dar suporte aos médicos durante a ablação de uma taquicardia supraventricular (no laboratório de Hemodinâmica do hospital).*

5. Na sua opinião, que aspetos devem ser ponderados/considerados pela RAA numa eventual preparação de um projeto de implementação de Telecirurgia?

R: Antes de mais, acelerar o processo de renovação de cabos submarinos de interligação ao Continente e Madeira, assegurando a implementação de um "Core" de rede moderno e fiável, pois como é sabido, os atuais cabos estão em fim de vida útil.

Depois, assegurar que também o processo de substituição de cabos submarinos inter ilhas também avança atempadamente de forma a não comprometer a expansão do(s) serviço(s) às demais ilhas do arquipélago, mitigando a descontinuidade territorial;

Não menos importantes, outros aspetos que, do meu ponto de vista devem ser considerados, são:

- *Garantir a cobertura **integral** das principais unidades de saúde regionais (publicas e privadas);*
- *Protocolar a ligação a centros de excelência para as especialidades com expertise na utilização da tecnologia;*
- *Criar cenários e ambientes virtuais para formação, diagnóstico e tratamento;*
- *Criar centros de simulação médica;*
- *Dotar as unidades de saúde dos recursos necessários*

6. Em relação a um possível processo de implementação, acha que existem aspetos que devem ser continuamente melhorados?

R: Se a melhoria continua deve fazer parte da rotina, quando falamos da introdução de novas tecnologias, mais força assume este tema, particularmente quando o tema é saúde.

7. Do seu ponto de vista, que vantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?

R: Se há espaço onde a Telecirurgia faz sentido é numa região ultraperiférica e descontinua, como é o caso da RAA. Neste sentido, não só vejo vantagens, como considero ser um imperativo, urgente acelerar, aproveitando ao máximo os programas de apoio à transformação digital, quer no âmbito do atual PRR, quer no âmbito do QCA.

8. Do mesmo modo que a pergunta anterior, que desvantagens prevê no serviço de Telecirurgia na RAA, com recurso às redes 5G?

R: Desde que a Telecirurgia integre um ecossistema de serviços de saúde, não consigo identificar desvantagens, pois será sinal de que não se trata de um ato isolado e que se pensa a transformação digital da saúde, numa perspetiva holística;

9. Em seu entender, quais seriam os maiores desafios da utilização desta Implementação?

R: Como já referi anteriormente, e do meu ponto de vista, os principais desafios situam-se:

- *ao nível da atualização do "Core" da rede (a auto estrada que suporta o trânsito de dados…), entenda-se no nosso caso a substituição dos atuais cabos submarinos. Obviamente, não precisamos estar à espera dos novos cabos submarinos para começar a trabalhar;*
- *ao nível da cobertura integral 5G das unidades de saúde;*
- *ao nível da capacidade de protocolar a ligação a centros de excelência para as especialidades com expertise na utilização da tecnologia;*
- *ao nível da criação de novos cenários e ambientes virtuais para formação, diagnóstico e tratamento;*
- *ao nível da criação de centros de simulação médica;*
- *e de, obviamente, dotar as (pelo menos as principais) unidades de saúde dos recursos (humanos e materiais) necessários;*

10. Pretende acrescentar alguma perspetiva, complementar ou deixa alguma recomendação ou recomendação de um projeto de implementação de Telecirurgia?

R: Diria que gostaria que a Telecirurgia integrasse um ecossistema de serviços de saúde, relevando o papel da tecnologia, enquanto um meio e não um fim em si mesmo, ao serviço de um bem maior, que é a saúde.

Neste sentido, pensar no 5G viabilizar outros serviços, como sejam:

- ***Telemedicina**, com o melhoramento do acompanhamento da situação clínica das pessoas através da monitorização remota de dados de saúde e bem-estar, usando equipamentos sem fios;*
- ***Aumento da eficiência de atendimento de casos de emergência**, nomeadamente através de ambulâncias com equipamentos ligados constantemente à internet;*

- ***Formação em cirurgia*** *com recurso a realidade virtual e aumentada, agilizando o processo de aprendizagem dos novos médicos;*
- ***Ambulâncias conectadas****, permitindo contacto mais rápido entre médico e paciente, diretamente a partir da ambulância, assim como a informação sobre o paciente aos técnicos hospitalares na ambulância, permitindo um tratamento mais personalizado.*

A entrevista terminou, mais uma vez, obrigada por participar neste estudo.