



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Sistema Online para um Follow-Up Eficiente na área da saúde

Tiago Alexandre Pinto da Águeda

Mestrado em Engenharia Informática

Orientador:

Professor Doutor João Pedro Calado Barradas Branco Pavia,
Professor Auxiliar,
Iscte-Instituto Universitário de Lisboa

Orientador:

Professor Doutor Pedro Nuno Martins Pires Coelho,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências Médicas da Universidade
Nova de Lisboa

Setembro, 2025



TECNOLOGIAS
E ARQUITETURA

Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação

Sistema Online para um Follow-Up Eficiente na área da saúde

Tiago Alexandre Pinto da Águeda

Mestrado em Engenharia Informática

Orientador:

Professor Doutor João Pedro Calado Barradas Branco Pavia,
Professor Auxiliar,
Iscte-Instituto Universitário de Lisboa

Orientador:

Professor Doutor Pedro Nuno Martins Pires Coelho,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências Médicas da Universidade
Nova de Lisboa

Setembro, 2025

Direitos de cópia ou Copyright

© Copyright: Tiago Alexandre Pinto da Águeda

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

Agradecimentos

A realização desta dissertação só foi possível graças ao contributo de diversas pessoas e instituições, a quem desejo manifestar a minha mais profunda gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço ao ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, pela oportunidade de desenvolver este mestrado, pela qualidade do ensino ministrado e pelo ambiente académico, que me permitiu crescer pessoal e profissionalmente.

Deixo um agradecimento especial ao meu Orientador, Professor Doutor João Pedro Calado Barradas Branco Pavia, pelo rigor científico, pela disponibilidade constante e pelo apoio inestimável ao longo de todas as fases desta investigação.

Agradeço igualmente ao Hospital de Santa Marta pelo contributo essencial nas componentes técnicas do *follow-up*. Um reconhecimento particular à Enfermeira Helena e ao Dr. Jorge Pinheiro Santos, pela colaboração e apoio prático que enriqueceram de forma decisiva o desenvolvimento deste trabalho. Neste âmbito, expresso também a minha gratidão ao meu Co-orientador, Professor Doutor Pedro Nuno Martins Pires Coelho, pela orientação complementar, pela dedicação e pelo valioso conhecimento partilhado.

Aos meus pais, agradeço de forma especial pelo amor, pela confiança e pelo apoio incondicional que sempre me transmitiram. Aos meus amigos, pela amizade e pela motivação nos momentos de maior exigência e à minha namorada, pela paciência, compreensão e incentivo constante ao longo deste percurso.

Por fim, agradeço à Universidade Lusófona, instituição onde concluí a licenciatura, que constituiu a base sólida para a prossecução dos meus estudos e que contribuiu para a construção das competências necessárias à concretização deste trabalho. A todos os que, de forma direta ou indireta, contribuíram para este percurso académico, deixo aqui o meu mais sincero e profundo agradecimento.

Resumo

O envelhecimento populacional e a expansão das doenças crônicas, como a insuficiência cardíaca, intensificam a pressão sobre os sistemas de saúde, ressaltando as falhas dos métodos de follow-up tradicional, caracterizados por uma adesão reduzida e uma recolha de dados ineficaz. Este acompanhamento acontece, principalmente, via chamadas telefônicas feitas por enfermeiros ou consultas presenciais previamente agendadas. No entanto, nota-se uma significativa taxa de não adesão, uma vez que muitos pacientes não atendem as chamadas ou não comparecem nas consultas, o que prejudica a continuidade do acompanhamento clínico.

Com o objetivo de responder a este desafio, foi desenvolvida uma aplicação web que automatiza o envio de formulários clínicos e alertas para doentes e profissionais de saúde, garantindo uma recolha estruturada e acompanhamento contínuo. A solução baseia-se numa arquitetura modular (*frontend* em Angular, *backend* em Node.js/Express e base de dados MongoDB), com autenticação segura e envio automático de lembretes através de GitHub Actions.

O protótipo já se encontra em teste no Hospital de Santa Marta e inclui gestão de pacientes, acompanhamentos clínicos, dashboards de acompanhamento e formulários dinâmicos. A análise demonstra um aumento da adesão ao *follow-up*, confirmando o potencial da solução. Para além disso, ao automatizar a recolha de dados através de formulários digitais, elimina-se a necessidade de um profissional de saúde realizar diretamente este processo, libertando tempo clínico para tarefas de maior complexidade e valor acrescentado.

Conclui-se que a aplicação representa um contributo relevante para a modernização do acompanhamento clínico, promovendo maior eficiência, rastreabilidade e rapidez de intervenção, em linha com as orientações nacionais e internacionais de saúde digital e telemonitorização.

Palavras-chave: Saúde Digital; Insuficiência Cardíaca; Acompanhamento Clínico; Telemonitorização; Aplicação Web; *Follow-up*.

Abstract

The ageing population and the spread of chronic diseases, such as heart failure, are putting increased pressure on healthcare systems, highlighting the shortcomings of traditional follow-up methods, which are characterised by low adherence and ineffective data collection. This follow-up mainly takes place via telephone calls made by nurses or pre-scheduled face-to-face consultations. However, there is a significant rate of non-adherence, as many patients do not answer calls or attend appointments, which undermines the continuity of clinical follow-up.

To address this challenge, a web application was developed that automates the sending of clinical forms and alerts to patients and healthcare professionals, ensuring structured data collection and continuous follow-up. The solution is based on a modular architecture (frontend in Angular, backend in Node.js/Express and MongoDB database), with secure authentication and automatic sending of reminders via GitHub Actions.

The prototype is already being tested at Santa Marta Hospital and includes patient management, clinical follow-ups, follow-up dashboards and dynamic forms. The analysis shows an increase in adherence to follow-up, confirming the solution's potential. In addition, by automating data collection through digital forms, there is no longer a need for a healthcare professional to perform this process directly, freeing up clinical time for more complex and value-added tasks.

It is concluded that the application represents a significant contribution to the modernisation of clinical monitoring, promoting greater efficiency, traceability and speed of intervention, in line with national and international guidelines on digital health and telemonitoring.

Keywords: Digital Health; Heart Failure; Clinical Follow-Up; Telemonitoring; Web Application; Patient Adherence.

Índice

Agradecimentos	VI
Resumo.....	VIII
Abstract.....	X
Capítulo 1: Introdução	1
1.1 Contexto	1
1.2 Motivação	2
1.3 Problema e Objetivos	3
1.4 Estrutura do Documento	6
Capítulo 2: Estado da Arte.....	8
2.1 Metodologia de Revisão Sistemática.....	8
2.2 Inovações Tecnológicas no Acompanhamento Clínico	10
2.3 Limitações dos Métodos Tradicionais de Follow-Up	11
2.4 Benefícios das Soluções Digitais	13
2.5 Desafios e Oportunidades na Implementação.....	15
Capítulo 3: Engenharia e Requisitos.....	18
3.1 Análise do Método tradicional de Follow-up	18
3.1.1 Metodologia e Conjunto de Dados	18
3.1.2 Perfil Demográfico e Padrões de Adesão	19
3.1.3 Incidentes Clínicos e Correlação com Adesão	20
3.1.4 Necessidade Clínica e Impacto Esperado da Solução	21
3.2. Requisitos do Sistema.....	21
3.2.1 Requisitos Funcionais.....	22
3.2.2 Requisitos Não Funcionais	24
3.2.3 Requisitos Técnicos.....	25
3.3 Visão da solução.....	25
3.3.1. Atores e perfis.....	25

3.3.2. Cenários de utilização.....	26
Capítulo 4: Estrutura da Aplicação	27
4.1 Arquitetura do Sistema.....	27
4.2 Modelo de dados	28
Capítulo 5: Solução Proposta.....	31
5.1. Frontend	31
5.2. Backend	32
5.3 Tecnologias Utilizadas.....	34
5.4. Configuração Inicial.....	37
5.4.1 Requisitos do Sistema.....	37
5.4.2 Clonagem do Projeto e Instalação de Dependências	37
5.4.3 Configuração de Variáveis de Ambiente.....	38
5.4.4 Execução da Aplicação.....	38
5.5 Descrição do protótipo	39
5.5.1 Criação de Senha e Login.....	39
5.5.2 Página Adicionar Paciente.....	40
5.5.3 Página de Lista de Pacientes.....	41
5.5.4 Página de Formulários Clínicos.....	43
5.5.5 Página de Detalhes do Paciente	44
5.5.6 Dashboard e Análise por período	47
5.5.7 Página de Questionários Críticos.....	49
Capítulo 6: Método e Planeamento	51
6.1 Organização do código.....	51
6.1.1 Pipelines (GitHub Actions)	51
6.1.2 Geração Dinâmica dos Questionários.....	54
6.2 Segurança Aplicacional.....	56
Capítulo 7: Plano de Testes e Validação	58
7.1 Metodologia de Testes.....	58
7.2 Casos de Teste.....	58
Capítulo 8: Resultados.....	61
8.1 Adesão Global aos Questionários.....	61
8.2 Qualidade e Conteúdo das Respostas	62

Capítulo 10: Conclusões e Trabalho Futuro	66
9.1 Conclusões.....	66
9.2 Trabalho Futuro.....	67
Referências.....	69
Anexos.....	73

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama "One Digital Health Steering Wheel", um modelo integrado que reúne as perspectivas individuais, populacionais e ecossistêmicas na saúde digital, retirado de [10]	2
Figura 2 - Diagrama do estudo piloto conduzido por Marier-Tétrault, que descreve a divisão dos participantes em grupos com e sem acompanhamento remoto e terapêutica digital [14] ...	4
Figura 3 - Processo de acompanhamento remoto bidirecional descrito por Zhu, exemplificando a aplicação prática de plataformas digitais após cirurgia cardíaca [24].....	5
Figura 4 - Potencial das intervenções de saúde digital nas doenças cardiovasculares, retirado de [6]	13
Figura 5 - Funcionamento da plataforma GIMEMA-ALLIANCE, retirado de [23]	15
Figura 6 - Distribuição do Sexo e Idade dos pacientes	19
Figura 7 - Dados em falta por destino (Pré-Operatório a), 3 meses b) e 1 ano c), respetivamente)	20
Figura 8 - Distribuição de idade para incidentes por impossibilidade de contacto	21
Figura 9 - Visão geral da arquitetura adotada	28
Figura 10 - Modelo de dados do sistema de acompanhamento clínico	29
Figura 11 - Mapa de Navegação do Sistema	32
Figura 12 - Estrutura modular do backend	33
Figura 13 - Ficheiro .env.....	38
Figura 14 - Página de criação de senha.....	39
Figura 15 - Página de Login.....	40
Figura 16 - Página de criação de pacientes	41
Figura 17 - Página de listagem de pacientes	42
Figura 18 - Edição de pacientes	43
Figura 19 - Exemplo da estrutura de um questionário	44
Figura 20 - Visão geral dos detalhes do paciente	45
Figura 21 - Lista de Questionários do paciente	46
Figura 22 - Lembretes de follow-ups do paciente	46
Figura 23 - Página de Análise Geral do Dashboard.....	48
Figura 24 - Página de Análise por período	48
Figura 25 - Página de Listagem de Questionários Críticos.....	49

Figura 26 - Fluxo geral dos workflows.....	51
Figura 27 - Sequência do workflow “Enviar FollowUp Diário”.	52
Figura 28 - Critérios de elegibilidade em sendDailyFollowUps.js.....	53
Figura 29 - Fragmento com tipo de formulários dinâmicos	54
Figura 30 - Exemplo de bloco de questionário com condicional e jumpMap	55
Figura 31 - Adesão ao Acompanhamento do Dashboard da Aplicação	62
Figura 32 - Análise das questões relacionadas à toma de medicações	63
Figura 33 - Análise dos indicadores vitais dos pacientes [medição da pressão arterial a), medição da frequência cardíaca b), medição da temperatura corporal c) e medição dos níveis de glicemia d)]	63
Figura 34 - Análise de dor dos pacientes	64
Figura 35 - Análise dos aspetos psicossociais dos pacientes	64
Figura - Análise do estilo de vida adotado pelos pacientes [consumo de fruta a), consumo de legumes b), ingestão adequada de água c), redução do uso de sal nas refeições d) e alimentação variada e)]	65

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo do processo de revisão sistemática	9
Tabela 2 - Requisitos Funcionais	22
Tabela 3 - Requisitos Não Funcionais	24
Tabela 4 - Requisitos Técnicos	25
Tabela 5 - Resumo de Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do Sistema.....	36
Tabela 6 - Lista de Testes	59

Lista de Acrónimos

ACM – Association for Computing Machinery
API – Application Programming Interface
CLI – Command-Line Interface
CI/CD – Continuous Integration / Continuous Delivery
CSV – Comma-Separated Values
CRUD – Create, Read, Update, Delete
DESI – Digital Economy and Society Index
DTx – Terapêutica Digital (Digital Therapeutics)
EHRs – Electronic Health Records (Registos Eletrônicos de Saúde)
EQ-5D – EuroQol 5-Dimensions (questionário de qualidade de vida)
ePROs – electronic Patient-Reported Outcomes
FHIR – Fast Healthcare Interoperability Resources
HL7 – Health Level Seven
HTTP – Hypertext Transfer Protocol
IC – Insuficiência Cardíaca
JSON – JavaScript Object Notation
JWT – JSON Web Token
MLHFQ – Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire
NPM – Node Package Manager
ODM – Object Data Modeling
ORM – Object-Relational Mapping
OWASP – Open Worldwide Application Security Project
PROMs – Patient-Reported Outcome Measures
REST – Representational State Transfer
RGPD – Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados
RxJS – Reactive Extensions for JavaScript
SLR – Revisão Sistemática da Literatura
SMTP – Simple Mail Transfer Protocol
SNS – Serviço Nacional de Saúde

SPA – Single Page Application

URI – Uniform Resource Identifier

UTC – Coordinated Universal Time

CAPÍTULO 1

Introdução

1.1 Contexto

O envelhecimento da população tem vindo a mudar substancialmente o cenário dos cuidados de saúde em Portugal e noutros países, devido ao aumento significativo do número de adultos com mais de 65 anos, resultando numa procura crescente por serviços médicos e numa maior pressão sobre os sistemas de saúde [1]. Com o aumento da esperança média de vida, cada vez mais indivíduos alcançam a terceira idade, o que resulta num crescimento considerável do número de doentes, particularmente em áreas como as doenças crónicas [2]. Este aumento deve-se, em grande parte, aos avanços na medicina que têm permitido diminuir a mortalidade e a morbilidade, prolongando a sobrevida dos pacientes. No entanto, esta maior longevidade não se traduz necessariamente numa melhor qualidade de vida, pois os doentes sobrevivem com quadros clínicos mais complexos, exigindo intervenções frequentes e uma gestão contínua e integrada [3], [4].

Os sistemas de saúde enfrentam assim desafios significativos face a este cenário. Devido ao aumento do número de internamentos e à grande necessidade de intervenções repetidas, os hospitais enfrentam uma pressão crescente, que poderá resultar em dificuldades na disponibilidade de vagas e na sobrecarga dos serviços de emergência [4], [5], [6]. Aliado a estas dificuldades surge o aumento dos custos relativos à gestão destas condições, que vão desde os tratamentos médicos e hospitalares às intervenções de urgência, impondo um desafio económico preocupante para os serviços de saúde públicos e privados [7]. A maioria dos custos associados está ligada a cuidados hospitalares, (re-)hospitalizações e comorbilidades não cardiovasculares [4], [7]. Assim, a telemedicina pode estar associada à redução das taxas de internamento hospitalar e da mortalidade em doentes com, por exemplo, insuficiência cardíaca (IC), tal como à poupança de tempo e custos associados [8], [9].

Neste contexto, foi proposto um modelo inovador denominado "One Digital Health", esquematizado na Figura 1, que combina as dimensões individuais, populacionais e do ecossistema, apresentando uma visão consolidada para transformar digitalmente os ecossistemas de saúde. Este modelo destaca a importância de integrar ferramentas digitais eficazes para lidar com os desafios crescentes, decorrentes do envelhecimento populacional e

da prevalência de doenças crónicas, enfatizando que a tecnologia pode atuar como catalisador na gestão integrada da saúde [10].

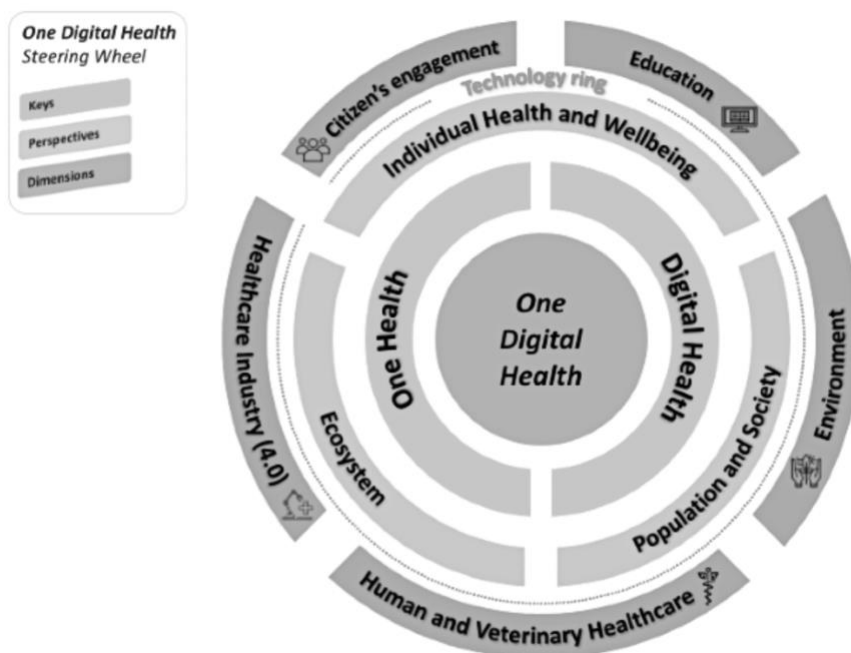


Figura 1 - Diagrama "One Digital Health Steering Wheel", um modelo integrado que reúne as perspetivas individuais, populacionais e ecossistémicas na saúde digital, retirado de [10]

Diante deste contexto, é urgente repensar e modernizar os métodos de acompanhamento dos doentes [6]. A deteção precoce de desvios no estado clínico e a recolha eficiente de dados são fundamentais para possibilitar intervenções rápidas e personalizadas, que contribuam para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes e para a sustentabilidade dos sistemas de saúde [10], [11], [12].

1.2 Motivação

A necessidade de alcançar melhores resultados clínicos na gestão das doenças crónicas tem impulsionado a adoção de soluções tecnológicas inovadoras [13], [14]. A identificação precoce de quaisquer alterações no estado de saúde dos pacientes revela-se crucial para possibilitar intervenções atempadas [15], [16]. A realização de intervenções no momento oportuno evita complicações graves que, de outra forma, poderiam resultar em internamentos prolongados [7], [17]. Adicionalmente, uma atuação proativa contribui para reduzir a necessidade de hospitalizações de longa duração [4], [15].

Assim, o acompanhamento contínuo dos doentes constitui um pilar fundamental para melhorar a qualidade dos cuidados de saúde prestados [3], [11]. Paralelamente, a identificação

precoce de alterações clínicas desempenha um papel essencial na redução da morbilidade associada às doenças crónicas [7]. A conjugação destas estratégias revela-se decisiva para a melhoria da qualidade assistencial e para a redução dos índices de morbilidade [3], [8].

No entanto, os métodos tradicionais de acompanhamento revelam-se frequentemente insuficientes para lidar com a crescente complexidade dos quadros clínicos dos doentes crónicos [4]. Esta limitação evidencia a necessidade de investir em abordagens de acompanhamento mais próximas, personalizadas e eficazes, capazes de colmatar as falhas dos modelos convencionais [6], [18].

Face a este cenário, ganha destaque a implementação de sistemas digitais de acompanhamento clínico como uma solução promissora para o acompanhamento de pacientes [19], além de permitir a redução da pressão sobre os profissionais de saúde, nomeadamente enfermeiros, que, devido ao défice atual de profissionais, se veem sobrecarregados de diferentes tarefas [20]. Por outro lado, esta solução envolve uma redução de custos, tornando-os mais baratos, uma vez que utiliza tecnologia em vez de ser necessário um profissional de saúde para efetuar este trabalho [11]. Estas plataformas tecnológicas permitem detetar precocemente quaisquer alterações no estado clínico dos doentes [21]. Além disso, ao agilizar o processo de acompanhamento, estas ferramentas contribuem para otimizar a utilização dos recursos humanos disponíveis [5], [13]. Desta forma, os profissionais de saúde podem concentrar-se em intervenções mais especializadas em vez de despende tempo em tarefas rotineiras de recolha de dados [16].

Em última análise, a adoção desta abordagem é motivada pela necessidade de oferecer cuidados de saúde mais eficientes e sustentáveis [6]. O aumento da prevalência de doenças crónicas impõe exigências crescentes aos sistemas de saúde, o que requer soluções adaptadas a esta nova realidade [21], [22]. Nesse contexto, torna-se crucial que o sistema de saúde se ajuste para garantir a sustentabilidade e a eficácia dos cuidados prestados face a estes desafios [10].

1.3 Problema e Objetivos

A gestão de condições crónicas, em particular a IC, impõe desafios significativos para os sistemas de saúde, especialmente no que diz respeito ao acompanhamento contínuo dos pacientes [14]. A deteção precoce de desvios no quadro clínico dos pacientes é crucial para evitar complicações e garantir intervenções rápidas [7].

Adicionalmente, as chamadas telefônicas, embora facilitem a comunicação, dependem demasiado de informações subjetivas fornecidas pelos pacientes, o que pode resultar em atrasos na identificação de alterações críticas [23]. A situação agrava-se ainda mais pela dependência do preenchimento manual de formulários clínicos, frequentemente associados a baixos níveis de adesão por parte dos pacientes, dificultando assim a implementação eficaz de ações preventivas [24].

Sob esta perspectiva, surge a necessidade urgente de modernizar e otimizar o processo de recolha de dados clínicos e o acompanhamento dos doentes [25]. Para enfrentar este desafio propõe-se substituir o tradicional preenchimento manual por uma aplicação online, que automatize o envio de alertas por e-mail aos pacientes, sempre que estes tenham formulários pendentes de preenchimento [26]. Esta funcionalidade pretende melhorar significativamente a adesão dos pacientes, garantindo que os dados sejam recolhidos de forma regular e precisa, permitindo um acompanhamento constante e atualizado do seu estado clínico [27].

Foi apresentada uma abordagem semelhante, num estudo piloto, que avaliou uma solução digital composta por uma aplicação móvel, dispositivos Bluetooth e um módulo terapêutico digital (DTx). O diagrama da Figura 2 resume a organização dos grupos de doentes e a lógica de funcionamento do sistema desenvolvido [14].

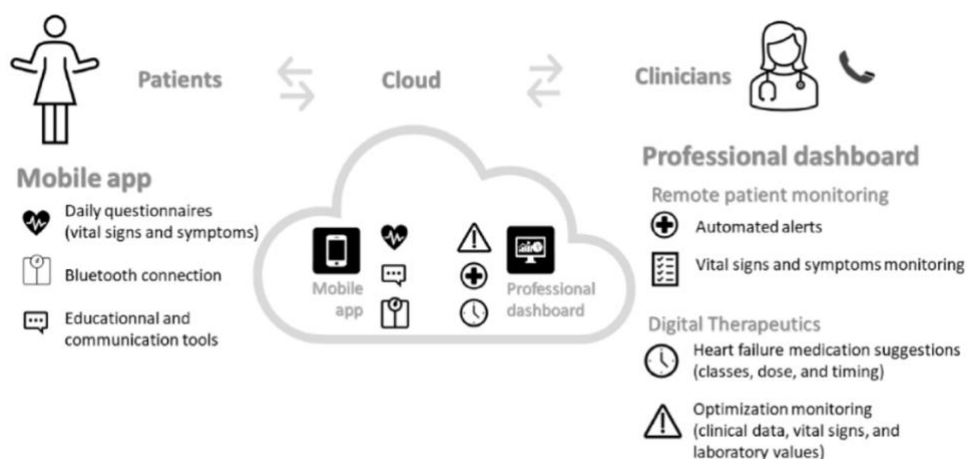


Figura 2 - Diagrama do estudo piloto conduzido por Marier-Tétrault, que descreve a divisão dos participantes em grupos com e sem acompanhamento remoto e terapêutica digital [14]

Complementarmente, a solução proposta deverá incorporar um sistema de notificações destinadas aos profissionais de saúde, permitindo-lhes ser imediatamente informados sobre quaisquer alterações relevantes nos parâmetros clínicos dos pacientes [23]. Este modelo de acompanhamento remoto e automatizado possibilitará intervenções mais rápidas e

personalizadas, resultando numa potencial redução dos internamentos hospitalares e numa melhoria global da qualidade dos cuidados prestados [14].

Assim sendo, o principal objetivo desta dissertação consiste no desenvolvimento e implementação de uma aplicação online que aperfeiçoe o acompanhamento dos doentes crónicos, particularmente com IC. Pretende-se que o sistema automatize o preenchimento dos formulários clínicos e o envio de alertas para pacientes e médicos. Ademais, será avaliada a eficácia deste sistema em termos de melhoria da adesão ao preenchimento dos formulários e redução dos internamentos, através da análise dos parâmetros clínicos e do feedback direto dos utilizadores [3]. Por fim, será investigada a possibilidade de integrar esta aplicação com os Registos Eletrónicos de Saúde (EHRs), visando criar um ecossistema digital unificado, que promova a rastreabilidade e aumente a eficácia das intervenções clínicas, modernizando os cuidados de saúde e otimizando os recursos humanos e financeiros disponíveis [6], [10].

Como exemplo prático de um modelo eficaz para acompanhamento pós-operatório digital, destaca-se uma plataforma de telemedicina desenvolvida na China, que permite o acompanhamento remoto contínuo e a interação bidirecional entre pacientes e profissionais de saúde responsáveis, após a cirurgia cardíaca. Esta abordagem, ilustrada na Figura 3, facilita um acompanhamento mais rigoroso e personalizado, visando uma redução significativa das complicações pós-cirúrgicas e das taxas de readmissão [25].

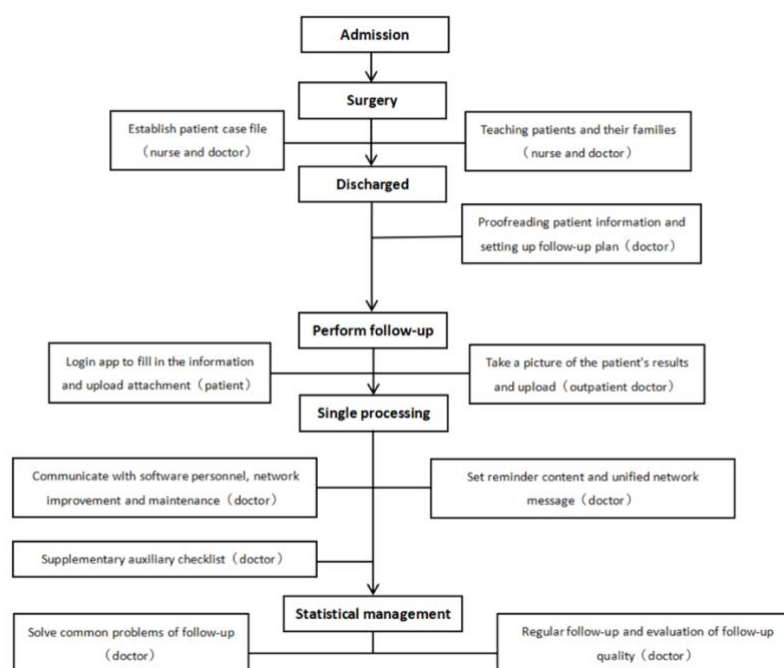


Figura 3 - Processo de acompanhamento remoto bidirecional descrito por Zhu, exemplificando a aplicação prática de plataformas digitais após cirurgia cardíaca [25]

1.4 Estrutura do Documento

Este documento está organizado de forma a conduzir o leitor, progressivamente, desde a contextualização do problema até à apresentação da solução desenvolvida, dos resultados obtidos e da reflexão final sobre o seu impacto.

O Capítulo 1, referente à Introdução, apresenta o enquadramento geral do problema, destacando a importância do acompanhamento contínuo de doentes com condições crónicas. Expõe ainda a motivação do estudo, os objetivos propostos e o problema identificado, culminando na descrição da solução tecnológica a desenvolver.

O Capítulo 2, por sua vez, refere-se ao Estado da Arte, que compila e analisa a literatura científica mais relevante sobre métodos tradicionais e digitais de acompanhamento clínico. Apresenta os benefícios e limitações das soluções existentes, bem como os desafios enfrentados na sua implementação. Este capítulo é sustentado por uma revisão sistemática da literatura que fundamenta a pertinência da abordagem proposta.

Já o Capítulo 3, relativo à Engenharia e Requisitos, descreve a análise do método tradicional de *follow-up* e apresenta os requisitos funcionais, não funcionais e técnicos da aplicação. Define ainda os atores, cenários de utilização e a visão da solução.

No Capítulo 4, referente à Estrutura da Aplicação, apresenta-se a arquitetura do sistema, incluindo as camadas de *frontend*, *backend*, base de dados e processos automáticos, bem como o modelo de dados que suporta o funcionamento da solução.

O Capítulo 5, dedicado à Solução Proposta, detalha a implementação do protótipo, incluindo a configuração do ambiente, as funcionalidades centrais e as tecnologias utilizadas.

O Capítulo 6, relativo ao Método e Planeamento, aborda a organização do código, os *pipelines* de automação, a lógica de envio de formulários, a geração dinâmica de questionários, as medidas de segurança implementadas e as integrações externas previstas.

No Capítulo 7, dedicado ao Plano de Testes e Validação, apresentam-se os testes realizados, a metodologia aplicada e os casos de teste definidos, garantindo a rastreabilidade face aos requisitos.

O Capítulo 8, referente aos Resultados, reúne e analisa os dados obtidos, nomeadamente métricas de adesão e impacto da solução proposta no acompanhamento dos doentes.

O Capítulo 9, relativo à Conclusão e Trabalho Futuro, sintetiza os contributos alcançados, destacando a relevância da aplicação no acompanhamento digital de doentes crónicos e os benefícios para pacientes e profissionais de saúde. Por outro lado, identifica

potenciais linhas de evolução da solução, como a realização de estudos longitudinais, a aplicação de algoritmos preditivos, a integração com dispositivos médicos e sistemas EHRs, e a melhoria da experiência do utilizador.

CAPÍTULO 2

Estado da Arte

O acompanhamento contínuo de pacientes é crucial para evitar descompensações, ajustar terapias e melhorar os resultados clínicos. Contudo, os métodos tradicionais de *follow-up* apresentam importantes limitações que comprometem a eficácia do seguimento e, consequentemente, a qualidade de vida dos pacientes.

2.1 Metodologia de Revisão Sistemática

Para assegurar uma análise abrangente e rigorosa da literatura referente às tecnologias digitais aplicadas ao acompanhamento de IC foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (SLR). Esta abordagem metodológica possibilita a avaliação, síntese e estruturação do conhecimento existente, abordando questões específicas de pesquisa de forma clara e transparente.

O objetivo principal da revisão foi explorar o impacto das tecnologias digitais na melhoria dos cuidados de saúde, investigando soluções como telemonitorização, plataformas de resultados relatados pelos pacientes (PROMs) e algoritmos baseados em inteligência artificial. Adicionalmente, a revisão procurou identificar os desafios enfrentados na implementação destas tecnologias, incluindo barreiras relacionadas à privacidade, interoperabilidade e adesão por parte dos utilizadores.

Para alcançar estes objetivos foram selecionadas seis bases de dados académicas de alta relevância para as áreas da saúde digital e informática médica: PubMed, IEEE Xplore, SpringerLink, Scopus, Web of Science e ACM Digital Library. Estas bases de dados foram escolhidas para garantir uma cobertura interdisciplinar, abrangendo tanto a literatura médica quanto estudos tecnológicos. Durante a pesquisa foram utilizadas palavras-chave combinadas com operadores booleanos, incluindo:

("Heart Failure" OR "Insuficiência Cardíaca") AND ("Telemonitorização" OR "Telemonitoring") AND ("Patient-Reported Outcomes" OR "Resultados Relatados pelos Pacientes")

A estratégia inicial de pesquisa resultou num total de 2062 resultados, distribuídos entre as diferentes bases de dados. Para assegurar a qualidade e relevância da revisão foram aplicados critérios rigorosos de inclusão e exclusão em várias fases. Foram considerados apenas artigos publicados entre 2015 e 2024, disponíveis em inglês ou português, e que estivessem

diretamente relacionados ao uso de tecnologias digitais na gestão de doenças cardíacas. Para além disso, foram excluídos artigos duplicados e estudos fora do âmbito da investigação.

O processo de filtragem foi realizado em três etapas principais, estando estas resumidas na Tabela 1. Na primeira etapa foram analisados os títulos e resumos dos artigos, resultando em 590 publicações consideradas relevantes. A segunda etapa consistiu na exclusão de duplicados e de trabalhos que não correspondiam ao âmbito pretendido, reduzindo o total para 265 artigos. Na terceira e última etapa foi realizada a leitura dos textos, culminando na seleção final de 34 artigos que se enquadraram perante os objetivos definidos para esta revisão.

Durante o processo também foi utilizada a técnica de *snowballing*, que consiste na identificação de novos artigos relevantes através das referências dos trabalhos selecionados. Esta abordagem demonstrou ser particularmente útil para a inclusão de artigos publicados antes de 2015, desde que citados em estudos mais recentes.

Tabela 1 - Resumo do processo de revisão sistemática

Fase	Número de Artigos
Pesquisa inicial	2062
Após 1º filtro	590
Após 2º filtro	265
Artigos selecionados	34

Os dados extraídos dos artigos selecionados foram organizados em categorias para análise, abrangendo informações bibliográficas, tecnologias utilizadas, benefícios reportados e desafios identificados. Os benefícios incluem melhorias nos resultados clínicos, maior adesão ao tratamento e redução de hospitalizações. Por outro lado, os desafios recaem sobre barreiras tecnológicas, privacidade de dados e a integração destas soluções com sistemas de saúde já existentes.

Este processo estruturado permitiu identificar avanços tecnológicos significativos, como a aplicação de telemonitorização e algoritmos preditivos na gestão de doenças cardiovasculares [6], mas também evidenciou a necessidade de superar desafios relacionados à aceitação por parte dos pacientes e profissionais de saúde [10]. O crescimento do número de publicações nos últimos cinco anos, observado na revisão, demonstra o crescente interesse e relevância da aplicação de tecnologias digitais na área da saúde.

2.2 Inovações Tecnológicas no Acompanhamento Clínico

Para superar as limitações associadas ao acompanhamento convencional, existem diversas inovações digitais que se têm revelado alternativas transformadoras. Entre as principais estratégias destaca-se a telemonitorização, que consiste na recolha contínua de parâmetros vitais, como o peso, a pressão arterial e a frequência cardíaca, através de dispositivos interligados, como sensores corporais, *wearables* e equipamentos domésticos [7]. Os dados recolhidos são automaticamente transmitidos às equipas de saúde, permitindo a deteção precoce de alterações no estado clínico e contribuindo para uma redução significativa das taxas de hospitalização, conforme evidenciado em vários estudos [12]. Além disso, a vigilância contínua proporcionada por esta estratégia tem contribuído para reduzir significativamente as taxas de hospitalização, uma vez que permite intervenções mais céleres perante sinais de agravamento [8]. Por exemplo, as aplicações para smartphone têm sido utilizadas com sucesso no seguimento pós-operatório de doentes cirúrgicos, o que ilustra a versatilidade da telemonitorização em diferentes contextos clínicos [28].

Outro recurso valioso são as plataformas eletrónicas para recolha de dados fornecidos pelos próprios pacientes. Geralmente implementadas sob a forma de formulários online, estas soluções permitem que os pacientes registem, de forma assíncrona, informações sobre as suas condições clínicas, qualidade de vida e outros parâmetros relevantes [21]. Além dos formulários, existem também aplicações móveis concebidas para esse fim como, por exemplo, a aplicação ManageHF4Life, direcionada a doentes com IC, que se mostrou viável para o reporte remoto regular de sintomas e sinais vitais [26].

A possibilidade dos doentes introduzirem dados remotamente confere maior flexibilidade ao processo de acompanhamento, eliminando barreiras logísticas e temporais e assegurando uma recolha de informação mais completa e precisa [3], [16]. Adicionalmente, muitos destes sistemas incorporam mecanismos automáticos de análise capazes de identificar padrões anómalos nos dados reportados, o que permite desencadear intervenções corretivas em tempo oportuno [5], [29]. A participação ativa do doente, aliada a este acompanhamento automatizado, revela um potencial significativo para aprimorar a qualidade e a rapidez das intervenções clínicas no *follow-up* [9].

Além disso, as teleconsultas realizadas através de videochamadas e outras tecnologias de comunicação seguras têm facilitado a troca de informações entre pacientes e médicos, reduzindo a necessidade de deslocações presenciais [9], [25]. Este modelo de atendimento remoto mostrou-se particularmente eficaz durante a pandemia de COVID-19, assegurando a

continuidade dos cuidados sem comprometer a segurança dos envolvidos [5]. Paralelamente, as aplicações móveis têm-se destacado na promoção da autogestão dos doentes, oferecendo lembretes de medicação, conteúdos educativos e canais diretos de comunicação com os prestadores de cuidados de saúde [26]. De acordo com diversos estudos, a utilização desses recursos tecnológicos tende a aumentar a adesão dos pacientes ao tratamento prescrito [21], [26]. Suplementarmente, observam-se melhorias na qualidade de vida, sobretudo em doentes com patologias crónicas, como a IC, que beneficiam do acompanhamento regular proporcionado por estas aplicações [3].

Por fim, a integração destas tecnologias com os EHRs tem possibilitado a criação de um ecossistema digital unificado que melhora a rastreabilidade dos dados clínicos [10]. Esta unificação contribui também para aumentar a eficácia das intervenções médicas, ao disponibilizar em tempo real informações relevantes para a tomada de decisão [30]. Paralelamente, as abordagens híbridas que combinam telemonitorização, teleconsultas e recolha de dados em tempo real demonstram resultados superiores em comparação com métodos isolados de acompanhamento [4]. Mesmo as estratégias de seguimento remoto mais simples, como contactos telefónicos regulares, revelam impactos positivos ao diminuir eventos adversos e reduzir taxas de readmissão hospitalar [18]. Assim, a utilização concertada de múltiplas ferramentas tecnológicas contribui para uma gestão dos cuidados de saúde mais eficiente, personalizada e sustentável, indo ao encontro das atuais necessidades dos sistemas de saúde [20].

2.3 Limitações dos Métodos Tradicionais de *Follow-Up*

O acompanhamento de pacientes, ou *follow-up*, é uma componente essencial na área da saúde, tendo em consideração que este processo é fundamental para acompanhar a progressão da doença, ajustar o tratamento sempre que necessário e reagir rapidamente ao agravamento clínico [4]. Tal procedimento revela-se particularmente relevante no contexto de condições crónicas ou em áreas de elevada complexidade, como a cirurgia cardíaca e o período pós-operatório, onde o ciclo ou a progressão das patologias exige uma vigilância cuidadosa e individualizada [13], [25]. Um acompanhamento eficaz permite assegurar que os pacientes recebam o tratamento apropriado e, simultaneamente, possibilita a identificação precoce de indícios que possam sugerir complicações futuras [7], [14].

Tradicionalmente, os métodos de acompanhamento baseiam-se sobretudo em consultas presenciais e chamadas telefónicas, cada qual apresentando as suas vantagens e limitações. As

consultas médicas regulares são fundamentais para avaliar a progressão da doença e proceder aos ajustes necessários no tratamento. No entanto, exigem deslocações frequentes às unidades de saúde, o que pode ser particularmente difícil para pacientes com mobilidade reduzida, residentes em zonas remotas ou que enfrentam dificuldades em conciliar os horários das consultas com as suas rotinas diárias [18], [20]. Acresce ainda o custo associado às deslocações e à utilização de recursos de saúde, tornando as consultas presenciais uma opção dispendiosa e, por vezes, ineficaz [9].

Por sua vez, as chamadas telefónicas proporcionam uma comunicação mais ágil entre os pacientes e os profissionais de saúde, embora apresentem restrições significativas. A avaliação do estado clínico através deste meio depende, em larga medida, das informações subjetivas fornecidas pelos pacientes, que podem ser influenciadas por falhas de memória, dificuldades linguísticas ou desconhecimento sobre a sua condição clínica [18]. Estas limitações podem conduzir a interpretações imprecisas por parte dos profissionais de saúde.

Além disso, tanto as consultas presenciais quanto as chamadas telefónicas assentam em abordagens síncronas, exigindo a disponibilidade simultânea de pacientes e profissionais. Esta necessidade de sincronização constitui um obstáculo adicional, especialmente num contexto de envelhecimento populacional, com doentes polimedicados e múltiplas comorbilidades [3], [22].

Estas restrições tornam-se particularmente evidentes perante o aumento do número de indivíduos com IC, uma condição que expõe as fragilidades dos métodos tradicionais de acompanhamento. Estes mostram-se ineficazes para responder à crescente procura, o que resulta frequentemente em diagnósticos tardios, aumento das taxas de internamento e elevação dos custos operacionais [7], [8], [12]. Acresce que estas limitações contribuem para o aumento da pressão sobre os sistemas de saúde, tornando urgente a adoção de soluções mais eficazes e funcionais [4], [10].

Adicionalmente, estudos centrados nos cuidados pós-operatórios demonstram que as abordagens convencionais muitas vezes falham em captar a complexidade dos sintomas em evolução, o que compromete a eficácia do acompanhamento e, consequentemente, os resultados clínicos [17]. Estes desafios evidenciam a necessidade imediata de adotar soluções inovadoras que combinem eficácia, acessibilidade e escalabilidade, com vista à melhoria dos resultados na gestão de condições crónicas [14], [26].

2.4 Benefícios das Soluções Digitais

O uso de tecnologias digitais na gestão da IC trouxe diversas vantagens tanto para os pacientes quanto para os sistemas de saúde. Tal como evidenciado na Figura 4, o acompanhamento remoto, através de soluções digitais, possibilita a recolha contínua de dados fisiológicos e de acompanhamento dos sintomas, aumentando a capacidade de identificar sinais de agravamento num estágio inicial [6], [7], [8]. Este acompanhamento em tempo real motiva ações imediatas quando os doentes se encontram em risco, resultando na diminuição de complicações graves e na redução das taxas de hospitalização [12], [16]. Tais soluções permitem um acompanhamento contínuo sem a necessidade de deslocações frequentes, tornando o processo mais prático para os doentes e mais eficiente para os sistemas de saúde [20], [25].

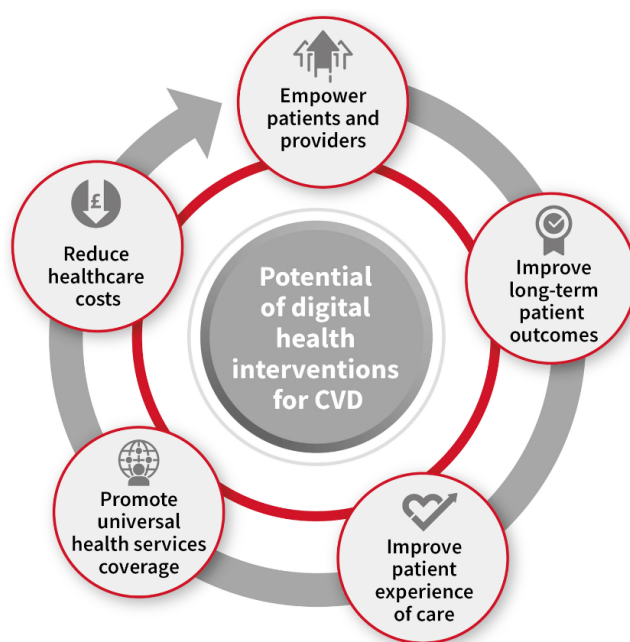


Figura 4 - Potencial das intervenções de saúde digital nas doenças cardiovasculares, retirado de [6]

Além disso, as plataformas de acompanhamento remoto são consideravelmente mais escaláveis do que os métodos tradicionais, possibilitando o seguimento de um grande número de pacientes com um esforço relativamente proporcional aos recursos disponíveis [6], [22]. O acesso dos doentes também é melhorado, uma vez que estes podem utilizar as ferramentas de acompanhamento a partir de casa, evitando a necessidade de deslocações até às unidades de saúde, o que amplia o alcance do atendimento sem comprometer a qualidade do cuidado [10].

Outra vantagem significativa é o aumento do envolvimento dos pacientes, ao fornecer-lhes informações sobre saúde, materiais educativos e recursos de apoio disponíveis nas plataformas digitais [31]. Com isto, os pacientes tornam-se participantes ativos na gestão da sua doença, o que melhora a adesão ao tratamento e se reflete em melhores resultados clínicos [26]. Pacientes bem informados e envolvidos ativamente têm uma visão mais clara sobre o impacto da doença, o que favorece uma colaboração mais efetiva nas decisões relacionadas ao tratamento [14]. A utilização de formulários eletrônicos e de aplicações móveis tem-se revelado eficaz para contornar as limitações dos métodos convencionais de rastreamento de doenças.

No estudo ManageHF4Life foi desenvolvida uma aplicação móvel para acompanhar o dia a dia dos sintomas e as informações clínicas dos doentes com IC. Os dados revelaram uma melhoria significativa na qualidade de vida ao fim de seis semanas, com uma redução de 22,2% nos impactos avaliados pelo Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ), em comparação com o grupo de controlo. Contudo, essa diferença deixou de ser estatisticamente significativa às 12 semanas, indicando uma quebra do efeito inicial. Segundo os autores, este resultado pode dever-se a uma diminuição progressiva da motivação dos participantes e à ausência de estratégias de manutenção do envolvimento a longo prazo. Assim, sugerem que a adoção de abordagens como a adaptação dinâmica do conteúdo, a introdução de incentivos e outras estratégias motivacionais poderão ser determinantes para assegurar uma adesão sustentada ao tratamento e a manutenção dos benefícios clínicos observados [26].

Durante a pandemia de COVID-19 a utilização de plataformas, como a REACTS-Teleconsultation e o Telecare-Covid, destacaram-se ao possibilitar teleconsultas, proporcionando um acompanhamento seguro e contínuo para doentes em isolamento durante a recuperação. Estas plataformas contribuíram para a redução das consultas presenciais e aliviaram a pressão sobre os serviços de saúde, permitindo que os profissionais atendessem um número maior de doentes sem comprometer a qualidade do acompanhamento. Os estudos realizados nesse período indicaram que os profissionais de saúde expressaram satisfação com a disponibilidade e eficácia dos serviços prestados, em especial pela redução dos tempos de espera e facilidade de acesso ao atendimento [5].

Um exemplo notório é o estudo STRONG-HF, que, através de uma plataforma digital, conseguiu ajustar rapidamente o tratamento vital para doentes com IC, resultando numa redução de 35% nas taxas de readmissão num período de 180 dias [32]. Este resultado demonstra que a supervisão remota, acompanhada de notificações específicas para os

profissionais de saúde, pode promover a adesão a tratamentos essenciais e reduzir significativamente os custos associados aos internamentos hospitalares frequentes.

Um caso paradigmático da utilização bem-sucedida de tecnologias digitais com geração automática de alertas é a plataforma GIMEMA-ALLIANCE, aplicada no acompanhamento de doentes em contexto de hematologia [24]. A Figura 5 evidencia o funcionamento da plataforma que, através da recolha remota de Patient-Reported Outcomes (ePROs), permite aos doentes preencherem formulários clínicos em casa, com os resultados a serem disponibilizados em tempo real no portal do médico. Sempre que são detetados sintomas clinicamente relevantes como dor, febre ou sinais de não adesão ao tratamento é gerado automaticamente um alerta (*e-alert*) para a equipa clínica, possibilitando a resposta imediata. Esta abordagem reduz o tempo entre a identificação de um problema e a intervenção, favorecendo um acompanhamento mais ágil e eficaz.

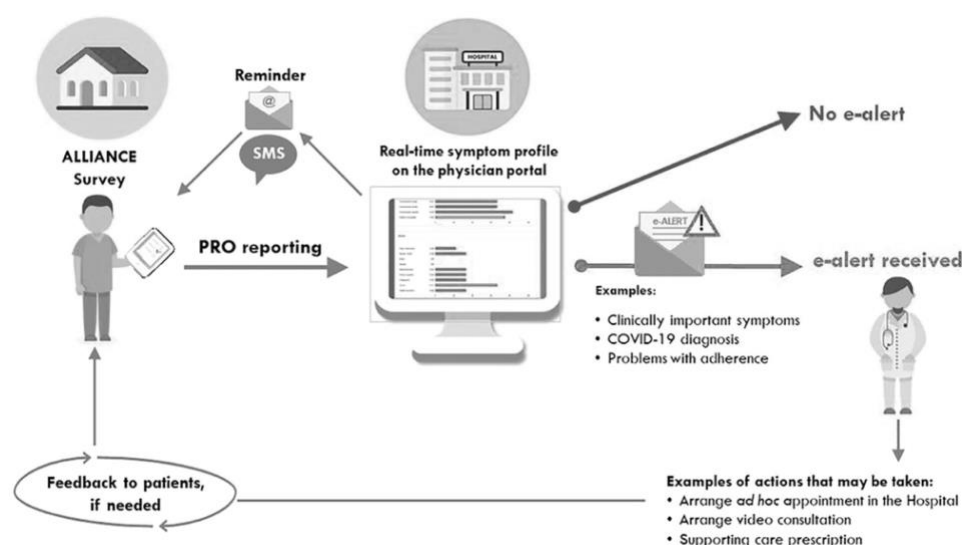


Figura 5 - Funcionamento da plataforma GIMEMA-ALLIANCE, retirado de [24]

A utilização de tecnologias digitais de suporte no acompanhamento é, assim, fundamental para identificar alterações graves no estado dos doentes, transformando a abordagem ao tratamento ao permitir uma resposta rápida, além de melhorar a segurança e a eficácia num ambiente assistido digitalmente.

2.5 Desafios e Oportunidades na Implementação

Os benefícios proporcionados pelas tecnologias e informatização na gestão de pacientes com IC são evidentes, no entanto, a implementação dessas soluções enfrenta alguns desafios.

A aceitação e a utilização por parte dos pacientes e profissionais de saúde é uma questão de grande relevância. Desta forma, a incorporação de alertas e notificações automáticas nos sistemas de EHRs pode revelar-se uma estratégia eficaz para facilitar intervenções imediatas [11], [24], [33]. Esses sistemas podem acompanhar em tempo real indicadores clínicos essenciais, através de algoritmos que notificam automaticamente a equipa médica quando os parâmetros de saúde de um paciente saem do intervalo aceitável, possibilitando a intervenção rápida antes do surgimento dos sinais e sintomas se manifestarem [21].

Um estudo focado na intensificação do uso de medicamentos revelou que esses alertas aumentam a precisão da avaliação clínica e reduzem internamentos desnecessários, que podem ajudar na redução de custos operacionais dos sistemas de saúde. Além disso, os investigadores destacaram que a aceitação desses sistemas de saúde é bastante complexa em pacientes mais idosos que muitas vezes não utilizam tantas ferramentas digitais [1].

De acordo com uma análise realizada durante a pandemia do COVID-19, que analisou as perspetivas dos profissionais de saúde sobre a utilização de plataformas de acompanhamento remoto de pacientes, foi identificado que os pacientes idosos podem enfrentar desafios de acessibilidade relacionados com aplicações e plataformas digitais de acompanhamento, podendo tornar-se um obstáculo para o sucesso dessas soluções [2], [5]. Antes da implementação, é recomendada a adaptação das estratégias digitais, assegurando o desenvolvimento de uma interface que seja intuitiva e acessível, complementada por um suporte técnico contínuo para facilitar a sua utilização. Tais alterações assegurarão que essas plataformas digitais sejam de fácil acesso para todos os utilizadores independentemente do seu grau de literacia digital. Além disso, é essencial que essas iniciativas sejam suportadas por uma infraestrutura sólida e por ferramentas de análise de dados adequadas, prestando o possível auxílio para a toma de decisões de forma rápida e eficaz [15]. Este desafio revela-se ainda mais significativo no contexto português, onde o índice DESI confirma níveis baixos de competências digitais entre os grupos etários mais velhos, reforçando a urgência de soluções adaptadas [34].

É importante enfatizar que a formação contínua dos profissionais de saúde representa um dos aspetos mais relevantes, essencial para garantir que as novas tecnologias sejam utilizadas corretamente e de forma segura para os pacientes [6]. Atualmente, alguns estudos indicam a necessidade de procedimentos padrão específicos, que possibilitem aos profissionais analisar os dados obtidos do acompanhamento remoto e assegurar a correta interpretação

desses dados em relação ao processo clínico geral, visando melhorar a qualidade do serviço que prestam [7].

Outro fator a ser considerado é a comunicação bidirecional entre o paciente e o profissional de saúde, que deve ser garantida pelos sistemas digitais. Essa interação constante melhora a qualidade do acompanhamento clínico e é crucial para a adesão ao tratamento, uma vez que permite ao paciente sentir-se mais envolvido no seu próprio processo de cuidado. As plataformas que possibilitam essa comunicação ativa estabelecem um ambiente de acompanhamento constante, favorecendo uma maior segurança e um acompanhamento adaptado e personalizado [16], [23]. Em situações de doenças crônicas, como a IC, a comunicação frequente garante a adesão ao tratamento e permite que o médico mantenha um contacto rápido em relação às variações na condição clínica. Assim, a estratégia a ser utilizada pode ser adaptada às necessidades específicas de cada paciente.

A inclusão de vídeos curtos e explicativos nos próprios formulários de *follow-up* tem mostrado um aumento na frequência e na qualidade das respostas fornecidas pelo próprio paciente. Uma pesquisa publicada no BMC Nursing revela que a capacidade do paciente reter informação é de até 95%, uma percentagem muito superior aos 10% que conseguem reter informação através de textos que, na maioria das vezes, são incompreensíveis devido à baixa literacia. Este formato torna-se eficaz uma vez que explica, de forma clara e com uma linguagem simples, a finalidade procurada, facilitando a compreensão dos passos necessários. Além disso, os pacientes têm a oportunidade de assistir a este conteúdo sempre que surgirem dificuldades. Neste mesmo estudo os pacientes que assistiram aos vídeos explicativos obtiveram uma pontuação média de 95,1% na sua avaliação pós-operatório, enquanto o grupo de controlo compreendia apenas 82% da informação que foi lida e ouvida. Além de facilitar o preenchimento correto dos formulários, esta estratégia eleva a confiança e satisfação dos pacientes, que relataram uma experiência de uso mais positiva e confiável [35].

CAPÍTULO 3

Engenharia e Requisitos

Tendo em conta a relevância de uma definição sistemática dos requisitos no processo de desenvolvimento de software, foi realizado um estudo aprofundado do problema em análise, com o objetivo de identificar as suas exigências e lapsos. Desta forma, foi possível determinar um conjunto de requisitos funcionais e não funcionais que serviram como ponto de partida para a criação e implementação da aplicação web. Assim, este projeto tem como finalidade tornar os métodos de *follow-up* do Hospital de Santa Marta mais eficientes, quer para os profissionais de saúde quer para os pacientes, sem enfrentar os desafios referidos na secção 2.3.

3.1 Análise do Método tradicional de *Follow-up*

Para efetivar o impacto e a necessidade de soluções digitais de *follow-up* no acompanhamento clínico de doentes foi essencial avaliar o funcionamento dos modelos tradicionais de *follow-up*, analisando os padrões de adesão, os incidentes clínicos, a eficiência e o tempo de resposta associado aos pacientes.

Com esta análise é possível compreender a influência dos fatores demográficos, sazonais e operacionais na adesão dos pacientes a estes métodos, bem como avaliar e interpretar a correlação entre a adesão ao acompanhamento e a existência de complicações clínicas. Para além disto, torna-se possível fundamentar a necessidade do desenvolvimento de uma aplicação web que dê resposta às necessidades dos profissionais de saúde de forma mais rápida e eficaz, promovendo, consequentemente, intervenções cada vez mais personalizadas, rápidas e sustentáveis.

3.1.1 Metodologia e Conjunto de Dados

De forma a perceber a utilidade da aplicação proposta foi realizado um estudo com base em 1300 registos de pacientes. Os dados foram recolhidos ao longo de um ano, focando-se em três tipos de informação principal, passando pelos dados demográficos dos pacientes (incluindo idade e género), a forma de adesão ao acompanhamento após a alta (sendo analisadas respostas a questionários ao 3º, 30º e 90º dia, por exemplo) e os incidentes clínicos registados (como internamentos inesperados, alertas de risco e a não resposta aos formulários).

Para garantir uma análise positiva e que justificasse a necessidade da aplicação web, foi necessário assegurar a qualidade das respostas, tendo estas passado por processos de

remoção de valores considerados fora do normal (*outliers*), que poderiam distorcer os resultados. Foram também preenchidos 3% dos dados em falta, recorrendo ao uso da mediana (valor central) para números e da moda (valor mais frequente) para categorias, de modo a assegurar que os restantes 97% dos registos ficassem completos, ficando assim com 1245 registos após a limpeza. Para concluir, foi realizada uma normalização temporal, ao ajustar as datas da recolha de dados, para permitir uma análise mais clara ao longo do tempo.

3.1.2 Perfil Demográfico e Padrões de Adesão

A idade média dos participantes situou-se nos 74 anos. No que diz respeito ao sexo, 58% da amostra eram do sexo masculino e 42% do sexo feminino. A análise estatística não revelou uma associação significativa entre o sexo e a taxa de adesão ao protocolo de acompanhamento. Na Figura 6 é possível observar dois gráficos que evidenciam os dados anteriormente relatados.

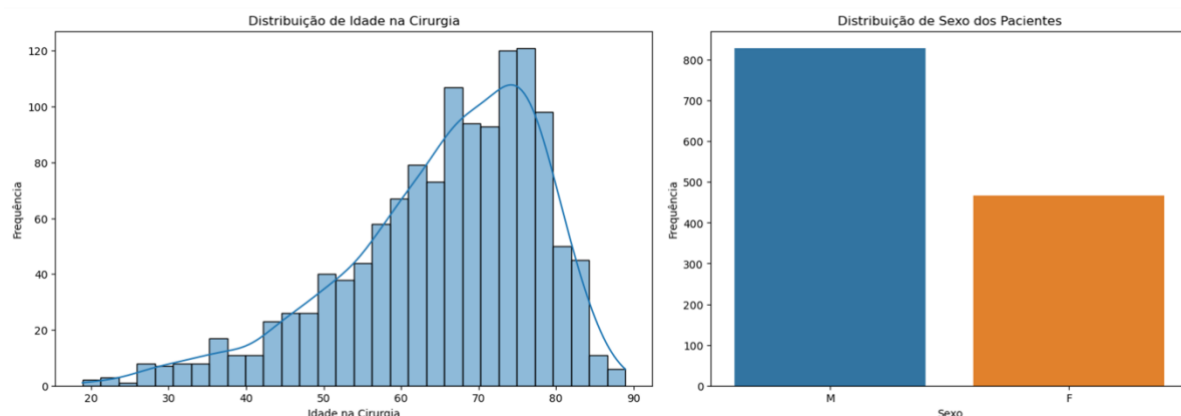


Figura 6 - Distribuição do Sexo e Idade dos pacientes

Através da análise da Figura 7 é possível afirmar que a taxa média de dados em falta no processo de follow-up situou-se em 68% no pré-operatório [Figura 7 a)], aumentando para 82% ao trigésimo dia [Figura 7 b)] e alcançando 90% ao nonagésimo dia após a alta [Figura 7 c)]. Estes resultados evidenciam a necessidade de implementar estratégias de suporte, tais como sistemas de lembrete personalizados, de modo a facilitar a participação e o cumprimento dos prazos pelos pacientes de idade mais avançada.

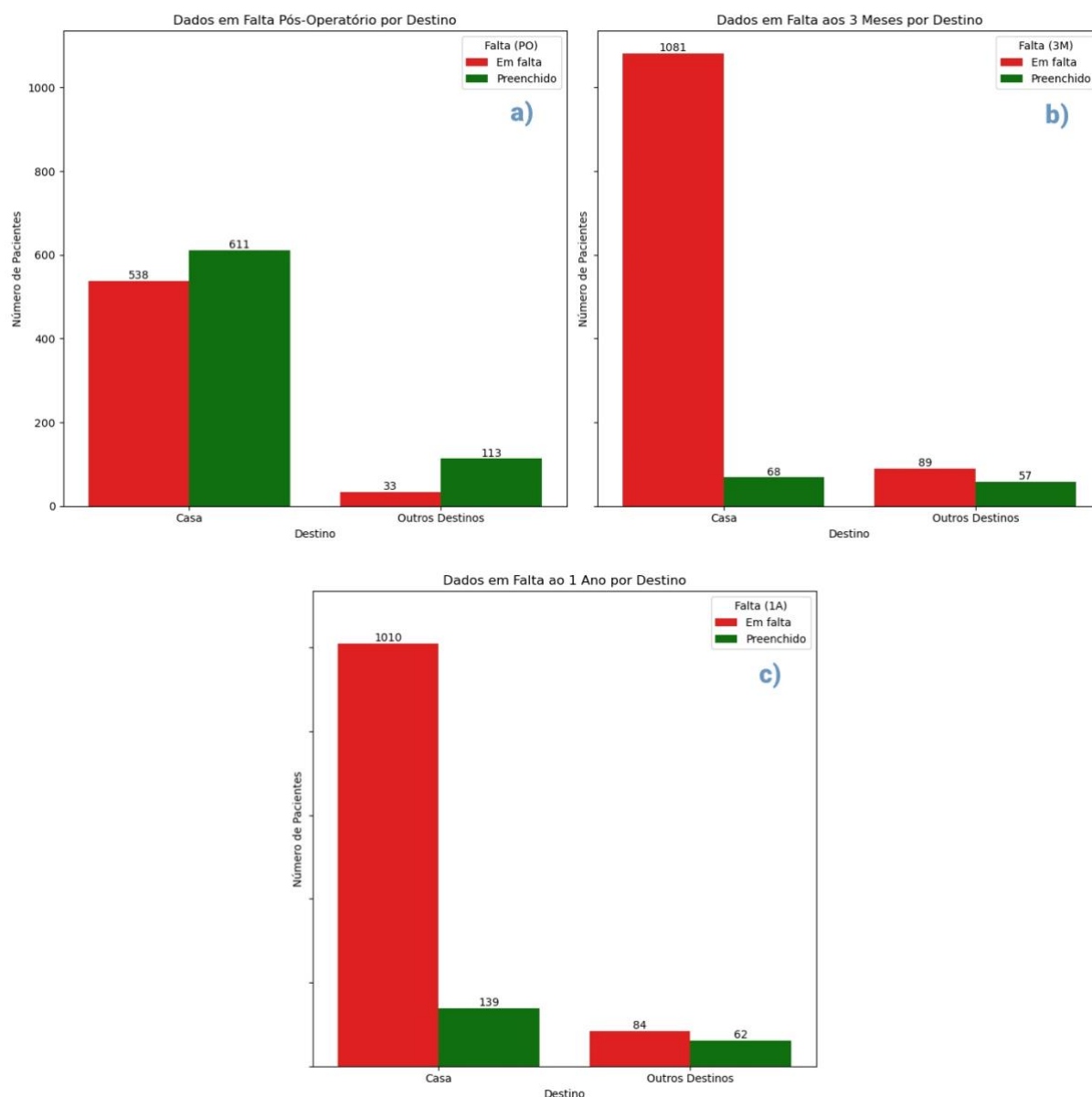


Figura 7 - Dados em falta por destino (Pré-Operatório a), 3 meses b) e 1 ano c), respetivamente)

3.1.3 Incidentes Clínicos e Correlação com Adesão

Ao longo do período de observação registaram-se 312 internamentos imprevistos e 185 alertas clínicos. Verificou-se igualmente um padrão sazonal nos internamentos, com o valor máximo em dezembro ($n = 49$) e o mínimo em março ($n = 29$).

A Figura 8 apresenta a distribuição de idades dos doentes envolvidos em incidentes classificados como impossibilidade de contacto. Observa-se que a frequência destes eventos aumenta progressivamente a partir dos 50 anos, atingindo o pico entre os 70 e 75 anos. Este padrão sugere que os doentes mais idosos apresentam maior probabilidade de não serem contactados com sucesso, possivelmente devido a fatores como menor familiaridade com

tecnologias de comunicação, dificuldades auditivas, ou indisponibilidade em determinados horários. A presença de um número relevante de casos em idades mais jovens (20–40 anos) indica, contudo, que esta limitação não é exclusiva da população sénior, podendo estar associada a constrangimentos socioeconómicos, horários laborais ou preferências pessoais. Estes resultados reforçam a necessidade de estratégias de contacto diferentes adaptadas às características de cada grupo etário.

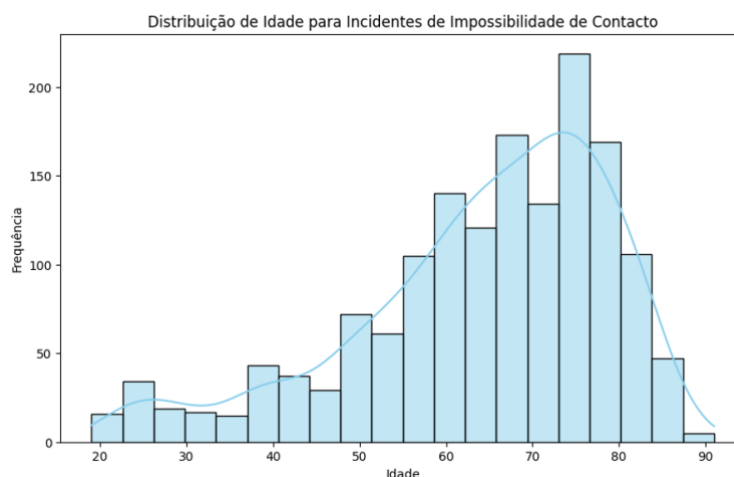


Figura 8 - Distribuição de idade para incidentes por impossibilidade de contacto

3.1.4 Necessidade Clínica e Impacto Esperado da Solução

Com base na análise dos dados, o modelo atualmente em vigor, assente em chamadas telefónicas e consultas presenciais, não assegura a rapidez e eficácia necessária para prevenir complicações clínicas. A aplicação proposta visa colmatar este défice, recorrendo a regras automáticas que permitem identificar sinais de risco e disparar alertas em prazos significativamente reduzidos, potenciando uma intervenção atempada.

Para além dos benefícios diretos para os doentes, a aplicação apresenta vantagens significativas para os serviços de saúde. Destaca-se, em primeiro lugar, a otimização da gestão de recursos, ao reduzir o tempo despendido por profissionais de saúde em contactos telefónicos repetitivos. Em segundo lugar, verifica-se uma diminuição dos custos associados a internamentos e a episódios de urgência potencialmente evitáveis.

3.2. Requisitos do Sistema

Assim, como fase inicial deste projeto, foi reunido um conjunto de requisitos (Tabela 2, 3 e 4) que serão implementados para responder às necessidades dos respetivos utilizadores,

fazendo cumprir o seu objetivo. Analisando e discutindo sobre os respetivos requisitos que seriam implementados e respeitados, formaram-se os seguintes:

3.2.1 Requisitos Funcionais

Tabela 2 - Requisitos Funcionais

Identificador	Requisito	Escala “Have”
RF-01	O sistema deve permitir a autenticação de profissionais de saúde através de credenciais (email e senha) e garantir a gestão de sessão ativa.	Must have
RF-02	O sistema deve disponibilizar um mecanismo de redefinição de senha, mediante envio de instruções para o email do utilizador.	Must have
RF-03	O sistema deve permitir convidar profissionais de saúde por e-mail, para criação de conta e gestão de perfis (Médico, Enfermeiro), com permissões adequadas.	Must have
RF-04	O sistema deve permitir a associação de profissionais de saúde a intervenções.	Must have
RF-05	O sistema deve permitir o registo, consulta, atualização, arquivo/reactivação e eliminação de pacientes, incluindo dados pessoais, contactos e número de processo.	Must have
RF-06	O sistema deve permitir criar, editar e gerir intervenções cirúrgicas associadas a cada paciente, incluindo tipo de cirurgia, médico responsável, data e medicação prescrita.	Should have

RF-07	O sistema deve permitir o registo da data de alta de um paciente, desencadeando automaticamente o agendamento dos questionários de acompanhamento subsequentes.	Should have
RF-08	O sistema deve disponibilizar questionários online aos pacientes, acessíveis através de um link dedicado, garantindo a validação das respostas obrigatórias antes da submissão.	Must have
RF-09	O sistema deve registar as respostas submetidas, calcular indicadores associados (ex.: avaliações qualitativas) e disponibilizar as respostas aos profissionais de saúde para análise.	Must have
RF-10	O sistema deve suportar o envio e reenvio de lembretes de questionários pendentes e não expirados, bem como a identificação de casos críticos, permitindo a sua marcação como resolvidos.	Should have
RF-11	O sistema deve disponibilizar <i>dashboards</i> com indicadores de acompanhamento, incluindo taxa de preenchimento, número de questionários pendentes, expirados e críticos, por período de análise.	Should have
RF-12	O sistema deve permitir exportar registos de acompanhamento para ficheiro em formato aberto (ex.: CSV), de acordo com filtros aplicados.	Nice to have

3.2.2 Requisitos Não Funcionais

Tabela 3 - Requisitos Não Funcionais

Identificador	Requisito	Escala “Have”
RNF-01	A interface deve estar em português, ser intuitiva e apresentar mensagens claras, especialmente em caso de erro ou campos obrigatórios.	Must have
RNF-02	O sistema deve responder às operações usuais (ex.: abertura de listas, submissão de formulários) em tempo útil, garantindo fluidez de utilização.	Must have
RNF-03	O sistema deve estar disponível para utilização de forma contínua, suportando o preenchimento de questionários em qualquer momento dentro do prazo estabelecido.	Must have
RNF-04	O sistema deve proteger dados pessoais através de autenticação e gestão de sessão.	Must have
RNF-05	O tratamento de dados de pacientes deve respeitar o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD), garantindo confidencialidade, integridade e minimização da informação [36].	Must have
RNF-06	O sistema deve tratar erros ou dados em falta de forma controlada, evitando falhas ou bloqueios na utilização.	Should have
RNF-07	O sistema deve ser modular, de forma a permitir a evolução das suas funcionalidades sem impacto significativo nas já existentes.	Should have

RNF-08	Os envios de e-mails devem ser realizados por processo agendado/assíncrono, sem bloquear a aplicação, e de forma independente.	Must have
--------	--	-----------

3.2.3 Requisitos Técnicos

Tabela 4 - Requisitos Técnicos

Identificador	Requisito	Escala “Have”
RT-01	A aplicação necessita de uma conexão à internet estável para poder ser acedida.	Must have
RT-02	A aplicação deverá conseguir aceder e recolher dados da base de dados.	Must have
RT-03	A aplicação deverá estar sempre atualizada.	Should have

3.3 Visão da solução

A aplicação web disponibiliza uma área reservada a médicos e enfermeiros, onde é possível gerir utilizadores, pacientes, acompanhamentos, questionários, alertas e a observação de métricas clínicas.

Paralelamente, foi criado um canal de preenchimento remoto para os pacientes, acessível através de links personalizados enviados por e-mail. Desta forma, todo o ciclo de *follow-up* clínico fica integralmente suportado pela plataforma.

3.3.1. Atores e perfis

Os profissionais de saúde e os pacientes tornam-se agentes essenciais neste sistema, tendo cada um papéis específicos no processo do acompanhamento clínico.

Os profissionais de saúde têm como função a criação (e, se necessário, edição) dos pacientes, bem como o planeamento do acompanhamento por marcos (pré-operatório, 3 dias,

1 mês, 3 meses, 6 meses e 1 ano), acompanhamento do estado de adesão e análise das respostas e alertas.

Os pacientes, por sua vez, devem garantir que respondem aos formulários correspondentes ao respetivo período, num ambiente simples e sem necessidade de credenciais, ao receberem um convite por e-mail com um link seguro que lhes dá acesso aos mesmos.

3.3.2. Cenários de utilização

(i) Onboarding do doente e planeamento

O profissional de saúde regista o paciente, associando os seus dados clínicos indispensáveis (medicação, tipo e data da cirurgia), fazendo com que a plataforma atribua automaticamente os formulários relevantes.

(ii) Envio assíncrono e preenchimento

O envio de formulários é feito através dos jobs, previamente programados, que identificam e geram links únicos enviados por e-mail, consoante o marco temporal de cada paciente. Com base na adesão do paciente à resposta e submissão dos formulários o estado evolui de "Pendente" para "Preenchido" ou, no caso de ser ultrapassado o prazo de submissão, para "Expirado".

(iii) Acompanhamento e priorização

O *dashboard* disponibiliza aos profissionais de saúde uma visão consolidada da adesão dos pacientes aos formulários com base no período de acompanhamento e, para cada um, são apresentados os indicadores de adesão, que permitem ao profissional identificar de forma rápida situações críticas. A partir desta página é possível aceder de forma direta à ficha individual de cada paciente, de forma a consultar detalhes, registar intervenções adicionais (quando necessário) e enviar alertas manuais.

(iv) Encerramento e arquivo

Após a conclusão de *follow-up* de um paciente é possível que o mesmo seja arquivado, mantendo os seus registos auditáveis e sem perda de histórico.

(v) Indicadores globais por etapa

A área de análise do sistema tem disponível uma visão sintetizada do acompanhamento clínico. Aqui, são apresentados indicadores para cada período de *follow-up*, total de formulários e alertas enviados, taxa global de adesão e número de formulários preenchidos, pendentes e expirados.

CAPÍTULO 4

Estrutura da Aplicação

Esta secção apresenta a organização da aplicação, com o objetivo de garantir que responderá às necessidades identificadas. Assim, numa primeira análise, é possível perceber de que forma está organizada a arquitetura do sistema, com base na divisão das diferentes camadas (interface, lógica de negócio, base de dados e processos automáticos) e como comunicam entre si. Posteriormente é apresentado o modelo de dados, que define as principais entidades da aplicação.

4.1 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema desenvolvido foi concebida com base em princípios de modularidade, escalabilidade e robustez, fundamentais para garantir a manutenção e evolução contínua da aplicação. É um tipo de arquitetura que é distribuída e faz distinção entre as camadas de apresentação, lógica de negócio, persistência de dados e processamento assíncrono, fazendo com que exista um desenvolvimento mais organizado e eficiente. No contexto de aplicações web torna-se relevante esta separação estrutural, devido a fatores críticos como o volume de dados, a interação com múltiplos perfis de utilizador e a necessidade de um bom desempenho e fiabilidade.

Este sistema, representado na Figura 9, é então constituído por cinco componentes principais. O *frontend*, desenvolvido em Angular, que incorpora uma aplicação de página única (SPA), responsável pela interface de utilizador e pela experiência interativa; O *backend*, desenvolvido em Node.js com o *framework* Express, que implementa a lógica de negócio da aplicação e expõe uma API RESTful para comunicação com o *frontend*; Uma base de dados documental MongoDB, que armazena de forma eficiente os dados relativos a médicos, pacientes e questionários; um mecanismo de envio automático de emails e um sistema de autenticação baseado em *tokens* JWT, que garante a segurança das operações e o controlo de acessos.

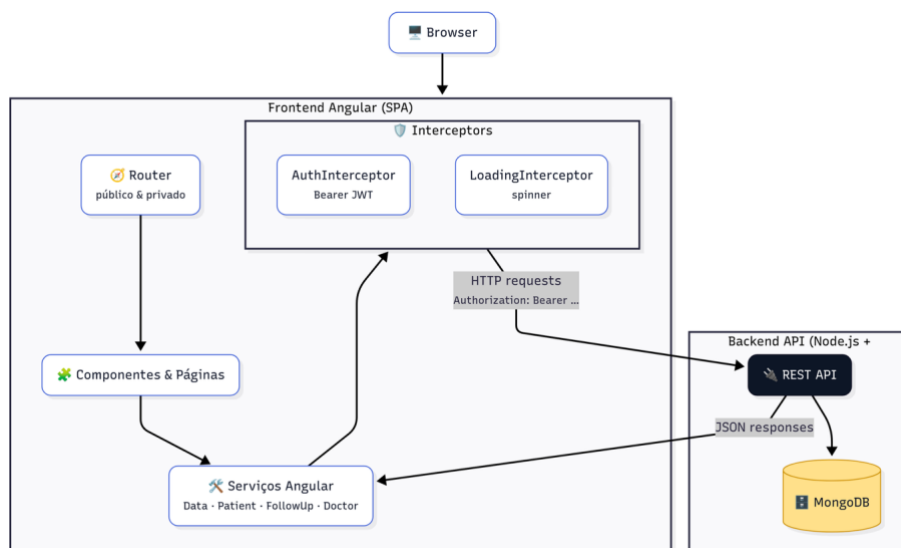


Figura 9 - Visão geral da arquitetura adotada

A comunicação entre os vários elementos acontece através do protocolo HTTP, onde o *frontend* se conecta diretamente ao *backend* para enviar ou receber informações, enquanto o *backend* se relaciona com o banco de dados para realizar leituras e gravações. Através de uma gestão assíncrona de um fluxo automático com GitHub Actions, que realiza diariamente um *script* dedicado no *backend*, é realizado o envio de formulários por e-mail.

Assim, a arquitetura adotada revela-se apropriada aos requisitos da aplicação, ao suportar a automatização do envio de formulários de *follow-up*, a gestão segura de pacientes e médicos e a interação fluida entre as diferentes camadas da aplicação. Esta organização modular irá contribuir para a manutenibilidade e extensibilidade do sistema, o que possibilita a integração de futuras funcionalidades ou serviços, sem comprometer a estrutura atual.

4.2 Modelo de dados

A conceção do modelo de dados define de que forma a informação é representada e organizada no sistema de acompanhamento clínico e baseia-se nos requisitos funcionais definidos na secção 3.2.1. Estes requisitos asseguram a gestão de pacientes, profissionais de saúde, intervenções cirúrgicas e questionários de *follow-up*.

Com o objetivo de existir uma maior flexibilidade na representação dos dados e na evolução futura do sistema, optou-se por uma abordagem documental, compatível com a base de dados MongoDB. Assim, os questionários serão armazenados como sub-documentos dentro da entidade *follow-up*, tornando o acesso simplificado e uma garantia de rastreabilidade.

A Figura 10 apresenta o diagrama entidade-relação do modelo de dados implementado, evidenciando as principais entidades e relações:

- **Patient:** armazena os dados de identificação e administrativos dos doentes;
- **Doctor:** representa os profissionais de saúde registrados no sistema, guardando nome, e-mail e tipo de profissional (Médico ou Enfermeiro);
- **Follow-Up:** registra o tipo de cirurgia, data da cirurgia, data de alta, estado do acompanhamento e referências ao paciente e ao profissional responsável;
- **Questionnaire:** corresponde a cada formulário associado a um acompanhamento. Inclui datas de agendamento, envio, preenchimento e atualização, tentativas, estado de verificação e métricas calculadas a partir das respostas.
-

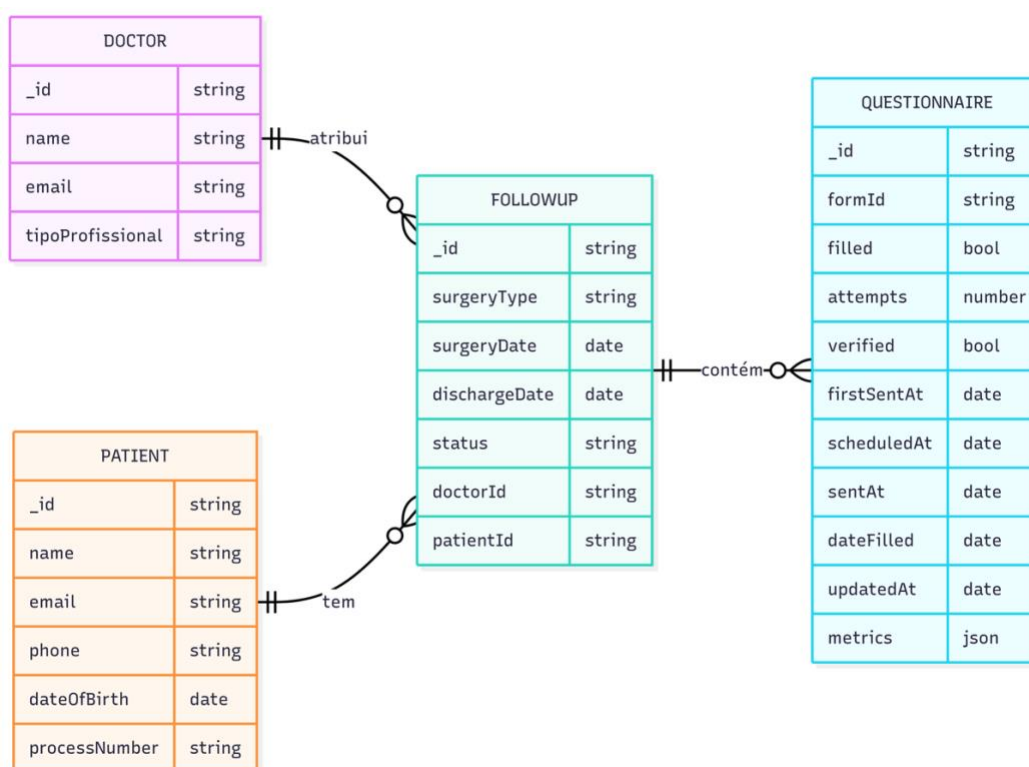


Figura 10 - Modelo de dados do sistema de acompanhamento clínico

As relações refletem os processos clínicos do sistema:

- **Patient – FollowUp (1:N):** um paciente pode ter vários acompanhamentos clínicos;
- **Doctor – FollowUp (1:N):** um médico pode estar associado a múltiplos acompanhamentos;
- **FollowUp – Questionnaire (1:N):** cada acompanhamento inclui uma sequência de questionários distribuídos no tempo (pré-operatório, 3 dias, 1 mês, etc.).

A inclusão dos questionários dentro do *follow-up* permite obter rapidamente todos os dados relevantes de um paciente, reduzindo operações complexas de junção. Atributos como *sentAt*, *attempts* e *updatedAt* asseguram controlo e auditoria, enquanto o campo *metrics* em formato JSON oferece flexibilidade para guardar indicadores clínicos calculados.

CAPÍTULO 5

Solução Proposta

Nesta secção é apresentada a solução desenvolvida para o sistema de *follow-up*, caracterizada pelo *frontend* em Angular, o *backend* em Node.js/Express com MongoDB e os mecanismos de comunicação entre ambos. São também apresentadas, de forma detalhada, a configuração inicial do ambiente e as funcionalidades centrais do protótipo, que passam pela gestão de utilizadores, registo de pacientes, formulários clínicos e *dashboard*. Esta estrutura proporciona usabilidade, segurança e rastreabilidade, indo ao encontro dos requisitos funcionais definidos e garantindo uma base sólida para a evolução futura da plataforma.

5.1. Frontend

A maioria do código do projeto é dedicada ao desenvolvimento do *frontend*, implementado em Angular v17 e estruturado em *standalone* componentes. O uso desta abordagem vai permitir uma maior reutilização, testabilidade e manutenção da aplicação.

O Angular Material, utilizado na *interface*, faculta componentes visuais e de interação que asseguram uma consistência visual e responsiva, incorporando ainda práticas de acessibilidade, contribuindo para uma experiência visual eficiente.

Como podemos ver na Figura 11, a estrutura da aplicação inclui um fluxo principal, que organiza o processo de trabalho do profissional de saúde, oferecendo um *dashboard* com métricas importantes e uma lista de pacientes. Foram também desenvolvidas páginas autónomas com o objetivo de inserir novos pacientes, detalhar a visualização de registos individuais e submeter formulários de *follow-up*. Por último é possível encontrar páginas de apoio para a gestão da conta, comunicação interna (alertas) e navegação entre os diferentes módulos do sistema.

Toda a navegação entre as diferentes *interfaces* referidas é proporcionada pelo RouterModule do Angular, que vai permitir que haja transições fluidas entre vistas, sem necessidade de recarregar a aplicação, contribuindo, assim, para uma experiência responsiva e contínua. O mapa de navegação apresentado na Figura 11 traduz esta organização, salientando o papel central do *dashboard* na utilização da aplicação pelos profissionais de saúde. O desenho

deste fluxo foi pensado para diminuir a complexidade, minimizar cliques e disponibilizar o acesso imediato à informação crítica (como alertas e formulários pendentes).

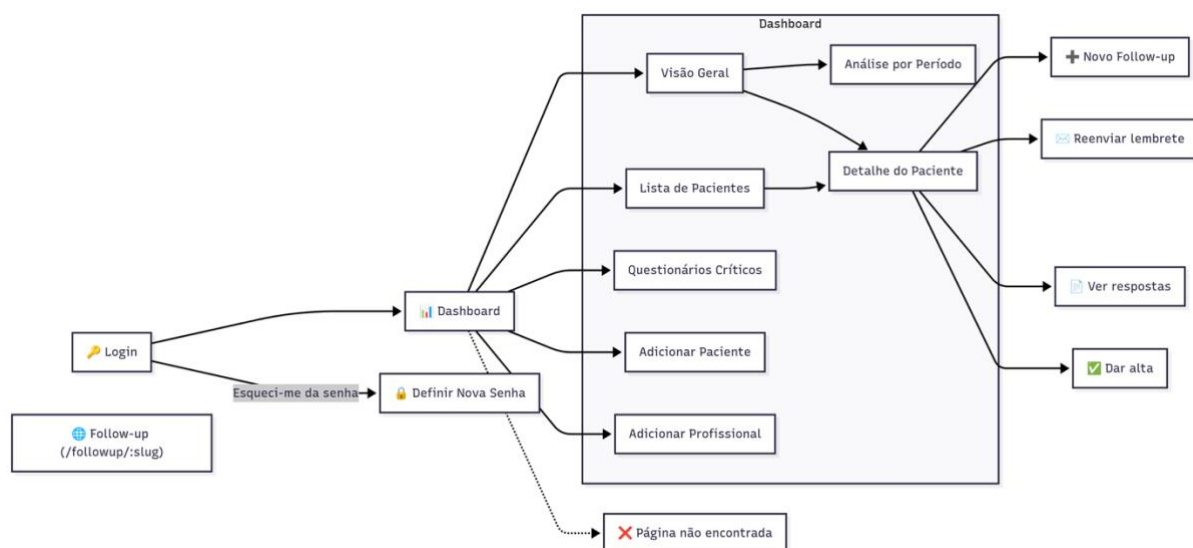


Figura 11 - Mapa de Navegação do Sistema

Importa também referir que o *frontend* responde diretamente a vários requisitos funcionais identificados na Secção 3.2.1, incluindo RF-01 (Autenticação e sessão), RF-05 (Gestão de pacientes), RF-08 (Questionários de acompanhamento) e RF-12 (Visualização de indicadores).

5.2. Backend

Para o desenvolvimento do *backend* foi utilizado Node.js, mais especificamente o *framework* Express, que proporciona uma base firme e eficiente, necessária para a construção de serviços REST. A escolha desta tecnologia é justificada pela sua leveza, uso generalizado na indústria, comunidade ativa e fácil integração com sistemas de autenticação e com bases de dados não relacionais, como o MongoDB.

A gestão central da lógica de negócio, o tratamento de pedidos provenientes do *frontend*, a validação de dados, a comunicação com a base de dados e o controlo dos fluxos do envio automático de formulários por e-mail é gerida por esta camada da aplicação.

O *backend* é estruturado de maneira modular, distribuído em pastas específicas para controladores, modelos, serviços, *middlewares* e rotas. Esta organização distinta das funções facilita a manutenção do código, a reutilização de componentes e a escalabilidade do sistema.

Os controladores reúnem as operações essenciais relacionadas às entidades de domínio, como médicos, pacientes, *follow-ups* e formulários, sendo adicionados pelas rotas expostas da API.

As funções transversais, como a autenticação de utilizadores e a gestão de acessos, são geridas por *middlewares* específicos. Simultaneamente, os serviços disponibilizam a lógica que pode ser reaproveitada, incluindo tarefas como o envio de e-mails ou a ligação com serviços externos. A Figura 12 ilustra, de forma simplificada, a arquitetura modular do *backend*, evidenciando a interação entre os controladores, *middlewares* e serviços, bem como a sua relação com a base de dados MongoDB.

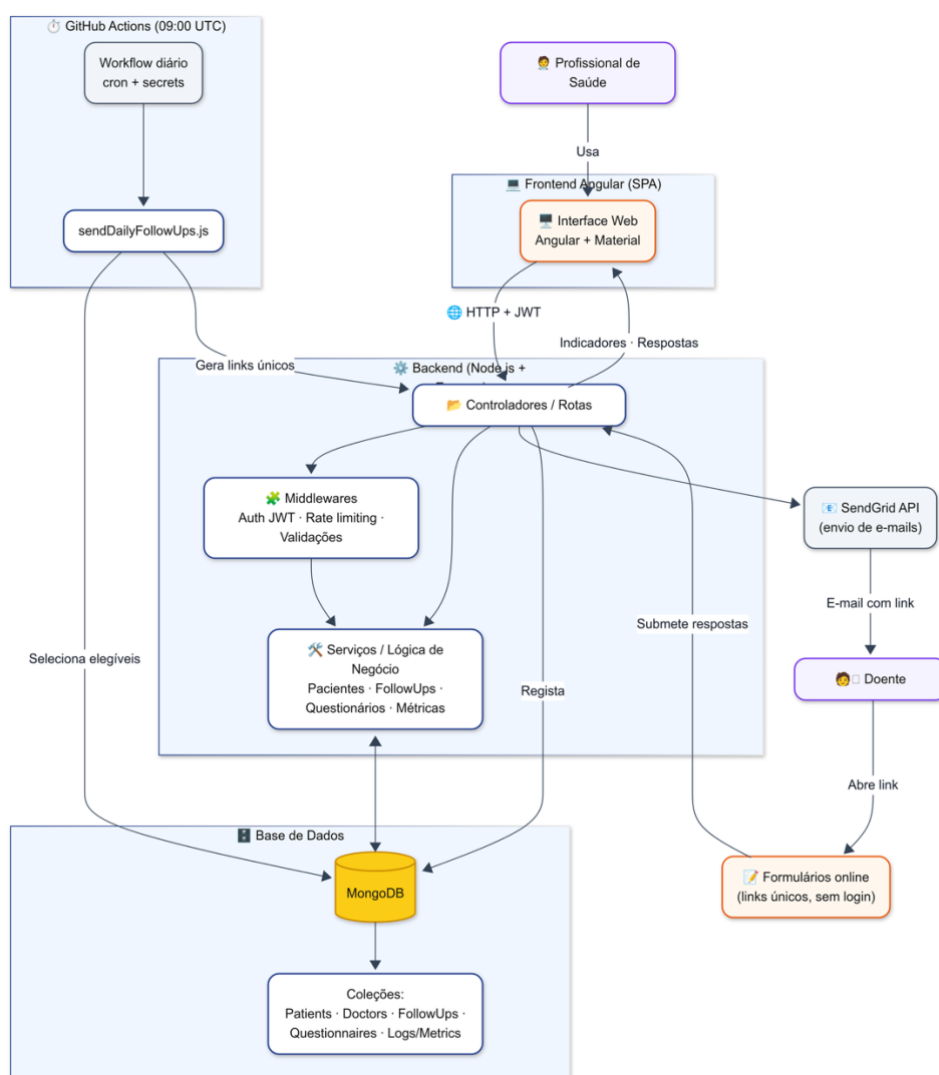


Figura 12 - Estrutura modular do backend

A comunicação entre o *frontend* e o *backend* é feita mediante *endpoints* REST. Cada recurso disponibiliza operações CRUD, incluindo funcionalidades como o registo e a atualização de pacientes (RF-05), a gestão de intervenções cirúrgicas (RF-06), a vinculação de

questionários de acompanhamento (RF-08) e o envio de alertas e notificações automáticas (RF-10). Estes *endpoints* são resguardados pela autenticação JWT e, quando necessário, dispõem de mecanismos adicionais de validação e filtragem, garantindo a conformidade com os princípios de segurança relevantes em contextos clínicos.

A interação com o sistema responsável pelo envio automático de formulários de *follow-up* é um dos componentes essenciais do *backend*. A aplicação, utilizando as informações armazenadas no MongoDB, determina quais são os pacientes aptos para receber os formulários e efetua o envio através de um *script* Node.js. Este *script* é mobilizado diariamente num horário previamente definido em GitHub Actions. Este processo cumpre os requisitos RF-10 e RF-11, assegurando a rastreabilidade mediante do registo de tentativas de envio (*attempts*) e das respetivas datas de envio (*sentAt*).

Finalmente, o Swagger [Anexo A] é utilizado para documentar o *backend*, fornecendo detalhes sobre os principais *endpoints* e os parâmetros correspondentes. Esta integração facilita a integração com aplicações externas e também favorece a realização de testes automatizados com ferramentas como Postman ou Swagger UI. Em conjunto, estes recursos reforçam o papel do *backend* como alicerce fundamental da solução, assegurando estabilidade, eficiência e escalabilidade, além de atender completamente às necessidades funcionais e não funcionais definidas para a plataforma.

5.3 Tecnologias Utilizadas

A arquitetura do sistema foi planeada tendo foco garantir um equilíbrio entre a simplicidade de desenvolvimento, o potencial de escalabilidade e a solidez operacional.

(i) Camada de Servidor (*Backend*)

A camada do servidor foi criada através de Node.js, que se baseia em eventos, permitindo que o JavaScript seja executado no lado do servidor. A sua principal característica é a alta capacidade de gerir várias ligações ao mesmo tempo, tornando-a ideal para aplicações que requerem um desempenho em tempo real.

A conexão à base de dados foi feita utilizando a biblioteca Mongoose, que oferece uma abstração entre a aplicação e o MongoDB. Isto possibilita a criação de estruturas de dados, a validação e a realização de consultas em formato estruturado. O modelo de dados abrange entidades como pacientes, médicos e formulários, incluindo as suas relações e características.

(ii) Autenticação e Segurança

Com o objetivo de assegurar a proteção dos acessos à aplicação, foi adotado um sistema de autenticação baseado em JWT, que possibilita uma autenticação sem estado, onde cada requisição autenticada inclui um *token* que foi previamente gerado pelo servidor, garantindo a integridade e a veracidade da sessão.

Além disso, a biblioteca *bcryptjs* foi utilizada para encriptar palavras-passe armazenadas na base de dados, assegurando a devida proteção de informações sensíveis. A defesa contra acessos indesejados foi fortalecida pela implementação de sistemas de limitação de taxa de requisições (*rate limiting*), o que ajuda a prevenir tentativas de acesso automático e ataques de força bruta.

(iii) Processamento Assíncrono e Envio de Formulários

A automatização do envio de formulários de acompanhamento foi realizada através do GitHub Actions, que diariamente executa um *script* em Node.js encarregue de identificar os pacientes com formulários programados para envio.

Esta abordagem substituiu uma versão anterior que utilizava filas Bull/Redis. Embora fosse adequada para situações de alta procura e processamento em tempo real, mostrou-se excessivamente complexa para este projeto, que se foca em atividades diárias e previsíveis. A manutenção constante de um serviço Redis provocava um uso maior de recursos e uma complexidade operacional sem oferecer vantagens significativas no contexto académico e clínico em que a aplicação se insere.

A escolha do GitHub Actions possibilitou a simplificação da infraestrutura, minimizando a sobrecarga técnica e assegurando a confiabilidade necessária para o processo de envio. O agendamento das execuções é estabelecido diretamente no fluxo de trabalho através de expressões *cron*, garantindo que a verificação e o envio de alertas aconteçam de maneira periódica e automática, mesmo fora do propósito de operação do servidor principal.

Após localizar os pacientes que possuem formulários pendentes ou que precisam de receber alertas, o sistema cria os links personalizados para cada um e realiza o envio por e-mail com o uso da biblioteca *@sendgrid/mail*, que interage diretamente com a API HTTP do SendGrid. Esta integração assegura que cada paciente recebe apenas os formulários pertinentes à sua fase de acompanhamento, respeitando os prazos estabelecidos e o número máximo de tentativas de reenvio. Além de simplificar a infraestrutura, a utilização da API evita problemas frequentemente ocorreram durante a utilização do Railway no envio via SMTP, proporcionando maior confiabilidade e rastreabilidade num ambiente *cloud*.

(iv) Ferramentas de Apoio ao Desenvolvimento

No processo de criação da aplicação foram utilizadas várias ferramentas que auxiliam a configuração e suporte, sendo que se destacam a dotenv, que permite uma gestão segura e organizada das variáveis de ambiente; Swagger/OpenAI, que serve para documentar os *endpoints* da API, facilitando a interação técnica com possíveis equipas externas e a condução de testes; e Git, que é utilizada para o controlo de versões, assegurando o registo do histórico de desenvolvimento e promovendo a colaboração.

Na Tabela 5 é apresentado um resumo das tecnologias implementadas no sistema.

Tabela 5 - Resumo de Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do Sistema

Categoria	Tecnologia	Descrição
Linguagem de Programação	JavaScript	Linguagem principal utilizada no desenvolvimento backend e frontend
Ambiente de Execução	Node.js	Plataforma para execução de JavaScript no lado do servidor
Framework Web (Backend)	Express	Framework para construção de APIs REST em Node.js
Base de Dados	MongoDB	Base de dados documental NoSQL
ORM e ODM	Mongoose	Biblioteca de modelação de dados para MongoDB, com suporte a esquemas
Autenticação	JWT	Sistema de autenticação <i>stateless</i> baseado em tokens
Encriptação	bcryptjs	Biblioteca para encriptação de palavras-passe
Limitação de Acessos	express-rate-limit	Prevenção de acessos abusivos através de controlo de taxa de pedidos
Agendamento de Tarefas	GitHub Actions	CI/CD e agendamento diário (cron) do workflow de envios
Envio de Emails	@sendgrid/mail	Envio via API HTTP SendGrid
Framework SPA (Frontend)	Angular	Framework para desenvolvimento de aplicações web de página única
Programação Reativa	RxJS	Biblioteca para manipulação de fluxos de dados assíncronos

Gestão de Variáveis de Ambiente	dotenv	Permite carregar variáveis de ambiente a partir de ficheiros
Documentação da API	Swagger	Ferramenta para descrição e teste de APIs REST

5.4. Configuração Inicial

A configuração adequada do ambiente de desenvolvimento desde o início é crucial para o sucesso na execução da aplicação, além de garantir a uniformidade entre diversos sistemas ao longo das fases de desenvolvimento, teste e validação.

5.4.1 Requisitos do Sistema

Para a implementação do projeto num ambiente local ou de teste, é fundamental que o suporte de desenvolvimento atenda a um conjunto mínimo de requisitos técnicos. Estes requisitos são responsáveis por garantir a instalação correta das dependências e a capacidade de replicação do sistema em diferentes contextos.

Os requisitos mínimos são:

- **Node.js (versão 18.x ou superior):** ambiente de execução JavaScript no servidor, necessário para a execução do *backend* e *frontend*;
- **NPM:** gestor de pacotes responsável pela instalação e gestão de dependências do projeto;
- **MongoDB (local ou Atlas):** base de dados documental utilizada para armazenar pacientes, acompanhamentos e respostas;
- **Angular CLI (versão 15 ou superior):** ferramenta de linha de comandos para a criação, compilação e execução do *frontend*;
- **Git:** sistema de controlo de versões utilizado para gestão colaborativa do código-fonte.

Atender a estes critérios garante que qualquer utilizador consiga instalar e utilizar a aplicação de maneira consistente.

5.4.2 Clonagem do Projeto e Instalação de Dependências

O projeto é organizado em dois diretórios principais: *backend* e *frontend*. Depois de cumprir os pré-requisitos, o utilizador deve clonar os repositórios correspondentes a partir da plataforma de controlo de versões (GitHub), utilizando o seguinte comando:

```
git clone https://github.com/tiagoagueda240/Tese-Iscte
```

Após clonar o repositório, é essencial instalar as dependências de cada um dos módulos (*backend* e *frontend*). Para isso, dentro de cada diretório, deverá ser executado o comando que se segue:

```
npm install
```

Este comando corre o arquivo `package.json` e, quando presente, o `package-lock.json`, garantindo que as bibliotecas e as suas versões utilizadas durante o desenvolvimento sejam instaladas corretamente.

5.4.3 Configuração de Variáveis de Ambiente

Para assegurar que a aplicação funcione corretamente, é fundamental criar um arquivo `.env` na raiz do diretório *backend*, que deve incluir as variáveis de ambiente necessárias para configurar o acesso à base de dados, ao servidor de e-mail e aos sistemas de autenticação. A Figura 13 ilustra um exemplo do que precisa de ser implementado.

```
# Configuração da aplicação
PORT=5001
MONGO_URI=mongodb+srv://<user>:<password>@<cluster>/<db>

JWT_SECRET=chave_secreta_segura

JWT_EXPIRES_IN=1d

# Configuração do serviço de email (SendGrid API)
SENDGRID_API_KEY=chave_api_sendgrid
EMAIL_FROM=email@exemplo.com
```

Figura 13 - Ficheiro `.env`

5.4.4 Execução da Aplicação

Com as bibliotecas necessárias instaladas e as variáveis de ambiente corretamente ajustadas, a plataforma pode ser iniciada em nível local usando o comando “`npm start`”. No lado do *backend*, é iniciado o servidor Node.js/Express, que se conecta ao MongoDB. No *frontend* é dado início à aplicação Angular, que disponibiliza a *interface* no navegador, acessível por padrão em “`http://localhost:4200`”. Além disso, é fundamental que o

serviço MongoDB esteja ativo, seja numa instância local ou na *cloud* (como no caso do Atlas), assegurando a persistência dos dados.

Desta forma, todos os componentes funcionam de maneira integrada, possibilitando a validação das funcionalidades localmente antes do envio para o ambiente de produção.

5.5 Descrição do protótipo

5.5.1 Criação de Senha e Login

Na Figura 14 é possível observar a *interface* destinada à definição de senha para médicos e enfermeiros, projetada para facilitar a criação segura das suas credenciais de acesso à plataforma. Este acesso é proporcionado unicamente através de um link temporário e exclusivo, que é encaminhado por e-mail durante o processo de registo, assegurando que somente o utilizador autorizado possa estabelecer a sua senha.

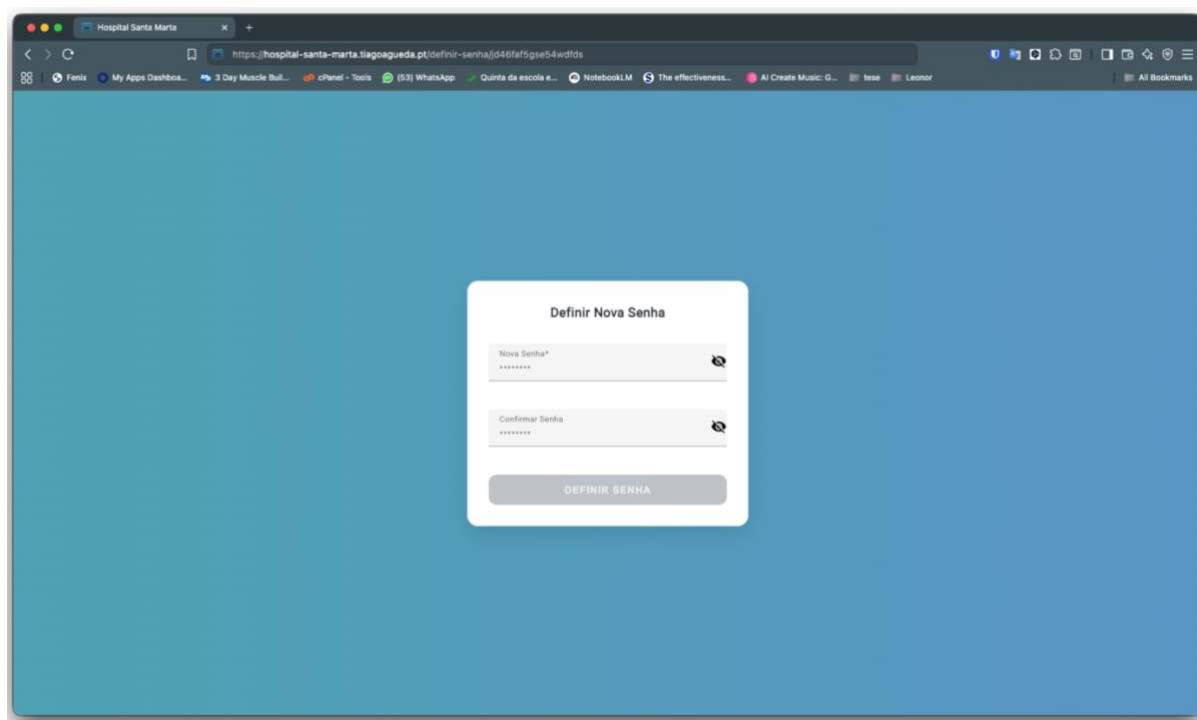


Figura 14 - Página de criação de senha

A *interface* foi desenvolvida para ser clara e fácil de usar, contando com campos distintos para a inserção e confirmação da nova senha, além de validações automáticas que garantem o atendimento aos padrões mínimos de segurança.

A página do Login permite que os médicos e enfermeiros introduzam as suas credenciais (e-mail e palavra-passe), tal como explicitado na Figura 15 para acederem ao sistema. O formulário é reativo e inclui validações imediatas, como a verificação do formato de e-mail. Caso ocorra um erro (por exemplo, credenciais inválidas ou problemas de rede), o utilizador é notificado de forma clara através de uma mensagem *snackbar*. Após uma autenticação bem-sucedida, o *token* JWT é guardado no armazenamento local (*localStorage*) e incluído automaticamente nas requisições subsequentes. A navegação é então redirecionada para o *dashboard* principal da aplicação.

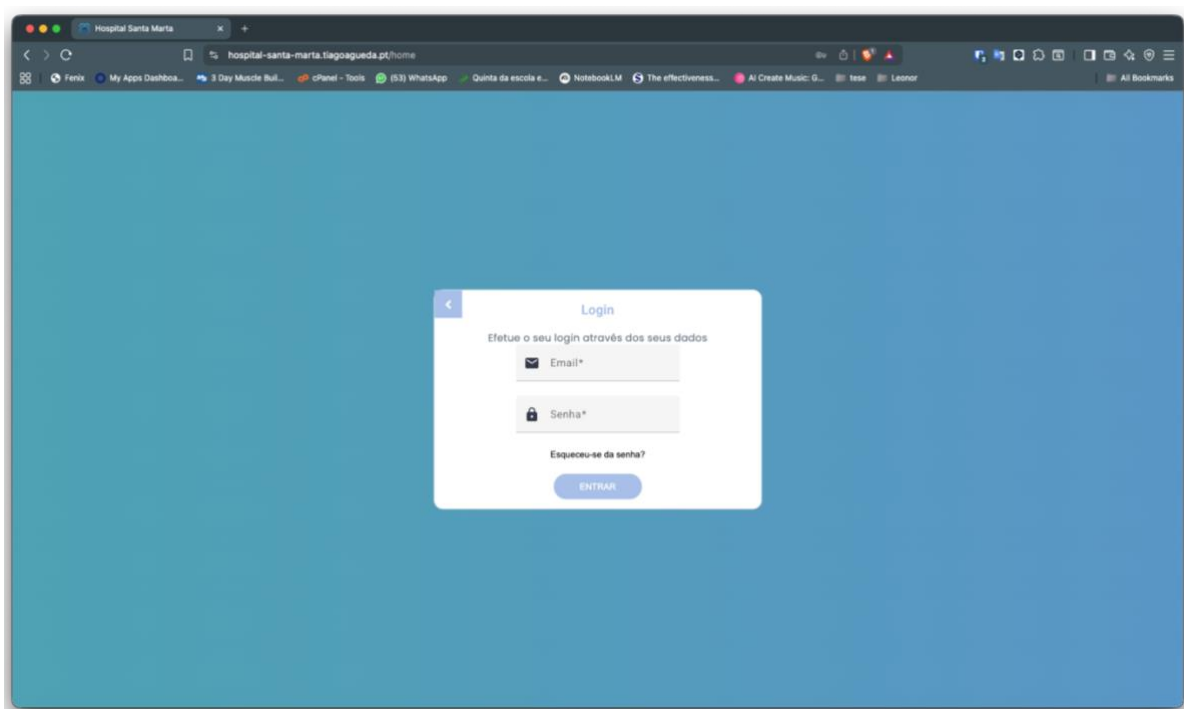


Figura 15 - Página de Login

5.5.2 Página Adicionar Paciente

A página foi desenvolvida para facilitar o registo de novos pacientes, com uma *interface* intuitiva e organizada. Como podemos ver na Figura 16, o formulário inclui campos essenciais como nome, data de nascimento, género, contacto telefónico e e-mail, que são validados para garantir o correto preenchimento dos dados obrigatórios. Além disso, permite adicionar o número de processo, seleccionar o tipo de cirurgia, definir a data da cirurgia e prescrever medicamentos. O sistema apresenta listas suspensas dinâmicas para a seleção de itens,

possibilitando a adição de novos tipos de cirurgia ou medicamentos, que são automaticamente gravados na base de dados para utilização futura.

Figura 16 - Página de criação de pacientes

O botão de submissão só se torna ativo após o preenchimento correto de todos os campos obrigatórios. Após a submissão, os dados do paciente são registados na base de dados e é gerado automaticamente o primeiro acompanhamento (*Follow-up*). O *design* foi otimizado para dispositivos móveis e tablets, assegurando uma experiência eficiente durante consultas.

5.5.3 Página de Lista de Pacientes

Esta página apresenta uma lista interativa de todos os pacientes registados na aplicação, servindo como ponto central para análises de *follow-ups* e ações administrativas. Na Figura 17 é possível perceber que a informação é organizada numa tabela construída com MatTable do Material, que permite paginação e pesquisa instantânea. As colunas incluem dados como o nome, a data da cirurgia e o estado do acompanhamento.

Os utilizadores podem filtrar os registos por estado (como "Preenchido", "Não preenchido" ou "Formulário expirado") ou por data da cirurgia. Estes estados são calculados com base nos dados de preenchimento dos formulários associados aos acompanhamentos clínicos de cada paciente. No que diz respeito ao estado dos formulários, o estado "Preenchido" corresponde a pacientes que responderam a todos os formulários obrigatórios, "Não

preenchido" corresponde a ausência de submissões, e "Formulário expirado" indica que o prazo para resposta já terminou.

Nome	Data da Cirurgia	Estado do Acompanhamento	Ações
Maria Fernanda dos Santos Pachica	26/08/2025	Preenchido	[Info] [Edit] [Delete]
Rodrigo David Cerqueira	29/08/2025	Preenchido	[Info] [Edit] [Delete]
Henrique Maria Cardoso De Menezes De Avelar	01/09/2025	Formulário expirado	[Info] [Edit] [Delete]
Antônio Paulo Vilela Gonçalves	04/09/2025	Formulário expirado	[Info] [Edit] [Delete]
Aires Albano Brandao Rodrigues	15/09/2025	Preenchido	[Info] [Edit] [Delete]
Luís Fernando Ventura De Abreu	17/09/2025	Não preenchido	[Info] [Edit] [Delete]
Alvaro Alberto Fernandes Rodrigues De Matos	17/09/2025	Não preenchido	[Info] [Edit] [Delete]

Figura 17 - Página de listagem de pacientes

Para além disso, cada linha da tabela contém botões para ações rápidas como visualizar o perfil do paciente, editar informações do paciente (Figura 18) e eliminar ou arquivar o paciente sempre que deixem de requerer acompanhamento ativo. A *interface* permite alternar entre a visualização de pacientes ativos e arquivados, possibilitando uma gestão mais eficiente da base de dados. A filtragem por estado de arquivo está igualmente integrada com os restantes filtros da tabela, permitindo, por exemplo, listar apenas pacientes arquivados.

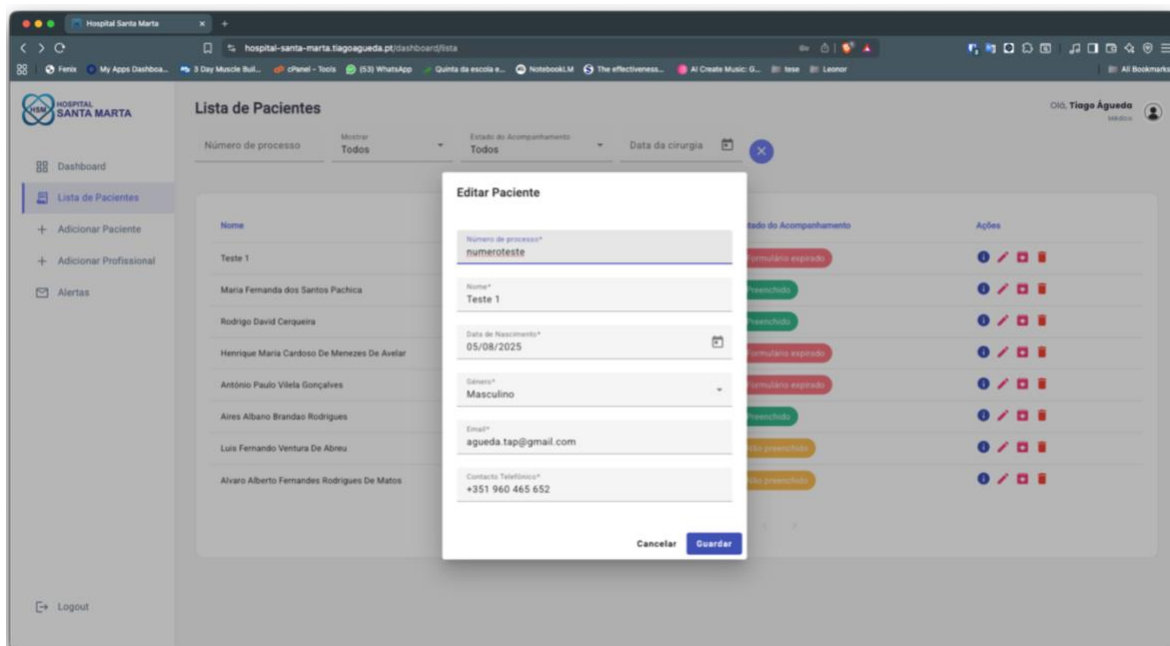


Figura 18 - Edição de pacientes

5.5.4 Página de Formulários Clínicos

A página de formulários clínicos permite a recolha estruturada de dados de saúde dos pacientes através do preenchimento digital de questionários. Cada formulário é construído dinamicamente com base num modelo JSON que define a estrutura das perguntas, o tipo de resposta esperada (escolha única, múltipla, campo de texto, escala) e as validações associadas. Na Figura 19 é possível observar um exemplo de estrutura de um questionário. O sistema é modular, permitindo a criação de diferentes modelos para diferentes tipos de cirurgia, fases do tratamento ou grupos de risco.

A experiência do utilizador é centrada num formulário reativo com validação em tempo real, *feedback* visual e alertas claros em caso de erros. Todos os campos obrigatórios são destacados e as respostas inválidas bloqueiam a submissão até serem corrigidas. A navegação dentro do formulário pode ser feita por etapas, especialmente em formulários mais longos, garantindo uma abordagem progressiva e menos sobrecarregada para o paciente.

Os formulários de *follow-up* são atribuídos automaticamente com base no tipo de acompanhamento clínico associado ao paciente. A lógica de preenchimento impede que o mesmo formulário seja preenchido mais do que uma vez para o mesmo acompanhamento.

Após a submissão, os dados são enviados através do QuestionnaireService e associados diretamente ao acompanhamento clínico e ao paciente. Os dados submetidos ficam imediatamente disponíveis no perfil do paciente e podem ser consultados por profissionais de saúde. O sistema regista também a data de submissão, permitindo auditoria e rastreabilidade.

Follow-up 3 dias pós-cirurgia

ATIVIDADE FÍSICA

Por baixo de cada título, assinale a opção que descreve melhor como se sente **HOJE**.

Faz caminhadas regularmente? *

☐ Sempre (3 ou mais vezes por semana)

☐ Por vezes (1 a 2 vezes por semana)

☐ Nunca

Próximo

Figura 19 - Exemplo da estrutura de um questionário

5.5.5 Página de Detalhes do Paciente

A página de detalhes do paciente é um dos componentes mais relevantes da aplicação, pois reúne toda a informação clínica, administrativa e de acompanhamento relacionada com um paciente específico, de forma centralizada e navegável. O acesso a esta página pode ser feito a partir da listagem de pacientes, do *dashboard* ou diretamente após o registo do mesmo.

A sua estrutura é organizada em separadores (*tabs*) que agrupam os dados em blocos, facilitando a consulta, sem necessidade de recarregar a página. Toda a informação apresentada é dinâmica, obtida a partir de chamadas à API e qualquer alteração efetuada pelo utilizador é automaticamente sincronizada com o *backend*.

A Figura 20 é composta por várias secções. No separador inicial são exibidos os dados pessoais e administrativos do paciente, como o número do processo, o nome completo, e-mail, contacto telefónico, data de nascimento e o médico responsável pelo acompanhamento.

De seguida, é apresentado o histórico clínico do paciente. Esta secção mostra o tipo de cirurgia realizada, a data correspondente, um botão para dar alta ou a data de alta.

Na secção do estado das intervenções, é possível consultar todos os *follow-ups* criados para o paciente. Cada acompanhamento contém informação sobre o seu tipo, estado (ativo ou concluído), datas relevantes e o médico responsável. Estes dados são apresentados com a possibilidade de editar os acompanhamentos existentes ou criar novos através de um *dialog*.

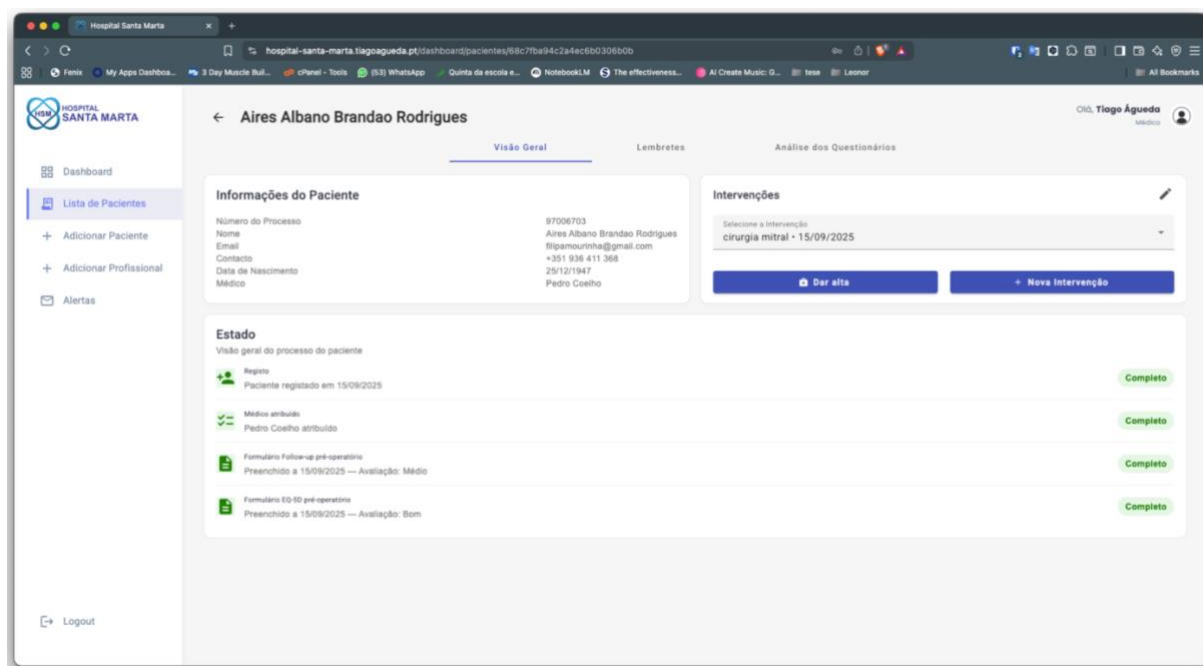


Figura 20 - Visão geral dos detalhes do paciente

No separador dedicado à análise dos questionários, o sistema apresenta todos os formulários clínicos atribuídos ao paciente, como o EQ-5D ou outros específicos definidos consoante o tipo de cirurgia e acompanhamento. Os formulários estão organizados por acompanhamento e cada um inclui o nome, a data de envio, o estado (Preenchido, Por Preencher ou Expirado), o número de tentativas, a última atualização realizada e, se aplicável, a data de resposta (Figura 21). Estes estados são atribuídos automaticamente pelo sistema. Um questionário é classificado como “não preenchido” quando já foi enviado ao paciente, mas ainda não foi submetido nem expirou; como “preenchido” quando o paciente o conclui e submete dentro do prazo estipulado; e como “formulário expirado” quando o período definido para resposta termina, sem que tenha ocorrido a respetiva submissão. O profissional de saúde pode visualizar os dados submetidos, reenviar ou preencher formulários diretamente a partir desta *interface*.

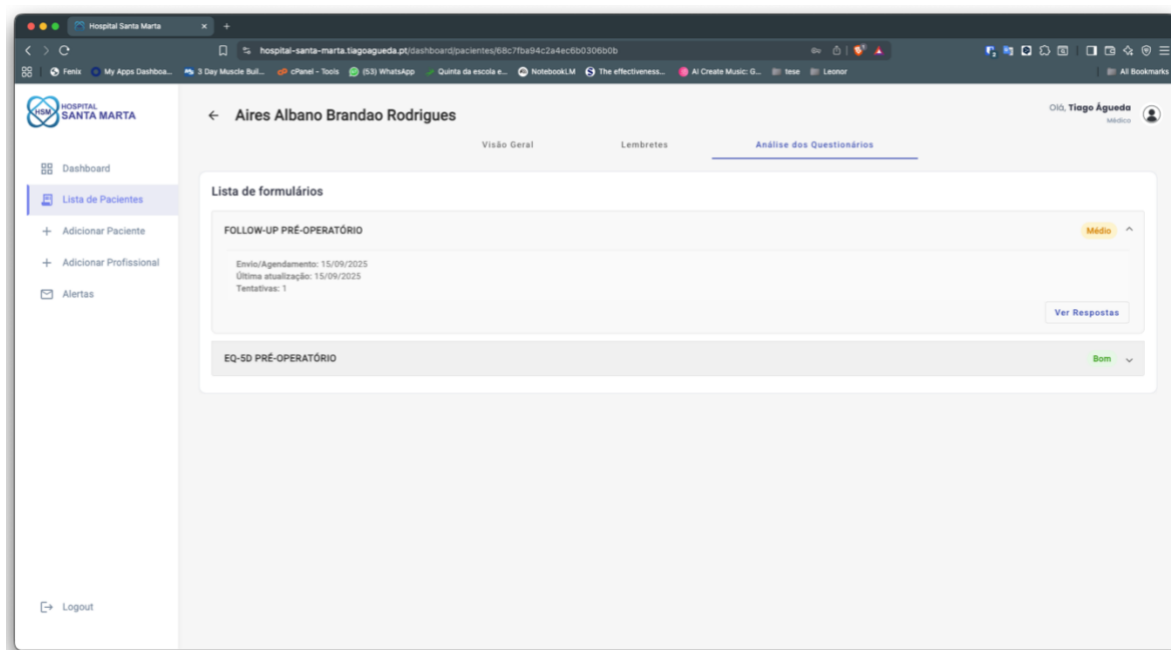


Figura 21 - Lista de Questionários do paciente

A aba de lembretes, ilustrada na Figura 22, tem como objetivo garantir que o acompanhamento do paciente seja realizado de forma eficaz. Nesta aba, o profissional de saúde pode enviar manualmente lembretes relacionados ao preenchimento de questionários. Caso o paciente não tenha completado um questionário dentro do prazo estipulado, o lembrete pode ser reenviado manualmente para garantir que o paciente seja lembrado.

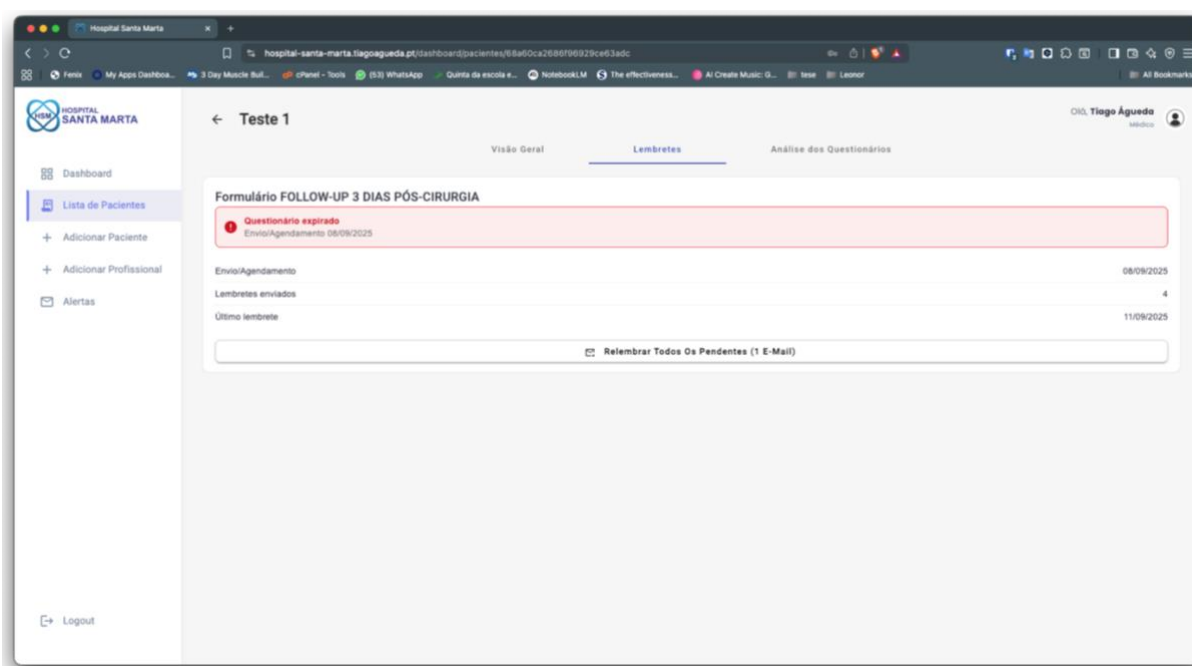


Figura 22 - Lembretes de follow-ups do paciente

5.5.6 *Dashboard* e Análise por período

A página de *Dashboard*, presente na Figura 23 constitui o ponto central da aplicação, oferecendo uma visão global e em tempo real sobre o funcionamento do sistema de acompanhamento clínico. A sua conceção visa apoiar a tomada de decisão rápida por parte dos profissionais de saúde, agregando os principais indicadores de forma clara e visualmente apelativa.

Na parte superior encontram-se os cartões correspondentes a cada período de acompanhamento: Pré-operatório, 15 dias, 1 mês, 3 meses, 6 meses e 1 ano. Cada cartão apresenta o número de formulários pendentes e a percentagem de preenchimento, valores que resultam do cálculo automático entre os formulários atribuídos e os já submetidos pelos pacientes. Estes indicadores permitem ao utilizador identificar de imediato quais as etapas que apresentam maior adesão ou onde existem falhas a corrigir.

Na coluna da esquerda, a secção dos “Pacientes Recentes” destaca os casos mais relevantes de forma resumida. É possível filtrar a lista por etapa de acompanhamento, visualizando rapidamente o estado de cada paciente por “Formulário pendente”, “*Follow-up* completo” ou “Dados Críticos” (quando existe algum alerta clínico). Cada registo inclui ainda a data associada e uma etiqueta com a etapa, podendo o profissional aceder ao perfil detalhado através do botão “Ver”, garantindo uma navegação direta entre a visão global e a análise individual.

Do lado direito o painel de “Adesão ao Acompanhamento” apresenta barras de progresso que sintetizam graficamente as taxas de preenchimento por período. A utilização de cores distintas para cada etapa assegura uma leitura imediata e intuitiva.

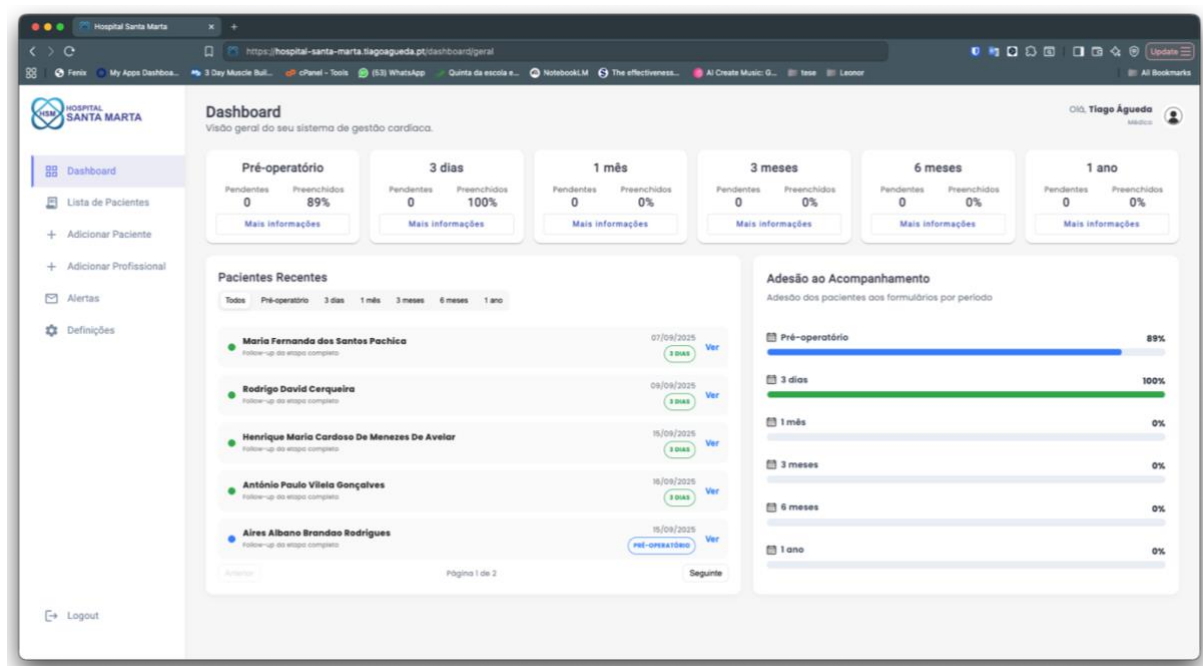


Figura 23 - Página de Análise Geral do *Dashboard*

A página de análise por período, tal como apresentado na Figura 24, constitui uma extensão do *dashboard*, concebida para oferecer uma visão segmentada do desempenho da adesão aos questionários, em diferentes marcos temporais (pré-operatório, 1 mês, 3 meses, 6 meses e 1 ano).

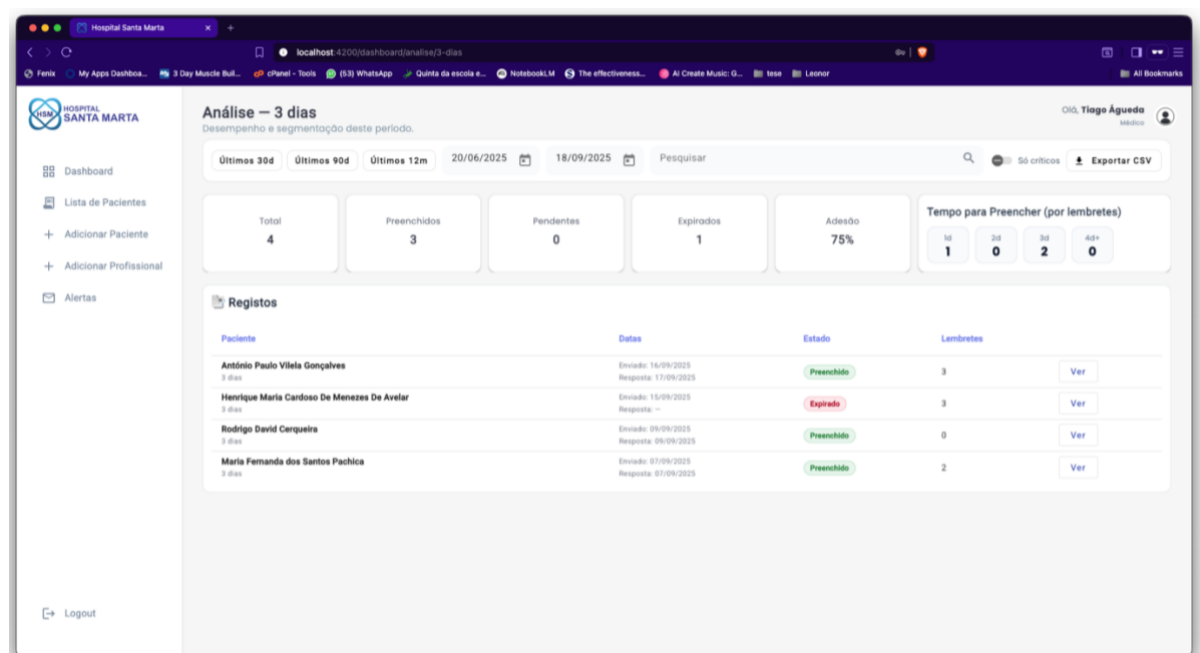


Figura 24 - Página de Análise por período

Na parte superior o utilizador pode seleccionar intervalos pré-definidos ou personalizar o período através de um calendário. De seguida, são apresentados indicadores agregados: total de formulários enviados, número de preenchidos, pendentes, expirados e a respetiva taxa global de adesão. Complementarmente, um painel lateral apresenta a distribuição do tempo médio de preenchimento, representado em dias.

Na secção inferior surge a tabela de registos individuais, que detalha, para cada paciente, as datas de envio e resposta, o estado atual do questionário (preenchido, pendente, expirado ou crítico) e o número de lembretes emitidos. Esta informação é apresentada com filtros dinâmicos, facilitando a análise.

5.5.7 Página de Questionários Críticos

A página de questionários críticos (Figura 25) agrega, de forma centralizada, todos os formulários que registaram respostas preocupantes, de acordo com critérios pré-definidos nos modelos de questionário. As respostas submetidas são avaliadas automaticamente de 1 (Preocupante) a 3 (Bom), de acordo com parâmetros informados pelos profissionais de saúde, permitindo obter uma ideia geral do estado do paciente através da média de avaliações de cada questionário.

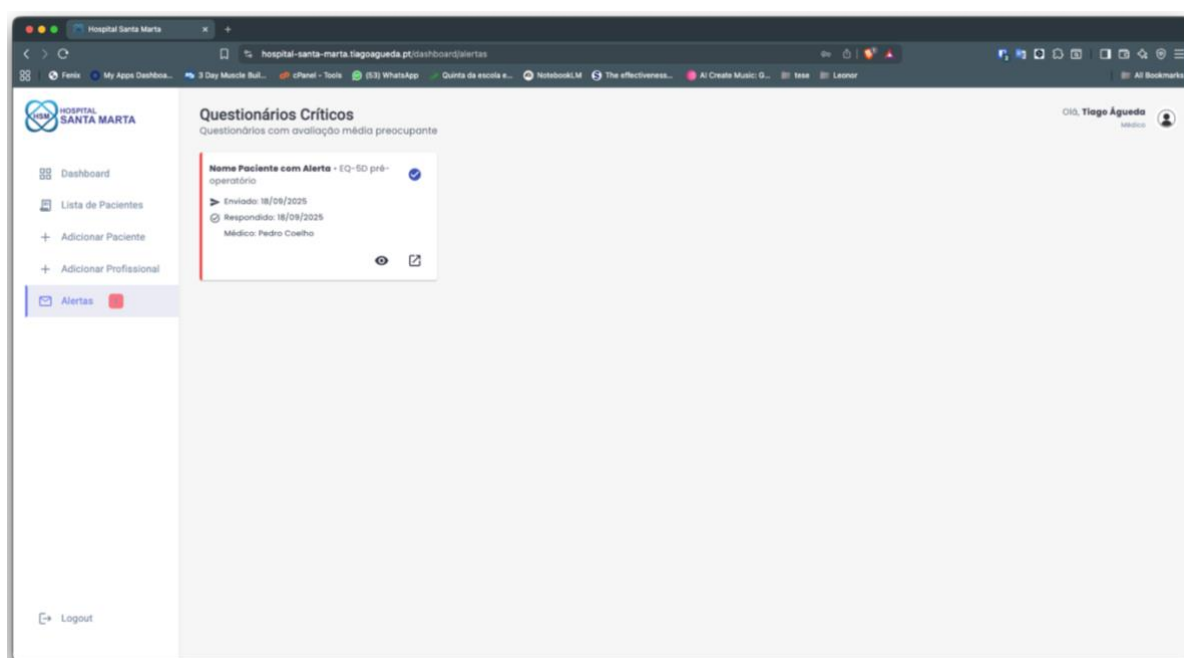


Figura 25 - Página de Listagem de Questionários Críticos

Os questionários críticos surgem destacados com marcação visual em vermelho e incluem informações essenciais, tais como o nome do paciente, tipo de formulário, data de envio e resposta e o profissional de saúde responsável. Cada registro permite a navegação direta para a visualização detalhada do questionário, facilitando a análise rápida do caso.

Quando não existem questionários classificados como críticos a interface apresenta um estado informativo (“sem questionários críticos”), reforçando a noção de que não há alertas pendentes. Adicionalmente, a barra lateral exibe um contador de notificações em tempo real, garantindo que permite visualização imediata sempre que surge um novo alerta.

Esta funcionalidade é particularmente relevante em contexto clínico, pois promove a priorização de pacientes em risco, reduz o tempo de resposta dos médicos e contribui para uma intervenção mais rápida.

CAPÍTULO 6

Método e Planeamento

6.1 Organização do código

A solução é mantida em 2 repositórios separados, sendo eles `/frontend` (SPA Angular) e `/backend` (API Node.js/Express). Esta separação reduz acoplamentos, simplifica *deploys* independentes e clarifica responsabilidades.

6.1.1 Pipelines (GitHub Actions)

A automação operacional da plataforma é baseada em dois *workflows* estabelecidos no GitHub Actions. Esses *workflows* passam por (i) um fluxo de trabalho para garantir a qualidade contínua, que verifica tanto o *frontend* quanto o *backend* sempre que ocorre um *push* ou *pull request*, e (ii) um fluxo de trabalho que roda diretamente, sendo responsável por agendar a execução do *script* `sendDailyFollowUps.js`, que é encarregue de selecionar e enviar por e-mail os formulários de acompanhamento. Os dois *workflows* são executados em *runners* efêmeros (*ubuntu-latest*) e conectam parâmetros sensíveis apenas através de *secrets* do repositório, garantindo que não haja credenciais armazenadas no código-fonte.

(a) Workflow de qualidade contínua

Este *workflow* é ativado em situações de *push* e *pull request*, com o propósito de evitar regressões antes da fusão ou da publicação. O processo é composto por quatro etapas principais: **(i)** realização do checkout do repositório; **(ii)** instalação das dependências na pasta `/backend`; **(iii)** execução das verificações estáticas (lint); e **(iv)** compilação da aplicação, quando pertinente. Todo o ciclo é executado sem o uso de dados reais e sem a necessidade de *secrets*, garantindo que as modificações incrementais não comprometam a *interface* nem a API. A Figura 26 ilustra de maneira esquemática o fluxo.



Figura 26 - Fluxo geral dos workflows

(b) Workflow “Enviar FollowUp Diário”

O segundo *workflow* possibilita a operação assíncrona para o envio de formulários de acompanhamento. É programado com uma expressão *cron* para se iniciar às 09:00 UTC e também oferece o evento `workflow_dispatch` para execução manual. Esta execução ocorre exclusivamente no diretório `/backend`, separando a camada de *interface*.

A implementação segue a sequência do checkout do repositório, seguida da instalação das dependências do *backend* “`npm install`”, assegurando a presença de bibliotecas como *mongoose* (para acesso a dados) e *@sendgrid/mail* (para envio de e-mails através da API HTTP). Posto isto dá-se início à criação temporária de um arquivo `.env` no runner, com parâmetros injetados que vêm de *secrets* (`MONGO_URI`, `SENDGRID_API_KEY`, `EMAIL_FROM`) e a execução do *script* Node `sendDailyFollowUps.js`.

A Figura 27 apresenta um diagrama de sequência que representa as interações entre GitHub Actions, o *runner* temporário, o *backend*, a base de dados MongoDB e a API do serviço de e-mail SendGrid durante a execução diária.

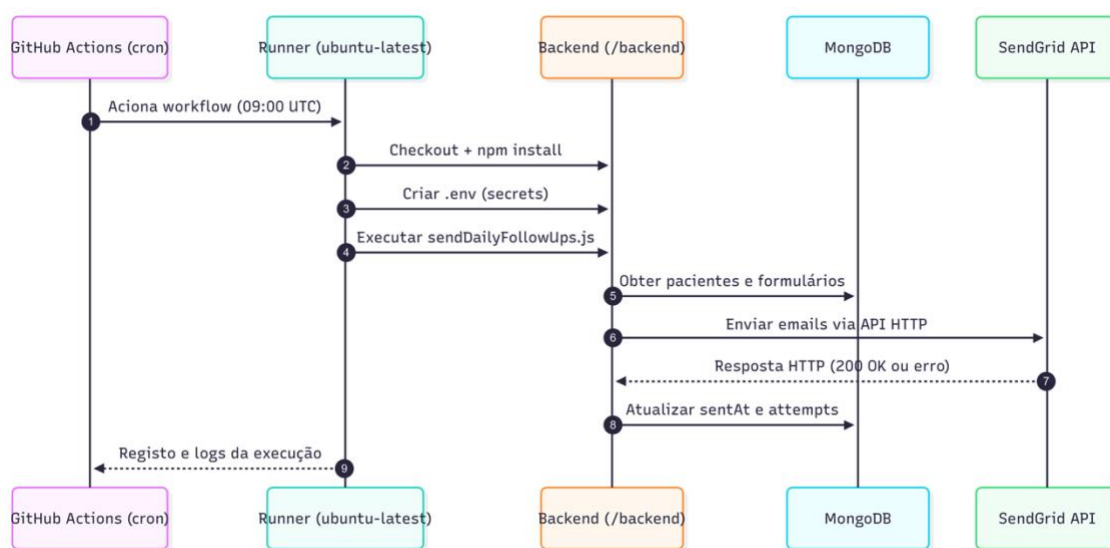


Figura 27 - Sequência do *workflow* “Enviar *FollowUp* Diário”.

Este *workflow* garante que o processo de envio ocorra de maneira, sem depender do servidor principal da aplicação.

(c) Lógica do *script* `sendDailyFollowUps.js`

Após a apresentação da definição arquitetônica na secção 4.1, que justificou a escolha do GitHub Actions como mecanismo para coordenação dos envios, esta secção esclarece a lógica específica implementada no *script* sendDailyFollowUps.js, que materializa essa escolha.

O *script* começa com o preenchimento das variáveis de ambiente (através do dotenv), estabelece uma conexão com a base de dados MongoDB (mongoose.connect) e normaliza a referência temporal para "hoje".

Em seguida, executa as funções apresentadas na mesma sequência, conforme demonstrado na Figura 28:

- (i) Obtém os acompanhamentos ativos através de `FollowUp.find().populate('patient')`, acedendo aos metadados de contacto do paciente;
- (ii) Ignora os casos sem endereço de e-mail válido;
- (iii) Filtra os questionários elegíveis para execução corrente, segundo critérios definidos (não preenchidos, $scheduledAt \leq$ hoje, não enviados no próprio dia e com $attempts < 4$);
- (iv) Agrega os identificadores e *slugs* dos questionários elegíveis e envia um único e-mail por paciente através da função `sendFormEmail`;
- (v) Em caso de sucesso, atualiza os campos *sentAt* e *updatedAt*, incrementa *attempts* e persiste as alterações no documento correspondente;
- (vi) Em caso de erro, regista a ocorrência e prossegue para o próximo paciente, evitando que falhas pontuais interrompam a execução global;
- (vii) Encerra a ligação à base de dados com `mongoose.disconnect()`.

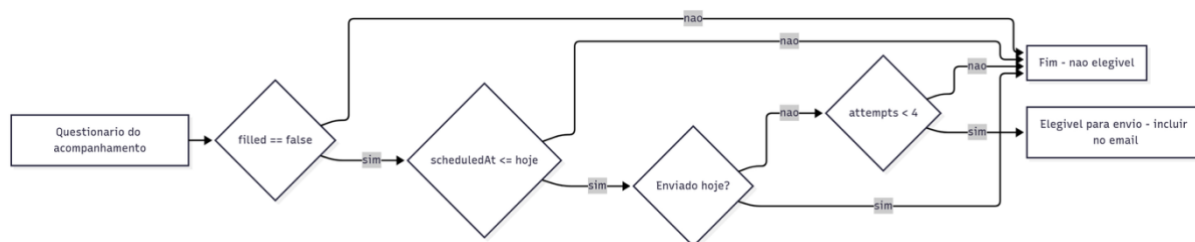


Figura 28 - Critérios de elegibilidade em sendDailyFollowUps.js

É importante destacar que esta abordagem atende diretamente aos requisitos funcionais RF-10 (lembretes e alertas) e RF-11 (auditoria funcional). Além de encaminhar os formulários de acompanhamento, o *script* assegura a rastreabilidade do processo, registrando as datas de envio (*sentAt*) e o número de tentativas (*attempts*). Estas informações garantem que os alertas foram

enviados adequadamente, proporcionando transparência e um histórico verificável num ambiente clínico.

6.1.2 Geração Dinâmica dos Questionários

Uma das funcionalidades centrais da aplicação é a capacidade de disponibilizar diferentes tipos de questionários clínicos de forma dinâmica, sem necessidade de modificar o código-fonte principal sempre que um novo modelo é introduzido. Esta flexibilidade garante que o sistema pode evoluir com as necessidades da prática clínica, permitindo a criação de novos formulários ou a adaptação dos existentes a diferentes períodos de acompanhamento do paciente.

Para concretizar este objetivo, os questionários foram definidos em ficheiros *JSON*, que descrevem a sua estrutura e lógica de funcionamento. Cada questionário é identificado por um *formId* (também designado *slug*), fornecido pelo *backend* quando o paciente acede ao link do seu formulário. Esse identificador serve como chave no objeto *FORM_DEFINITIONS*, que mapeia cada formulário para a respetiva configuração.

A estrutura de cada definição inclui dois elementos principais:

- *Blocks*: lista de blocos que contém as perguntas a apresentar, o tipo de interação e as validações aplicáveis;
- *Chapters*: agrupamentos temáticos que organizam os blocos em secções coerentes, facilitando a progressão do utilizador ao longo do questionário.

O fragmento seguinte (Figura 29) exemplifica a forma como o sistema organiza os diferentes tipos de formulários clínicos:

```
export const FORM_DEFINITIONS = {
  "follow-up_preop": {
    blocks: FOLLOWUP_PRE_BLOCKS,
    chapters: FOLLOWUP_PRE_CHAPTERS
  },
  "follow-up_3dias": {
    blocks: FOLLOWUP_3_DIAS_BLOCKS,
    chapters: FOLLOWUP_3_DIAS_CHAPTERS
  },
  "eq5_preop": {
    blocks: EQ5_BLOCKS,
    chapters: EQ5_CHAPTERS
  }
};
```

Figura 29 - Fragmento com tipo de formulários dinâmicos

Quando o utilizador abre um formulário, o sistema consulta o *FORM_DEFINITIONS* com base no *formId* recebido. Se existir correspondência, os blocos e capítulos correspondentes são carregados e apresentados na interface. Caso contrário, o utilizador é redirecionado para uma página de erro, prevenindo inconsistências na experiência de utilização.

A lógica de apresentação é suficientemente genérica para interpretar qualquer bloco definido. Assim, um mesmo componente Angular consegue renderizar diferentes formulários apenas alterando o *formId*. Esta abordagem reduz a duplicação de código, simplifica a manutenção e facilita a extensibilidade da aplicação.

A título de exemplo, apresenta-se na Figura 30 um bloco simplificado, onde é possível observar:

- (i) uma pergunta principal com respostas de escolha única;
- (ii) a presença de uma condição que apenas se ativa quando o paciente seleciona determinada opção;
- (iii) a utilização de um *jumpMap* que altera a navegação do formulário consoante a resposta dada.

```
{
  id: '1',
  type: 'plural',
  listOfQuestions: [
    {
      questionId: 'q1',
      label: 'Faz caminhadas regularmente?',
      options: [
        { label: 'Sempre (3 ou mais vezes/semana)', score: 3 },
        { label: 'Por vezes (1 a 2 vezes/semana)', score: 2 },
        { label: 'Nunca', score: 1 }
      ],
      conditional: {
        showOn: ['Nunca'],
        label: 'Porquê?',
        options: [
          { label: 'Incapaz por cansaço' },
          { label: 'Incapaz por problema de locomoção' },
          { label: 'Outro' }
        ],
        allowFreeTextOn: 'Outro'
      },
      jumpMap: {
        'Nunca': 'bloco_sugestao_exercicios'
      },
      required: true
    }
  ]
}
```

Figura 30 - Exemplo de bloco de questionário com condicional e *jumpMap*

Neste exemplo, a questão principal (“Faz caminhadas regularmente?”) apresenta três opções de resposta. Caso o paciente responda “Nunca”, surge uma questão condicional (“Porquê?”), com opções adicionais e possibilidade de resposta em texto livre. Para além disso, foi definido um `jumpMap` que redireciona o fluxo do questionário para um bloco específico caso seja escolhida a opção “Nunca”. Este mecanismo permite criar percursos personalizados, adaptando o formulário às características de cada paciente.

6.2 Segurança Aplicacional

A segurança da aplicação constitui um dos pilares fundamentais no desenvolvimento de sistemas que lidam com dados clínicos sensíveis. Tendo em consideração os riscos identificados no OWASP Top 10 [37], foram implementadas medidas específicas para garantir a proteção das informações e a resiliência do sistema perante potenciais ameaças.

Em primeiro lugar, a autenticação é baseada em *tokens* JWT, assegurando sessões sem estado (*stateless*). Após a validação das credenciais, o servidor emite um *token* que contém a identidade do utilizador e os seus privilégios, devidamente assinado com uma chave secreta. Este *token* é armazenado de forma segura no cliente (em `localStorage`) e incluído nos cabeçalhos das requisições subsequentes, permitindo o controlo de acessos sem necessidade de manter sessões persistentes no servidor. Esta abordagem reduz a superfície de ataque e garante uma maior escalabilidade.

Adicionalmente, todas as senhas são encriptadas utilizando a biblioteca `bcryptjs`. O processo de encriptação inclui a aplicação de *salt*, o que assegura que palavras-passe iguais originam *hashes* distintos, mitigando riscos de ataques por dicionário ou *rainbow tables*. Este mecanismo garante que, mesmo em caso de acesso não autorizado à base de dados, os dados sensíveis não são imediatamente expostos.

Para prevenir tentativas abusivas de acesso foi implementado um mecanismo de limitação de taxa de pedidos (*rate limiting*), através do módulo `express-rate-limit`. Esta estratégia restringe o número de tentativas de login por endereço IP num determinado intervalo temporal, dificultando ataques de força bruta e reduzindo a probabilidade de acessos automatizados não autorizados.

Por fim, a gestão de credenciais e parâmetros sensíveis é realizada exclusivamente através de variáveis de ambiente. No contexto dos *pipelines* de integração e entrega contínua (CI/CD), todos os *secrets* são injetados dinamicamente nos *runners* do GitHub Actions, garantindo que

não existem credenciais armazenadas em código-fonte ou ficheiros de configuração. Esta prática assegura conformidade com princípios de segurança modernos e reduz a probabilidade de fugas de informação.

Em conjunto, estas medidas oferecem uma camada robusta de proteção contra vulnerabilidades comuns, garantindo que a aplicação cumpre com os requisitos de segurança esperados em sistemas digitais de apoio à saúde.

CAPÍTULO 7

Plano de Testes e Validação

A validação do protótipo desenvolvido teve como objetivo comprovar que os requisitos funcionais, não funcionais e técnicos definidos foram corretamente implementados e que a solução responde às necessidades identificadas no contexto clínico. Para tal, foram planeados e executados testes técnicos e exploratórios, complementados com feedback de profissionais de saúde em ambiente controlado.

7.1 Metodologia de Testes

Inicialmente a estratégia de validação seguiu três eixos principais. Em primeiro lugar, realizaram-se testes de integração técnica, de modo a assegurar a correta comunicação entre o *frontend* (Angular), o *backend* (Node.js/Express) e a base de dados (MongoDB), bem como a orquestração assíncrona de envios através de GitHub Actions. Posteriormente, foram conduzidos testes de fluxo funcional, cobrindo os cenários mais relevantes do ciclo de acompanhamento clínico, nomeadamente a autenticação, a criação de pacientes, a associação de acompanhamentos, o envio automático de formulários, o preenchimento remoto e a visualização em *dashboard*. Por fim, procedeu-se à validação de usabilidade, realizada junto de pacientes, médicos e enfermeiros do Hospital de Santa Marta, que utilizaram o protótipo para executar tarefas, como o registo de pacientes, o reenvio de lembretes e a consulta de métricas.

Cada caso de teste foi definido a partir dos Requisitos Funcionais (RF-01 a RF-12), permitindo verificar não só o correto funcionamento das operações críticas, mas também a rastreabilidade entre requisitos e resultados obtidos.

7.2 Casos de Teste

A Tabela 6 apresenta os testes planeados e executados, relacionando cada funcionalidade com os requisitos correspondentes e os resultados esperados.

Tabela 6 - Lista de Testes

Título	Descrição	Requisitos	Resultado Esperado
Login	O profissional de saúde insere um email e senha válidos para aceder à aplicação.	RF-01	O utilizador é autenticado e acede ao <i>dashboard</i> com sessão ativa.
Redefinir senha	O profissional de saúde solicita redefinição de senha através do email.	RF-02	O sistema envia um link de redefinição válido para o email indicado.
Criar conta de profissional	O administrador convida um novo médico/enfermeiro por email, atribuindo permissões adequadas.	RF-03	O profissional recebe um convite e consegue aceder, após definição de senha.
Criar paciente	O profissional de saúde cria um paciente, preenchendo os dados obrigatórios	RF-05	O paciente é registado na base de dados e aparece na lista de pacientes.
Criar acompanhamento	O profissional de saúde associa um acompanhamento ao paciente, indicando o tipo de cirurgia, data e medicação.	RF-06, RF-07	O acompanhamento é criado e os questionários ficam agendados automaticamente.
Registar alta clínica	O profissional de saúde regista a data de alta do paciente.	RF-07	O sistema agenda automaticamente os questionários subsequentes de <i>follow-up</i> .
Envio automático de formulários	O sistema agenda e envia automaticamente os links dos questionários por email.	RF-08, RF-10	O paciente recebe um email com um link único de acesso, dentro do prazo definido.
Preencher questionário	O paciente acede ao link e responde ao formulário online.	RF-08, RF-09	As respostas são registadas e ficam visíveis no <i>dashboard</i> do médico.

Reenviar lembrete	O profissional de saúde reenvia manualmente um formulário pendente.	RF-10	O paciente recebe um novo email com um link válido.
Identificação de casos críticos	O sistema identifica questionários com respostas preocupantes e marca-os como críticos.	RF-10	O profissional de saúde recebe um alerta, visual no <i>dashboard</i> .
Consultar <i>dashboard</i>	O profissional de saúde consulta os indicadores de adesão (preenchidos, pendentes, expirados).	RF-11	O sistema apresenta percentagens e números atualizados por período de acompanhamento.
Exportar dados	O utilizador exporta os registos de acompanhamentos para CSV, aplicando filtros.	RF-12	O sistema gera ficheiro CSV com os dados filtrados.

CAPÍTULO 8

Resultados

A etapa de validação do protótipo possibilitou a avaliação da sua eficácia, através da análise de métricas de adesão registadas no *dashboard* da aplicação e da investigação qualitativa das respostas fornecidas pelos pacientes nos questionários clínicos [Anexo B]. É de salientar que a dimensão muito reduzida da amostra estabelece a principal limitação deste estudo, restringindo de forma clara o rigor das conclusões e impossibilitando a sua generalização a contextos clínicos abrangentes. Ainda assim, os resultados foram positivos e indicam que a solução pode modernizar o acompanhamento clínico em hospitais.

8.1 Adesão Global aos Questionários

Os dados analisados demonstram uma elevada adesão e utilização da plataforma, evidenciando que o sistema é uma ferramenta de apoio clínico viável. A análise confirma ainda que a aplicação recolhe os dados de forma organizada, alcançando uma taxa de preenchimento de 91,7%. Estes resultados confirmam o número elevado de participação, sendo possível considerar a plataforma como uma ferramenta viável para o acompanhamento contínuo dos pacientes.

No período pré-operatório foram enviados 18 questionários (2 por paciente), dos quais 17 foram respondidos e um expirou, tendo a taxa de adesão sido de 94%. A ligeira redução observada pode ser justificada por questões logísticas uma vez que, na maioria dos casos, o paciente é introduzido na plataforma no momento da consulta pré-operatória, ficando o questionário disponível para preenchimento, em média, apenas 24 horas antes da realização do procedimento. A janela de tempo é uma limitação do estudo que faz com que as expirações sejam pontuais sem afetar a informação.

No terceiro dia pós-alta os cinco questionários enviados foram totalmente preenchidos, obtendo-se uma adesão de 100%. Este dado é particularmente relevante pois corresponde a uma etapa vital do acompanhamento clínico onde a identificação precoce de possíveis complicações é fundamental para assegurar a segurança e o bem-estar do paciente.

A análise do *dashboard*, conforme evidenciado na Figura 31, mostra uma taxa de adesão ao *follow-up* de pré-operatório completo e *follow-up* de três dias em 89% e 100%,

respetivamente. Este facto destaca a usabilidade da aplicação no envolvimento dos pacientes e a confiabilidade dos dados recolhidos, especialmente na fase inicial do pós-operatório.



Figura 31 - Adesão ao Acompanhamento do Dashboard da Aplicação

8.2 Qualidade e Conteúdo das Respostas

A avaliação das respostas fornecidas pelos pacientes possibilitou identificar que a aplicação tem a capacidade de recolher informações completas, organizadas e relevantes clinicamente, impactando diretamente o acompanhamento personalizado.

Em relação à adesão na toma de medicamentos (Figura 32), foi notada uma frequência alta na toma dos mesmos, sendo possível afirmar que a grande maioria dos pacientes respondeu “NÃO” às questões relacionadas tanto a lapsos de memória como a interrupções não supervisionadas no uso da medicação (Q1-Q4, Q6). Assim, é perceptível a percentagem de 80% na adesão do uso de medicamentos. Estes dados evidenciam a eficácia do sistema na supervisão desta variável crucial, permitindo a identificação consistente de padrões de adesão ao tratamento.

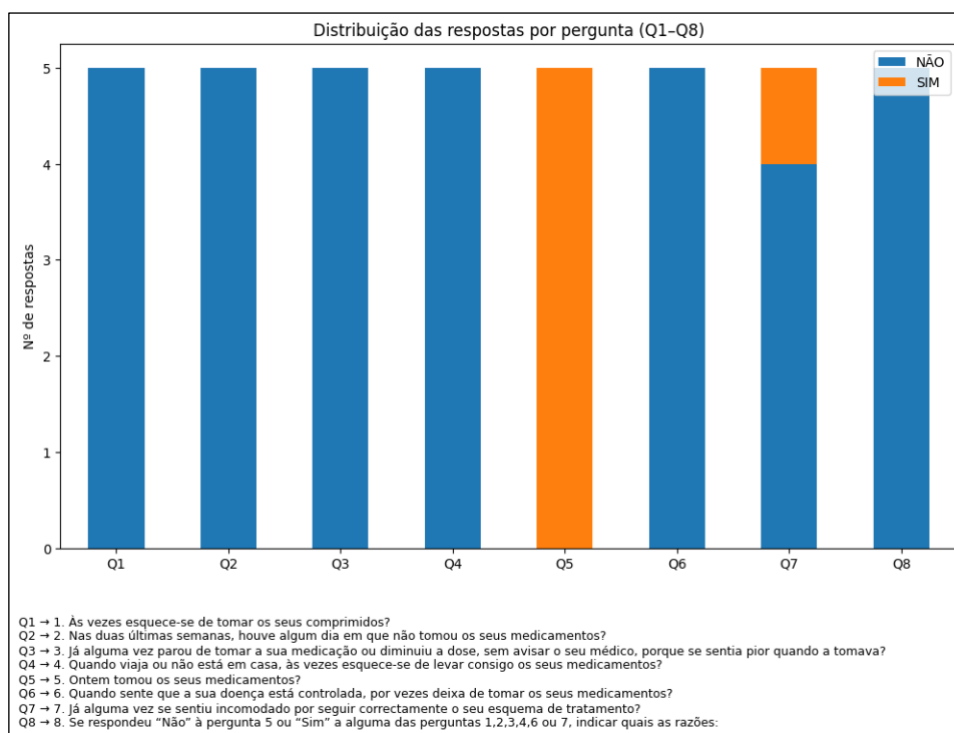


Figura 32 - Análise das questões relacionadas à toma de medicações

No que diz respeito à observação de indicadores vitais, observou-se que a medição da pressão arterial [Figura 33 a)], da frequência cardíaca [Figura 33 b)] e da temperatura corporal [Figura 33 c)] acontece com regularidade, com 80% dos pacientes que afirmam a sua medição frequente, equivalente ou superior a três vezes por semana. Por outro lado, a verificação dos níveis glicémicos foi realizada com menos frequência [Figura 33 d)], havendo apenas 40% dos pacientes a medir frequentemente ou mais de três vezes por semana, uma realidade que os próprios pacientes atribuem à falta de orientação médica, além da percepção de que não houve variações significativas que justificassem a sua medição.

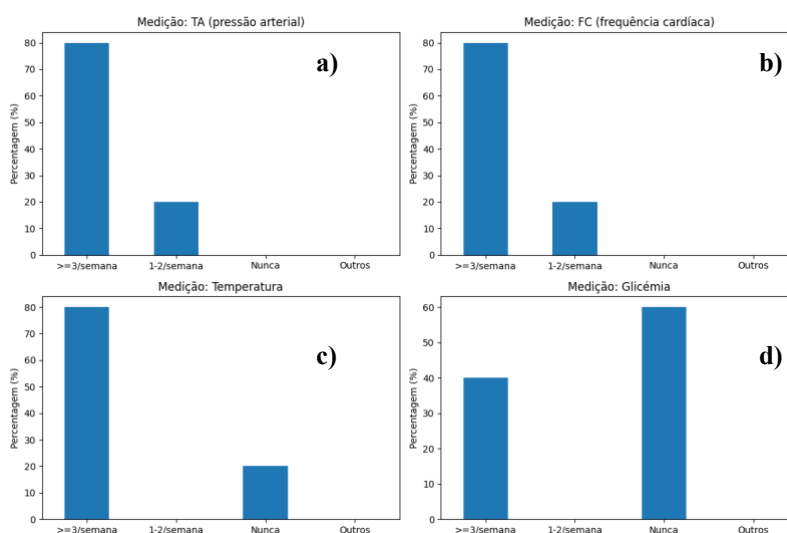


Figura 33 - Análise dos indicadores vitais dos pacientes [medição da pressão arterial a), medição da frequência cardíaca b), medição da temperatura corporal c) e medição dos níveis de glicémia d)]

Referente à condição física e à dor foram observadas reações que demonstram a ocorrência de dor torácica em 60% dos casos durante o período pós-operatório, referenciadas no gráfico de barras da Figura 34, frequentemente associadas à menção de estratégias apropriadas para o alívio, como o uso de analgésicos para a mesma em dois terços das ocorrências, explicito no gráfico circular da Figura 34. Estas informações ressaltam a importância da aplicação no reconhecimento precoce de indícios de complicações e no registo das ações que os pacientes implementaram para aliviar o desconforto.

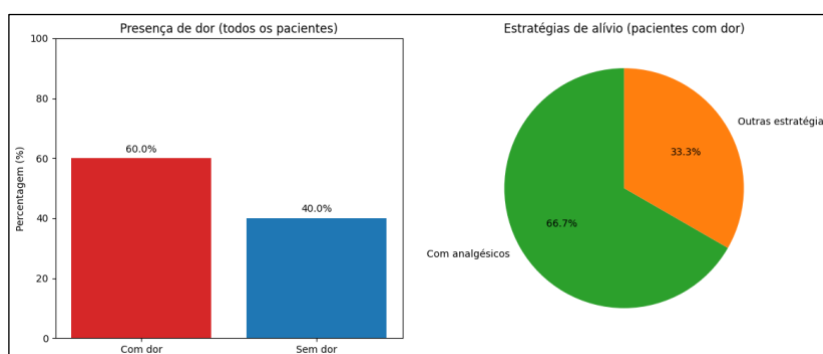


Figura 34 - Análise de dor dos pacientes

Relativamente ao aspeto psicossocial e utilizando a análise do gráfico da Figura 35, alguns pacientes mencionaram que vivem sozinhos (20%) ou têm suporte familiar limitado (40%), sendo estas informações anotadas pelo sistema. Estes dados são especialmente relevantes para a equipa clínica, pois permitem identificar casos de maior vulnerabilidade e facilitar o planeamento de intervenções de suporte adaptadas às necessidades dos pacientes.

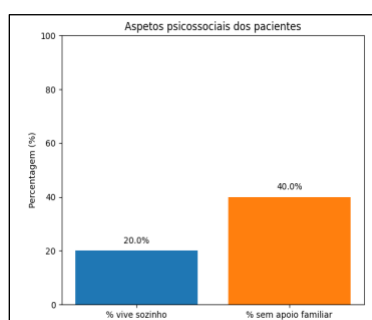


Figura 35 - Análise dos aspetos psicossociais dos pacientes

Por fim, analisando os estilos de vida adotados pelos pacientes e tendo por base os gráficos da Figura 36, é possível concluir que a maioria dos pacientes adota hábitos saudáveis, nomeadamente na adequada ingestão de água [Figura 36 c)], com cerca de 50% dos pacientes

a fazê-lo regularmente; no consumo frequente de fruta [Figura 36 a)] e legumes [Figura 36 b)], com uma percentagem de 80% e 50% dos pacientes, respetivamente; na diminuição do uso de sal na confeção das refeições [Figura 36 d)], equivalente a cerca de 55%; e na escolha de uma alimentação diversificada [Figura 36 e)], que representa 75% dos pacientes. Estes dados revelam um nível de consciencialização de uma dieta equilibrada positiva, mas pode funcionar também como reforço para a manutenção destes comportamentos, quando não adotados.

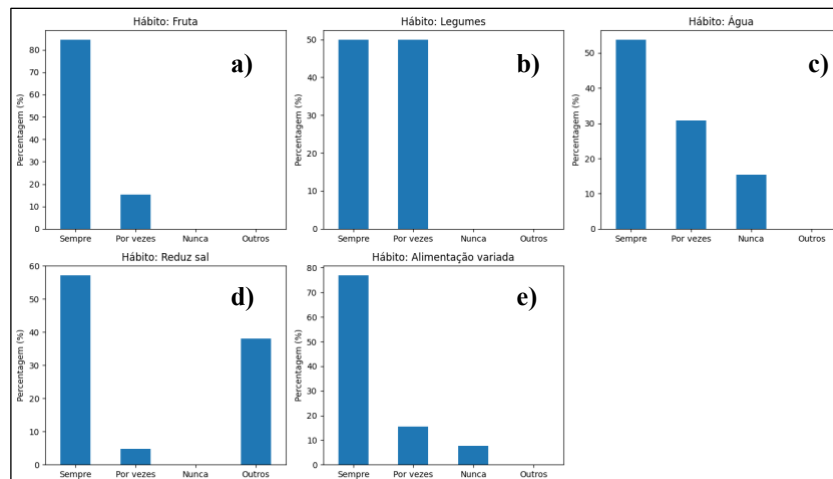


Figura 36 - Análise do estilo de vida adotado pelos pacientes [consumo de fruta a), consumo de legumes b), ingestão adequada de água c), redução do uso de sal nas refeições d) e alimentação variada e)]

Conclusões e Trabalho Futuro

9.1 Conclusões

O objetivo principal desta dissertação foi criar uma plataforma online destinada ao acompanhamento de pacientes com doenças crônicas, com ênfase na IC. A aplicação incorpora mecanismos automáticos para o envio de formulários clínicos e alertas, direcionados tanto para os pacientes quanto para os profissionais de saúde. A proposta visa superar as limitações observadas nas abordagens tradicionais de follow-up, que geralmente dependem de consultas presenciais e chamadas telefônicas, consideradas inadequadas para garantir uma recolha de informações clínicas que seja ao mesmo tempo rápida e precisa.

Através da revisão da literatura, constatou-se que as tecnologias digitais estão a ganhar cada vez mais importância na gestão de doenças crônicas. Estas ferramentas facilitam um maior comprometimento dos pacientes com os tratamentos, diminuindo as hospitalizações e melhorando a utilização dos recursos disponíveis. Nesse contexto, a aplicação criada a partir deste trabalho apresenta-se como uma solução inovadora e eficaz, integrando a recolha sistemática de informações clínicas a um sistema automático de alertas e lembretes, o que possibilita um acompanhamento mais próximo e proativo dos pacientes.

Os dados recolhidos durante a fase de validação demonstram níveis de adesão bastante elevados, com 94% de preenchimento dos questionários pré-operatórios e 100% no terceiro dia após a alta. Estes resultados evidenciam a efetividade da aplicação como uma ferramenta de suporte clínico e indicam que a automatização de lembretes é uma maneira eficaz de aumentar o envolvimento dos pacientes e melhorar a qualidade do acompanhamento.

Entre as contribuições mais relevantes da dissertação estão o desenvolvimento de um protótipo funcional completo, a implementação de um sistema automático de alertas, a criação de painéis analíticos que acompanham a adesão e criticidade, além do estabelecimento de uma arquitetura modular e escalável, planeada para evoluir e incorporar novas funcionalidades no futuro. No entanto, são reconhecidas algumas limitações, como o tamanho reduzido da amostra, a curta duração da observação e a falta de métricas clínicas robustas, como taxas de reinternamento ou mortalidade, aspetos que sugerem a necessidade de realizar pesquisas futuras em maior escala e com uma abordagem metodológica mais abrangente.

Em suma, esta investigação evidenciou que a implementação de soluções digitais no acompanhamento clínico se apresenta como uma resposta efetiva aos desafios impostos pelo aumento da incidência de doenças crônicas e pela pressão sobre os sistemas de saúde. A aplicação criada oferece uma contribuição real para a modernização dos serviços de saúde, em conformidade com as diretrizes nacionais e internacionais.

Desta forma, este estudo sublinha a viabilidade da solução sugerida e destaca o seu potencial de evolução e integração em ecossistemas mais abrangentes de saúde digital, auxiliando a futura sustentabilidade dos sistemas de saúde.

9.2 Trabalho Futuro

Embora o protótipo criado já inclua características indispensáveis, como a administração de pacientes, acompanhamento clínico, envio automático de formulários e painéis de controlo, a sua evolução pode ser aprimorada por diversas linhas de pesquisa e desenvolvimento futuro:

- **Validação Clínica Ampliada:** A primeira prioridade será fortalecer e ampliar os testes clínicos atualmente em vigor com os pacientes do Hospital de Santa Marta. A condução de estudos que permitam acompanhar os mesmos pacientes ao longo de todo o período de *follow-up* proporcionará uma avaliação mais completa do efeito da aplicação na adesão dos pacientes, na diminuição de internamentos e na otimização da eficiência dos serviços de saúde, tanto em gestão de recursos humanos (eliminando a sobrecarga atual dos enfermeiros) como em termos financeiros, assegurando a validade dos resultados e a sua aplicabilidade em diferentes contextos clínicos. Nesse sentido, a conexão com os sistemas hospitalares, em especial os EHR, será crucial para garantir que as informações obtidas através dos questionários sejam automaticamente integradas no histórico clínico do paciente, minimizando redundâncias e melhorando a gestão dos dados dentro do ambiente hospitalar.
- **Integração com *dashboards* mais avançados:** Uma outra abordagem significativa envolve a melhoria da camada analítica da aplicação. Embora já existam *dashboards* básicos, há potencial para a criação de relatórios complexos e módulos analíticos preditivos, utilizando técnicas de inteligência artificial e *machine learning*. Estes algoritmos poderão detetar padrões de risco de maneira antecipada

e prever eventos clínicos, possibilitando intervenções preventivas mais eficazes por parte dos profissionais de saúde.

- Otimização da experiência do utilizador: É fundamental melhorar a experiência do utilizador e a usabilidade. É necessário incluir, em pesquisas futuras, avaliações sistemáticas com pacientes e profissionais, para que a interface possa ser ajustada conforme as exigências de diversos perfis e graus de literacia digital. A adoção de abordagens personalizadas, notificações inteligentes e elementos de gamificação poderá aumentar a motivação dos utilizadores e garantir a adesão contínua ao longo do tempo.
- Escalabilidade regulatória: No plano de escalabilidade, a conexão com equipamentos médicos e sensores de remoto, como *wearables* e aparelhos Bluetooth, é fundamental. Esta conexão direta com dados fisiológicos em tempo real proporcionaria um avanço significativo no acompanhamento clínico e melhoraria a precisão das métricas recolhidas.

Desta forma, os projetos futuros devem focar-se na ampliação dos ensaios clínicos, no melhoramento analítico, na otimização da experiência dos utilizadores e na integração com novas tecnologias. Estes avanços são essenciais para transformar o atual protótipo numa solução robusta, escalável e capaz de causar um impacto positivo na qualidade de vida dos pacientes e na eficácia dos serviços de saúde.

Referências

- [1] M. Askari, N. S. Klaver, T. J. van Gestel, and J. van de Klundert, “Intention to use medical apps among older adults in the netherlands: Cross-sectional study,” *J Med Internet Res*, vol. 22, no. 9, Sep. 2020, doi: 10.2196/18080.
- [2] Fundação Calouste Gulbenkian, “Literacia em Saúde em Portugal: Relatório Final,” 2016, *Lisboa*. Accessed: Sep. 14, 2025. [Online]. Available: <https://gulbenkian.pt/publication/literacia-em-saude-em-portugal/>
- [3] F. Pennucci, S. De Rosis, and C. Passino, “Piloting a web-based systematic collection and reporting of patient-reported outcome measures and patient-reported experience measures in chronic heart failure,” *BMJ Open*, vol. 10, no. 10, Oct. 2020, doi: 10.1136/bmjopen-2020-037754.
- [4] J. Xia, N. K. Brownell, G. C. Fonarow, and B. Ziaieian, “New models for heart failure care delivery,” Jan. 01, 2024, *W.B. Saunders*. doi: 10.1016/j.pcad.2024.01.009.
- [5] K. Bouabida *et al.*, “Healthcare Professional Perspectives on the Use of Remote Patient-Monitoring Platforms during the COVID-19 Pandemic: A Cross-Sectional Study,” *J Pers Med*, vol. 12, no. 4, Apr. 2022, doi: 10.3390/jpm12040529.
- [6] J. Tromp *et al.*, “World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology,” *Glob Heart*, vol. 17, no. 1, 2022, doi: 10.5334/GH.1141.
- [7] K. C. S. Lee, B. Breznen, A. Ukhova, S. S. Martin, and F. Koehler, “Virtual healthcare solutions in heart failure: a literature review,” 2023, *Frontiers Media SA*. doi: 10.3389/fcvm.2023.1231000.
- [8] M. H. Lin, W. L. Yuan, T. C. Huang, H. F. Zhang, J. T. Mai, and J. F. Wang, “Clinical effectiveness of telemedicine for chronic heart failure: A systematic review and meta-analysis,” Jun. 01, 2017, *BMJ Publishing Group*. doi: 10.1136/jim-2016-000199.
- [9] A. M. Williams, U. F. Bhatti, H. B. Alam, and V. C. Nikolian, “The role of telemedicine in postoperative care,” *Mhealth*, vol. 4, pp. 11–11, May 2018, doi: 10.21037/mhealth.2018.04.03.
- [10] A. Benis, O. Tamburis, C. Chronaki, and A. Moen, “One digital health: A unified framework for future health ecosystems,” Feb. 01, 2021, *JMIR Publications Inc*. doi: 10.2196/22189.
- [11] D. Aranki, G. Kurillo, P. Yan, D. M. Liebovitz, and R. Bajcsy, “Real-Time Tele-Monitoring of Patients with Chronic Heart-Failure Using a Smartphone: Lessons

- Learned,” *IEEE Trans Affect Comput*, vol. 7, no. 3, pp. 206–219, Jul. 2016, doi: 10.1109/TAFFC.2016.2554118.
- [12] C. Park *et al.*, “Impact on Readmission Reduction Among Heart Failure Patients Using Digital Health Monitoring: Feasibility and Adoptability Study (Preprint),” Jan. 31, 2019, doi: 10.2196/preprints.13353.
- [13] K. A. Wu *et al.*, “Digital Health for Patients Undergoing Cardiac Surgery: A Systematic Review,” Sep. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/healthcare11172411.
- [14] E. Marier-Tétrault *et al.*, “Remote Patient Monitoring and Digital Therapeutics Enhancing the Continuum of Care in Heart Failure: Nonrandomized Pilot Study,” *JMIR Form Res*, vol. 8, 2024, doi: 10.2196/53444.
- [15] J. Higgins, J. Semple, L. Murnaghan, S. Sharpe, and J. Theodoropoulos, “Mobile Web-Based Follow-up for Postoperative ACL Reconstruction: A Single-Center Experience,” *Orthop J Sports Med*, vol. 5, no. 12, Nov. 2017, doi: 10.1177/2325967117745278.
- [16] C. Reamer *et al.*, “Continuous Remote Patient Monitoring in Patients With Heart Failure (Cascade Study): Protocol for a Mixed Methods Feasibility Study,” *JMIR Res Protoc*, vol. 11, no. 8, Aug. 2022, doi: 10.2196/36741.
- [17] K. Dahlberg, M. Jaensson, U. Nilsson, M. Eriksson, and S. Odencrants, “Holding it together—patients’ perspectives on postoperative recovery when using an e-assessed follow-up: Qualitative study,” *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 6, no. 5, May 2018, doi: 10.2196/10387.
- [18] M. van Loon-van Gaalen, M. C. van der Linden, J. Gussekloo, and R. C. van der Mast, “Telephone follow-up to reduce unplanned hospital returns for older emergency department patients: A randomized trial,” *J Am Geriatr Soc*, vol. 69, no. 11, pp. 3157–3166, Nov. 2021, doi: 10.1111/jgs.17336.
- [19] Z. Azizi, D. Adedinsewo, F. Rodriguez, J. Lewey, R. M. Merchant, and L. P. C. Brewer, “Leveraging Digital Health to Improve the Cardiovascular Health of Women,” Nov. 01, 2023, *Springer*. doi: 10.1007/s12170-023-00728-z.
- [20] O. L. Aiyegbusi, S. E. Hughes, J. D. Peipert, L. M. V. Schougaard, R. Wilson, and M. J. Calvert, “Reducing the pressures of outpatient care: the potential role of patient-reported outcomes,” Feb. 01, 2023, *SAGE Publications Ltd*. doi: 10.1177/01410768231152222.
- [21] E. Basch *et al.*, “Clinical Utility and User Perceptions of a Digital System for Electronic Patient-Reported Symptom Monitoring During Routine Cancer Care: Findings From the

- PRO-TECT Trial,” *JCO Clin Cancer Inform*, vol. 4, pp. 947–957, 2020, doi: 10.1200/CCI.20.
- [22] V. H. Buss, M. Varnfield, M. Harris, and M. Barr, “Mobile Health Use by Older Individuals at Risk of Cardiovascular Disease and Type 2 Diabetes Mellitus in an Australian Cohort: Cross-sectional Survey Study,” *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 10, no. 9, Sep. 2022, doi: 10.2196/37343.
- [23] S. E. Ross, L. A. Moore, M. A. Earnest, L. Wittevrongel, and C. T. Lin, “Providing a web-based online medical record with electronic communication capabilities to patients with congestive heart failure: Randomized trial,” *J Med Internet Res*, vol. 6, no. 2, 2004, doi: 10.2196/jmir.6.2.e12.
- [24] F. Efficace *et al.*, “Physicians’ Perceptions of Clinical Utility of a Digital Health Tool for Electronic Patient-Reported Outcome Monitoring in Real-Life Hematology Practice. Evidence From the GIMEMA-ALLIANCE Platform,” *Front Oncol*, vol. 12, Mar. 2022, doi: 10.3389/fonc.2022.826040.
- [25] Z. Zhu *et al.*, “Establishment of a new platform for the management of patients after cardiac surgery: Descriptive study,” Apr. 01, 2019, *JMIR Publications Inc.* doi: 10.2196/13123.
- [26] M. P. Dorsch, K. B. Farris, B. E. Rowell, S. L. Hummel, and T. M. Koelling, “The Effects of the ManageHF4Life Mobile App on Patients With Chronic Heart Failure: Randomized Controlled Trial (Preprint),” Dec. 01, 2020. doi: 10.2196/preprints.26185.
- [27] M. Jaensson, K. Dahlberg, M. Eriksson, Å. Grönlund, and U. Nilsson, “The Development of the Recovery Assessments by Phone Points (RAPP): A Mobile Phone App for Postoperative Recovery Monitoring and Assessment,” *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 3, no. 3, Sep. 2015, doi: 10.2196/mhealth.4649.
- [28] T. Baniyadi, M. Ghazisaeedi, M. Hassaniazad, S. R. Niakan Kalhori, M. Shahi, and M. Esmaeili, “Surgical patients follow-up by smartphone-based applications: A systematic literature review,” in *Studies in Health Technology and Informatics*, IOS Press BV, Jun. 2020, pp. 85–92. doi: 10.3233/SHTI200079.
- [29] Y. Bian, Y. Xiang, B. Tong, B. Feng, and X. Weng, “Artificial intelligence-assisted system in postoperative follow-up of orthopedic patients: Exploratory quantitative and qualitative study,” *J Med Internet Res*, vol. 22, no. 5, May 2020, doi: 10.2196/16896.
- [30] Lemieux H *et al.*, “First experience with a ready-to-use solution for remote monitoring of patients suffer-ing from heart failure,” 2020. [Online]. Available: https://academic.oup.com/eurjpc/article/28/Supplement_1/zwab061.434/6273851

- [31] A. Neumann *et al.*, “Patients’ expectations and experiences with the usage of a self-care application for heart failure: A qualitative interview study,” *Digit Health*, vol. 10, Jan. 2024, doi: 10.1177/20552076241299649.
- [32] A. Mebazaa *et al.*, “Safety, tolerability and efficacy of up-titration of guideline-directed medical therapies for acute heart failure (STRONG-HF): a multinational, open-label, randomised, trial,” *The Lancet*, vol. 400, no. 10367, pp. 1938–1952, Dec. 2022, doi: 10.1016/S0140-6736(22)02076-1.
- [33] G. Pare, C. Leaver, and C. Bourget, “Diffusion of the digital health self-tracking movement in Canada: Results of a national survey,” *J Med Internet Res*, vol. 20, no. 5, May 2018, doi: 10.2196/jmir.9388.
- [34] European Commission, “Digital Economy and Society Index (DESI) 2022 – Portugal,” 2022, *Brussels*. Accessed: Sep. 14, 2025. [Online]. Available: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- [35] Y. Zheng and Q. Yan, “Effect of application of short-form video health education on the health knowledge and satisfaction with nursing care of patients with lower extremity fractures,” *BMC Nurs*, vol. 22, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s12912-023-01530-3.
- [36] European Union, “Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de abril de 2016 relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados - RGPD),” 2016. Accessed: Sep. 14, 2025. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>
- [37] OWASP Foundation, “OWASP Top Ten Web Application Security Risks – 2021,” Online, Sep. 2021. Accessed: Sep. 14, 2025. [Online]. Available: <https://owasp.org/Top10>

Anexos

Anexo A – Documentação da API (Swagger UI)

A aplicação *backend* foi documentada através da ferramenta Swagger UI, disponível no link:

`http://localhost:5001/docs`

Este documento apresenta os principais *endpoints* da API REST, estruturados de acordo com os recursos disponíveis:

- (i) Auth: responsável pela autenticação dos utilizadores (inclui login e registo de credenciais);
- (ii) Patients: gestão de pacientes, abrangendo as suas criações, consultas, atualizações e arquivos;
- (iii) Follow-ups: administração dos acompanhamentos clínicos, que envolve a associação a médicos e o registo de datas de alta;
- (iv) Questionnaires: processos de envio, apresentação e validação de formulários de *follow-up*.

A interface Swagger proporciona a capacidade de realizar chamadas de teste, apresentando exemplos de requisições e respostas, facilitando assim a integração com outras aplicações e garantindo que a API esteja em conformidade.



Anexo B – Diretório Data *analysis*

O diretório Data *analysis* agrupa todos os ficheiros utilizados para o tratamento e análise dos dados associados ao *follow-up* dos pacientes. Assim, o diretório está organizado em:

- **analise_followups.ipynb**: Este *notebook* integra a análise dos dados introduzidos diretamente pelos pacientes na aplicação durante todos os momentos de *follow-up*.
- **eq5.ipynb**: Corresponde à análise dos questionários EQ-5D, aplicados no *follow-up* tradicional.
- **incidentes.ipynb**: integra a exploração dos incidentes clínicos reportados no *follow-up* tradicional.