

## Capítulo

# 5

## Nova Geração da Telessaúde: Oportunidades, Tendências e Desafios

Gabriel C. de Almeida, Allan C. N. dos Santos, Celine L. de A. Soares, Paula Caroline A. Pinto, Felipe da S. Dal Bello, Yolanda Eliza M. Boechat, Flávio Luiz Seixas, Alair Augusto S. M. D. dos Santos, Claudio T. Mesquita, Evandro T. Mesquita, Débora C. Muchaluat-Saade e Natalia C. Fernandes

### *Abstract*

*This chapter aims to raise the main and newest computational techniques being adopted or envisaged for telehealth, increasing the quality and speed of service to the population. New computing projects applied to telehealth and Brazil's position within this scenario are discussed. A discussion is also presented, raising the positive and negative issues of telehealth, considering ethical and technological issues, and pointing out research challenges in telehealth.*

### *Resumo*

*Este capítulo visa levantar as principais e mais novas técnicas computacionais que estão sendo adotadas ou vislumbradas para uso em telessaúde, aumentando a qualidade e a velocidade do atendimento à população. São discutidos novos projetos de computação aplicados à telessaúde e o posicionamento do Brasil dentro desse cenário. É apresentada ainda uma discussão levantando as questões positivas e negativas da telessaúde, considerando questões éticas e tecnológicas e apontando desafios de pesquisa em telessaúde.*

### **5.1. Introdução**

A Internet revolucionou o mundo moderno de tal modo que uma pessoa que viveu há 100 anos atrás não compreenderia o alcance dessa ferramenta nos dias de hoje. Na sua concepção, jamais se imaginaria o alcance desta tecnologia em todos os campos da atividade humana. Hoje, ela conecta de forma direta ou indireta quase todos os seres humanos, indo do entretenimento a sofisticados trabalhos científicos, passando pela capacidade de gerar riqueza a partir do *home office* e até vivenciar salas inteiras de um museu nas principais cidades do planeta, trazendo contato com todo o conhecimento disponível já produzido pela humanidade. Nesse aspecto, novas tecnologias se desenvolveram e

---

Este trabalho foi realizado com recursos do CNPq, CAPES, FAPERJ e INCT-MACC.

Os autores são afiliados à Universidade Federal Fluminense (UFF).

foi durante a pandemia da COVID-19 que estas mudanças se impuseram de modo mais significativo, uma vez que as novas tecnologias permitiram, apesar do afastamento social necessário, evitar o isolamento social e manter a assistência em saúde. Desse modo, os sistemas de saúde estão se modificando, surgindo um novo modelo de atendimento que se desenvolve de forma rápida e eficaz, trazendo um grande impulsionamento à telessaúde e ampliando suas atividades dentro da sociedade.

Com as novas tecnologias, profissionais de saúde podem assistir pacientes em áreas remotas ou pouco assistidas, permeando a esse grupo de pessoas acesso a tratamentos antes só alcançáveis nos grandes centros urbanos do país por altos valores. Além disso, novas técnicas vêm sendo introduzidas para acelerar, simplificar e melhorar o atendimento em saúde. A telessaúde não apenas permite a educação em saúde de forma mais eficaz ou o atendimento de áreas remotas, mas novas técnicas para diagnósticos mais rápidos e eficazes, com uso de inteligência artificial, a aplicação de testes e outros tipos de exames usando técnicas como jogos sérios para uma triagem mais eficiente de pacientes.

A telessaúde se tornou popular recentemente, levando muitos a acreditar que seu início ocorreu durante a recente pandemia da COVID-19, mas, na realidade, ela teve início há mais de um século, com embrião em 1910, com a invenção do estetoscópio eletrônico. Durante a 2ª Guerra Mundial, a telemedicina era feita por meio do rádio, de modo a conectar os profissionais da saúde do *front* com os da retaguarda. Mas, somente na década de 1990, a Telemedicina iniciou seu uso em escala mundial. Desde então, a telemedicina tornou-se uma das maiores revoluções na assistência em saúde dos últimos anos, sendo suas normas éticas reconhecidas desde outubro de 1999 na Declaração de Tel Aviv, adotada pela 51ª Assembléia Geral da Associação Médica Mundial [Rezende et al., 2010]. Ela utiliza meios de comunicação eletrônica para transmitir informações e dados médicos de um local a outro, com o objetivo de estender serviços de saúde de centros especializados para regiões que não possuem assistência médica satisfatória. Ela pode trazer soluções tecnológicas e atuar em diversos campos, como na educação interativa, no planejamento da logística, na regulação da assistência e na implementação de métodos no campo assistencial que podem gerar serviços em teleassistência, telediagnóstico, teleprocedimento e na pesquisa multicêntrica. Tais soluções possibilitam trabalhos baseados em estratégias de gestão de sustentabilidade e desenvolvimento de novos modelos de atenção à saúde.

Desde a sua concepção, a telessaúde se revolucionou não apenas nas técnicas computacionais que passaram a ser utilizadas, mas também na modificação de rotinas de saúde. Hoje, suas aplicações vão muito além das teleconferências e troca de mensagens para segunda opinião formativa ou da disponibilização de material educativo para a saúde. Dessa forma, este capítulo visa levantar as principais e mais novas técnicas computacionais que estão sendo usadas ou vislumbradas para uso em telessaúde, aumentando a qualidade e a velocidade do atendimento à população. São discutidos também novos projetos de computação aplicados à telessaúde e o posicionamento do Brasil dentro desse cenário. É feita ainda uma discussão levantando as questões positivas e negativas da telessaúde, considerando questões éticas e tecnológicas e apontando desafios de pesquisa em telessaúde.

O restante deste capítulo está organizado como descrito a seguir. Na Seção 5.2,

são apresentados os principais conceitos de telessaúde e um *overview* das principais atividades no Brasil e no mundo. Na Seção 5.3, são apresentadas aplicações inovadoras em telessaúde, discutindo os campos da teletriagem, teleconsulta, telediagnóstico, telemonitoramento, telerreabilitação e telecirurgia. Na Seção 5.4, são apresentados alguns dos principais projetos em telessaúde pelo mundo, assim como são discutidos os principais desafios de pesquisa. Por fim, a Seção 5.5 apresenta as considerações finais.

## 5.2. Conceitos Fundamentais de Telessaúde

### 5.2.1. Visão geral da telessaúde

De acordo com o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS), a telessaúde é um conceito amplo que considera a aplicação de tecnologias tanto para educação à distância quanto para aplicações em que a tecnologia é usada para apoiar os serviços de saúde. Nesse contexto, a OMS coloca a telemedicina, que é parte da telessaúde, sendo definida como a entrega de serviços de cuidados de saúde, nos quais a distância é um fator crítico, desempenhado por todos os profissionais de saúde usando tecnologias de comunicação e informação para a troca de informações válidas para o diagnóstico, tratamento e prevenção de doenças e lesões, no interesse do avanço da saúde dos indivíduos e de suas comunidades. De uma forma mais resumida, trata-se da provisão de serviços de cuidados de saúde remotamente por meios digitais [World Health Organization, 2022].

As modalidades da telemedicina incluem três classes, sendo elas o ‘armazenamento e encaminhamento’, no qual informações de pacientes são enviadas de forma assíncrona à consulta para profissionais de saúde especialistas, usualmente em situações onde não há emergência; ‘serviços interativos’, os quais incluem cuidados em saúde síncronos por meios digitais, com o objetivo de comunicar profissionais de saúde entre si ou com pacientes para diagnosticar e dar assistência; e ‘monitoração de pacientes remota’, também chamada de telemonitoramento, que permite acompanhar o estado do paciente com tecnologias de sensores e dispositivos de saúde conectados à rede. A telemedicina pode acontecer por diferentes meios digitais, tais como vídeo, imagens, áudio, texto, aplicativos e sistemas. Os casos mais comuns de uso incluem a ‘teleconsulta’, que permite o atendimento de pacientes remotos; a ‘teleinterconsulta’ ou ‘segunda opinião formativa’, na qual um profissional de saúde busca pela opinião/orientação de um especialista; a ‘teletriagem’, que permite uma tomada de decisão rápida em casos de emergência pela transmissão de parâmetros de saúde remotamente e pela consulta remota; e a ‘auto-ajuda guiada’, que utiliza intervenções de saúde mental, por meio de informações de autoajuda advindas de textos ou aplicativos associadas ao breve apoio prestado por uma pessoa por telefone ou online [World Health Organization, 2022].

Com a pandemia de COVID-19, houve uma necessidade de regulamentação e concretização dos processos de telessaúde em diversos países do mundo. Por exemplo, na Austrália, foi criada a legislação “*Telehealth Determination*”, que reconhece os serviços de telemedicina e permite a cobrança desses serviços<sup>2</sup>. Cabe destaque que parte dos serviços autorizados na pandemia já não são mais permitidos, enquanto outros foram adotados de forma definitiva. Na Alemanha, foi criado o “*Digital Healthcare Act – DVG*”, que regula o uso de seguro de saúde com telemedicina, emissão de receitas digi-

<sup>2</sup><https://www.health.gov.au/topics/health-technologies-and-digital-health/about/telehealth>

tais (*e-prescription*) e define um acesso igualitário aos serviços de saúde digitalizados<sup>3</sup>. Na Índia, foi lançado o “*Telemedicine Practice Guidelines*”, o qual define algumas regulamentações para a telemedicina, tais como a obtenção de um termo de consentimento do paciente, a garantia de que o atendimento é feito por um médico registrado e a possibilidade de emissão de receitas digitais<sup>4</sup>. Nos Estados Unidos, destaca-se o “*American Medical Association Telehealth Implementation Playbook*”, que guia a implementação de programas de telemedicina de acordo com as políticas regulatórias tais como o “*Health Insurance Portability and Accountability Act of 1996 (HIPAA)*”, além de trazer considerações específicas sobre o monitoramento remoto<sup>5</sup>.

No Brasil, a pandemia trouxe uma série de regulamentações sobre a telessaúde, incluindo a permissão para teleconsultas. Anteriormente à pandemia, apenas teleinterconsultas eram autorizadas, na qual o atendimento remoto de um paciente demandava a presença de um médico em ambos os lados da comunicação. Cabe destaque que, usualmente, as regulamentações em cada país realizam as definições dos termos associados à telessaúde e, eventualmente, surgem pequenas discrepâncias nas definições.

Segundo a resolução do Conselho Federal de Medicina (CFM) n. 2314/2022, entende-se o termo Telessaúde como o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para fornecer serviços de saúde à distância, por profissionais de saúde, respeitadas as suas competências legais. Serviços de saúde incluem serviços clínicos, administrativos e educacionais. De acordo com o CFM, a Telessaúde abrange todos os profissionais de saúde, enquanto a Telemedicina é específica da Medicina e portanto, se refere a atos e procedimentos realizados ou sob responsabilidade dos médicos [Brasil, 2022]. Ela pode ser executada em tempo real *online* (de forma síncrona) ou *offline* (de modo assíncrono). Ainda segundo esta resolução, a Telemedicina pode ser exercida nas seguintes modalidades de atendimentos médicos:

- Teleconsulta - Trata-se de uma consulta médica não presencial, realizada por meios de tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), com médico e paciente em locais diferentes. Entre outras restrições, o médico deverá informar ao paciente as limitações da teleconsulta, dado que não é possível realizar exame físico completo, além de ser necessário um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pré-estabelecido entre o médico e o paciente.
- Teleinterconsulta - Caracterizada pela comunicação entre médicos, por meio de TDICs, com ou sem o paciente, visando suporte diagnóstico, terapêutico, clínico ou cirúrgico. Nessa modalidade, os médicos remotos podem opinar, mas o médico responsável pela teleinterconsulta é o médico responsável pelo acompanhamento presencial do paciente.
- Telediagnóstico - É um ato médico a distância, síncrono ou assíncrono, com transmissão de dados de exame para emissão de laudo ou parecer por um médico especialista na área relacionada ao exame. O local aonde são realizados os exames devem contar com um responsável técnico médico.

<sup>3</sup><https://www.bundesgesundheitsministerium.de/digital-healthcare-act.html>

<sup>4</sup><https://www.mohfw.gov.in/pdf/Telemedicine.pdf>

<sup>5</sup><https://www.ama-assn.org/system/files/ama-telehealth-playbook.pdf>

- Telecirurgia - Categoria na qual são realizados procedimentos cirúrgicos de forma remota, utilizando equipamento robótico, utilizando técnicas e sistemas de alta resiliência e segurança.
- Telemonitoramento - Também chamado de televigilância, é realizado sob coordenação, indicação, orientação e supervisão médica, visando o monitoramento a distância de parâmetros de saúde e/ou doença do paciente. Inclui a coleta dos dados, a transmissão e o processamento, sem que o paciente precise ir até a unidade de saúde. Esses dados podem ser obtidos por avaliação clínica e/ou aquisição direta de imagens, sinais e/ou dados de outra natureza. Os dados adquiridos podem ser provenientes de equipamentos, dispositivos agregados ou dispositivos implantáveis em pacientes.
- Teletriagem - Trata-se da avaliação dos sintomas de um paciente à distância por um médico com objetivo de regulação ambulatorial ou hospitalar, permitindo o direcionamento adequado do paciente ao tipo de assistência de que necessita ou a um especialista. É importante destacar que trata-se de uma impressão inicial diagnóstica e de gravidade, sem se caracterizar como uma consulta.
- Teleconsultoria - Consiste da consultoria por TDICs entre médicos, gestores e outros profissionais para troca de informações sobre procedimentos administrativos e ações de saúde.

Cabe destaque que a telessaúde também é regulamentada para outros profissionais de saúde, tais como a telefarmácia (Resolução N° 727/2022<sup>6</sup>), tele-enfermagem (Resolução RESOLUÇÃO COFEN N° 696/2022<sup>7</sup>) e telefisioterapia (COFFITO RESOLUÇÃO N° 516, DE 20 DE MARÇO DE 2020<sup>8</sup>).

### 5.2.2. Telessaúde no Brasil

No Brasil, diante das pressões sociais vividas na década de 1980, foi promulgada a constituição de 1988, na qual o artigo 196 garante a criação do SUS (Sistema Único de Saúde). Este foi promulgado em 1990 pela lei n° 8080, tendo como princípios básicos a universalização de acesso, a integralidade da atenção, a equidade, a descentralização da gestão, a hierarquização dos serviços e o controle social da saúde. Dentre estes princípios, a universalidade do acesso à saúde vem sendo questionada pois, nas últimas décadas observa-se precariedade de profissionais, principalmente especialistas, em diversas áreas da saúde em nosso país, que por suas dimensões continentais apresenta barreiras geográficas, sociais e econômicas que permeiam desproteção a uma parcela da população.

Na Constituição de 1988, assegura-se, em seu artigo V, direitos invioláveis ao paciente, como o sigilo, a privacidade e a liberdade de escolha. O Código de Ética Médica (CEM), promulgado pelo Conselho Federal de Medicina (CFM) também em 1988, preconizou que o profissional não deve prescrever tratamentos sem antes consultar o paciente (Artigo 62); revelar nenhum dado do paciente sem o seu consentimento (Artigo

<sup>6</sup><https://cff-br.implanta.net.br/PortalTransparencia/Publico/ArquivosAnexos/Download?idArquivoAnexo=5dba34b5-26e8-4ece-8b14-7ee57e105334>

<sup>7</sup>[http://www.cofen.gov.br/resolucao-cofen-no-696-2022\\_99117.html](http://www.cofen.gov.br/resolucao-cofen-no-696-2022_99117.html)

<sup>8</sup><https://www.coffito.gov.br/nsite/?p=15825>

102); expor o caso clínico e a identidade do paciente (Artigo 104); facilitar o manuseio do prontuário por pessoas não comprometidas eticamente com o caso (Artigo 108); dar consulta, diagnóstico ou prescrição por intermédio de qualquer veículo de comunicação de massa (Artigo 132). Desta forma, havia muitas exigências para que o uso da tecnologia pudesse ser utilizado nas práticas de saúde. Contudo, aos poucos foram surgindo orientações que permeariam esta atividade.

Em 2002, o CFM criou as primeiras legislações brasileiras para a regulamentação da telemedicina no país, sendo organizado o Conselho Brasileiro de Telemedicina e Telessaúde, marco legal fundamental para a existência da telessaúde no país. Nesta mesma época, o CFM emitiu resolução que definiu e disciplinou a prática e a prestação de serviços nesta modalidade de atendimento.

Em 2002, o CFM aprovou a resolução nº 1639/2002 que definiria as “Normas Técnicas para o Uso de Sistemas Informatizados para a Guarda e Manuseio do Prontuário Médico” e, em 2004, no artigo primeiro da resolução nº 1718/2004, ele restringe as ações, apontando que médicos não devem ensinar procedimentos para profissionais de outras áreas da saúde, exceto em casos de emergência, por meio da Telemedicina.

Cabe destaque que, em 2006, a Organização Mundial de Saúde já recomendava o uso da Telemática na estratégia de planejamento de saúde [Craig e Patterson, 2005]. A Telemática era então definida como a disciplina que estuda a manipulação e a utilização da informação pelo uso de computador, seus acessórios e meios de comunicação. A telemática envolve qualquer meio de comunicação à distância, podendo ser utilizada de forma a propiciar informações sobre saúde. Posteriormente, iniciou-se o uso do termo Telemedicina para a Telemática para a saúde, em uma fase mais inicial, e posteriormente, Telessaúde, considerando que as práticas de saúde à distância por meios computacionais não se restringiam apenas à medicina. Desde 2000, o termo e-Saúde (*e-Health*) também passou a ser utilizado como um sinônimo.

Em 2003, o Ministério da Saúde criou a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS) com o objetivo de promover o uso inovador, criativo e transformador das tecnologias para melhorar os processos de trabalho em saúde.

Um dos primeiros marcos de relevância nacional foi o lançamento do Edital do Programa “Institutos do Milênio” do CNPq em 2005, que indicava a telemedicina como uma demanda e mostrava a visão governamental da telessaúde como um campo estratégico. Dentro desse contexto, surge o Projeto de Telemedicina “Estação Digital Médica” (EDM-Milênio). Esse projeto era um consórcio entre nove universidades e institutos de pesquisa, visando a consolidação da telemedicina no Brasil, com iniciativas de tutoria eletrônica e ambulatórios virtuais. Um segundo marco relevante foi a criação do Projeto de Telemática e Telemedicina em apoio à Atenção Primária no Brasil, por iniciativa do Ministério da Saúde em 2005. Nesse projeto, formaram-se nove núcleos, incluindo quatro oriundos do Projeto de Telemedicina do Milênio, com o objetivo de implantar 900 pontos de atendimento de atenção primária com soluções tecnológicas do EDM-Milênio. Entre as ações visadas, tinha-se a Teleducação Interativa, a Segunda Opinião Especializada Formativa, além da formação de uma Biblioteca Virtual em Saúde [Wen, 2008]. Em 2006, o Ministério da Saúde cria a Comissão Permanente de Telessaúde e o Comitê Executivo de Telessaúde e, em 2007, o Programa Nacional de Telessaúde [Brasil, 2007].

O terceiro marco de ações governamentais no Brasil, e de grande relevância, foi a criação do projeto da Rede Universitária de Telemedicina (RUTE) da RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa), em 2006 [Silva e Moraes, 2012, Brito et al., 2016]. A Rede RUTE criou uma infraestrutura entre os hospitais universitários e unidades de ensino em saúde no Brasil para realização de videoconferências entre profissionais de saúde, possibilitando atividades educacionais e assistenciais em saúde, em uma época que a telessaúde ainda era muito incipiente no Brasil. A Rede RUTE é um dos principais marcos do início em mais larga escala da telessaúde no Brasil [Messina et al., 2014].

Seguindo a linha de planejamento estratégico para implantação de um ambiente de Saúde Digital no Brasil, em 2007, o Ministério da Saúde criou o Programa Nacional Telessaúde Brasil Redes (Portaria do Ministério da Saúde nº 35 de janeiro de 2007, redefinido e ampliado pela Portaria MS nº 2.546, publicada no dia 27 de outubro 2011). Sendo um marco da popularização da telessaúde no Brasil, esse projeto visa fortalecer e melhorar a qualidade do atendimento da atenção básica no Sistema Único de Saúde (SUS). Entre as ações estratégicas, tem-se a Educação Permanente em Saúde (EPS) e o apoio assistencial por meio de ferramentas e Tecnologias da Informação e Comunicação. Esse Programa, ativo até os dias de hoje, é constituído por Núcleos Estaduais, Intermunicipais e Regionais.

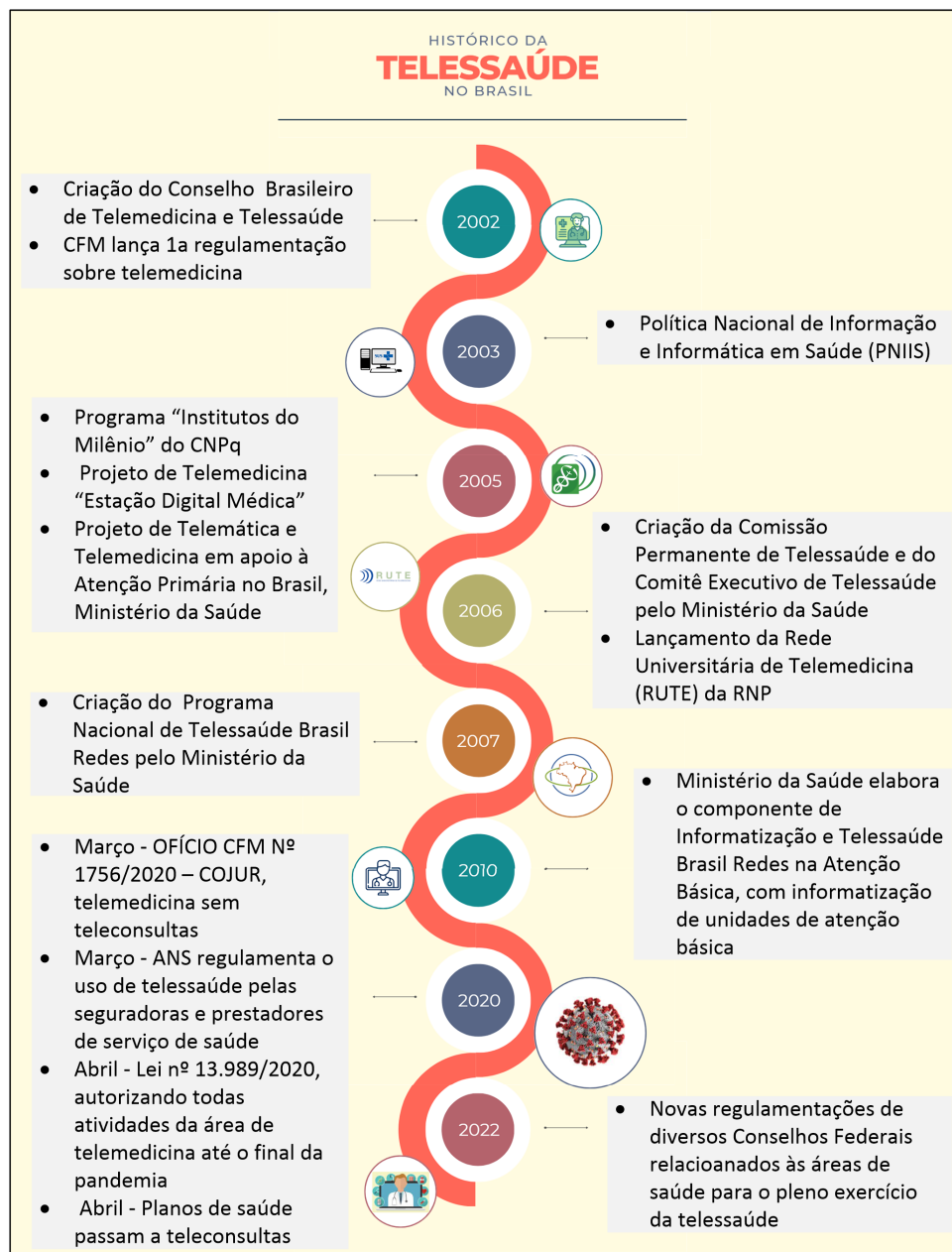
Em 2010, o Ministério da Saúde elaborou o componente de Informatização e Telessaúde Brasil Redes na Atenção Básica, integrado ao Programa Nacional Telessaúde Brasil Redes [Lisboa et al., 2023]. Na prática, a proposta era informatizar as Unidades Básicas de Saúde (UBS), estabelecendo conectividade entre essas unidades e os pontos de atenção integrantes da Rede de Atenção à Saúde. Outras ações estimulavam, por meio de incentivos financeiros, a criação de mais Núcleos de Telessaúde estaduais e intermunicipais [Maldonado et al., 2016].

É importante destacar que, até 2019, a telemedicina era regulada pelo CFM, mas sem descrições detalhadas de modalidade. O uso da telemedicina gerava grandes discussões considerando a qualidade das consultas e o custo dos serviços em saúde. Em fevereiro de 2019, o CFM autorizou aos médicos a realização de consultas *online*, assim como telecirurgias e telediagnóstico. Contudo, em fevereiro do mesmo ano, essa resolução foi revogada [Lisboa et al., 2023]. Nesse sentido, apenas a teleinterconsulta era autorizada e mais amplamente utilizada, em especial com o apoio da Rede RUTE, além do telediagnóstico.

A grande revolução da telessaúde no Brasil, assim como no resto do mundo, ocorreu em 2020, com o surgimento da pandemia de COVID-19. Com o isolamento social, a quarentena de doentes e o medo generalizado na população, se fizeram necessárias novas formas de atendimento em saúde. Contudo, essa necessidade se deu de forma emergencial e com pouquíssimos sistemas disponíveis adequados às atividades. Nessa época, surgiram regulamentações temporárias, as quais foram revistas após o amadurecimento dos processos. Dessa forma, em março de 2020, o CFM autorizou a telemedicina “em caráter de excepcionalidade” (OFÍCIO CFM Nº 1756/2020 – COJUR), nas modalidades de: teleorientação, nos quais médicos poderiam orientar e encaminhar pacientes a distância devido ao isolamento; telemonitoramento; e teleinterconsulta. Em abril de 2020, é promulgada a Lei nº 13.989/2020, autorizando todas as atividades da área de telemedicina,

incluindo a teleconsulta, até o final da pandemia<sup>9</sup>. Também em março de 2020, a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) regulamentou o uso de telessaúde pelas seguradoras e prestadores de serviço de saúde. Com isso, outros profissionais de saúde, além dos médicos, ficavam autorizados a atuarem por meio de telessaúde, ficando a regulamentação das atividades a cargo dos conselhos federais específicos. Em abril, a ANS obrigou os planos de saúde a cobrirem consultas realizadas por meios digitais [Lisboa et al., 2023].

A Figura 5.1 traz uma linha do tempo com os principais marcos da história da telessaúde no Brasil.



**Figura 5.1. Evolução cronológica das ações de telessaúde no Brasil.**

<sup>9</sup><https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-13.989-de-15-de-abril-de-2020-252726328>



### 5.2.3. Iniciativas atuais em telessaúde no Brasil

A telessaúde vem tendo uma importante evolução e consolidação no Brasil nos últimos 5 anos com o incentivo de agências de fomento à pesquisa e com as ações governamentais que possibilitaram a formação de equipes e núcleos de pesquisa em diversas instituições universitárias brasileiras como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), a Universidade Federal Fluminense (UFF) e outras. Entre as iniciativas, em Santa Catarina, já se pratica o uso da telessaúde dentro do processo regulatório do estado, ou seja, ações de telessaúde fazem parte da rotina para a organização da fila de pacientes para o encaminhamento de unidades básicas de saúde para hospitais de referência. O Hospital Universitário Pedro Ernesto, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, foi o primeiro no estado do Rio de Janeiro a prover teleconsultas dentro do contexto do SUS<sup>10</sup>. Essas e outras atividades dentro do campo da telessaúde trazem desenvolvimento dentro da Medicina e de outras áreas, especialmente na área da tecnologia aplicada à saúde. Ela otimiza a educação, o planejamento logístico, a regulação da assistência e a implementação de métodos para proporcionar pesquisas multicêntricas, baseadas em estratégias de gestão de sustentabilidade. Diversas aplicações para a telemedicina já estão em uso nos campos da telerradiologia, telepatologia, teledermatologia, teleoftalmologia, telecirurgia e outras. Algumas experiências de sucesso são a Rede RUTE; os serviços de Telecardiologia do Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo, desde 1994; e o programa de Segunda Opinião por videoconferência com consulta conjunta entre a equipe médica do Centro de Oncologia do Hospital Sírio-Libanês. Outros usos são o projeto de assistência às regiões ribeirinhas de Santa Catarina no rio Madeira em Rondônia; a assistência médica como palestras sobre prevenção em saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; a videocolaboração do laboratório PRAV (Projetos em Áudio e Vídeo) pelo sistema de webconferência Mconf; a Sala Cirúrgica Multimídia e Mobilicare, com tecnologias de baixo custo nacionais, voltada para assistência à distância; e o Projeto de Telessaúde por Holografia da Universidade Federal Fluminense, que visa o atendimento em saúde da população da Região Norte do país.

### 5.2.4. Desafios práticos da telessaúde

Existem alguns desdobramentos importantes para a utilização plena da Telessaúde, que podem se tornar verdadeiros impeditivos para a aplicação das diversas modalidades de atenção à saúde. Entre esses, destacam-se:

- Acesso à Internet - As técnicas de telessaúde, em especial as síncronas, dependem de uma conexão estável e com um mínimo de qualidade de serviço. Contudo, ao se observar as unidades de atendimento públicas no Brasil, muitas ainda não estão sequer digitalizadas, além de não contarem com uma boa conexão com a Internet em todos os seus consultórios. A situação é ainda mais crítica em municípios mais afastados e pobres. Considerando os casos em que o paciente precisa estar conectado, essa situação pode gerar ainda mais exclusão social, pois boa parte da população não possui equipamentos sofisticados ou com acesso à Internet de qualidade.

<sup>10</sup><https://www.uerj.br/agenda/hupe-lanca-sistema-de-teleconsulta-para-usuario-do-sus/>

- **Segurança da informação** - A guarda de dados médicos é um ponto crítico dentro dos processos de digitalização em saúde. A gestão dos dados deve dar suporte dentro do que preconiza a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), garantindo o acesso dos dados armazenado apenas para profissionais que estejam, de fato, lidando com o paciente. Além disso, os pacientes devem ter direito à gestão de seus prontuários [de Medeiros et al., 2022]. Outro problema grave é relacionado às vulnerabilidades dos sistemas de computação utilizados, podendo levar ao vazamento de dados privados.
- **Inclusão digital dos pacientes** - Para participação em muitos processos de tele-saúde, o paciente precisa estar apto a utilizar com destreza equipamentos digitais, o que pode não ser verdade para os pacientes com baixa instrução ou com mais idade.
- **Profissionais habilitados para troca via digital** - Assim como os pacientes precisam estar aptos a lidar com os meios digitais, os profissionais de saúde precisam conhecer os sistemas, saber utilizá-los e se sentirem confortáveis com a tecnologia, para que ela não venha a atrapalhar as ações do profissional.
- **Conhecimento dos limites técnicos para a aplicação da telessaúde** - A equipe de saúde deve conhecer protocolos e procedimentos que podem ser aplicados na telessaúde, assim como deve conhecer as limitações desses tipos de prática, evitando colocar em risco o paciente por um abuso no uso da telessaúde, tais como diagnosticar por teleconsulta um paciente que precisa de exame físico.

### **5.3. Propostas de Nova Geração em Telessaúde**

A telessaúde está em forte evolução, migrando de um modelo que apenas incluía a comunicação entre profissionais ou com pacientes, além do envio de exames para laudos, para um modelo mais amplo e complexo. Novas soluções tecnológicas vêm sendo aplicadas, incluindo inteligência artificial, multimídia, jogos sérios, entre outros, visando serviços de nova geração que podem ser realizados em algumas das diversas modalidades da telessaúde. Esta seção visa apresentar essas novas soluções, descrevendo o seu potencial impacto nos serviços de saúde.

#### **5.3.1. Propostas para Teletriagem**

A demanda em salas de emergência é usualmente muito alta, mesmo em hospitais particulares [Bhatt e Bhatt, 2021, Latifi et al., 2020]. Estudos mostram que médicos consideram que a maior parte dos primeiros atendimentos em clínicas primárias não precisariam ser ao vivo e um quarto dos atendimentos de emergência poderiam aguardar o atendimento clínico habitual do paciente [Acevedo et al., 2022, Bhatt e Bhatt, 2021]. Com isso, surgiu o campo da teletriagem, que visa selecionar os casos que precisam de atenção imediata presencial. A teletriagem é uma técnica de triagem médica que usa a tecnologia de telecomunicações para permitir que os profissionais de saúde pré-examinem remotamente os pacientes [Choudhury et al., 2022, Bhatt e Bhatt, 2021]. Esse tipo de serviço já é consolidado por meio telefônico em muitos países europeus, já há algumas décadas [Acevedo et al., 2022]. Recentemente, vem sendo utilizado tanto por meios de voz quanto de vídeo.

Essa experiência de pré-avaliação remota cada vez mais vem se expandindo, por meio de avaliações à distância que podem ser tanto mediadas por profissionais de saúde, caracterizadas como teletriagem, quanto, muitas vezes, realizadas pelos próprios pacientes, caracterizada como uma auto-ajuda guiada [Latifi et al., 2020, Choudhury et al., 2022], em uma modalidade de auto-atendimento. Tais experiências são cada vez mais comuns na parte de neurociência, onde já se observam tanto os ganhos, como a detecção mais rápida de alguns males ou o rápido levantamento de dados, como os prejuízos, causados pela aplicação dos testes cognitivos de forma incompleta ou não ajustada ao perfil do paciente [Gagné e Franzen, 2023]. Esta seção visa apresentar e discutir novas tecnologias aplicadas à teletriagem e seus impactos.

### 5.3.1.1. Uso de inteligência artificial na teletriagem

Recentemente, foram desenvolvidas diversas propostas que aplicam técnicas de inteligência artificial (IA) e de aprendizado de máquina na teletriagem, revolucionando as possibilidades nesse modalidade da telessaúde. A IA pode desempenhar um papel importante na teletriagem, ajudando a automatizar e aprimorar a classificação dos pacientes quanto à gravidade, ao nível da emergência e à necessidade ou não de um atendimento presencial.

A Figura 5.2 mostra uma classificação proposta por Salman et al. com os desafios relacionados a teletriagem e o uso do aprendizado de máquinas [Salman et al., 2021]. De acordo com os autores, o atendimento de urgência e emergência tem crescido consideravelmente devido ao envelhecimento da população e ao crescimento sobre o conhecimento e monitoramento de doenças crônicas, o que leva a uma superlotação dos hospitais. Para reduzir essa lotação, técnicas de aprendizado de máquina podem ser utilizadas, considerando tanto aprendizado supervisionado quanto o não supervisionado, permitindo uma melhor triagem e priorização dos pacientes. Contudo existem diversos desafios em aberto, relacionados com a predição correta de doenças; a detecção correta dos níveis de emergência com base nas principais queixas; a capacidade de classificação dos algoritmos; o consumo de tempo até a emissão de um parecer pelo algoritmo e, principalmente, para o treinamento e atualização das redes; o consumo de energia; a segurança e a privacidade dos dados dos pacientes; as etapas do processamento de dados; e o desenvolvimento de novos sistemas para dar o adequado suporte à aplicação das novas tecnologias.

Aplicações práticas dessas técnicas são descritas em estudos de caso em vários locais do mundo. Por exemplo, na Alemanha, em 2020, foi desenvolvido um sistema de triagem por telefone baseado em um software de suporte a decisão com relação ao nível de urgência e ao nível apropriado de atendimento que o paciente demanda. O sistema é chamado de “*Strukturierte medizinische Ersteinschätzung in Deutschland*” (SmED) e foi desenvolvido sobre um sistema suíço pré-existente [von Stillfried, 2021].

Outro uso muito interessante da IA em teletriagem por telefone é a aplicação desenvolvida por Iyer et al., que utiliza IA em ligações de triagem em saúde mental para detecção de potenciais suicidas [Iyer et al., 2022]. Esse tipo de atividade é de grande importância e dificuldade, pois pequenas nuances apresentadas pelo paciente podem não ser detectadas pelo profissional de saúde, colocando a pessoa em risco. Nesse sentido, a

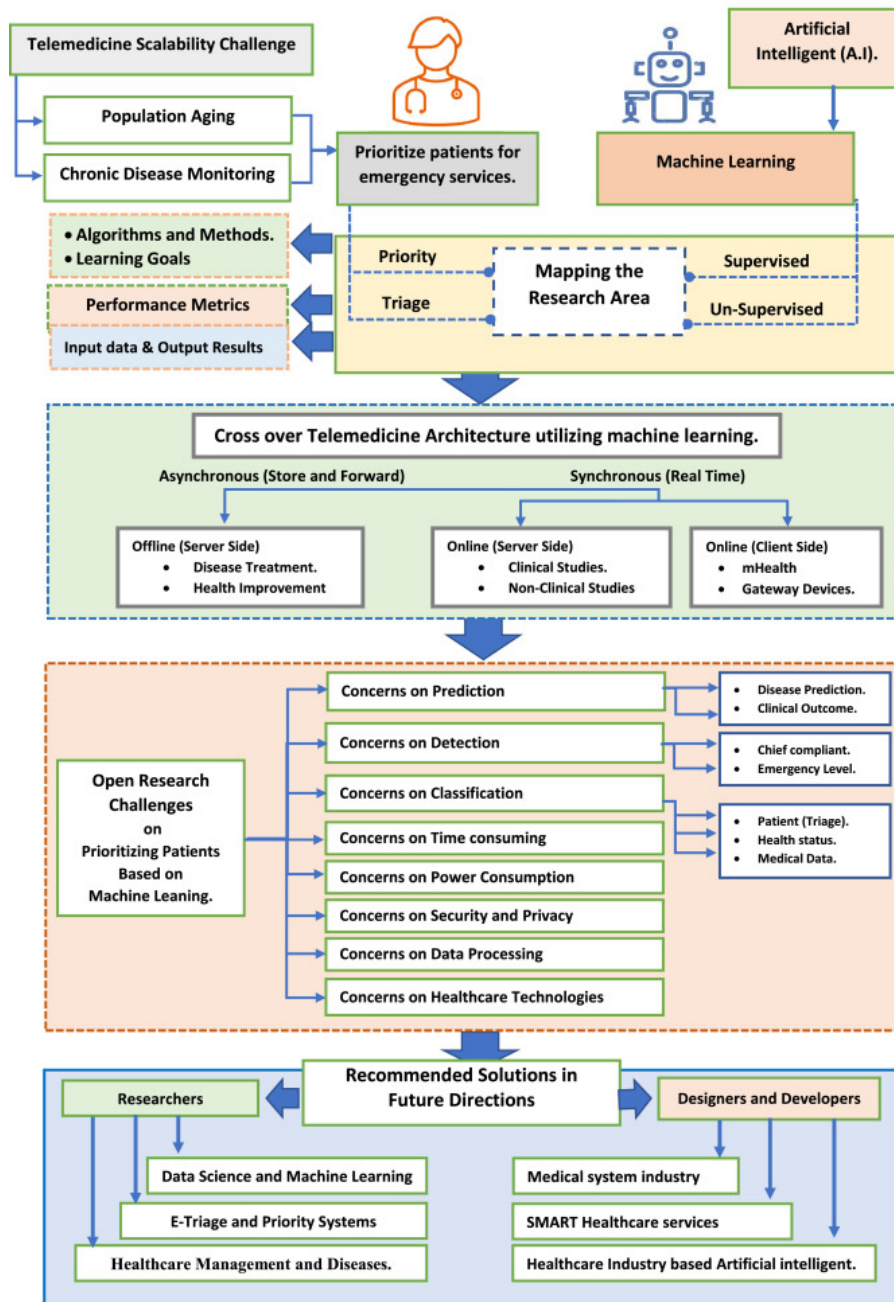


Figura 5.2. Arcabouço de revisão de literatura desenvolvido por Salman et al. para identificação da aplicação de inteligência artificial nos processos de teletriagem, considerando as fases de triagem e priorização de emergências. Fonte: [Salman et al., 2021].

IA tem o potencial de inovar as práticas atuais para detectar o risco iminente de suicídio, dando indicações de potenciais riscos para o profissional de saúde e ajudando a superar deficiências nos métodos tradicionais de avaliação. O método utilizado pelos autores consiste em classificar automaticamente segmentos curtos de 40 milissegundos de fala em risco baixo ou risco iminente de suicídio. Para treinar o algoritmo de classificação, foram utilizadas 281 chamadas telefônicas feitas para serviços de aconselhamento de telessaúde

na Austrália, chamados de *On The Line* e Canberra. O pré-processamento envolveu a normalização e pré-ênfase dos sinais de voz, enquanto a biometria da voz foi extraída usando a linguagem estatística R. Cada biomarcador de voz foi avaliado como um preditor de risco de suicídio usando um modelo aditivo generalizado de efeitos mistos com *splines* para lidar com a não linearidade dos sinais. Por fim, um modelo de *gradient boosting* foi usado para classificar cada gravação [Iyer et al., 2022]. Os resultados mostram que o procedimento de avaliação médica inicial SmED transfere apenas 25% dos pacientes para a sala de emergência.

Outras ferramentas utilizam aprendizado de máquina em testes cognitivos online, visando a detecção de doenças mentais, ajudando na detecção do problema e triagem para profissionais de saúde especializados. Grazioli et al mostraram que questionários em plataformas online preenchidos por pais e professores podem ser utilizados para detecção de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) e transtornos do espectro autista (TEA) [Grazioli et al., 2023]. Os autores utilizaram questionários online coletados remotamente em uma avaliação no local de quocientes de inteligência de 342 indivíduos, sendo apenas 18% mulheres, com idades entre 3 e 16 anos, encaminhados por suspeita de TDAH. Utilizou-se um modelo de árvore de decisão (*Decision Tree* - DT) para classificação de TDAH/não TDAH com base nos dados coletados. O modelo treinado identificou as regras de decisão que os médicos adotam para classificar um diagnóstico de TDAH com uma taxa de precisão de 82%. No entanto, os sintomas de TEA foram um fator de confusão quando a gravidade do TDAH teve que ser estabelecida. O estudo mostrou que os procedimentos de tele saúde se mostraram eficazes na obtenção de uma saída automatizada, reduzindo o tempo de atraso entre a detecção do sintoma e o diagnóstico. No entanto, os autores deixam claros que esse tipo de abordagem ajuda na triagem, mas não serve como diagnóstico definitivo para a doença.

### **Uso de chatbots na teletriagem e no auto-triagem**

Outra técnica que ficou muito popular na ajuda para teletriagem e auto-triagem é o uso de chatbots para a saúde. Os chatbots alimentados por IA podem ser usados para interagir com os pacientes e coletar informações sobre seus sintomas. Esses chatbots podem fazer perguntas relevantes, como histórico médico, sintomas atuais e fatores de risco, e fornecer orientações iniciais com base nas respostas dos pacientes.

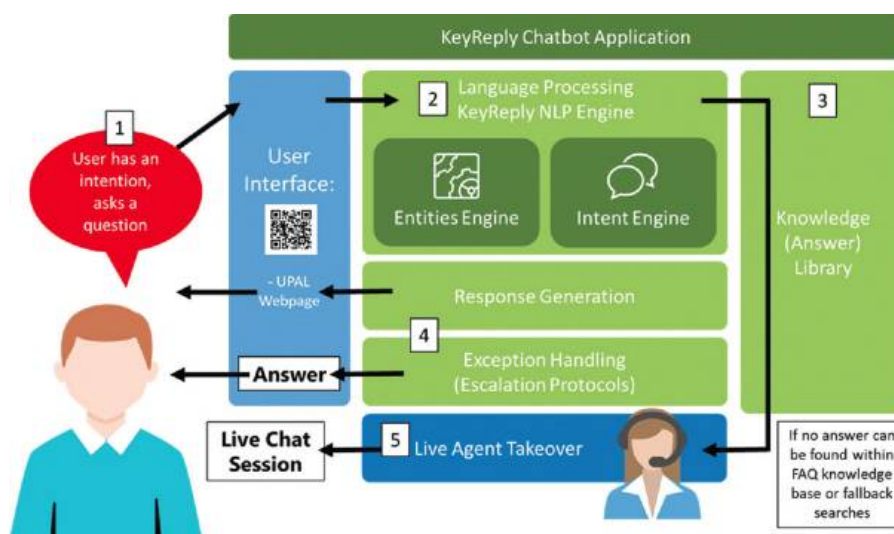
Ganapathy et al desenvolveram um sistema baseado em chatbot para teletriagem e orientação pediátrica [Ganapathy et al., 2023]. Quando uma criança fica doente, os pais se preocupam com a gravidade potencial da doença e levam as crianças para os serviços de emergência. Contudo, dependendo da apresentação, natureza e duração das queixas, muitas dessas condições pediátricas agudas poderiam ser tratadas e monitoradas em casa ou por profissionais de saúde primários na comunidade. Situações mais adversas ocorrem quando cuidadores e pais muitas vezes recorrerem à Internet para obter informações rápidas sobre como tratar a doença da criança, mas acabam sendo inundados com informações de saúde nem sempre confiáveis, sem conseguir esclarecer suas preocupações e dúvidas. Com isso, as famílias acabam em frequentes atendimentos pediátricos na emergência, apenas para ter a grande maioria classificada como casos ‘não urgente’ após triagem, enfrentando grandes filas até o atendimento. Dessa necessidade surgiu a ideia da linha de ajuda para triagem médica aguda para cuidadores de crianças.

Nesse contexto, existe um estudo de caso interessante de Singapura com o uso de chatbots para atendimento pediátrico. Inicialmente, o *KK Women's and Children's Hospital* (KKH) disponibilizava uma linha telefônica com o serviço em tempo real chamado de *'Ask-A-Nurse'*, que fazia atendimentos de triagem e esclarecimento de dúvidas, com cerca de 30 a 50 chamadas por dia. Por problemas orçamentários, esse serviço precisou ser descontinuado, levando o hospital a buscar parcerias para desenvolvimento de um chatbot que substituísse, ainda que parcialmente, o serviço. O projeto objetivava prover um telessuporte seguro e acessível a toda a comunidade, além de um serviço de triagem automatizado, capaz de estimar o tipo de atendimento necessário, recomendando a ida ao hospital em casos pediátricos classificados como agudos e urgentes. Em 2019, o projeto, que já reunia iniciativa privada e pública, disponibilizou o KKH-Urgent Pediatric Advice Line (KKH-UPAL), um software de teletriagem para casos pediátricos visando reduzir atendimentos não-urgentes e não-emergentes no hospital. Como consequência do uso do sistema, observou-se a redução de filas de espera, além da redução do risco de contaminação das crianças e seus familiares por estarem expostos desnecessariamente no hospital. Outra consequência positiva é que os médicos passaram a poder investir mais tempo nas consultas mais graves, uma vez que a fila de espera não era excessivamente grande.

A primeira *release* do KKH-UPAL era um chat baseado em texto que permitia que responsáveis fizessem perguntas sobre condições da criança e listassem os principais sintomas observados na criança. Além disso, era possível enviar fotos. Nessa primeira versão, não existia o chatbot, mas enfermeiros e profissionais de saúde que avaliavam os casos e respondiam. Os dados obtidos nessa fase foram utilizados para treinar o chatbot, o qual é baseado em um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado para processamento de linguagem natural (*Natural Language Processing* - NLP), e foi disponibilizado na versão lançada em 2020. A Figura 5.3 mostra o fluxo de atividades do chatbot. Quando um usuário faz uma pergunta, a pergunta é processada pelo NLP, que funciona como o “cérebro” do chatbot, o qual retorna uma resposta. Se uma resposta adequada não for encontrada, o chatbot pesquisa em uma base de conhecimento médico pré-preparada de perguntas frequentes. Se isso também falhar, a pergunta é encaminhada para o profissional de saúde.

O chatbot passou a ser o primeiro ponto de contato com pacientes, indicando alguns cuidados paliativos para condições que eram não emergentes, e, nesses casos, recomendando uma visita a um médico de atenção básica. Em casos detectados como mais graves, era recomendada a ida ao hospital para o atendimento de emergência. Eventualmente, quando o chatbot não conseguia atender às requisições sendo feitas, a conversa era transferida para um profissional de saúde. Durante o período em que o software foi avaliado, observou-se que o chatbot conseguiu tratar sozinho 96% das requisições, o que significa que cerca de apenas 4 a 6 requisições eram encaminhadas para o setor de enfermagem.

Cabe destaque que esse tipo de abordagem se fez evidente em diversas partes do mundo, levando à criação de diferentes sistemas para teletriagem pediátrica. Nesse contexto, Espinoza et al disponibilizam um conjunto de diretrizes para a criação de chatbots para teletriagem pediátrica [Espinoza et al., 2020]. Contudo, é importante observar que o bom funcionamento de um chatbot depende da disponibilização de um bom conjunto de dados que mapeie de forma adequada os tipos de requisições usualmente feitos, com um



**Figura 5.3.** Fluxo de atendimento com o chatbot KKH-UPAL, de Singapura. Fonte: [Ganapathy et al., 2023].

bom mapeamento da linguagem utilizada pela população que utiliza o serviço.

Quando se trata de chatbots para auto-triagem, os casos mais comuns encontrados na literatura são os sistemas desenvolvidos para triagem dos casos de COVID-19, indicando se os sintomas dos pacientes são os típicos da doença e se o paciente deve ou não procurar um serviço de emergência [Morse et al., 2020, Reid et al., 2020, Chagas et al., 2021, Cateb et al., 2021, de Campos Filho et al., 2022]. Sobre essas experiências desenvolvidas rapidamente impulsionadas pelo agravamento da pandemia, Reid et al. apresentam uma entrevista com a diretora do Providence Health, um hospital de referência em Washington, onde é descrito como foi a modificação do chatbot do hospital para fazer a triagem de pacientes com COVID-19 [Reid et al., 2020]. A direção do hospital observou, com o aumento dos casos e a necessidade de isolar pacientes contaminados, que a forma mais inteligente de tratar o problema seria por uma triagem remota. Aproveitando o chatbot já existente no hospital, chamado de Grace, o hospital se uniu com a Microsoft para atualizar o Grace com entradas clínicas sobre a COVID-19, além de perguntas e respostas frequentes sobre a doença.

No Brasil, também ocorreram diversas iniciativas, de tal forma que desde hospitais até órgãos governamentais acabaram disponibilizando ferramentas para orientar a população e mapear os casos [Chagas et al., 2021, Cateb et al., 2021, de Campos Filho et al., 2022]. Por exemplo, em Minas Gerais, foi desenvolvido o TeleCOVID Chatbot. Essa solução provê tanto um módulo para perguntas e respostas, quanto a teletriagem em si, classificando os usuários em cinco classes, de acordo com a severidade dos sintomas descritos pelo usuário [Chagas et al., 2021].

Outros exemplos comuns são os chatbots para teleorientação e triagem de pacientes com problemas de saúde mental decorrentes dos efeitos da pandemia. Jackson-Triche et al. fornecem uma descrição detalhada do projeto e implementação de chatbot para triar e facilitar o acesso à avaliação e tratamento de saúde comportamental para a profissionais de saúde de um grande centro médico acadêmico durante a pandemia [Jackson-Triche et al.,

2023]. Esse software foi usado no programa *University of California, San Francisco Coping and Resiliency* (UCSF Cope). O UCSF COPE fornecia acesso a suporte emocional e cuidados de saúde comportamental para todos os professores, funcionários e estagiários, combinando uma abordagem de saúde populacional com tecnologia de chatbot para triagem, avaliação e tratamento. A lógica do chatbot triava os usuários em encaminhamento de emergência/urgente (risco de suicídio, risco para outras pessoas, perigo para a criança); sofrimento leve a moderado; novo início de sintomas moderados a graves; ou possível exacerbação ou recaída para aqueles com comportamento pre-existente de distúrbio de saúde. Após a classificação, o software direcionava o usuário para uma variedade de serviços e materiais baseados em evidências, incluindo o encaminhamento para o serviço de emergência 911 ou linhas diretas, de acordo com o tipo de caso [Jackson-Triche e Mangurian, 2022].

Pode-se observar que a pandemia popularizou e levou a melhorias expressivas nos chatbots para a saúde. Com isso, após a pandemia, o uso dos chatbots acabou se expandindo para novas áreas de atendimento. Por exemplo, Siddiqi e PiuZZi descrevem uma iniciativa pós-pandemia que usa chatbots para realizar uma triagem de pacientes que precisam de cirurgia ortopédica [Siddiqi e PiuZZi, 2021]. Os usos são os mais diversos, trazendo ganhos tanto para os hospitais quanto para os pacientes.

Contudo, o uso de chatbots, embora possa trazer economias, nem sempre é a melhor opção, muito embora seja capaz de reduzir custos e acelerar atendimentos prioritários. Um exemplo de estudo sobre o uso de chatbots na saúde não ligado a teletriagem, mas à teleorientação, é apresentado por Kim et al [Kim et al., 2021]. Em seu estudo, os autores abordam o caso da eficácia dos chatbots para orientação contra a hesitação vacinal na COVID-19. O objetivo do estudo era comparar um chatbot com um recrutamento baseado em telefone. Os adultos que receberam as ligações ou o contato por chatbot foram aleatoriamente selecionados e, em ambos os casos, se requisitava o consento no entrevistado para participar dessa pesquisa. Observou-se que as respostas ao contato foram significativamente menores (cerca de 21% a menos) com o chatbot do que com as ligações. Além disso, a taxa de aceitação em participar da pesquisa também foi menor com o chatbot (cerca de 3,4% a menos). Isso demonstra que existe uma receptividade menor para ações realizadas com robôs, o que pode vir a afetar a efetividade dos sistemas baseados em chatbots em alguns casos.

Outra questão relevante é como tratar os erros de triagem ou de orientação. Esses erros podem levar a consequências graves e levar a questionamentos sobre responsabilização. Essa situação é especialmente mais preocupante quando esses sistemas são utilizados com populações com baixo nível de escolaridade, com dificuldades de comunicação escrita.

### **5.3.1.2. Uso de realidade aumentada na triagem**

Outra ferramenta de nova geração que vem sendo citada no contexto de triagens é a realidade aumentada. Na realidade aumentada, a imagem do mundo real é sobreposta com dados gerados artificialmente. Entre os dispositivos mais comumente utilizados tem-se os celulares e óculos inteligentes.



Park et al propõem o uso de realidade aumentada no telediagnóstico de feridas por queimadura [Park et al., 2022]. A principal justificativa é que médicos generalistas usualmente falham em 40% dos diagnósticos sobre a profundidade de queimaduras, gerando erros graves nos tratamentos. Contudo, feridas por queimadura, além de malignidades cutâneas e infecções de pele, são altamente passíveis de análise e tratamento por imagens, devido à sua natureza visível, facilidade de reprodução de imagens e necessidade de monitorar o progresso como parte do tratamento. Algumas limitações para esses métodos advêm da qualidade da imagem, da habilidades reduzida de alguns profissionais para avaliar profundidade e gravidade da lesão com imagens estáticas e frequência de comunicação. A comunicação frequente é necessária para o tratamento, que requer constante avaliação das queimaduras para determinar a progressão da doença para mitigar complicações como infecção e cicatrização. Sistemas de realidade aumentada poderiam permitir que profissionais treinados no reconhecimento de gravidade e profundidade da ferida triassem remotamente quais pacientes podem ser tratados localmente e quais devem ser encaminhados para unidades especializadas [Park et al., 2022].

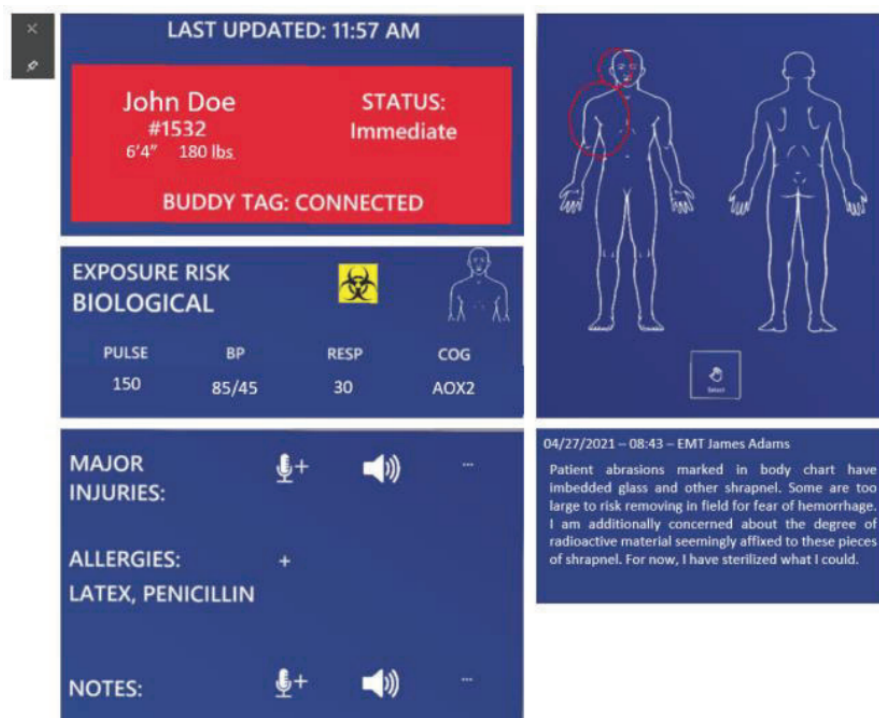
Outras propostas que associam o uso da realidade aumentada com a triagem de pacientes estão relacionadas a grandes desastres. Nesse caso, o uso de sensores, óculos inteligentes e redes de comunicação permitiriam classificar, com a inserção de etiquetas virtuais, de forma mais rápida e eficaz as vítimas do desastre [Gillis et al., 2016, Nelson et al., 2022, Rae Nelson et al., 2022].

Nesse contexto, Nelson et al propõem o “*Augmented Reality Triage Tool Suite*” (ARTT), o qual é um software para auxiliar a triagem de vítimas, contendo uma ferramenta de triagem inicial, uma ferramenta de avaliação virtual e uma etiqueta de triagem virtual para ajudar os socorristas a lidar com o volume de vítimas. O software guia o atendimento, dando o passo a passo para triar os pacientes, marcando no sistema quais testes foram feitos e quais respostas foram obtidas. Na sequência, o software apresenta as principais medidas de resposta imediata, para guiar o socorrista e para registrar quais ações foram tomadas. Uma vez concluída a avaliação e assistência inicial, uma avaliação mais profunda é iniciada, por meio da interação entre diferentes profissionais. Para tanto, o sistema gera a etiqueta virtual do paciente, como mostrado na Figura 5.4. Ou seja, um socorrista pode estabilizar o paciente, enquanto outro recolhe o histórico e outro faz a movimentação do paciente para o hospital. A etiqueta virtual é uma abordagem mais eficiente que as etiquetas em papel, pois essas podem facilmente ser danificadas ou perdidas em um cenário de desastre. Além disso, a etiqueta de papel não pode ser atualizada pelos diferentes profissionais, enquanto que a digital permite isso [Rae Nelson et al., 2022].

### 5.3.1.3. Autotriagem (*Self-triage*)

A autotriagem ajuda pessoas a detectarem o nível de gravidade de sua doença, ajudando a decidir se devem ou não buscar atendimento em uma unidade de emergência. Os chatbots que não possuem apoio de profissionais de saúde são exemplos de aplicativos para autotriagem.

Durante a COVID-19, vários aplicativos foram desenvolvidos com perguntas e sugestões para ajudar na detecção e contenção da COVID-19. Esses aplicativos reduziram



**Figura 5.4. Etiqueta virtual do sistema de triagem com realidade aumentada ARTT. Fonte: [Rae Nelson et al., 2022].**

os encaminhamentos desnecessários a hospitais por meio de várias perguntas, tais como informações gerais, localização geográfica, histórico recente de viagens, doenças subjacentes e sintomas. Algoritmos inteligentes são usados para determinar a condição do paciente, fornecendo sugestões de como proceder. Na maioria dos países, esses aplicativos de autoavaliação tiveram abrangência nacional, se tornando uma ferramenta essencial para triagem geral e detecção precoce de casos [Mastaneh e Mouseli, 2020, Ziebart et al., 2023]. Um exemplo de grande relevância foi o aplicativo chinês StarTimes ON, que foi utilizado por 45 países<sup>11</sup>.

Outro exemplo para autotriagem é na detecção de problema de sono em idosos, com um aplicativo chamado de MotivSleep [Su et al., 2023]. O aplicativo faz perguntas sobre a qualidade do sono e encoraja o idoso a relatar comportamentos que podem afetar seu sono. Por fim, o MotivSleep gera recomendações personalizadas para com base nos comportamentos relatados.

#### 5.3.1.4. Desafios da Teletriagem

Embora a teletriagem traga muitas facilidades, há que se considerar os aspectos técnicos e éticos com relação ao uso dessa técnica [Kobeissi e Ruppert, 2022]. Algumas considerações críticas se destacam, tais como uma avaliação da acuidade do paciente remoto, comparado ao atendimento presencial. A disponibilização de um aplicativo sem a devida avaliação por meio de um projeto de pesquisa sobre a sua efetividade consiste

<sup>11</sup><https://covid-19.chinadaily.com.cn/a/202003/30/WS5e8294a1a3101282172832ae.html>

em irresponsabilidade técnica, pois pode levar pacientes a tomarem ações que virão a prejudicar a sua saúde.

Outra questão de grande relevância é a definição de bons protocolos de triagem que possam ser digitalizados, para evitar a subestimação da gravidade de uma doença [Kobeissi e Ruppert, 2022]. Além disso, deve-se cuidar da segurança dos dados coletados.

### 5.3.1.5. Teletriagem de pacientes com diabetes

Um dos importantes projetos em andamento em Teletriagem iniciado pela *Madras Diabetic Research Foundation* (MDRF), Chennai, em colaboração com a *World Diabetes Foundation* (WDF), é o *MDRF/WDF Rural India Diabetes Prevention Project* [Prathiba e Rema, 2011]. Este programa da comunidade rural atende 42 aldeias (dentro e ao redor da aldeia de Chunampet) no distrito de Kancheepuram, Tamilnadu, Índia. A triagem é realizada no distrito de Chunampet para diabetes e suas complicações, especialmente doenças oculares diabéticas, usando uma van móvel de telemedicina com conectividade via satélite [Latifi et al., 2020, Choudhury et al., 2022]. A van de telemedicina está equipada com uma câmera digital da retina através da qual a imagem da retina é analisada por oftalmologistas. Todos os quadrantes da retina são visualizados pelo oftalmologista. Cerca de 2.000 pacientes com diabetes já foram submetidos à fotografia colorida da retina. Essas imagens são então transmitidas por meio de conectividade de satélite VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) fornecida pela Organização de Pesquisa Espacial Indiana (ISRO) para o hospital de base em Chennai. Por videoconferência, o oftalmologista do hospital de base interage com os pacientes de áreas rurais e carentes. Os pacientes que precisam de tratamento adicional são levados a Chennai, onde a fotocoagulação a laser/cirurgia de catarata é realizada gratuitamente. Uma das principais vantagens da teleoftalmologia é a detecção precoce de alterações que ameaçam a visão e que podem ser tratadas. Os pacientes tratados servem como agentes da saúde para disseminar ainda mais as informações sobre os benefícios da teleoftalmologia para as aldeias vizinhas e também ajudar a remover crenças supersticiosas. A triagem para outras complicações relacionadas a diabetes, como nefropatia (medindo proteinúria/microalbuminúria), neuropatia (por biotesiometria e monofilamento) e doença arterial coronariana (por eletrocardiograma) também é feita na van de telemedicina.

### 5.3.1.6. Teletriagem de pacientes com deficiência visual

A *Retinopathy of prematurity* (ROP) causa deficiência visual, principalmente em países de baixa e média renda, em grande parte devido à falta de triagem [Young et al., 2023, Gilbert et al., 1997, Shah et al., 2016]. Um método eficiente para triagem nessas regiões de baixa e média renda é a telemedicina usando gradação remota de imagens de fundo digital de campo amplo (*Widefield Digital Fundus Imaging* - WDFI) [Young et al., 2023]. Esse método de telemedicina expande o alcance geográfico de especialistas. No entanto, uma barreira de implementação para programas de telemedicina em escala é o custo dessas câmeras. Muitos dos programas de telemedicina ROP existentes em países de baixa e média renda foram iniciados com investimento de capital externo de organizações

não-governamentais [Young et al., 2023, Gilbert et al., 1997]. Embora esses programas tenham fornecido evidências da eficácia dessa abordagem, ainda existem desafios de escalabilidade devido à quantidade de capital necessária para fornecer dispositivos WDFI a cada região necessitada. Assim, várias abordagens de baixo custo foram testadas, usando câmeras de dispositivos móveis ou sistemas de imagem de fundo de olho baseados em smartphone (SBFI) [Young et al., 2023].

Os sistemas SBFI funcionam combinando câmeras de smartphones modernas com lentes de oftalmoscopia indireta padrão para fornecer sistemas de imagem de fundo de olho acessíveis, portáteis e sem contato. Os sistemas SBFI são utilizados como complemento para oftalmoscopia indireta e documentação de ROP [Young et al., 2023, Gilbert et al., 1997, Shah et al., 2016]. No entanto, na maioria das vezes documentadas, o sistema tem sido utilizado por médicos treinados que, embora valioso para fins de documentação, isso anula o objetivo de expandir o alcance geográfico de um programa de telemedicina onde os médicos disponíveis são limitados. Além disso, todos os dispositivos de baixo custo fornecem um campo de visão mais estreito do que as câmeras WDFI padrão. A visualização da patologia periférica exige um clínico qualificado realizando a depressão escleral.

Trabalhos recentes usando a pontuação de gravidade vascular (*Vascular Severity Score* - VSS) derivada de inteligência artificial destacaram a associação entre a gravidade vascular no polo posterior e a presença e o grau de patologia periférica na ROP [Young et al., 2023, Gilbert et al., 1997, Shah et al., 2016]. Isso sugere que o baixo campo de visão dos sistemas de visualização de imagem podem fornecer imagens suficientes para a detecção de ROP grave se a gravidade vascular puder ser avaliada, seja por médicos ou por IA, mesmo que a patologia periférica não seja visualizada. Essa hipótese foi avaliada em [Young et al., 2023] comparando um dispositivo WDFI atualmente sendo implantado em um programa operacional de telemedicina, o Retcam Shuttle, com 2 dispositivos SBFI semelhantes, o adaptador Retcam feito na Índia e o oftalmoscópio indireto monocular Keeler. Ambos foram usados por técnicos para comparar o diagnóstico clínico obtido usando SBFI com WDFI e avaliar a eficácia do SBFI para detecção de encaminhamento garantido (RW)–ROP (definido como zona I, estágio 3 ou preplus) e que requer tratamento (TR)–ROP (ou seja, tipo I) e a precisão diagnóstica do VSS atribuído, além de avaliar se a IA pode ser útil para a classificação autônoma de imagens SBFI.

A Figura 5.5 mostra no topo esquerdo o sistema indiano Retcame e o oftalmoscópio indireto monocular. O Retcame mantém um smartphone e uma lente de oftalmoscopia indireta binocular padrão a uma distância fixa um do outro. A Figura 5.5 mostra no topo direito um exemplo de imagem de ROP em um estágio avançado obtida com o sistema Retcam. A Figura 5.5 mostra embaixo à esquerda que o oftalmoscópio indireto monocular Keeler prende um smartphone usando um suporte de cabeça. A lente é segurada pelo médico, semelhante ao oftalmoscópio indireto binocular tradicional. A Figura 5.5 mostra embaixo à direita um exemplo de imagem de ROP em um estágio avançado obtida com o sistema de câmera oftalmoscópio indireto monocular.



**Figura 5.5. Sistema indiano para retinografia baseado em celulares. A Figura mostra a comparação entre as imagens geradas com equipamento médico e as geradas com o sistema proposto. Fonte: [Young et al., 2023].**

### 5.3.2. Propostas para Teleconsulta e Teleinterconsulta

A teleconsulta, que permite uma consulta remota diretamente entre médico e paciente, só foi permitida no Brasil recentemente, devido à pressão do isolamento social causado pela COVID-19. Antes, era prevista a teleinterconsulta, na qual dois médicos poderiam interagir remotamente, visando o bem estar do paciente [Bertelli et al., 2022]. No caso da atenção básica, o teleatendimento é uma ferramenta importante para permitir o acesso à saúde, fazendo com que a promoção da saúde ocorra. Objetivamente, essa nova tecnologia de saúde aumenta o suporte à população, captura um maior conhecimento da comunidade assistida e, desta forma, dados importantes para uma melhor compreensão da população se tornam disponíveis, dando ensejo a novas e melhores abordagens ao local.

Não se pode deixar de lado o fato de que existem dilemas éticos presentes nesta modalidade de atendimento em rede, uma vez que essa consulta exigirá uma camada extra de cuidados com os dados do paciente que serão transmitidos por rede, a qual não poderá ficar vulnerável às interferências de pessoas mal intencionadas.

Assim, a teleconsulta e a teleinterconsulta são abordagens inovadoras no campo da telessaúde, permitindo tanto o atendimento remoto de pacientes quanto a discussão de casos entre profissionais em locais diferentes. As técnicas mais tradicionais utilizam sistemas de conferência por voz e/ou vídeo, embora sistemas de mensagem de texto também sejam utilizadas em alguns casos. Contudo, novas tecnologias estão surgindo para aperfeiçoar o teleatendimento, trazendo novas formas de visualização e de integração de dados à consulta. Esta seção visa apresentar os principais sistemas computacionais de atendimento, com foco nos sistemas de telepresença e sistemas multissensoriais de nova geração aplicados à saúde, assim como descrever os principais desafios tecnológicos associados.

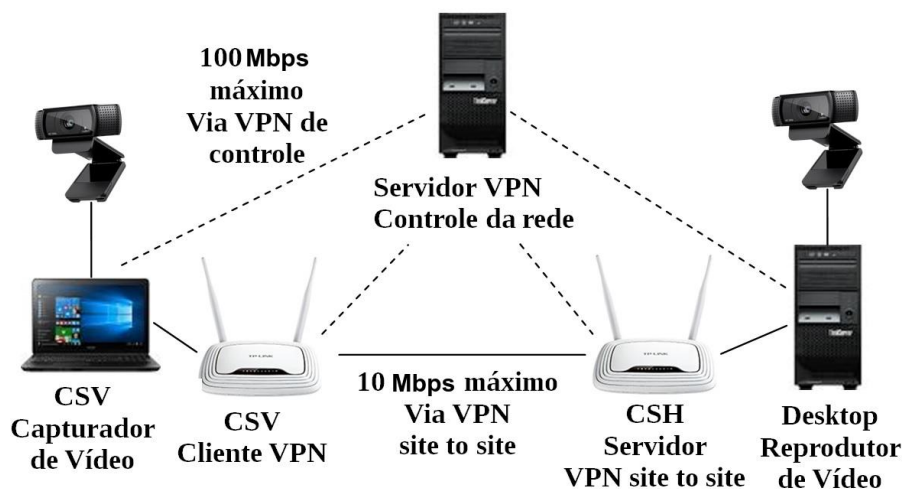
### **5.3.2.1. Uso de Imagens em 3D**

Para algumas especialidades médicas, tais como as relacionadas à saúde mental e a geriatria, uma visão completa do paciente é necessária para uma boa avaliação do caso. A observação de mudanças de posição, tremores em partes específicas do corpo, entre outros, são sinais que fazem parte da anamnese do paciente. Nesse sentido, sistemas que só permitem comunicação por voz ou que permitam apenas a visualização do rosto do paciente não são adequados para esse tipo de teleatendimento. Sistemas de telepresença que permitam a visualização global do paciente se tornam muito importantes nesse contexto [Boechat et al., 2017, Beaklini et al., 2017].

Dentre as iniciativas para criação de um ambiente de telepresença, destaca-se o projeto de Telessaúde por Holografia da Universidade Federal Fluminense, que proporciona uma experiência imersiva na teleinterconsulta usando a técnica Pepper's Ghost para gerar a sensação de 3D nas imagens, trazendo o consultório remoto completo para perto do médico especialista. O projeto Telessaúde por Holografia conta com um sistema em software desenvolvido sobre a plataforma Linux, que é capaz de estabelecer conexões ponto a ponto privadas, sem passagem de dados por servidores ou pela nuvem, garantindo a segurança dos dados dos pacientes [Fonseca et al., 2018]. O sistema também realiza o controle automático das taxas de codificação, uma vez que foi desenvolvido para dar suporte ao atendimento remoto de populações ribeirinhas da Amazônia, aonde o acesso à Internet é precário. A Figura 5.6 mostra a arquitetura do sistema e um exemplo da imagem holográfica. O sistema foi utilizado para atender centenas de pacientes na Amazônia, em uma parceria entre a UFF e o Exército Brasileiro, e, atualmente, é parte do Núcleo de Telessaúde da UFF, para o teleatendimento da população do Rio de Janeiro, em uma parceria entre a UFF e a Secretaria de Saúde de Niterói.

### **5.3.2.2. Teleatendimento com realidade aumentada e metaverso**

O avanço das tecnologias para criação de metaverso, que são universos online interconectados, com o avanço das técnicas de realidade aumentada, traz uma nova gama de possibilidades de experiências imersivas em tempo real. Essas tecnologias também vem sendo propostas dentro do campo da saúde, considerando questões como a interoperabilidade com configurações clínicas virtuais do mundo real, facilidade de uso das



(a) Equipamentos de baixo custo utilizados no Sistema de Telessaúde Holográfico.



(b) Fotos da visualização da holografia no CSH.

**Figura 5.6. Imagens do Sistema de Telessaúde Holográfico da UFF, no qual os consultórios são chamados de Centro de Saúde Virtual (CSV) e o centro de projeção holográfica, aonde ficam os médicos especialistas, é chamado de Centro de Saúde Holográfico (CSH).**

tecnologias e sua eficiência clínica, questões econômicas, regulamentares e padrões de segurança cibernética [Tan et al., 2022].

Alguns estudos focam na aplicação da Realidade Aumentada na saúde mental. Isso se deve porque a detecção de problemas de saúde mental durante consultas pode ser desafiadora em alguns casos. Essa avaliação psiquiátrica e o tratamento de transtornos depressivos podem ser melhorados usando biomarcadores comportamentais e fisiológicos objetivos.

Ramalho et al desenvolveram uma plataforma de telemedicina psiquiátrica capaz de analisar dois biomarcadores importantes de depressão, a frequência de piscar de olhos

e a variabilidade da frequência cardíaca. O sistema captura em tempo real o fluxo de vídeo da teleconsulta e computa o número de vezes que o paciente piscou. Além disso, o sistema também computa em tempo real a variabilidade da frequência cardíaca por meio de uma técnica chamada de fotopletiografia remota (*remote Photoplethysmography - rPPG*). Essa técnica se baseia nos dados do rosto, que contém um sinal suficientemente rico para medir a frequência cardíaca sob luz ambiente, usando apenas uma câmera digital e processamento de sinal. Os dois biomarcadores são mostrados em tempo real, durante a consulta, para o médico, para que ele possa ter uma melhor avaliação da condição do paciente [Ramalho et al., 2022].

Outros trabalhos citam o uso da realidade virtual e do metaverso em diversas especialidades, com foco nas teleinterconsultas cirúrgicas. O uso de *smart glasses* e óculos de realidade virtual vem sendo cada vez mais discutidos nos atendimentos síncronos em saúde. Além disso, alguns trabalhos chegam a citar o uso de avatares, que são modelos humanos em 3D controlados por um usuário, no atendimento remoto [Palumbo, 2022].

Outro estudo demonstra um protótipo, aonde um profissional de saúde pode dar instruções sobre como lidar com um paciente para outro profissional de saúde. O protótipo é demonstrado com um manequim, como mostrado na Figura 5.7, aonde o profissional remoto é plotado para o profissional local, mostrando como deve ser feito o movimento e deixando marcas virtuais que serão usadas pelo profissional local para repetir o movimento [Dinh et al., 2023].

### 5.3.2.3. Uso de robôs na teleconsulta

A realização de consultas e procedimentos com robôs teleguiados é outra tendência para os próximos anos, em especial no tratamento de doenças contagiosas. Dentro desse contexto, algumas iniciativas surgiram durante a pandemia de COVID-19.

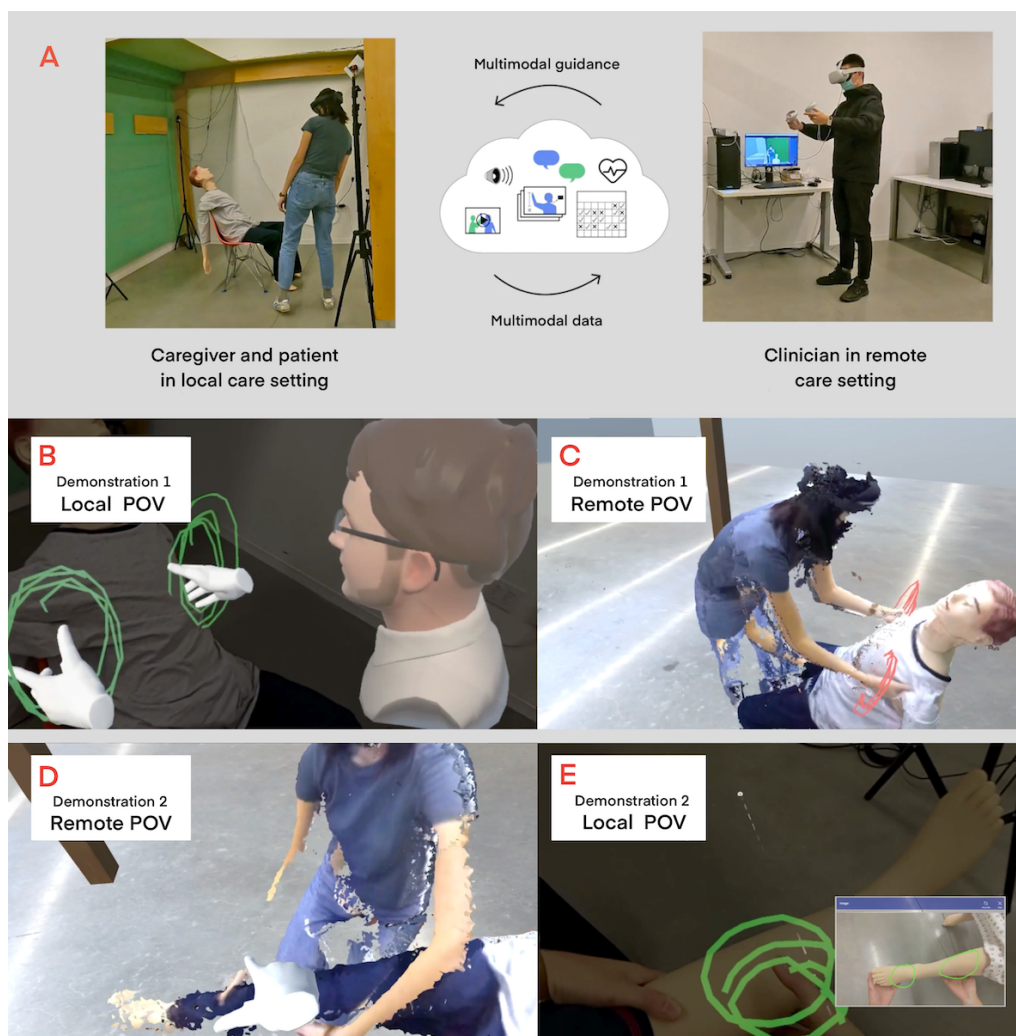
Uma dessas iniciativas foi o desenvolvimento de um robô teleguiado para realizar ultrassonografia de pulmão em 2D [Tsumura et al., 2021], que é um exame que ajuda na detecção rápida da COVID-19. Outra iniciativa foi no uso de robôs para medir sinais vitais, fazer testes laboratoriais, limpar e desinfetar hospitais, entregar medicamentos e comida para pacientes, entre outros, em alas de pacientes com COVID-19. O estudo chega a sugerir o uso de robôs para interações sociais, melhorando o estado do paciente em situações de isolamento [Mastaneh e Mouseli, 2020].

### 5.3.3. Telediagnóstico

O telediagnóstico é uma modalidade de teleatendimento que utiliza tecnologias de informação e comunicação (TIC) para realizar diagnósticos à distância. Essa prática é especialmente importante para melhorar o acesso a serviços médicos especializados em áreas remotas ou com poucos recursos [Conselho Federal de Medicina, 2022]. Além disso, essa modalidade de teleatendimento corrobora no auxílio do diagnóstico precoce, no tratamento de doenças, na redução dos custos da saúde e no aumento da qualidade de vida e satisfação dos pacientes, uma vez que a necessidade de deslocamento se reduz.

Nesse contexto, o telediagnóstico é caracterizado como o diagnóstico realizado a





**Figura 5.7.** Protótipo de sistema de teleinterconsulta utilizando realidade virtual e realidade aumentada. Fonte: [Dinh et al., 2023].

partir de uma separação física entre o médico e o paciente. Ele pressupõe o acesso remoto aos resultados de testes e registros médicos do paciente, eliminando a necessidade de um contato físico real entre as partes durante o exame [Qazi et al., 2019]. Esse procedimento pode ser realizado por meio de diferentes estratégias de comunicação, incluindo discussões por videoconferência e mensagens instantâneas. Nos últimos anos, foram desenvolvidas diversas propostas para aprimorar o telediagnóstico e duas delas merecem destaque:

- **Interpretação de exames médicos:** O telediagnóstico abrange a interpretação de exames médicos, permitindo que médicos e especialistas analisem imagens e resultados de testes à distância. Essa abordagem facilita o acesso a informações diagnósticas cruciais, como radiografias, tomografias e ressonâncias magnéticas, possibilitando uma avaliação minuciosa e precisa.
- **Análise de dados clínicos e tomada de decisão:** Além da interpretação de exames, o telediagnóstico envolve a análise de dados clínicos do paciente, incluindo histórico

médico, resultados de testes laboratoriais e outras informações relevantes. Com base nessas informações, os médicos podem tomar decisões clínicas à distância, prescrever tratamentos adequados e fornecer orientações personalizadas.

O uso dessa modalidade de teleatendimento permite que médicos e especialistas realizem suas atividades de análise e tomada de decisão remotamente, superando barreiras geográficas e temporais. Ao utilizar tecnologias de comunicação, é possível compartilhar resultados de exames e emitir pareceres ou laudos especializados, o que contribui para uma abordagem mais integrada e eficiente à saúde.

A aplicação dos serviços de telediagnóstico tem demonstrado uma série de vantagens significativas, que não apenas impactam positivamente os pacientes, mas também contribuem para a eficiência e eficácia do sistema de saúde como um todo. Algumas das principais vantagens estão descritas a seguir:

1. Acesso ampliado a serviços médicos especializados: O telediagnóstico permite superar barreiras geográficas e melhorar o acesso a serviços médicos especializados, especialmente em áreas remotas e carentes de recursos. Por meio dessa abordagem, pacientes podem receber diagnósticos e orientações de profissionais altamente qualificados, mesmo estando distantes fisicamente;
2. Diagnóstico mais rápido e tratamento oportuno: Através do telediagnóstico, é possível obter diagnósticos mais rápidos e precisos, o que resulta em tratamento oportuno e eficaz. A transmissão de dados clínicos, exames e imagens em tempo real permite uma análise imediata por especialistas, reduzindo o tempo de espera e minimizando a progressão de doenças;
3. Redução de custos e deslocamentos desnecessários: O telediagnóstico elimina a necessidade de deslocamentos frequentes dos pacientes para consultas médicas presenciais. Isso resulta em economia de tempo e recursos financeiros, tanto para os pacientes quanto para o sistema de saúde. Além disso, os custos associados a viagens e estadias hospitalares podem ser reduzidos, contribuindo para a sustentabilidade econômica do sistema de saúde;
4. Melhoria na qualidade de vida dos pacientes: O telediagnóstico oferece conveniência e comodidade aos pacientes, permitindo que recebam cuidados médicos no conforto de seus lares. Isso reduz o estresse e o desconforto associados a deslocamentos e longas esperas em hospitais, proporcionando uma melhor qualidade de vida. Além disso, o acesso facilitado a especialistas possibilita uma abordagem mais abrangente e personalizada, melhorando a experiência do paciente.

Essas vantagens do telediagnóstico têm sido comprovadas em uma série de estudos científicos. Por exemplo, o estudo conduzido por H. Peter Soyer (2020), Vestergaard e Wulf demonstraram uma vantagem significativa do uso de equipamentos digitais no telediagnóstico. Nesse estudo, os pesquisadores avaliaram a precisão da teledermatoscopia digital móvel para o autoexame de pele em adultos com alto risco de câncer de pele. Os participantes utilizaram um dispositivo móvel equipado com um aplicativo de

tele dermatologia para capturar imagens de lesões de pele e enviá-las para análise remota por dermatologistas [Vestergaard e Wulf, 2020]. Os resultados revelaram que a tele dermatoscopia digital móvel apresentou uma alta precisão na detecção de lesões suspeitas de câncer de pele, com uma taxa de concordância significativa entre os diagnósticos realizados pelos dermatologistas presenciais e os dermatologistas remotos. Isso significa que o uso do telediagnóstico, por meio da tele dermatoscopia digital móvel, pode oferecer uma ferramenta eficaz para o autoexame de pele em pacientes de alto risco.

Pagano et al investigaram a colaboração entre enfermeiras e oftalmologistas em um país de renda média, visando expandir o acesso aos cuidados com os olhos [Pagano et al., 2021]. O estudo validou a aquisição de dados de saúde por meio de enfermeiras em uma estratégia de telemedicina. Essa abordagem permitiu que pacientes em áreas rurais tivessem acesso a exames oftalmológicos, mesmo sem a presença física de um oftalmologista. Os resultados mostraram que a parceria entre enfermeiras e oftalmologistas por meio do telediagnóstico foi eficaz na ampliação do alcance dos cuidados com os olhos, proporcionando diagnósticos precoces e intervenções adequadas. Isso demonstra claramente a vantagem do uso do telediagnóstico em áreas rurais, onde o acesso a especialistas é limitado [Pagano et al., 2021].

Outra vantagem é a utilização de tecnologias avançadas, como inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina, que podem aprimorar a interpretação de exames médicos e análise de dados clínicos. O uso de algoritmos e modelos de IA podem aumentar a precisão e rapidez das análises médicas, contribuindo para diagnósticos mais precisos e eficientes.

No entanto, é importante mencionar que o avanço do telediagnóstico também traz desafios a serem superados. Um dos principais é a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada, como conexão estável à Internet e equipamentos de transmissão de dados. Além disso, é essencial garantir a segurança e privacidade das informações transmitidas, protegendo os dados dos pacientes contra possíveis violações na era digital.

Para seguir o procedimento ético padrão, os dados médicos e informações pessoais recebidos dos pacientes são compartilhados de forma voluntária ao profissional de saúde que, infelizmente, podem ser capturadas por meios ilícitos ou por meio de autorizações especiais [Ruaro e Rodriguez, 2017]. Neste contexto, a coleta massiva de informações pessoais ameaça a privacidade dos pacientes, levantando preocupações sobre exposição indesejada e violações de privacidade. Ademais, a segurança cibernética se tornou um desafio constante, exigindo também que as instituições de saúde implementem medidas robustas para proteger dados pessoais contra hackers e violações. Este desafio se estende ao Estado, uma vez que a falta de regulamentação adequada e a inconsistência nas leis de proteção de dados também dificultam a aplicação efetiva das medidas de proteção. Esses desafios destacam a necessidade de abordagens atualizadas e abrangentes para garantir a confidencialidade das informações transmitidas e proteger adequadamente os dados pessoais.

### 5.3.3.1. Desafios na transmissão de dados de grande volume

Um dos grandes desafios do telediagnóstico para alguns exames de imagem é a dificuldade de envio de grandes volumes de dados pela Internet. Esse problema se observa, por exemplo, na realização de teleultrassom.

O monitoramento por teleultrassom vem sendo utilizado para monitoramento de pulmão, tireóide e fígado, no qual os vídeos de ultrassom adquiridos de forma assíncrona seguindo o protocolo de varredura de volume são enviados pela rede. Nessa técnica, uma das principais limitações é a baixa largura de banda nas localidades aonde as imagens são coletadas. Para reduzir esse problema, Romero et al propuseram uma técnica de reconstrução que permite que, a partir do envio de uma única imagem que inclua todas as informações da aquisição por meio da reconstrução panorâmica do vídeo ultrasonográfico, possa se recuperar os dados necessários para a análise remota. Para essa técnica, utiliza-se um fantoma de ultrassom com o *scanner* de ultrassom disponível comercialmente com um transdutor linear em diferentes profundidades de aquisição. A reconstrução da imagem no destino é um processo em três fases, que incluem a detecção do momento de aquisição, por meio de fluxo óptico; o processamento de imagem para seleção da região de interesse e ajuste de intensidade; e a reconstrução panorâmica determinando o deslocamento entre quadros. A técnica é mais bem sucedida para imagens mais profundas e de maior contraste [Romero et al., 2023].

### 5.3.3.2. Aplicação de novas tecnologias no telediagnóstico

A aplicação de aprendizado de máquina no suporte ao telediagnóstico tem sido um ponto forte nas pesquisas recentes. O potencial transformador dessa ferramenta no telediagnóstico é significativo. A Figura 5.8 mostra como o aprendizado de máquina, ao ser implementado em plataformas de telediagnóstico, pode oferecer suporte aos profissionais de saúde em diferentes cenários. Primeiramente, essa ferramenta pode ser utilizada para uma reavaliação de laudos de exames prévios, aumentando a confiabilidade dos diagnósticos. Isso é particularmente útil em situações em que o acesso a especialistas é limitado, permitindo que médicos generalistas ou especialistas em outras áreas tenham uma segunda opinião automatizada e precisa.

A implementação dessas ferramentas no telediagnóstico também pode levar a uma maior eficiência nos serviços de saúde do SUS, especialmente em regiões com recursos limitados. Isso contribui para democratizar o acesso a diagnósticos mais precisos e melhorar a qualidade dos serviços de saúde em geral.

Entre os exemplos da aplicação de aprendizado de máquina para o telediagnóstico, tem-se o trabalho de De Souza Filho et al, que propõe uma ferramenta baseada em algoritmos de Aprendizado de Máquina para distinguir mapas polares de perfusão miocárdica normais de mapas anormais em imagens de SPECT (Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único - *Single-Photon Emission Computed Tomography*) do miocárdio [de Souza Filho et al., 2021]. O estudo implementou com sucesso quatro algoritmos de aprendizado de máquina - *Random Forest* (RF), *Gradient Boosting* (GB), *XGBoost* (XGB) e *AdaBoost* (AB), para realizar a tarefa de classificação dos mapas polares. Fo-



**Figura 5.8. Fluxograma de algoritmos de aprendizado de máquina para auxiliar decisões médicas.**

ram utilizados 10 atributos diferentes, extraídos por meio de um processo de fatiamento de imagem e utilizando a técnica de validação cruzada para avaliar o desempenho dos algoritmos. O resultado dessa pesquisa indica que a ferramenta desenvolvida utilizando algoritmos de aprendizado de máquina foi capaz de distinguir com sucesso mapas polares de perfusão miocárdica normais e anormais. Além disso, o estudo também aponta que o algoritmo *Random Forest* obteve o melhor desempenho, medido pelo indicador AUC (Área Sob a Curva ROC - *Area Under the ROC Curve*).

Özbilgin et al utilizaram técnicas de aprendizado de máquina para desenvolver em telediagnóstico previsão de doença arterial coronariana a partir da análise de íris. A doença arterial coronariana (*Coronary Artery Disease - DAC*) ocorre quando os vasos coronários se endurecem e se estreitam, limitando o fluxo sanguíneo para os músculos cardíacos e tem uma alta taxa de mortalidade. Portanto, o diagnóstico precoce da DAC pode prevenir a progressão da doença e facilitar o tratamento. Os autores desenvolveram um modelo usando transformada de wavelet, análise estatística de primeira ordem, uma matriz de co-ocorrência de nível de cinza, uma matriz de extensão de execução de nível de cinza e *Support Vector Machine (SVM)*, que usa imagens da íris para diagnosticar a DAC. O modelo apresentou uma taxa de precisão de 93% para prever DAC, mostrando que essa modalidade de telediagnóstico consegue diagnosticar preliminarmente a doença arterial coronariana sem a necessidade de eletrocardiografia, ecocardiografia e testes de esforço. Pela facilidade de obtenção das imagens e de aplicação do modelo online, a técnica é facilmente aplicável em sistemas integrados de telemedicina [Özbilgin et al., 2023].

### 5.3.4. Propostas para Telemonitoramento

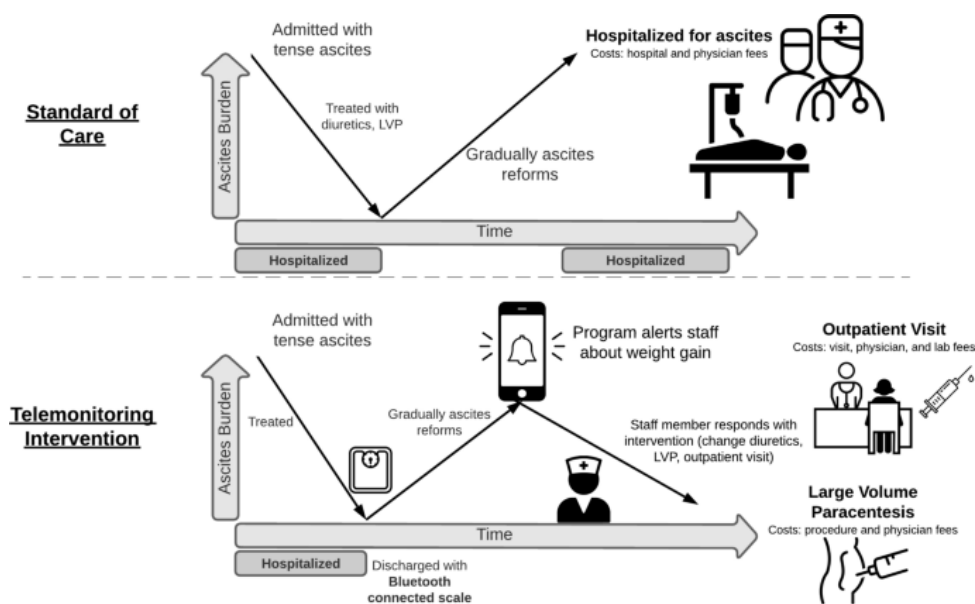
O telemonitoramento, também conhecido como monitoramento remoto do paciente, é um serviço de saúde baseado em tecnologia que permite aos profissionais de saúde monitorar e gerenciar remotamente as condições de saúde dos pacientes usando vários dispositivos, sensores e ferramentas de comunicação [Scalvini et al., 2004, Latifi et al., 2020, Choudhury et al., 2022]. O telemonitoramento tornou-se uma abordagem cada vez mais popular para a prestação de cuidados de saúde, especialmente durante a pandemia do COVID-19, pois permite que os pacientes recebam atendimento no conforto de suas próprias casas, reduzindo o risco de exposição ao vírus. O monitoramento contínuo da saúde do paciente oferece um melhor conhecimento de sua condição e permite um melhor fluxo de informações para supervisão, tratamento e recuperação [Soto et al., 2022b, Ferreira et al., 2018, Santos et al., 2020a].

Uma proposta de telemonitoramento para cuidados de saúde envolve a implementação de um sistema de monitoramento remoto de pacientes que permita aos profissionais de saúde monitorar os sinais vitais dos pacientes, como pressão arterial, frequência cardíaca e níveis de oxigênio, em tempo real [Darkins et al., 2008, Fahmy, 2020]. Usualmente, programas de telemonitoramento visam pacientes com condições crônicas, como hipertensão, insuficiência cardíaca e diabetes, que requerem monitoramento regular de seus sinais vitais, ou pacientes internados em hospitais [Debnath et al., 2023]. O programa deve usar dispositivos aprovados pelas autoridades, que sejam confiáveis, precisos e fáceis de usar. Esses dispositivos podem incluir monitores de pressão arterial, oxímetros de pulso, glicosímetros, etc [Scalvini et al., 2004].

Existem ainda sistemas de telemonitoramento que são baseados em entradas dos pacientes em aplicativos de celular. Por exemplo, os aplicativos para acompanhamento de mulheres com gravidez de risco, desenvolvidos por Cuervas et al [Robles Cuevas et al., 2022]. Nesse sistema, existe um aplicativo para as grávidas, no qual elas podem entrar com sintomas que estão sentindo, e um aplicativo para profissionais de saúde, no qual se observa dados históricos e alarmes gerados automaticamente sobre as condições relatadas pelas gestantes.

Outros sistemas interagem com equipamentos na casa do paciente. Por exemplo, o sistema para telemonitoramento do avanço de ascite cirrótica, proposto por Bloom et al, permite telemonitorar a ascite pelo peso do paciente. Nesse caso, o sistema coleta automaticamente os valores obtidos por balanças inteligentes na casa do usuário. A análise do sistema, mostrado na Figura 5.9, identificou que, com o sistema, pode-se reduzir o custo do tratamento para 100 pacientes com ascite cirrótica, em um período de 6 meses, em U\$167.500,00 [Bloom et al., 2022].

Quando o telemonitoramento é feito fora de ambientes hospitalares, os pacientes devem receber treinamento e suporte para garantir que se sintam confortáveis usando os dispositivos e ferramentas de comunicação. Isso pode incluir vídeos instrutivos, manuais do usuário e suporte técnico. O programa deve ter um sistema para monitorar os sinais vitais dos pacientes em tempo real e gerar alertas se alguma leitura estiver fora dos intervalos normais. Os profissionais de saúde devem poder acessar essas informações por meio de um portal da Web seguro ou aplicativo móvel [Choudhury et al., 2022].



**Figura 5.9. Sistema para detecção precoce de ascite cirrótica, por meio de um aplicativo no telefone celular e balanças inteligentes na casa dos pacientes.**  
 Fonte: [Bloom et al., 2022].

Uma referência para uma proposta bem-sucedida de telemonitoramento é um estudo realizado pelo sistema de saúde *Veterans Affairs* (VA) nos Estados Unidos [Darkins et al., 2008]. O estudo mostrou que o telemonitoramento melhorou os resultados dos pacientes, reduziu as hospitalizações e reduziu os custos de saúde para pacientes com condições crônicas, como hipertensão, insuficiência cardíaca e diabetes. O programa de telemonitoramento do VA incluiu o uso de dispositivos de monitoramento doméstico, mensagens seguras e visitas virtuais com profissionais de saúde. O programa resultou em uma redução de 19% nas hospitalizações e uma redução de 25% nos leitos de cuidados, levando a uma economia de custos de US\$ 1.600 por paciente por ano. A proposta envolve o processo de encaminhamento, seleção de pacientes, dispositivos de monitoramento, ferramentas de comunicação, coordenação de cuidados e cuidados de acompanhamento [Darkins et al., 2008, Fahmy, 2020]. Esses conceitos são cruciais para garantir que os pacientes recebam os cuidados e suporte adequados ao usar os serviços de monitoramento remoto.

#### 5.3.4.1. Novas tecnologias aplicadas ao telemonitoramento

Dispositivos portáteis de saúde estão entre os de crescimento mais rápido no mercado da Internet das Coisas (IoT). Com o avanço da IoT, esses dispositivos móveis ganharam impulso no domínio das aplicações digitais biomédicas e de saúde, levando a aplicações de saúde de nova geração. A seguir, são apresentadas algumas soluções tecnológicas disruptivas em telemonitoramento.

#### **Telemonitoramento de pacientes com diabetes utilizando aprendizado de máquina**

O acompanhamento da diabetes por telemonitoramento é um foco de pesquisa

da última década. Nos últimos 5 anos, surgiram projetos de nova geração que suportam sensores (implantados ou vestíveis, dependendo do projeto) com transmissão automática dos dados por Wi-Fi ou *Bluetooth* e interpretação remota dos dados dos pacientes para acompanhamento e intervenções preventivas. Vários desses projetos usam aprendizado de máquina para realizar ações automáticas, como ajuste do nível de glicemia à atividade do paciente, usando softwares como o Diabeo<sup>TM</sup> [Charpentier et al., 2011], e prever risco de descompensação do diabetes, com softwares como o MyPred<sup>TM</sup> [Andrès et al., 2018]. Um dado interessante é que, no tratamento do diabetes, os dispositivos implantáveis de telemonitoramento para múltiplos parâmetros já se provaram como uma abordagem eficaz [Andrès et al., 2019].

### **Acompanhamento remoto de idosos para detecção de quedas**

Existem várias abordagens para monitorar a atividade humana que podem ser empregadas para detectar quando ocorreu um evento de queda. Os sistemas de detecção de eventos baseados no monitoramento de atividades foram desenvolvidos usando diferentes técnicas de detecção [Colón et al., 2014]. Nesse sentido, alguns sistemas usam sensores de *smartphones* como acelerômetros, giroscópios e magnetômetros ou sensores vestíveis para detectar quando a queda aconteceu [Colón et al., 2014], enquanto que outros sistemas são baseados na detecção automática com imagens de câmeras [Cardenas et al., 2020].

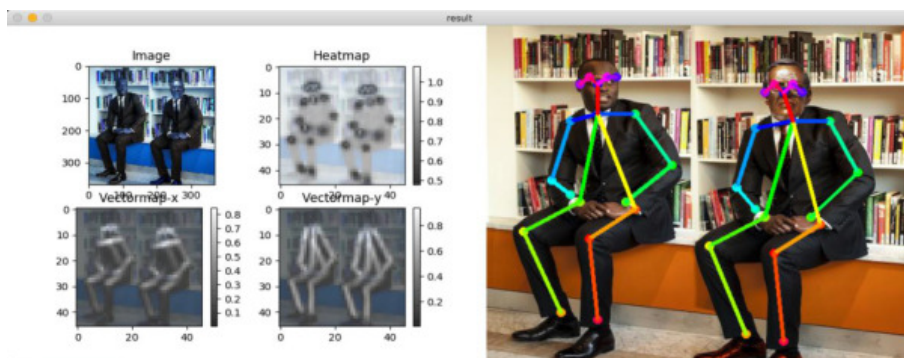
Sistemas de detecção de queda vem ganhando importância para o suporte no acompanhamento de idosos. De fato, grandes melhorias na expectativa de vida têm sido a tendência predominante para os países desenvolvidos e de alta renda ao longo dos séculos XX e XXI [Ho e Hendi, 2018]. O aumento global da expectativa de vida humana criou a necessidade de tecnologia de saúde e monitoramento remoto adequado para idosos e um dos maiores problemas de saúde dos idosos são as quedas que ocorrem em casa durante as Atividades da Vida Diária (AVD) [Cardenas et al., 2020]. Mesmo em asilos, com atendimento contínuo, a incidência de quedas é estimada em 13,1% [Quigley et al., 2012]. Em ambos os casos, o tempo até a detecção da queda e o socorro do idoso por responsáveis é determinante para controlar as consequências do acidente e, algumas vezes, para evitar até o falecimento do idoso.

As abordagens baseadas em celulares ou sensores vestíveis costumam ser de implantação desafiadora com idosos, porque eles esquecem de portar o sensor a todo o tempo e usualmente tem dificuldades para lidar e aceitar novas tecnologias. Os sistemas baseados em vídeo acabam sendo uma solução mais simples para ambientes fechados e controlados. Contudo, esses sistemas baseados em vídeo têm limitações na detecção de quedas devido a mudanças no fundo da imagem, objetos de fundo, iluminação e movimento da câmera [Mehta et al., 2021]. Algumas abordagens não funcionam em ambientes pouco iluminados, por exemplo, quando o idoso está no quarto à noite e precisa se levantar para ir ao banheiro ou tomar remédios. Outro problema relevante é que muitos desses algoritmos não são adequados para detectar quedas usando câmeras infravermelhas, podendo não funcionar em ambientes escuros [Hernandez et al., 2014].

Xu et al desenvolveram uma CNN para detecção de queda através da formação de um mapa 2D do corpo ósseo do sujeito identificado nas gravações de câmeras RGB. Eles usaram OPENPOSE para converter a imagem na imagem do esqueleto correspondente. Em seguida, usando aprendizado de transferência, o conjunto de dados foi usado para



treinar um novo modelo de detecção de queda [Xu et al., 2020]. A partir da imagem colorida, o OPENPOSE pode usar o modelo MobileNet para obter a imagem do esqueleto 2D, conforme mostrado na Figura 5.10.



**Figura 5.10. Imagem em tons de cinza, mapa de calor, mapa ósseo obtido a partir da imagem HD. Fonte: [Xu et al., 2020]**

Mehta et al propuseram o 3D *Convolutional Autoencoder* (3DCAE) para detecção de eventos anormais aplicado à detecção de quedas. A estrutura proposta com aprendizagem adversária generativa usa movimento e definição de região de interesse para detectar quedas com imagens térmicas. O modelo consiste em uma rede de dois canais, com um canal aprendendo explicitamente o movimento na forma de um fluxo óptico, enquanto o outro recebe quadros de vídeo brutos como entrada. A abordagem pode lidar com situações em que uma pessoa pode não estar presente em um quadro, reduzindo a taxa de falsos positivos [Mehta et al., 2021]. A Figura 5.11 mostra que o sistema proposto por Mehta et al para detecção de quedas com câmeras termais reconhece a região da imagem onde a pessoa está presente e o contorno desta pessoa para cada *frame* da câmera termal.

Santos et al estenderam o 3DCAE para ser utilizado com câmeras RGB e infravermelho, visando o uso do sistema em asilos [Santos et al., 2022]. Nesse modelo, Santos et al propõem e avaliam um modelo de pré-processamento para melhorar a detecção pelo algoritmo de redes neurais. Diferente de outras propostas da literatura, o modelo detecta quedas em ambientes com alta iluminação com câmeras RGB ou mesmo sem iluminação com câmeras com IR. Assim, o sistema utiliza estrategicamente as câmeras domésticas em áreas onde os idosos com mobilidade reduzida apresentam maior risco de queda. Este sistema ajuda a aumentar a independência e, conseqüentemente, a auto-estima do usuário.

### **Telemonitoramento com Wi-Fi**

Técnicas não invasivas e ubíquas para o monitoramento de pessoas são de grande interesse, já que podem promover a saúde sem causar desconfortos. Entre essas tecnologias que visam esse fim, destaca-se a iniciativa recente do uso de *Channel State Information* (CSI) de redes *Wi-Fi* para monitorar pacientes remotamente, podendo fornecer meios para obter um poderoso pacote de informações médicas de forma não invasiva e com baixo custo [Soto et al., 2022b].

O sinal CSI representa a resposta em frequência do canal (*Channel Frequency Response* - CFR) para cada subportadora entre os pares de antenas de transmissão e recepção [Soto et al., 2022a]. O CSI pode capturar as interferências que o corpo humano



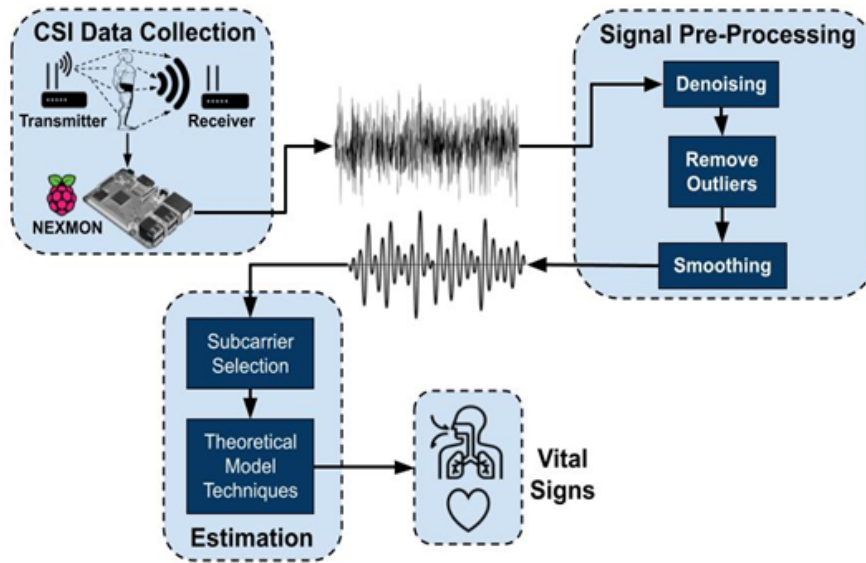
**Figura 5.11. Tratamento das imagens para detecção de quedas com câmeras termais usando o 3DCAE. Fonte: [Mehta et al., 2021].**

causa no sinal eletromagnético nos domínios do tempo e da frequência e em domínios espaciais. Essas informações podem ser usadas para diferentes aplicações, como a detecção da presença humana, detecção de movimentos, identificação humana, detecção de queda, reconhecimento de gestos, localização humana e monitoramento de sinais vitais e das condições de saúde [Soto et al., 2022b, Soto et al., 2022a]. Para monitoramento das condições de saúde, as subportadoras do OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) são usadas como vários sensores para detectar a mudança física de uma pessoa. Uma análise de forma de onda CSI permite detectar atividades mínimas do corpo humano, como a respiração, os batimentos cardíacos, dentre outros.

Soto et al, em uma pesquisa nacional desenvolvida no Laboratório MídiaCom da Universidade Federal Fluminense, estão desenvolvendo um sistema baseado em CSI para detecção de sinais vitais de pessoas em ambientes fechados. Utilizando um Raspberry Pi e dois equipamentos de uso comum com Wi-Fi, como um ponto de acesso e um computador, conforme mostrado na Figura 5.12(a), os pesquisadores conseguiram obter taxas precisas para batimento cardíaco e taxa respiratória em experimentos realizados no ambiente mostrado nas Figuras 5.12(b) e 5.12(c). A tecnologia, por sua simplicidade, baixo custo e resultados no monitoramento de saúde não invasivo, tem grandes potenciais para a criação de ferramentas de telemonitoramento, sendo um alvo interessante para pesquisas nos próximos anos.

### **Telemonitoramento com sensores implantados**

Sensores implantados também vêm sendo alvos de pesquisas em telemonitoramento. Por exemplo, durante a pandemia, foram iniciados alguns estudos com sensores implantados conectados em rede para facilitar a identificação precoce de casos de COVID-



(a) Arquitetura empregada nos testes do CSI.



(b) Ambiente de testes.



(c) Execução dos testes.

**Figura 5.12. Projeto CSI UFF, para detecção de sinais vitais de forma não invasiva, utilizando equipamentos de uso diário com Wi-Fi.**

19 [Bai et al., 2020]. Um exemplo bem-sucedido aconteceu em Hong Kong, onde os sensores remotos conectados à Internet foram incorporados no braço dos indivíduos, examinando sinais vitais e níveis de oxigênio no sangue e enviando-os para uma plataforma digital para monitoramento e análise em tempo real<sup>12</sup>. Pesquisadores da Universidade de Hong Kong (HKU) e uma start-up de tecnologia de saúde com sede em Boston uniram forças para iniciar um programa para rastrear os indicadores de saúde de 50 pacientes e

<sup>12</sup><https://opengovasia.com/hk-researchers-and-us-tech-start-up-partner-to-help-solve-covid-19-virus/>

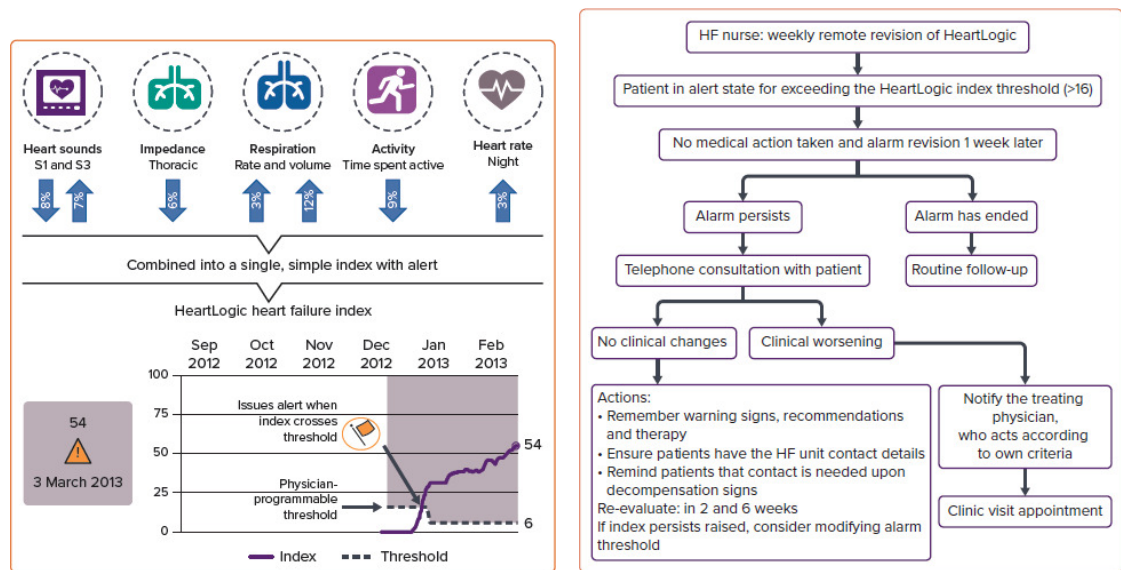
150 pessoas sob ordens de quarentena. Os participantes voluntários usaram um dispositivo com sensores implantados na parte superior do braço 24 horas por dia, por meio do qual dados como temperatura corporal, frequência respiratória, nível de oxigênio no sangue e frequência cardíaca foram enviados a uma plataforma digital para monitoramento em tempo real e análise.



**Figura 5.13. Monitoramento remoto digital para diagnósticos médicos. Fonte: [Letchumanan et al., 2020].**

Outro exemplo é relacionado à detecção de diversas doenças usando biossensores. Letchumanan et al. utilizaram biossensores de ouro nano-híbridos por serem altamente sensíveis e seletivos na detecção de biomacromoléculas clínicas circulantes. A integração desses biossensores, vide a Figura 5.13, com tecnologias de comunicação digital possibilitou o monitoramento remoto dessas biomacromoléculas, permitindo um acompanhamento contínuo e não invasivo da condição de saúde do paciente. Para esta aplicação, a nanotecnologia cumpre um importante papel, servindo de interface para os receptores de sinais biológicos. Segundo os autores desse estudo, a aplicação de telediagnóstico com dispositivos não invasivos e automatizados é capaz de monitorar uma variedade de doenças comuns, como hipertensão, diabetes, Parkinson e outras doenças neurológicas sem a necessidade de ações intensas por parte do paciente [Letchumanan et al., 2020].

López-Azor et al desenvolveram um sistema para monitoramento precoce de insuficiência cardíaca. Esse problema é melhor detectado por meio de múltiplas variáveis medidas em dispositivos cardíacos. Para tanto, propôs-se o uso do algoritmo *HeartLogic* implementado em alguns desfibriladores cardíacos, os quais são sensores/atuadores implantáveis. Com esse sistema de telemonitoramento, são monitorados a frequência cardíaca noturna, os movimentos respiratórios, a impedância torácica, a atividade física e a intensidade dos batimentos cardíacos. O algoritmo *HeartLogic* funciona como mostrado na Figura 5.14(a), onde diversas medidas são combinadas em um índice. As informações do algoritmo *HeartLogic* são transmitidas por meio de um comunicador ao sistema Latitude NXT, que é uma plataforma virtual de monitoramento remoto que pode ser acessada pela equipe médica para estratificação de pacientes de acordo com o risco de descompensação cardíaca. Nesse sistema, um paciente só estará ciente de um status de alerta do *HeartLogic* se for contatado diretamente por seu profissional de saúde. A lógica utilizada pelos profissionais é apresentada na Figura 5.14(b), a qual é chamada de *RE-HEART Registry Follow-Up Protocol* [López-Azor et al., 2022].



(a) Funcionamento do algoritmo HeartLogic.

(b) Funcionamento do protocolo *RE-HEART Registry Follow-Up*.

**Figura 5.14. Proposta de sistema de telemonitoramento com sensores implantados para detecção precoce de insuficiência cardíaca. Fonte: [López-Azor et al., 2022]**

### Telemonitoramento com sensores vestíveis

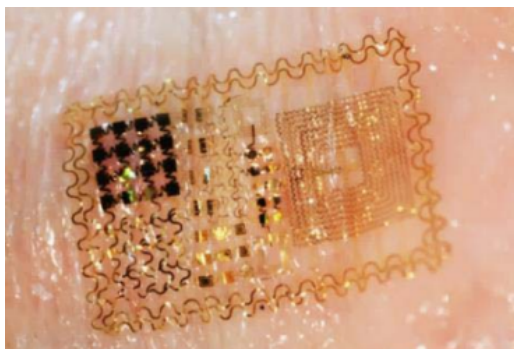
O uso de sensores vestíveis está cada vez mais popular em sistemas de telemonitoramento. Esses tipos de sensores são não invasivos e se enquadram em duas principais categorias: peles eletrônicas (e-skins), que são adesivos que aderem à superfície corporal, como mostrado na Figura 5.15(a); e dispositivos baseados em roupas ou acessórios onde a proximidade é suficiente, como mostrado na Figura 5.15(b). Esses dispositivos devem ser leves e de eletrônica flexível.

Esses tipos de sensores vem sendo utilizados para monitoramento de doença de Parkinson [Caballol et al., 2023], para detecção de ataques cardíacos [Amati et al., 2022] e reabilitação pós ataque cardíaco [Boukhenoufa et al., 2022], entre outros [Rodgers et al., 2015].

### Telemonitoramento para o controle de avanço de doenças em cidades com sensores inteligentes

A tecnologia tem ajudado a indústria médica a rastrear e tratar vírus. Entre os exemplos mais recentes está o rastreamento da gripe. Em 2018, os EUA experimentaram uma temporada de gripe particularmente grave. Durante esse período, os dados agregados do usuário coletados por meio dos termômetros conectados inteligentes da Kinsa indicaram picos de doenças em todo o país [Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS), 2020].

Outras pesquisas indicam que sensores em *smartphones* podem permitir o monitoramento em tempo real de doenças infecciosas nos níveis populacional e doméstico. O



(a) Adesivo sensor para aplicação na pele, com capacidade de comunicação por WBAN. Fonte: [Rodgers et al., 2015]  
 (b) Camisa com sensores para monitoramento de sinais vitais. Fonte: [Bedi, 2018]

**Figura 5.15. Exemplos de sensores vestíveis.**

estudo em [Miller et al., 2018] avalia o uso de dados de “termômetros inteligentes” disponíveis comercialmente, conectados a um aplicativo de celular, para vigilância de doenças semelhantes à influenza. Em nível populacional, foi analisada a correlação entre as gravações do termômetro e a atividade da influenza relatada pelos Centros de Controle e Prevenção de Doenças e por faixa etária e região. Foram desenvolvidos modelos de séries temporais para prever a atividade da influenza em tempo real e com até 3 semanas de antecedência.

Ainda no contexto de monitoração da população, os drones podem desempenhar um papel importante no gerenciamento de doenças, devido às suas diversas aplicações. Durante a pandemia de COVID-19, alguns países usaram drones para identificar pacientes e pessoas com situações e comportamentos de alto risco em grandes grupos populacionais [Mastaneh e Mouseli, 2020]. Essas ferramentas podem monitorar a temperatura das pessoas, frequência cardíaca e respiratória usando sensores, câmeras de alta resolução e sistemas de computação. Eles também exibem as atividades das pessoas, como espirros e tosse, o que ajuda a detectar casos suspeitos [Ruiz Estrada, 2020]. Outra aplicação dos drones é para serviços logísticos [Mastaneh e Mouseli, 2020]. Devido à necessidade de distanciamento social, água e comida, remédios, amostras de laboratório de pacientes e outros itens essenciais são transportados rapidamente por drones. Os drones também estão sendo usados para amplas operações de desinfecção aérea [Restás et al., 2021]. Esta técnica pode ser considerada para limpeza de superfície de áreas maiores.

O trabalho [Restás et al., 2021] estuda o efeito de três parâmetros relacionados ao drone, a vazão do líquido desinfetante pulverizado, a velocidade de voo e a altitude de voo durante a missão, na eficácia da operação de desinfecção. O uso adaptado de drones agrícolas também podem ser uma boa alternativa para desinfecção durante uma pandemia. Além de desinfetar locais e transportar materiais, os drones também podem ser utilizados para conscientização da população com relação aos conselhos de saúde para pessoas com comportamentos de alto risco, bem como os anúncios do governo durante a

quarentena [Mastaneh e Mouseli, 2020].

### **Telemonitoramento com redes sociais**

Depressão, cognição prejudicada, falta de sono são exemplos de problemas e sintomas que podem ser monitorados por meio do uso de tecnologias não invasivas [Salman et al., 2021]. O artigo [Besaleva e Weaver, 2016] discutiu as vantagens do uso de aplicativos de mídia social em sistemas de saúde. Os autores descobriram que os aplicativos de mídia social são muito benéficos para os sistemas de saúde. Essa constatação pode ser justificada pelo fato de tais aplicativos conterem uma enorme quantidade de informações úteis que estão sempre disponíveis online e facilmente acessíveis. Os sites de mídia social podem fornecer conhecimento detalhado sobre os usuários (por exemplo, o Facebook sabe sua idade, status de relacionamento, cargo, preferências musicais e assim por diante), incluindo informações sobre saúde.

Outros exemplos de tecnologias da Web 2.0 podem ser encontrados nas áreas de saúde e bem-estar social. Sites que fornecem experiências e conselhos em primeira pessoa tornam mais fácil para pacientes se abrirem sobre suas condições e pedirem ajuda. Por exemplo, o site PatientsLikeMe<sup>13</sup> fornece um fórum para que as pessoas compartilhem com segurança tratamentos, sintomas e experiências com seus colegas. Além disso, existem muitas redes sociais para pacientes ou amigos e familiares. Eles são úteis para conectar pessoas que precisam de apoio para lidar com o luto ou para compartilhar suas histórias. A importância dessas redes sociais comunitárias foi reconhecida por várias autoridades, incluindo a Cruz Vermelha [Besaleva e Weaver, 2016].

#### **5.3.5. Propostas para Telerreabilitação**

A telerreabilitação é uma modalidade de tratamento que consiste em utilizar tecnologias de informação e comunicação para realizar o acompanhamento e tratamento de pacientes em recuperação de lesões, cirurgias ou doenças crônicas.

Durante a pandemia por Sars-Cov-2, o distanciamento social passou a ser uma necessidade, mudando a forma do manejo de pacientes, passando a implementar estratégias para que a comunidade não ficasse desassistida de atendimento [Bitar e Alismail, 2021]. Esse fato acabou catalisando processos que podem facilitar o acompanhamento e reabilitação de pacientes em seu ambiente domiciliar, sem que seja necessário o cansativo deslocamento destes pacientes em um movimento pendular de casa para a clínica e da clínica para casa várias vezes por semana [Santos et al., 2020b].

Opções de telerreabilitação podem auxiliar muito os pacientes que nesse período tiveram que se adaptar a não poderem sair de casa, ou mesmo que têm limitações, sejam elas físicas ou mesmo socioeconômicas. Esta adaptação é uma estratégia que tende a ser bem aceita pelos usuários com relevante tendência a mudar o cenário de tratamento e de monitoramento de pacientes com doenças crônicas não transmissíveis [Bitar e Alismail, 2021]. O tratamento com esses pacientes tem um impacto positivo, pois o paciente se sente acolhido pela instituição, e sem a reabilitação, a grande maioria dos pacientes está fadada à inatividade, fator esse que interfere de forma impactante na retomada das atividades de vida diárias (AVDs), muitas vezes desprovidos de orientação profissional mais

<sup>13</sup>[www.patientslikeme.com](http://www.patientslikeme.com)

técnica [Seron et al., 2021].

O teleatendimento dentro do processo da reabilitação cardiovascular (RCV) e pulmonar pode ser considerado como um tratamento com efetividade fundamentada em evidências científicas, e indicada a pacientes com disfunções cardiorrespiratórias e metabólicas crônicas no cenário das doenças cardiovasculares (DCVs) e das doenças respiratórias crônicas [Santos et al., 2020b, Omboni et al., 2022]. Os objetivos principais dos programas de telessaúde no âmbito da RCV são, *(i)* melhorar a performance física e psíquica do indivíduo, *(ii)* estimular o autocontrole da enfermidade, e *(iii)* promover o engajamento às mudanças do estilo de vida [Omboni et al., 2022].

Os programas de atendimento por telessaúde, ou telerreabilitação, podem ser considerados como intervenções que incluem a avaliação, a terapia por treinamento com exercícios individualizados, e o autocuidado, através de aconselhamento e educação sobre sua condição funcional [Seron et al., 2021]. O principal componente dessa intervenção é a terapia por treinamento muscular, que por sua vez leva à melhora dos sintomas cardiorrespiratórios tais como a dispneia, a fadiga, a intolerância ao exercício, e consequentemente melhora da qualidade de vida [Miller et al., 2021].

Programas de 8 a 12 semanas de telerreabilitação podem promover benefícios e, todavia, há necessidade de sustentar esse ganho, que pode ser perdido meses após o término do programa. A manutenção dos benefícios desses programas tem sido foco de pesquisa entre investigadores, com o intuito de completar ou mesmo suprir as intervenções convencionais de RCV realizadas em ambulatorios, centros de reabilitação, que por sua vez estão restritas ao acesso a apenas uma pequena parcela da população estimada em aproximadamente 5% [Seron et al., 2021]. O percentual de evasão do tratamento é de 50% e uma taxa de abandono que chega a 32% [Lalonde, 2012]. Dentre os motivos que contribuem para a recusa ou a redução da participação dos pacientes nos programas de tratamento e reabilitação estão: *(i)* a alteração da rotina diária para poder participar, *(ii)* as péssimas condições de transporte urbano, e *(iii)* o horário específico das sessões e *(iv)* os limites funcionais originados pela própria enfermidade, assim como pelas comorbidades associadas. O aumento da incapacidade funcional decorrente da doença e o medo de dispneia intensa interferem também negativamente na participação em programas de RCV [Seron et al., 2021, Lau e McAlister, 2021].

Dentre os principais fatores que contribuem positivamente para a adesão ao tratamento, conforme a opinião dos pacientes que participaram de modelos de programas de telerreabilitação, destacam-se: *(i)* os componentes educacionais de monitoramento e de avaliações clínicas seriadas, *(ii)* a facilidade no uso dos equipamentos, *(iii)* a segurança em ser monitorado regularmente e *(iv)* o conforto por estar envolvido no gerenciamento de sua própria condição de saúde.

Uma diretriz americana de prática clínica com treinamento na insuficiência cardíaca (IC), abordou a adesão dos pacientes a intervenções baseadas em exercícios. Os autores relatam que existem poucas evidências de intervenções para melhorar a adesão, devido a uma ampla variedade de intervenções e medidas, a maioria das quais são baseadas em auto relato. A falta de uma mensuração objetiva impediu que a diretriz descrevesse ações importantes sobre esse tópico e, portanto, ponderam que os profissionais devem considerar estratégias para melhorar a adesão ao prescrever os principais exercí-



cios para a reabilitação dos pacientes com IC [Shoemaker et al., 2020]. Há, portanto, uma necessidade de desenvolver novas estratégias de tratamento mais acessíveis e disponíveis para a população de pacientes com DCRs [Williams et al., 2018].

Em parceria com a Clínica Coração Valente da UFF, foi desenvolvido um aplicativo mobile e uma interface web, com a finalidade de agendar os exercícios domiciliares para lembrar os pacientes de realizá-los no horário prescrito, bem como coletar os dados da realização ou não dos exercícios [Seixas et al., 2021]. O sistema permite ao profissional da saúde a prescrição de exercícios, e o agendamento de notificação para realização do exercício. O paciente, então, após receber a notificação, confirma pelo aplicativo a realização do exercício no horário determinado. O profissional da saúde pode acompanhar a realização, ou não, do exercício cardio-respiratório através da confirmação do paciente e do registro dos efeitos após a realização da atividade.

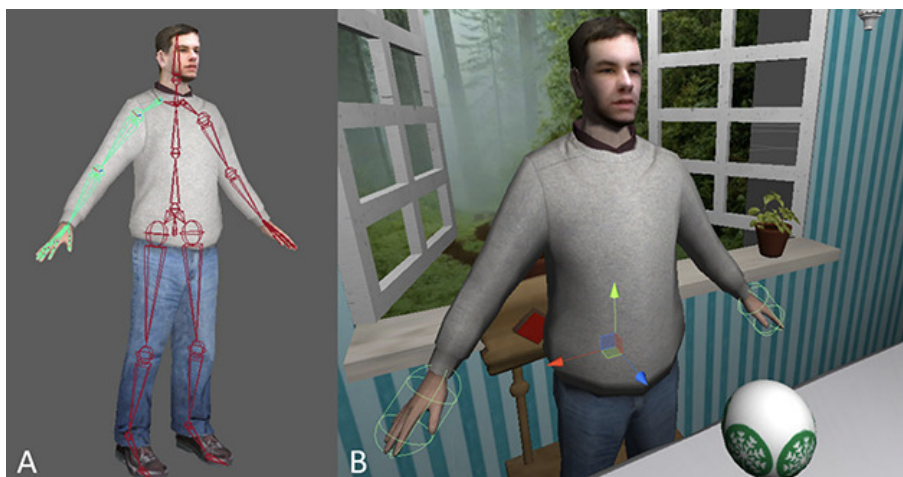
As tecnologias relacionadas ao atendimento por telessaúde e telerreabilitação também têm sido aplicadas na área da quimioterapia. O câncer pediátrico é a doença crônica que apresenta a maior taxa de mortalidade na faixa etária entre 0 e 19 anos. Durante muitos anos, a terapia antineoplásica intravenosa foi a única opção disponível, e os serviços de saúde foram estruturados de acordo com esse modelo de tratamento [Mesquita et al., 2018]. A quimioterapia antineoplásica é definida principalmente como o uso de substâncias químicas isoladas ou em combinação que interferem diretamente no processo de crescimento e divisão celular, com o objetivo de tratar neoplasias malignas [Bonassa e Gato, 2012]. No entanto, seu uso pode causar uma série de efeitos adversos e toxicidades, pois atua inespecificamente, afetando células de rápida proliferação, incluindo aquelas que não são neoplásicas. As toxicidades e efeitos adversos mais comuns incluem os hematológicos, infecciosos e gastrointestinais, bem como cistite hemorrágica, neurológica, pulmonar, disfunção cardíaca e reações alérgicas [Iuchno e De Carvalho, 2019].

Com a introdução dos antineoplásicos orais, houve uma necessidade de reorganização das práticas educacionais para o autocuidado envolvendo esses medicamentos, uma vez que a eficácia da quimioterapia oral domiciliar depende da eficiência do autocuidado. Os familiares de crianças e adolescentes que utilizam antineoplásicos orais devem receber orientações e acompanhamento de uma equipe multidisciplinar. A orientação adequada é fundamental nesse processo, pois guia o uso correto, monitora reações adversas e interações medicamentosas, reduzindo os riscos de erros e interrupção do tratamento. Além disso, a participação da família nos cuidados é essencial, uma vez que o uso de quimioterapia antineoplásica oral em casa requer que a família administre o medicamento à criança ou ao adolescente [da Silva et al., 2015].

Neste contexto, o aplicativo QuimioEmCasa tem por objetivo orientar familiares de crianças e adolescentes quanto ao tratamento de quimioterápicos orais, servindo também como diário de bordo onde familiares podem consultar sobre como armazenar medicações antineoplásicas orais, receber notificações, e reportar efeitos colaterais. Esses registros são recebidos por um profissional de saúde que pode, nesse momento, acompanhar o histórico do paciente, ou decidir por realizar alguma intervenção. [Franco et al., 2022]. Para o desenvolvimento do aplicativo, foram entrevistados familiares de crianças e adolescentes com câncer, a fim de entender as principais dúvidas quanto ao tratamento com quimioterápicos antineoplásicos orais. Em seguida, foram descritos os conteúdos

que esses familiares consideram fundamentais para serem contemplados na elaboração do aplicativo móvel. O aplicativo foi desenvolvido em duas versões: a versão para desktop é destinada aos profissionais de saúde, onde é possível agendar para os familiares os dias e horários que o medicamento deve ser aplicado, e acompanhar as notificações dos familiares quanto ao estado de saúde do paciente. A versão mobile do aplicativo é destinada aos familiares, onde é possível receber notificações, informações preparadas por profissionais da saúde sobre o uso da medicação, e registrar os seus efeitos adversos. Espera-se assim melhorar a comunicação entre os familiares, pacientes e profissionais de saúde, elevar segurança do paciente e a eficiência do tratamento quimioterápico.

Outras áreas de aplicação da telerreabilitação incluem áreas da fisioterapia. Alguns estudos sugerem que fisioterapia por telessaúde com provedores de terapia e/ou avatares virtuais tem sido benéfica para pacientes, provedores e o sistema de saúde em geral. Os programas de terapia virtual com avatares ajudam os pacientes com exercícios enquanto os gravam em vídeo 3-D e fornecem *feedback* em tempo real, como mostrado na Figura 5.16 [Siddiqi e PiuZZi, 2021].



**Figura 5.16. Telerreabilitação usando avatares. Fonte: [Siddiqi e PiuZZi, 2021].**

Outros trabalhos sugerem o uso de óculos de realidade virtual para a realização de atividades de reabilitação remota. Essas plataformas permitem que cirurgiões e fisioterapeutas prescrevam e monitorem remotamente exercícios específicos que o paciente realiza em suas próprias casas [Bini et al., 2020].

### 5.3.6. Telecirurgia

A telecirurgia é uma modalidade da telemedicina que conecta pacientes e médicos cirurgiões localizados em locais distintos durante o ato cirúrgico. A telecirurgia pode ser classificada em três categorias de acordo com o tipo de assistência remota: telementoria, suporte telecirúrgico e telecirurgia completa. A telementoria é o processo de fornecer instruções de um local remoto, de um cirurgião especialista para um cirurgião generalista. O suporte telecirúrgico é o ato no qual o cirurgião remoto auxilia na cirurgia com o uso de um robô. Por fim, na telecirurgia completa, toda a cirurgia é realizada a partir de um local remoto, permitindo que o cirurgião possa realizar a cirurgia remotamente por meio de um

sistema robótico. Apesar de inúmeros estudos realizados em todo o mundo, a aplicação da telecirurgia completa ainda não é possível [Oki et al., 2023].

A telecirurgia é interessante para que um cirurgião especialista possa atender pacientes em locais remotos ou em situações emergenciais. Em muitos casos, o deslocamento do médico ou do paciente pode ser muito caro ou inviável, seja pela condição de saúde do paciente, seja pela agenda do médico cirurgião, abrindo espaço para esse tipo de atividade.

Embora seja interessante, esse tipo de técnica deve ser aplicada com algumas considerações de segurança. Um relatório da Universidade de Illinois concluiu que de 2004 a 2019, pelo menos 144 mortes e 1.391 ferimentos ocorreram com cirurgias robóticas nos Estados Unidos. As falhas ocorreram devido a problemas no fornecimento de energia, erros de sistemas e problemas de rede, incluindo altas latências [Gupta et al., 2019].

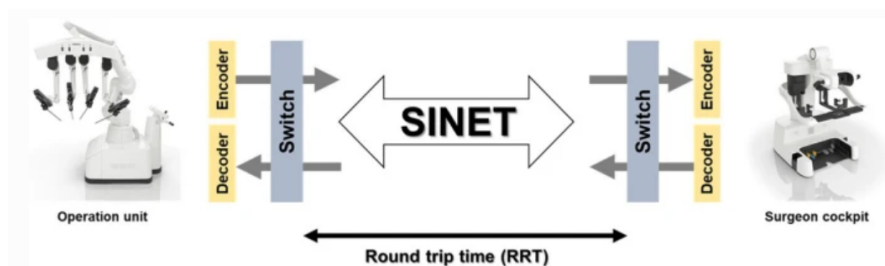
Alguns artigos sugerem que os problemas de atrasos em rede podem ser solucionados com tecnologias com as redes de telefonia celular 5G [Gupta et al., 2019, Oki et al., 2023, Gonzalez et al., 2023, Lin e Lue, 2023], que oferecem classes de serviço com alta confiabilidade e baixa latência, no chamado *Ultra-Reliable Low-Latency Communication* (URLLC) [Neto et al., 2023]. A recomendação de [Gupta et al., 2019] é de que a rede seja capaz de prover latências inferiores a 10 ms [Gupta et al., 2019], embora esse requisito possa ser complexo de ser atendido em cirurgias realizadas a longa distância. Já Ebihara et al indicam estudos que apontam que atrasos inferiores a 200 ms já são suficientes para operar robôs remotamente, embora atrasos inferiores a 100 ms sejam uma recomendação mais segura [Ebihara et al., 2022].

### 5.3.6.1. Uso de robôs na telecirurgia

Entre os experimentos já realizados pelo mundo, destaca-se a primeira colecistectomia clinicamente remota realizada no mundo, com o sistema robótico ZEUS e a rede *Transatlantic Optical Faber Network*. A telecirurgia utilizou uma linha dedicada de 10 Mb/s [Marescaux et al., 2001] e abriu o caminho para a realização de diversos outros experimentos.

Outro caso de destaque aconteceu nos EUA, em um experimento no Florida Hospital, no qual telecirurgias assistidas por robô foram realizadas por cirurgiões no Texas, que fica a cerca de 1900 km de distância. O robô utilizado foi o da Vinci, e as cirurgias foram em pacientes simulados via Internet [Sterbis et al., 2008].

Pesquisadores no Japão realizaram uma pesquisa para definir requisitos para a realização de telecirurgias com suporte robótico [Ebihara et al., 2022]. Para tanto, salas de operação foram montadas nos hospitais universitários da *Hokkaido University* e da *Kyushu University*, as quais estão a uma distância de aproximadamente 2000 km e conectadas pela rede SINET (*Science Information NETWORK*). A SINET é uma rede não comercial para a ciência, com um backbone com cobertura nacional a 100 Gb/s, que conecta por volta de 1000 universidades e centros de pesquisa no Japão. Para o experimento, foi criado um circuito virtual entre as duas universidades com capacidade configurável entre 100 e 500 Mb/s. Os fluxos de vídeos eram codificados com H.265, em um esquema conforme mostrado na Figura 5.17.



**Figura 5.17. Experimento japonês para definição de requisitos para a telecirurgia.**  
 Fonte: [Ebihara et al., 2022].

Para o experimento, utilizou-se o sistema robótico cirúrgico japonês chamado de Hinotori, desenvolvido pela Medicaoid Corporation, com um sistema endoscópico chamado de Karl Storz™ 3D. Os resultados mostraram que taxas inferiores a 150 Mb/s já levavam a perdas de pacote que impactavam as imagens.

Esses exemplos demonstram que a telecirurgia ainda é um campo em aberto com diversos desafios, dada a alta criticidade da atividade. Falhas técnicas podem ter um alto impacto, custando a vida do paciente, mas novas evoluções tecnológicas trazem novas oportunidades para esse campo da telemedicina.

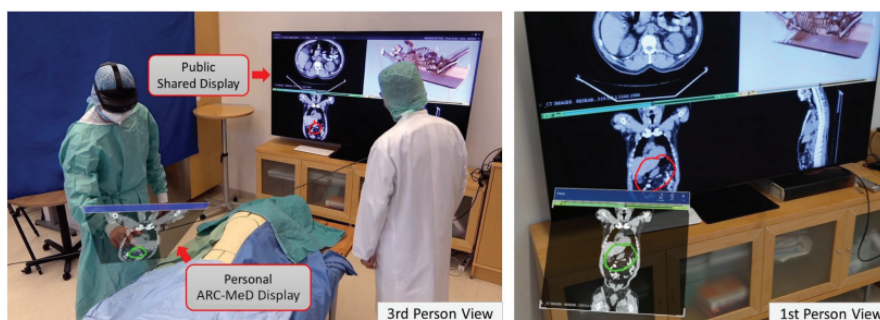
### 5.3.6.2. Telecirurgia com realidade aumentada

A realidade aumentada (*Augmented Reality* - AR) é um dos pontos fortes vislumbrados para o futuro da cirurgia, pela possibilidade de trazer ao cirurgião dados extras que estão conectados e podem ajudar na realização do ato cirúrgico, como a colocação de imagens de exames ao lado do campo cirúrgico.

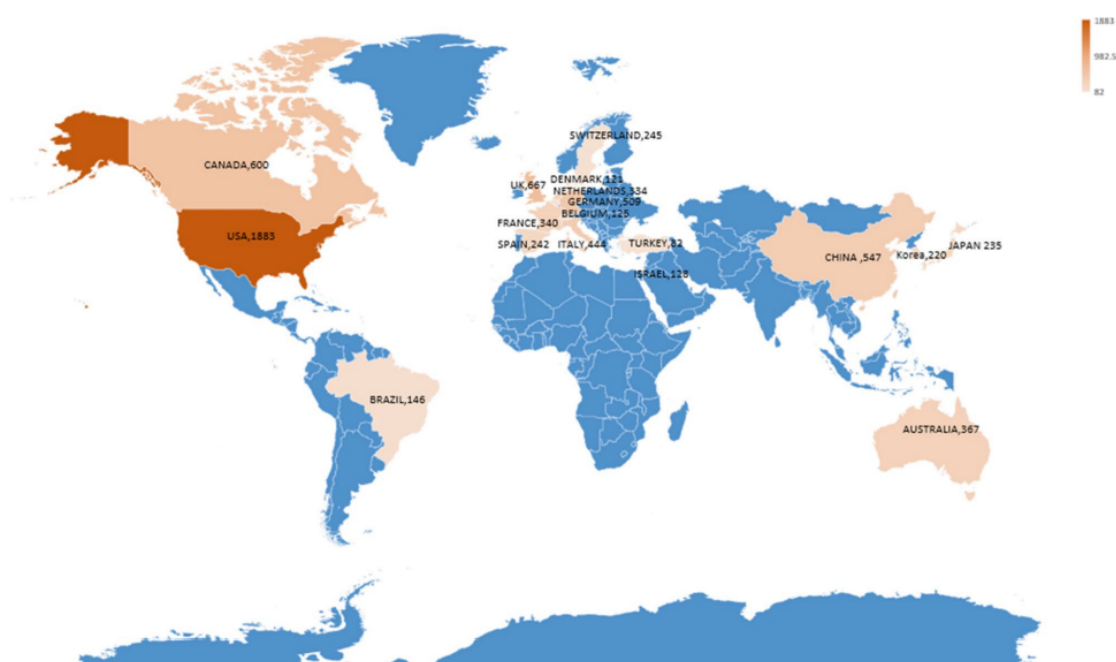
O uso da AR na teleinterconsulta cirúrgica já vem demonstrando o seu potencial em diversos sistemas propostos recentemente. Maria et al propõem o uso de *AR-Head Mounted Displays* (AR-HMD) para aproximar cirurgiões de sistemas de imagens que precisam ser visualizados durante a cirurgia e disponibilizar um sistema interativo com ferramentas de gestos para apontar e anotar em imagens compartilhadas e no ambiente físico. Com o sistema proposto, cirurgiões remotos e presenciais conseguem interagir, marcando lugares apontados, facilitando a compreensão de recomendações passadas pelo especialista remoto [Maria et al., 2023].

Song et al propõem um sistema semelhante, chamado de ARC-MeD, mostrado na Figura 5.18. O ARC-MeD permite a interação entre médicos no centro cirúrgico e médicos remotos, que podem interagir por meio de imagens em uma tela. Todos os usuários podem adicionar anotações a essa tela e o cirurgião pode escolher uma parte da tela para aproximar da sua visualização [Song et al., 2022].

Esses tipos de proposta são alvos de estudo por todo mundo. A Figura 5.19 mostra a incidência de trabalhos publicados em mapeamento 3D e realidade aumentada para telecirurgia em função do país.



**Figura 5.18.** Interação sem toque com o ARC-MeD em teleinterconsultas cirúrgicas. Fonte: [Song et al., 2022].



**Figura 5.19.** Mapa destacando o número de estudos referentes ao uso de tecnologias de realidade virtual e realidade aumentada em cirurgias que foram publicados em diferentes países, com profundidade de cor correspondente ao número de publicações por país segundo estudo de Zhang et al. Fonte: [Zhang et al., 2022].

#### 5.4. Projetos em Telessaúde e Desafios de Pesquisa

Esta seção aborda diversos projetos com foco em telessaúde e apresenta desafios de pesquisa que motivam trabalhos futuros na área. A ideia não é fazer uma apresentação exaustiva, mas mostrar iniciativas recentes de grande porte com aplicação prática das tecnologias que estão sendo desenvolvidas para a telessaúde.

Entre as iniciativas de destaque, tem-se os projetos da Open DEI<sup>14</sup>. A OPEN DEI é uma organização para implementação das políticas de digitalização da União Euro-

<sup>14</sup><https://www.opendei.eu/towards-telehealth-europe-with-icu4covid-smart4health-ern-act-and-ds4health/>

péia, lidando com implementação de pilotos de larga escala e desenvolvimento de plataformas financiados pela Comissão Europeia no âmbito da Digitalização das Indústrias Europeias (DEI). Entre as áreas de foco, tem-se a telessaúde. Especificamente para a telessaúde, o OPEN DEI tem os projetos ICU4COVID<sup>15</sup>, Smart4Health<sup>16</sup>, ERN-ACT<sup>17</sup> e DS4Health<sup>18</sup>. Além disso, existe uma iniciativa para criação de uma rede digital de telessaúde transnacional na Europa, para criação de telemedicina e teleassistência integradas. Nesse contexto, estão sendo criados Centros de Telessaúde em mais de 12 países e regiões, os quais estão relacionados com os Centros de Inovação Digital (*Digital Innovation Hubs* - DIH<sup>19</sup>) financiados pela UE e as Redes Europeias de Referência (*European Reference Network* - ERN<sup>20</sup>).

Uma inovação considerável nesse contexto é o uso da telemedicina nas UTIs, por meio de teleinterconsultas. Com esse projeto, chamado de Telnet@NRW<sup>21</sup>, hospitais periféricos estão sendo conectados digitalmente com centros especializados de excelência. Especificamente, esse projeto contou com mais de 150.000 participantes do estudo e mais 10.500 pacientes tratados.

Outra iniciativa interessante da Europa é a United4Health<sup>22</sup>, parcialmente financiada pelo Programa de Apoio à Política de TIC (ICT PSP) como parte do Programa Estrutural de Competitividade e Inovação (CIP) da Comunidade Européia. O objetivo dessa iniciativa é explorar e implantar serviços inovadores de telemedicina desenvolvidos no contexto do projeto RENEWING HeALTH<sup>23</sup>. Todas as soluções financiadas usam a abordagem centrada no paciente, contando com telemonitoramento de pacientes com doenças crônicas, como diabetes, doenças pulmonares (DPOC) ou cardiovasculares.

Outra iniciativa relevante é a *Africa Telehealth*<sup>24</sup>, a qual é promovida por uma organização sem fins lucrativos do Canadá. A proposta é incentivar iniciativas para melhorar a saúde na África por meio de tecnologias de informação e comunicação (TICs), levando informação, tecnologia e treinamento aos profissionais médicos africanos.

No Brasil, um dos projetos em destaque é o Projeto e-Health Rio, que visa a construção de uma rede para o desenvolvimento de atividades de pesquisa e inovação relacionadas à aplicação de Tecnologias da Informação e Comunicação à saúde digital, mais especificamente a Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs). O projeto, que inclui pesquisadores da UFF, UFRJ, UERJ e LNCC, visa áreas como sistemas de apoio à decisão, uso de efeitos sensoriais em exercícios cognitivos, análise de imagens termográficas para detecção de tumores, entre diversos outros temas que estão sendo aplicados dentro do contexto da telessaúde. As atividades do projeto estão estruturadas em cinco

<sup>15</sup><https://www.icu4covid.eu/>

<sup>16</sup><https://smart4health.eu/>

<sup>17</sup><https://www.ernact.eu/>

<sup>18</sup><https://www.developmentaid.org/organizations/awards/view/407914/digital-skills-for-healthcare-transformation-ds4health>

<sup>19</sup><https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/edihs>

<sup>20</sup>[https://health.ec.europa.eu/european-reference-networks\\_en](https://health.ec.europa.eu/european-reference-networks_en)

<sup>21</sup><https://www.telnet.nrw/>

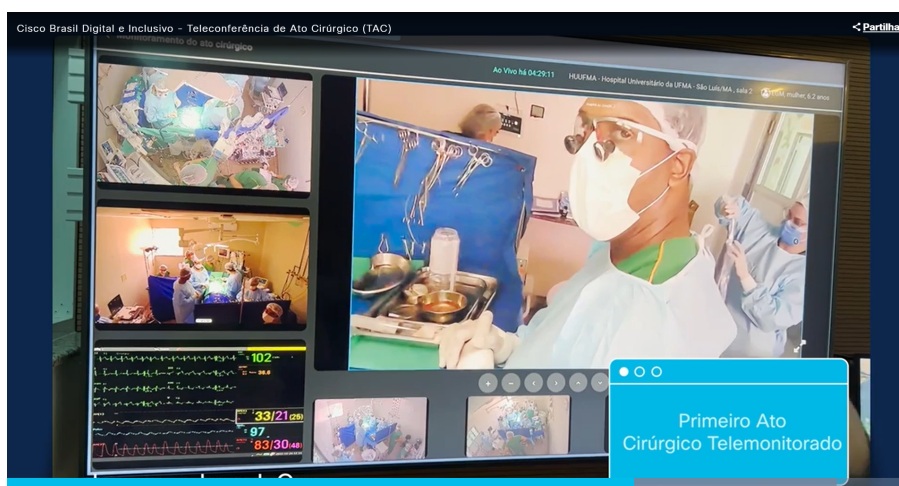
<sup>22</sup><https://ehel.eu/activities/eu-funded-projects/united4health.html>

<sup>23</sup><https://healthcare-in-europe.com/en/news/the-renewing-health-european-project.html>

<sup>24</sup><https://www.comminit.com/content/africa-telehealth-project>

grandes temas, que são: doenças neurodegenerativas, câncer de mama e tireóide, doenças psiquiátricas, monitoramento remoto de pacientes cardíacos e telessaúde. Os principais objetivos do projeto são sistemas de apoio à decisão clínica; exercícios cognitivos multimídia com efeitos sensoriais para auxílio a terapias; proposta de novas técnicas de modelagem numérica por elementos finitos, processamento e análise de imagens termográficas para detecção de tumores da mama e da tireóide; desenvolvimento e aplicação de técnicas de inteligência artificial para identificar padrões cerebrais que melhor discriminam estados emocionais e predizem sintomas psiquiátricos; proposta de novos protocolos de comunicação para redes corporais sem fio para monitoramento eficiente de pacientes cardíacos; desenvolvimento de sistemas de suporte à teleinterconsulta; desenvolvimento técnicas para construção de um sistema de prontuários baseado em blockchain para uso distribuído, seguindo padrões internacionais de armazenamento de dados e garantindo a privacidade, o controle de acesso e o anonimato dos dados para uso em pesquisa.

Outro projeto de grande relevância no Brasil é o projeto Teleconferência de Ato Cirúrgico (TAC). Esse projeto objetiva melhorar o atendimento cirúrgico no Brasil, com foco em regiões remotas ou com menos recursos, as quais usualmente não contam com médicos especialistas cirurgiões. O TAC disponibiliza uma plataforma digital aberta, que está sendo desenvolvida pelo Instituto de Tecnologia FIT e a Cisco Brasil, para acompanhamento do ato cirúrgico por médicos especialistas. No caso de estudo que vem sendo desenvolvido com a plataforma, médicos especialistas do InCor acompanham cirurgias de alta criticidade realizadas em diversos hospitais do país. Para tanto, esses hospitais devem ter uma sala preparada com câmeras, microfones e iluminação adequada. Além do acompanhamento em tempo real da cirurgia por diversas câmeras, a plataforma salva os vídeos do procedimento na nuvem. Assim, as imagens geradas podem ser utilizadas para fins de tele-educação, posteriormente, por meio de um player, como mostrado na Figura 5.20.



**Figura 5.20. Imagem da primeira telecirurgia com o TAC, aonde uma cirurgia no Pará foi assistida pelos especialistas do InCor. Destacam-se os equipamentos especiais que devem ser usados pelo cirurgião para captura de parte das imagens. Fonte: [William et al., 2018].**

De fato, existem inúmeros projetos que visam diferentes objetivos pelo mundo. Pode-se destacar a iniciativa americana para suporte a crianças com autismo [Schieltz

et al., 2022]; o projeto californiano para acompanhamento de crianças, jovens e adolescentes transgênero que sofrem dificuldades no acesso aos centros de atendimento [Russell et al., 2022]; o *MOTHeRS Project*, que visa à assistência a gestantes e recém-nascidos em áreas rurais na Carolina do Norte [Atezaz Saeed et al., 2023]; o *Video Visits for Elders Project* (VVEP), que iniciou na pandemia de COVID-19 para permitir a visita virtual a idosos em estado de vulnerabilidade em casas de repouso [Chu et al., 2022]; além de outras iniciativas de sucesso na Europa, Ásia e África [John et al., 2022, Pires et al., 2022].

#### 5.4.1. Desafios de pesquisa

Fica muito claro o interesse estratégico da telessaúde pelo mundo, tanto visando a redução de custos quanto a melhoria da qualidade de atendimento do paciente. A expectativa é de grandes investimentos em pesquisa nessas áreas, em especial no desenvolvimento de novas tecnologias de suporte e sistemas. Também se esperam grandes investimentos em projetos com foco na eficiência das diferentes técnicas de telessaúde, com foco na definição de protocolos médicos eficazes e seguros.

Um desafio de pesquisa relacionado à telessaúde é estudar a eficácia das intervenções de telessaúde em comparação com o atendimento presencial tradicional. Isso requer consideração cuidadosa de fatores, incluindo a satisfação do paciente, resultados clínicos e custos de saúde [Choudhury et al., 2022] [Scalvini et al., 2004]. Um dos principais desafios do estudo da eficácia da telessaúde é o potencial de viés de seleção. Os pacientes que optam por receber serviços de telessaúde podem diferir sistematicamente daqueles que recebem atendimento presencial, o que pode confundir os resultados de qualquer comparação. Os pesquisadores devem levar em conta essas diferenças usando técnicas estatísticas apropriadas ou conduzindo ensaios controlados randomizados que designam pacientes aleatoriamente para telessaúde ou atendimento pessoal [Choudhury et al., 2022, Fahmy, 2020, Latifi et al., 2020, Scalvini et al., 2004].

Outro desafio é garantir que as intervenções de telessaúde sejam implementadas de forma correta e consistente em diferentes provedores e ambientes. Por exemplo, as visitas de telessaúde podem exigir diferentes habilidades de comunicação ou experiência em tecnologia que não são necessárias em visitas presenciais, o que pode afetar a qualidade do atendimento prestado [Fahmy, 2020, Latifi et al., 2020]. Os pesquisadores também devem considerar o potencial de dificuldades técnicas ou problemas com o acesso do paciente à tecnologia. Por fim, há considerações éticas relacionadas ao uso da telessaúde, incluindo garantir a privacidade do paciente e o consentimento informado, além de abordar possíveis disparidades no acesso à tecnologia e aos cuidados [Scalvini et al., 2004]. Essas questões devem ser cuidadosamente consideradas nos estudos de pesquisa em telessaúde.

#### 5.5. Considerações Finais

Uma oportunidade de telessaúde é a capacidade de fornecer serviços de saúde a populações carentes, incluindo aquelas que vivem em áreas rurais ou remotas ou com acesso limitado a instalações de saúde [Latifi et al., 2020, Scalvini et al., 2004]. A telessaúde pode ajudar a preencher a lacuna no acesso à saúde, fornecendo consultas remotas, visitas virtuais e monitoramento remoto para pacientes que podem não ter acesso aos serviços de saúde de outra forma [Choudhury et al., 2022]. Por exemplo, os pacientes que



vivem em áreas rurais podem enfrentar desafios significativos no acesso aos cuidados de saúde devido ao longo tempo de viagem e à disponibilidade limitada de profissionais de saúde. A telessaúde pode permitir que esses pacientes se conectem com os profissionais de saúde remotamente, reduzindo a necessidade de viagens e melhorando o acesso aos cuidados.

Além disso, a telessaúde também pode ajudar a lidar com a escassez de profissionais de saúde, principalmente em especialidades como saúde mental e atenção primária. Ao permitir que os prestadores de cuidados de saúde prestem cuidados remotamente, a telessaúde pode ajudar a expandir o acesso aos cuidados e melhorar a distribuição dos recursos de saúde [Fahmy, 2020]. A telessaúde também apresenta oportunidades para organizações de saúde otimizarem suas operações e reduzirem custos. Por exemplo, as visitas de telessaúde podem reduzir a necessidade de visitas pessoais, o que pode ajudar a reduzir os custos das unidades de saúde e melhorar a eficiência. A telessaúde oferece oportunidades para os profissionais de saúde melhorarem o envolvimento e a comunicação do paciente. Ao fornecer aos pacientes acesso a visitas virtuais e ferramentas de monitoramento remoto, os profissionais de saúde podem se comunicar mais facilmente com seus pacientes e monitorar seu estado de saúde, levando a melhores resultados de saúde [Latifi et al., 2020, Scalvini et al., 2004].

Dessa forma, com as novas tecnologias, profissionais da saúde podem assistir pacientes em áreas remotas tornando o acesso à saúde ilimitado, dando muitas vezes acesso a tratamentos que só seriam alcançáveis nos grandes centros urbanos do país, onde a estrutura de saúde é mais avançada. No Brasil, a Telessaúde ocorre em alguns cenários que a maioria da população sequer imagina, como, por exemplo, nas comunidades ribeirinhas, indígenas da Amazônia, na atenção básica e na atenção especializada, com variado alcance e sofisticação. Então, alinhada às dificuldades geográficas do país pelo seu tamanho continental, áreas de difícil acesso, locais em que a rede de saúde local é insuficiente ou apresenta gargalos não facilmente corrigíveis como a desproporção de profissionais de saúde nas diferentes regiões do país, a Telessaúde surge como uma ferramenta resolutiva para a falta de acesso a uma estrutura pública e privada de saúde para as diferentes populações que compõem o território nacional. Isso fica explícito se pensarmos na diferença entre a zona sul do Rio de Janeiro ou São Paulo e suas comunidades periféricas, assim como entre uma cidade como Manaus e uma aldeia indígena no rio Xingu no próprio estado do Amazonas.

A Telessaúde tem se mostrado então, uma solução a se aliar na luta por trazer qualidade à assistência, sem tornar o custo proibitivo. Esta será uma estratégia de saúde pública para tentar homogeneizar o atendimento de saúde em um ambiente tão diverso, com populações que têm diferenças culturais, regionais, étnicas, de renda e de aparelhos públicos. Ela será uma alternativa quando a opção presencial não permitir resposta às demandas locais das populações não atendidas por métodos tradicionais. Ela levará às comunidades mais periféricas do centro político, econômico e social do país acesso a um bem público garantido pela constituição, permitindo que pessoas tenham direitos antes impossíveis de serem alcançados, democratizando a capacidade de um tratamento digno de saúde.

No caso da atenção básica, a Telessaúde é uma ferramenta importante para permi-

tir o acesso à saúde, fazendo com que a promoção da saúde ocorra. Objetivamente, ela trará conhecimento da comunidade assistida e desta forma, dados importantes para uma melhor compreensão desta população serão possíveis dando ensejo a novas e melhores abordagens ao local.

Não se pode deixar de lado o fato de que existem dilemas éticos presentes nesta modalidade de atendimento em rede, uma vez que essa consulta exigirá uma camada extra de cuidados com os dados do paciente que serão transmitidos por rede, a qual não poderá ficar vulnerável às interferências de pessoas mal intencionadas. Deste modo, a telessaúde demanda a segurança computacional no seu uso. Deste modo, a Telessaúde no Brasil tem passado por mudanças revolucionárias se consideradas as mudanças ocorridas no país nos últimos anos.

## Referências

- [Acevedo et al., 2022] Acevedo, B. P., Dattatri, N., Le, J., Lappinga, C. e Collins, N. L. (2022). Cognitive training with neurofeedback using fNIRS improves cognitive function in older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9):5531.
- [Amati et al., 2022] Amati, F., Santobuono, V., Bozza, N., Latorre, M., Memeo, R. e Favale, S. (2022). Biosensors in cardiology. t-care project: a preliminary study on an innovative wearable telemonitoring system. *Europace*, 24(Supplement\_1):euac053–589.
- [Andrès et al., 2019] Andrès, E., Meyer, L., Zulfiqar, A.-A., Hajjam, M., Talha, S., Bahougne, T., Ervé, S., Hajjam, J., Doucet, J., Jeandidier, N. et al. (2019). Telemonitoring in diabetes: evolution of concepts and technologies, with a focus on results of the more recent studies. *Journal of medicine and life*, 12(3):203.
- [Andrès et al., 2018] Andrès, E., Talha, S., Jeandidier, N., Meyer, L., Hajjam, M. e Hajjam, A. (2018). Telemedicine in chronic diseases: the time of maturity with telemedicine 2.0 in the setting of chronic heart failure and diabetes mellitus. *Curr Res Diabetes Obes J*, 6:1–4.
- [Atezaz Saeed et al., 2023] Atezaz Saeed, S., Jones, K., Sacks, A. J., Craven, K. e Xue, Y. L. (2023). Maternal outreach through telehealth for rural sites: The MOTHeRS project. *North Carolina Medical Journal*, 84(1).
- [Bai et al., 2020] Bai, L., Yang, D., Wang, X., Tong, L., Zhu, X., Zhong, N., Bai, C., Powell, C. A., Chen, R., Zhou, J. et al. (2020). Chinese experts' consensus on the internet of things-aided diagnosis and treatment of coronavirus disease 2019 (covid-19). *Clinical eHealth*, 3:7–15.
- [Beaklini et al., 2017] Beaklini, A. C., Vale, E. R., Filho, R. P., Dal Bello, J. C. R., Boechat, Y. E., Carrano, R. C. e Fernandes, N. C. (2017). Interiorização da medicina utilizando um sistema de telepresença holográfico. Em *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web: Workshop do CT-Vídeo*, chapter 6. SBC, 1 edíÁ,,o.

- [Bedi, 2018] Bedi, S. (2018). Lighter, leaner, lifesaving: Af tests wearable medical tech. Acesso em 08 de junho de 2023.
- [Bertelli et al., 2022] Bertelli, M. O., Zorzi, S., Buonaguro, E. F., Bianco, A., Armellini, M. e Scattoni, M. L. (2022). Teleassistance and telerehabilitation: Covid-19, other epidemic situations and future prospects. Em Bertelli, M. O., Deb, S. S., Munir, K., Hassiotis, A. e Salvador-Carulla, L., editors, *Textbook of Psychiatry for Intellectual Disability and Autism Spectrum Disorder*, p. 1031–1050. Springer International Publishing.
- [Besaleva e Weaver, 2016] Besaleva, L. I. e Weaver, A. C. (2016). Applications of social networks and crowdsourcing for disaster management improvement. *Computer*, 49(5):47–53.
- [Bhatt e Bhatt, 2021] Bhatt, A. B. e Bhatt (2021). *Healthcare Information Technology for Cardiovascular Medicine*. Springer.
- [Bini et al., 2020] Bini, S. A., Schilling, P. L., Patel, S. P., Kalore, N. V., Ast, M. P., Maratt, J. D., Schuett, D. J., Lawrie, C. M., Chung, C. C. e Steele, G. D. (2020). Digital orthopaedics: A glimpse into the future in the midst of a pandemic. *The Journal of Arthroplasty*, 35(7, Supplement):S68–S73. Special COVID-19 Supplement.
- [Bitar e Alismail, 2021] Bitar, H. e Alismail, S. (2021). The role of ehealth, telehealth, and telemedicine for chronic disease patients during covid-19 pandemic: A rapid systematic review. *Digital health*, 7:20552076211009396.
- [Bloom et al., 2022] Bloom, P. P., Ventoso, M., Tapper, E., Ha, J. e Richter, J. M. (2022). A telemonitoring intervention for cirrhotic ascites management is cost-saving. *Digestive Diseases and Sciences*, 67(3):854–862.
- [Boechat et al., 2017] Boechat, Y. E. M., Dal Bello, J. C. R., Fernandes, N. C. e Moreira, T. B. (2017). Telessaúde: a assistência remota ao idoso por consulta on line on time através da holografia, uma inovação na medicina. Em *IX Congresso de Geriatria e Gerontologia do Estado do Rio de Janeiro - GeriatRio 2017*.
- [Bonassa e Gato, 2012] Bonassa, E. M. A. e Gato, M. I. R. (2012). Terapêutica oncológica para enfermeiros e farmacêuticos. Em *Terapêutica oncológica para enfermeiros e farmacêuticos*, p. 644–644.
- [Boukhenoufa et al., 2022] Boukhenoufa, I., Zhai, X., Utti, V., Jackson, J. e McDonald-Maier, K. D. (2022). Wearable sensors and machine learning in post-stroke rehabilitation assessment: A systematic review. *Biomedical Signal Processing and Control*, 71:103197.
- [Brasil, 2007] Brasil (2007). Portaria 35º/2007. *Diário Oficial União*.
- [Brasil, 2022] Brasil (2022). Resolução nº 2.314/2002. *Diário Oficial União*.
- [Brito et al., 2016] Brito, T. D. d. L. V., de Lima Lopes, P. R., Haddad, A. E., Messina, L. A. e Pisa, I. T. (2016). Análise da colaboração nos grupos de interesse especial da rede universitária de telemedicina (rute). *Journal of Health Informatics*, 8(1).

- [Caballol et al., 2023] Caballol, N., Bayés, À., Prats, A., Martín-Baranera, M. e Quispe, P. (2023). Feasibility of a wearable inertial sensor to assess motor complications and treatment in parkinson's disease. *Plos one*, 18(2):e0279910.
- [Cardenas et al., 2020] Cardenas, J., Gutierrez, C. A. e Aguilar-Ponce, R. (2020). Effects of antenna orientation in fall detection systems based on wifi signals. Em *2020 IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)*, p. 1–6.
- [Cateb et al., 2021] Cateb, G. F., Amaral, S., Gonçalves, S. C., Oliveira, I. J., Prates, R. O., Chagas, B. A., Marcolino, M. S. e Reis, Z. S. (2021). Estudo piloto de validação de um chatbot de rastreamento, implementado para direcionar a teleassistência em covid-19. Em *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*, p. 97–102. SBC.
- [Chagas et al., 2021] Chagas, B. A., Ferregueti, K., Ferreira, T. C., Prates, R. O., Ribeiro, L. B., Pagano, A. S., Reis, Z. S. e Meira Jr, W. (2021). Chatbot as a telehealth intervention strategy in the covid-19 pandemic: lessons learned from an action research approach. *Latin-American Center for Informatics Studies Electronic Journal*.
- [Charpentier et al., 2011] Charpentier, G., Benhamou, P.-Y., Dardari, D., Clergeot, A., Franc, S., Schaepelynck-Belicar, P., Catargi, B., Melki, V., Chaillous, L., Farret, A. et al. (2011). The diabeo software enabling individualized insulin dose adjustments combined with telemedicine support improves hba1c in poorly controlled type 1 diabetic patients: a 6-month, randomized, open-label, parallel-group, multicenter trial (telediab 1 study). *Diabetes care*, 34(3):533–539.
- [Choudhury et al., 2022] Choudhury, T., Katal, A., Um, J.-S., Rana, A. e Al-Akaidi, M. (2022). *Telemedicine: The Computer Transformation of Healthcare*. Springer Nature.
- [Chu et al., 2022] Chu, J. N., Kaplan, C., Lee, J. S., Livaudais-Toman, J. e Karliner, L. (2022). Increasing telehealth access to care for older adults during the COVID-19 pandemic at an academic medical center: Video Visits for Elders Project (VVEP). *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 48(3):173–179.
- [Colón et al., 2014] Colón, L. N. V., DeLaHoz, Y. e Labrador, M. (2014). Human fall detection with smartphones. Em *2014 IEEE Latin-America Conference on Communications (LATINCOM)*, p. 1–7.
- [Conselho Federal de Medicina, 2022] Conselho Federal de Medicina (2022). Resolução cfm nº 2.314/2022. Acesso em: 03 04 2023.
- [Craig e Patterson, 2005] Craig, J. e Patterson, V. (2005). Introduction to the practice of telemedicine. *Journal of telemedicine and telecare*, 11:3–9.
- [da Silva et al., 2015] da Silva, L. N., da Silva, L. F., Goes, F. G. B., Machado, M. E. D. e Paiva, E. D. (2015). Orientações sobre quimioterapia junto à criança com câncer: método criativo sensível. *Online Brazilian Journal of Nursing*, 14(4):471–480.

- [Darkins et al., 2008] Darkins, A., Ryan, P., Kobb, R., Foster, L., Edmonson, E., Wakefield, B. e Lancaster, A. E. (2008). Care coordination/home telehealth: the systematic implementation of health informatics, home telehealth, and disease management to support the care of veteran patients with chronic conditions. *Telemedicine and e-Health*, 14(10):1118–1126.
- [de Campos Filho et al., 2022] de Campos Filho, A. S., Cursino, J. R. V., do Nascimento, J. W. A., de Souza, R. R., Roque, G. d. S. L. e de Souza Cavalcanti, A. R. (2022). Content and usability validation of an intelligent virtual conversation assistant used for virtual triage during the covid-19 pandemic in brazil. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 40(11):779–785.
- [de Medeiros et al., 2022] de Medeiros, D. S. V., Mattos, D. M. F., Fernandes, N. C., de Aragão Rocha, A. A., de Albuquerque, C. V. N. e Muchaluat-Saade, D. C. (2022). *Challenges and future work directions in e-healthcare using blockchain technology*, p. 211–249. Healthcare Technologies. Institution of Engineering and Technology.
- [de Souza Filho et al., 2021] de Souza Filho, E., Fernandes, F., Wiefels, C., de Carvalho, L., Dos Santos, T., Dos Santos, A., Mesquita, E., Seixas, F., Chow, B., Mesquita, C. e Gismondi, R. (2021). Machine learning algorithms to distinguish myocardial perfusion spect polar maps. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8:741667.
- [Debnath et al., 2023] Debnath, P., Mahmud, A., Hossain, A. K. e Rahman, S. (2023). Design and application of iot-based real-time patient telemonitoring system using bio-medical sensor network. *SN Computer Science*, 4(2):1–23.
- [Dinh et al., 2023] Dinh, A., Tseng, E., Yin, A. L., Estrin, D., Greenwald, P. e Fortenko, A. (2023). Perceptions about augmented reality in remote medical care: Interview study of emergency telemedicine providers. *JMIR Formative Research*, 7:e45211.
- [Ebihara et al., 2022] Ebihara, Y., Oki, E., Hirano, S., Takano, H., Ota, M., Morohashi, H., Hakamada, K., Urushidani, S. e Mori, M. (2022). Tele-assessment of bandwidth limitation for remote robotics surgery. *Surgery today*, 52(11):1653–1659.
- [Espinoza et al., 2020] Espinoza, J., Crown, K., Kulkarni, O. et al. (2020). A guide to chatbots for covid-19 screening at pediatric health care facilities. *JMIR public health and surveillance*, 6(2):e18808.
- [Fahmy, 2020] Fahmy, H. M. A. (2020). *Concepts, applications, experimentation and analysis of wireless sensor networks*. Springer Nature.
- [Ferreira et al., 2018] Ferreira, V. C., Caballero, E., Lima, R., Balbi, H., Seixas, F. L., Albuquerque, C. e Muchaluat-Saade, D. C. (2018). Redes corporais sem fio e suas aplicações em saúde. Em *Anais da 37ª JAI – Jornadas de Atualização em Informática*, chapter 4, p. 149–198. SBC, 1 ed.,o.
- [Fonseca et al., 2018] Fonseca, A. L. d. O., Fernandes, N. C., René Filho, P., Carrano, R. C. e Boechat, Y. E. (2018). Desenvolvendo uma solução de transmissão de mídias de baixo custo para o auxílio ao diagnóstico com imagens holográficas. Em *Anais da VI Escola Regional de Computação Aplicada à Saúde*. SBC.

- [Franco et al., 2022] Franco, G. A. S., Silva, L. F. d., Seixas, F. L., Góes, F. G. B., Pacheco, S. T. d. A. e Moraes, J. R. M. M. d. (2022). Químico em casa: Aplicativo para familiares de crianças e adolescentes em uso de antineoplásicos orais. *Texto & Contexto-Enfermagem*, 31.
- [Gagné e Franzen, 2023] Gagné, N. e Franzen, L. (2023). How to run behavioural experiments online: Best practice suggestions for cognitive psychology and neuroscience. *Swiss Psychology Open*, 3(1):5531.
- [Ganapathy et al., 2023] Ganapathy, S., Chang, S. Y. S., Tan, J. M. C., Lim, C. e Ng, K. C. (2023). Acute paediatrics tele-support for caregivers in singapore: an initial experience with a prototype chatbot: Upal. *Singapore Medical Journal*, 64(5):335.
- [Gilbert et al., 1997] Gilbert, C., Rahi, J., Eckstein, M., O’Sullivan, J. e Foster, A. (1997). Retinopathy of prematurity in middle-income countries. *The Lancet*, 350(9070):12–14.
- [Gillis et al., 2016] Gillis, J., Calyam, P., Apperson, O. e Ahmad, S. (2016). Panacea’s cloud: Augmented reality for mass casualty disaster incident triage and co-ordination. Em *2016 13th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, p. 264–265.
- [Gonzalez et al., 2023] Gonzalez, G., Balakuntala, M., Agarwal, M., Low, T., Knoth, B., Kirkpatrick, A. W., McKee, J., Hager, G., Aggarwal, V., Xue, Y., Voyles, R. e Wachs, J. (2023). Asap: A semi-autonomous precise system for telesurgery during communication delays. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 5(1):66–78.
- [Grazioli et al., 2023] Grazioli, S., Crippa, A., Rosi, E., Candelieri, A., Ceccarelli, S. B., Mauri, M., Manzoni, M., Mauri, V., Trabattoni, S., Molteni, M. et al. (2023). Exploring tediagnostic procedures in child neuropsychiatry: addressing adhd diagnosis and autism symptoms through supervised machine learning. *European child & adolescent psychiatry*, p. 1–11.
- [Gupta et al., 2019] Gupta, R., Tanwar, S., Tyagi, S. e Kumar, N. (2019). Tactile-internet-based telesurgery system for healthcare 4.0: An architecture, research challenges, and future directions. *IEEE Network*, 33(6):22–29.
- [Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS), 2020] Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS) (2020). Roundup: Tech’s role in tracking, testing, treating COVID-19. <https://www.mobihealthnews.com/news/roundup-techs-role-tracking-testing-treating-covid-19>. Acessado em Junho de 2023.
- [Hernandez et al., 2014] Hernandez, S. D., DeLaHoz, Y. e Labrador, M. (2014). Dynamic background subtraction for fall detection system using a 2d camera. Em *2014 IEEE Latin-America Conference on Communications (LATINCOM)*, p. 1–6.
- [Ho e Hendi, 2018] Ho, J. Y. e Hendi, A. S. (2018). Recent trends in life expectancy across high income countries: retrospective observational study. *BMJ*, 362.

- [Iuchno e De Carvalho, 2019] Iuchno, C. W. e De Carvalho, G. P. (2019). Toxicidade e efeitos adversos decorrente do tratamento quimioterápico antineoplásico em pacientes pediátricos: revisão integrativa. *Ciência & Saúde*, 12(1):e30329–e30329.
- [Iyer et al., 2022] Iyer, R., Nedeljkovic, M. e Meyer, D. (2022). Using voice biomarkers to classify suicide risk in adult telehealth callers: Retrospective observational study. *JMIR Ment Health*, 9(8):e39807.
- [Jackson-Triche e Mangurian, 2022] Jackson-Triche, M. e Mangurian, C. (2022). A covid-19 rapid mental health response for medical center health care workers. *Psychiatric Services*, 73(8):958–959.
- [Jackson-Triche et al., 2023] Jackson-Triche, M., Vetel, D., Turner, E.-M., Dahiya, P. e Mangurian, C. (2023). Meeting the behavioral health needs of health care workers during covid-19 by leveraging chatbot technology. *Journal of medical Internet research*.
- [John et al., 2022] John, O., Sarbadhikari, S. N., Prabhu, T., Goel, A., Thomas, A., Shroff, S., Allaudin, F., Weerabaddana, C., Alhuwail, D., Koirala, U., Johnrose, J., Codyre, P., Bleaden, A., Singh, S. e Bajaj, S. (2022). Implementation and experiences of telehealth: Balancing policies with practice in countries of south asia, kuwait, and the european union. *Interact J Med Res*, 11(1):e30755.
- [Kim et al., 2021] Kim, Y. J., DeLisa, J. A., Chung, Y.-C., Shapiro, N. L., Kolar Rajanna, S. K., Barbour, E., Loeb, J. A., Turner, J., Daley, S., Skowlund, J. e Krishnan, J. A. (2021). Recruitment in a research study via chatbot versus telephone outreach: a randomized trial at a minority-serving institution. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 29(1):149–154.
- [Kobeissi e Ruppert, 2022] Kobeissi, M. M. e Ruppert, S. D. (2022). Remote patient triage: Shifting toward safer telehealth practice. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 34(3):444.
- [Lalonde, 2012] Lalonde, F. (2012). Guidelines for cardiac rehabilitation and secondary prevention programs. *Journal of Osteopathic Medicine*, 112(11):753–754.
- [Latifi et al., 2020] Latifi, R., Doarn, C. R. e Merrell, R. C. (2020). *Telemedicine, telehealth and telepresence: Principles, strategies, applications, and new directions*. Springer Nature.
- [Lau e McAlister, 2021] Lau, D. e McAlister, F. A. (2021). Implications of the COVID-19 pandemic for cardiovascular disease and risk-factor management. *Canadian Journal of Cardiology*, 37(5):722–732.
- [Letchumanan et al., 2020] Letchumanan, I., Gopinath, S. C. B., Md Arshad, M. K., Mohamed Saheed, M. S., Perumal, V., Voon, C. H. e Hashim, U. (2020). Gold-nanohybrid biosensors for analyzing blood circulating clinical biomacromolecules: Current trend toward future remote digital monitoring. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, p. 1–16.

- [Lin e Lue, 2023] Lin, G. e Lue, T. F. (2023). Revolutionizing laparoscopic telesurgery: The emergence of 5g-assisted wireless endoscopy systems. *Current Urology*, 17(2):82–83.
- [Lisboa et al., 2023] Lisboa, K. O., Hajjar, A. C., Sarmiento, I. P., Sarmiento, R. P. e Gonçalves, S. H. R. (2023). A história da telemedicina no brasil: desafios e vantagens. *Saúde e Sociedade*, 32.
- [López-Azor et al., 2022] López-Azor, J. C., de la Torre, N., Carmena, M. D. G.-C., Pérez, P. C., Munera, C., MarcoClement, I., León, R. C., Álvarez-García, J., Pachón, M., Ynsaurriaga, F. A. et al. (2022). Clinical utility of heartlogic, a multiparametric telemonitoring system, in heart failure. *Cardiac Failure Review*, 8.
- [Maldonado et al., 2016] Maldonado, J. M. S. d. V., Marques, A. B. e Cruz, A. (2016). Telemedicina: desafios à sua difusão no brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 32.
- [Marescaux et al., 2001] Marescaux, J., Leroy, J., Gagner, M., Rubino, F., Mutter, D., Vix, M., Butner, S. E. e Smith, M. K. (2001). Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature*, 413(6854):379–380.
- [Maria et al., 2023] Maria, S., Mentis, H. M., Canlorbe, G. e Avellino, I. (2023). Supporting collaborative discussions in surgical teleconsulting through augmented reality head mounted displays. Em *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 1–13.
- [Mastaneh e Mouseli, 2020] Mastaneh, Z. e Mouseli, A. (2020). Technology and its solutions in the era of covid-19 crisis: A review of literature. *Evidence Based Health Policy, Management and Economics*.
- [Mehta et al., 2021] Mehta, V., Dhall, A., Pal, S. e Khan, S. S. (2021). Motion and region aware adversarial learning for fall detection with thermal imaging. Em *2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, p. 6321–6328.
- [Mesquita et al., 2018] Mesquita, J. L., Arruda, C. A. M. e de Macêdo, A. F. (2018). Perfil dos pacientes em terapia antineoplásica oral em um centro oncológico. *Cadernos ESP*, 12(1):46–56.
- [Messina et al., 2014] Messina, L. A., Filho, J. L. R. e de Lima Lopes, P. R., editors (2014). *RUTE 100 : as 100 primeiras unidades de telemedicina no Brasil e o impacto da Rede Universitária de Telemedicina (RUTE)*. E-papers, Rio de Janeiro.
- [Miller et al., 2018] Miller, A. C., Singh, I., Koehler, E. e Polgreen, P. M. (2018). A smartphone-driven thermometer application for real-time population-and individual-level influenza surveillance. *Clinical Infectious Diseases*, 67(3):388–397.
- [Miller et al., 2021] Miller, M. J., Pak, S. S., Keller, D. R. e Barnes, D. E. (2021). Evaluation of pragmatic telehealth physical therapy implementation during the covid-19 pandemic. *Physical therapy*, 101(1):pzaa193.



- [Morse et al., 2020] Morse, K. E., Ostberg, N. P., Jones, V. G. e Chan, A. S. (2020). Use characteristics and triage acuity of a digital symptom checker in a large integrated health system: population-based descriptive study. *Journal of medical Internet research*, 22(11):e20549.
- [Nelson et al., 2022] Nelson, C. R., Gabbard, J. L., Moats, J. B. e Mehta, R. K. (2022). User-centered design and evaluation of artrts: an augmented reality triage tool suite for mass casualty incidents. Em *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, p. 336–345.
- [Neto et al., 2023] Neto, F. C., Milan, A. A., Fernandes, N. C. e Guimarães, A. G. (2023). Aplicações críticas habilitadas pela tecnologia 5g: Oportunidades, tendências e desafios. Em *Minicursos do XLI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, number 4, p. 1–50. SBC.
- [Oki et al., 2023] Oki, E., Ota, M., Nakanoko, T., Tanaka, Y., Toyota, S., Hu, Q., Nakaji, Y., Nakanishi, R., Ando, K., Kimura, Y. et al. (2023). Telesurgery and telesurgical support using a double-surgeon cockpit system allowing manipulation from two locations. *Surgical Endoscopy*, p. 1–8.
- [Omboni et al., 2022] Omboni, S., Padwal, R. S., Alessa, T., Benczúr, B., Green, B. B., Hubbard, I., Kario, K., Khan, N. A., Konradi, A., Logan, A. G. et al. (2022). The worldwide impact of telemedicine during covid-19: current evidence and recommendations for the future. *Connected health*, 1:7.
- [Özbilgin et al., 2023] Özbilgin, F., Kurnaz, Ç. e Aydın, E. (2023). Prediction of coronary artery disease using machine learning techniques with iris analysis. *Diagnostics*, 13(6):1081.
- [Pagano et al., 2021] Pagano, C. G. M., de Campos Moreira, T., Sganzerla, D., Matzenbacher, A. M. F., Faria, A. G., Matturro, L., Cabral, F. C., Rucks Varvaki Rados, D., Decavata Szortyka, A., Falavigna, M., Vinadé Chagas, M. E., Harzheim, E., Gonçalves, M., Umpierre, R. e Lutz de Araujo, A. (2021). Teaming-up nurses with ophthalmologists to expand the reach of eye care in a middle-income country: Validation of health data acquisition by nursing staff in a telemedicine strategy. *PLoS One*, 16(11):e0260594.
- [Palumbo, 2022] Palumbo, A. (2022). Microsoft hololens 2 in medical and healthcare context: state of the art and future prospects. *Sensors*, 22(20):7709.
- [Park et al., 2022] Park, C., Cho, Y., Harvey, J., Arnoldo, B. e Levi, B. (2022). Telehealth and burn care: From faxes to augmented reality. *Bioengineering*, 9(5).
- [Pires et al., 2022] Pires, G., Lopes, A., Correia, P., Almeida, L., Oliveira, L., Panda, R., Jorge, D., Mendes, D., Dias, P., Gomes, N. e Pereira, T. (2022). Usability of a telehealth solution based on tv interaction for the elderly: the VITASENIOR-MT case study. *Universal Access in the Information Society*.

- [Prathiba e Rema, 2011] Prathiba, V. e Rema, M. (2011). Teleophthalmology: a model for eye care delivery in rural and underserved areas of india. *International journal of family medicine*, 2011.
- [Qazi et al., 2019] Qazi, S., Tanveer, K., ElBahnasy, K. e Raza, K. (2019). Chapter 10 - from telediagnosis to teletreatment: The role of computational biology and bioinformatics in tele-based healthcare. Em D. Jude, H. e Balas, V. E., editors, *Telemedicine Technologies*, p. 153–169. Academic Press.
- [Quigley et al., 2012] Quigley, P. A., Campbell, R. R., Bulat, T., Olney, R. L., Buerhaus, P. e Needleman, J. (2012). Incidence and cost of serious fall-related injuries in nursing homes. *Clinical Nursing Research*, 21(1):10–23.
- [Rae Nelson et al., 2022] Rae Nelson, C., Conwell, J., Lally, S., Cohn, M., Tanous, K., Moats, J. e Gabbard, J. L. (2022). Exploring augmented reality triage tools to support mass casualty incidents. Em *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, volume 66, p. 1664–1666. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- [Ramalho et al., 2022] Ramalho, D., Constantino, P., Silva, H. P. D., Constante, M. e Sanches, J. (2022). An augmented teleconsultation platform for depressive disorders. *IEEE Access*, 10:130563–130571.
- [Reid et al., 2020] Reid, V., Hurst, T. et al. (2020). Q&a: Why providence health wants you to use its covid-19 triage chatbot. *Advisory Board: IT Forefront*.
- [Restás et al., 2021] Restás, Á., Szalkai, I. e Óvári, G. (2021). Drone application for spraying disinfection liquid fighting against the covid-19 pandemic—examining drone-related parameters influencing effectiveness. *Drones*, 5(3):58.
- [Rezende et al., 2010] Rezende, E. J. C., Melo, M. d. C. B. d., Tavares, E. C., Santos, A. d. F. d. e Souza, C. d. (2010). Ética e telessaúde: reflexões para uma prática segura. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 28:58–65.
- [Robles Cuevas et al., 2022] Robles Cuevas, M. A., López Martínez, I., López Domínguez, E., Hernández Velázquez, Y., Domínguez Isidro, S., Flores Frías, L. M., Pomares Hernández, S. E., Medina Nieto, M. A. e de la Calleja, J. (2022). Telemonitoring system oriented towards high-risk pregnant women. Em *Healthcare*, volume 10, p. 2484. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- [Rodgers et al., 2015] Rodgers, M. M., Pai, V. M. e Conroy, R. S. (2015). Recent advances in wearable sensors for health monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 15(6):3119–3126.
- [Romero et al., 2023] Romero, S. E., Guevara, N., Montoya, X. e Castaneda, B. (2023). Assessment of panoramic ultrasound reconstruction imaging using telemedicine equipment: a phantom experiment. Em *18th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis*, volume 12567, p. 269–276. SPIE.

- [Ruaro e Rodriguez, 2017] Ruaro, R. L. e Rodriguez, D. P. (2017). O direito À proteção de dados pessoais na sociedade da informação. *Revista de Direito da Economia e dos Sistemas de Informação*, 9(2):337–356.
- [Ruiz Estrada, 2020] Ruiz Estrada, M. A. (2020). The uses of drones in case of massive epidemics contagious diseases relief humanitarian aid: Wuhan-covid-19 crisis. *Available at SSRN 3546547*.
- [Russell et al., 2022] Russell, M. R., Rogers, R. L., Rosenthal, S. M. e Lee, J. Y. (2022). Increasing access to care for transgender/gender diverse youth using telehealth: A quality improvement project. *Telemedicine and e-Health*, 28(6):847–857.
- [Salman et al., 2021] Salman, O. H., Taha, Z., Alsabab, M. Q., Hussein, Y. S., Mohammed, A. S. e Aal-Nouman, M. (2021). A review on utilizing machine learning technology in the fields of electronic emergency triage and patient priority systems in telemedicine: Coherent taxonomy, motivations, open research challenges and recommendations for intelligent future work. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 209:106357.
- [Santos et al., 2022] Santos, A., Seixas, F. e Fernandes, N. (2022). Provendo um modelo automático de detecção de quedas baseado em rede adversária generativa para assistência de idosos. Em *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*, p. 120–131, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Santos et al., 2020a] Santos, A. C. N., Firmino, R. M., Soto, J. C. H., Medeiros, D. S. V., Mattos, D. M. F., Albuquerque, C. V. N., Seixas, F., Muchaluat-Saade, D. C. e Fernandes, N. C. (2020a). Aplicações em redes de sensores na área da saúde e gerenciamento de dados médicos: tecnologias em ascensão. Em Muchaluat-Saade, D. C. e Pita, R., editors, *Livro de Minicursos SBCAS 2020*, chapter 4, p. 1–50. SBC, 1 ed. o.
- [Santos et al., 2020b] Santos, W. S., de Sousa Júnior, J. H., Soares, J. C. e Raasch, M. (2020b). Reflexões acerca do uso da telemedicina no brasil: oportunidade ou ameaça? *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde*, 9(3):433–453.
- [Scalvini et al., 2004] Scalvini, S., Vitacca, M., Paletta, L., Giordano, A. e Balbi, B. (2004). Telemedicine: a new frontier for effective healthcare services. *Monaldi Archives for chest disease*, 61(4).
- [Schieltz et al., 2022] Schieltz, K. M., O'Brien, M. J., Tsami, L., Call, N. A. e Lerman, D. C. (2022). Behavioral assessment and treatment via telehealth for children with autism: From local to global clinical applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4).
- [Seixas et al., 2021] Seixas, F., Chermont, S., Marchese, L., Cruz, F. e Cruz, D. (2021). Monitoramento remoto da adesão dos pacientes em tratamento aos exercícios cardiorrespiratórios. *Catálogo de Tecnologias Sociais 2021*, UFF.

- [Seron et al., 2021] Seron, P., Oliveros, M.-J., Gutierrez-Arias, R., Fuentes-Aspe, R., Torres-Castro, R. C., Merino-Osorio, C., Nahuelhual, P., Inostroza, J., Jalil, Y., Solano, R. et al. (2021). Effectiveness of telerehabilitation in physical therapy: a rapid overview. *Physical therapy*, 101(6):pzab053.
- [Shah et al., 2016] Shah, P. K., Prabhu, V., Karandikar, S. S., Ranjan, R., Narendran, V. e Kalpana, N. (2016). Retinopathy of prematurity: Past, present and future. *World journal of clinical pediatrics*, 5(1):35.
- [Shoemaker et al., 2020] Shoemaker, M. J., Dias, K. J., Lefebvre, K. M., Heick, J. D. e Collins, S. M. (2020). Physical therapist clinical practice guideline for the management of individuals with heart failure. *Physical therapy*, 100(1):14–43.
- [Siddiqi e PiuZZi, 2021] Siddiqi, A. e PiuZZi, N. S. (2021). Value-based healthcare: Not going anywhere—why orthopaedic surgeons will continue using telehealth in a post-covid-19 world. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 479(6):1398.
- [Silva e Moraes, 2012] Silva, A. B. e Moraes, I. H. S. d. (2012). O caso da rede universitária de telemedicina: análise da entrada da telessaúde na agenda política brasileira. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 22:1211–1235.
- [Song et al., 2022] Song, T., Yu, K., Eck, U. e Navab, N. (2022). Augmented reality collaborative medical displays (arc-meds) for multi-user surgical planning and intra-operative communication. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*, p. 1–8.
- [Soto et al., 2022a] Soto, J. C., Galdino, I., Caballero, E., Ferreira, V., Muchaluat-Saade, D. e Albuquerque, C. (2022a). Monitoramento de sinais vitais utilizando redes wi-fi. Em Campista, M. e Duarte, F., editors, *Livro de Minicursos do SBRC 2022*, chapter 5. SBC, 1 edição.
- [Soto et al., 2022b] Soto, J. C., Galdino, I., Caballero, E., Ferreira, V., Muchaluat-Saade, D. e Albuquerque, C. (2022b). A survey on vital signs monitoring based on Wi-Fi CSI data. *Computer Communications*, 195:99–110.
- [Sterbis et al., 2008] Sterbis, J. R., Hanly, E. J., Herman, B. C., Marohn, M. R., Broderick, T. J., Shih, S. P., Harnett, B., Doarn, C. e Schenkman, N. S. (2008). Transcontinental telesurgical nephrectomy using the da vinci robot in a porcine model. *Urology*, 71(5):971–973.
- [Su et al., 2023] Su, T., Calvo, R. A., Jouaiti, M., Daniels, S., Kirby, P., Dijk, D.-J., della Monica, C. e Vaidyanathan, R. (2023). Assessing a sleep interviewing chatbot to improve subjective and objective sleep: Protocol for an observational feasibility study. *JMIR Res Protoc*, 12:e45752.
- [Tan et al., 2022] Tan, T. F., Li, Y., Lim, J. S., Gunasekeran, D. V., Teo, Z. L., Ng, W. Y. e Ting, D. S. (2022). Metaverse and virtual health care in ophthalmology: opportunities and challenges. *The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 11(3):237–246.

- [Tsumura et al., 2021] Tsumura, R., Hardin, J. W., Bimbraw, K., Grossestreuer, A. V., Odusanya, O. S., Zheng, Y., Hill, J. C., Hoffmann, B., Soboyejo, W. e Zhang, H. K. (2021). Tele-operative low-cost robotic lung ultrasound scanning platform for triage of covid-19 patients. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6(3):4664–4671.
- [Vestergaard e Wulf, 2020] Vestergaard, T. B. e Wulf, H. C. (2020). Accuracy of mobile digital teledermoscopy for skin self-examinations in adults at high risk of skin cancer: an open-label, randomised controlled trial. *The Lancet Digital Health*, 2(4):e175–e182.
- [von Stillfried, 2021] von Stillfried, D. G. (2021). Toward a digital triage platform for the german healthcare system. *Mission–Innovation: Telematics, eHealth and High-Definition Medicine in Patient-Centered Acute Medicine*, p. 121.
- [Wen, 2008] Wen, C. L. (2008). Telemedicina e telessaúde: um panorama no brasil. *Informática Pública*, 10(2):7–15.
- [William et al., 2018] William, W., Ware, A., Basaza-Ejiri, A. H. e Obungoloch, J. (2018). A review of image analysis and machine learning techniques for automated cervical cancer screening from pap-smear images. *Computer methods and programs in biomedicine*, 164:15–22.
- [Williams et al., 2018] Williams, A. M., Bhatti, U. F., Alam, H. B. e Nikolian, V. C. (2018). The role of telemedicine in postoperative care. *Mhealth*, 4.
- [World Health Organization, 2022] World Health Organization (2022). *Consolidated telemedicine implementation guide*. WHO, Geneva.
- [Xu et al., 2020] Xu, Q., Huang, G., Yu, M. e Guo, Y. (2020). Fall prediction based on key points of human bones. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 540(C).
- [Young et al., 2023] Young, B. K., Cole, E. D., Shah, P. K., Ostmo, S., Subramaniam, P., Venkatapathy, N., Tsai, A. S. H., Coyner, A. S., Gupta, A., Singh, P., Chiang, M. F., Kalpathy-Cramer, J., Chan, R. V. P. e Campbell, J. P. (2023). Efficacy of Smartphone-Based Telescreening for Retinopathy of Prematurity With and Without Artificial Intelligence in India. *JAMA Ophthalmology*.
- [Zhang et al., 2022] Zhang, J., Yu, N., Wang, B. e Lv, X. (2022). Trends in the use of augmented reality, virtual reality, and mixed reality in surgical research: A global bibliometric and visualized analysis. *Indian Journal of Surgery*, 84(Suppl 1):52–69.
- [Ziebart et al., 2023] Ziebart, C., Kfrerer, M. L., Stanley, M. e Austin, L. C. (2023). A digital-first health care approach to managing pandemics: Scoping review of pandemic self-triage tools. *J Med Internet Res*, 25:e40983.