

Identificação de arritmias via aplicação móvel

**Trabalho Final de curso**

1ª Entrega Intercalar

**Sebastião Coelho, 22202310, LIG**

**Orientador:** Prof. Iolanda Velho

**Coorientadores:** Prof. Lúcio Studer, Dr. Luís Rosário

**Entidade Externa:** Hospital de Santa Maria, FMUL, IST

Departamento de Engenharia Informática e Sistemas de Informação

Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa

1/12/2024

**Direitos de cópia**

Identificação de arritmias via aplicação móvel, Copyright de Sebastião Coelho, Universidade Lusófona.

A Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação (ECATI) e a Universidade Lusófona têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a 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.

Resumo

As doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no mundo. Em 2016 este tipo de doença representou 31% dos óbitos a nível global. “Mais de três quartos das mortes por doenças cardiovasculares ocorrem em países de baixa e média renda.” [[1]](#REF_1), destacando a disparidade no acesso a cuidados de saúde e a necessidade de soluções acessíveis para melhorar a prevenção e o tratamento destas condições.

Com a evolução da tecnologia o uso de um telemóvel foi facilitado a todos as classes sociais. Desta forma, os telemóveis que são tecnologias disponíveis a grande parte da população mundial, poderá ser utilizado como dispositivos médicos. O objetivo do trabalho é contribuir para a identificação precoce de arritmias através de um modelo de machine learning e integrar o mesmo numa aplicação móvel previamente desenvolvida capaz de fazer a leitura da frequência cardíaca através de uma técnica chamada Fotopletismografia, com o objetivo de prever eventos negativos.

Este projeto será desenvolvido no âmbito do Trabalho Final de Curso (TFC) da Licenciatura de Informática de Gestão (LIG), sob a orientação da Professora Iolanda Velho e coorientação do Professor Lúcio Studer, docentes do Departamento de Engenharia Informática e Sistemas de Informação (DEISI) da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia (ULHT). em parceria com o Professor Dr. Luís Rosário, médico cardiologista no Hospital de Santa Maria e docente na Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa (FMUL) e no Instituto Superior Técnico (IST).

**Palavras-chave:** Machine Learning; Arritmias; Monitorização Cardíaca; Fotopletismografia; Dispositivos Móveis; Saúde Digital

Abstract

Cardiovascular diseases are the leading cause of death worldwide. In 2016, these diseases accounted for 31% of global deaths. "More than three-quarters of deaths from cardiovascular diseases occur in low and middle class countries" [[1]](#REF_1), highlighting disparities in access to healthcare and the need for accessible solutions to improve prevention and treatment.

With technological advancements, mobile phones have become accessible across all social classes. As widely available technology, smartphones can be utilized as medical devices. This project aims to contribute to the early detection of arrhythmias by developing a machine learning model and integrating it into an existing mobile application capable of reading heart rate using a technique called photoplethysmography, with the goal of predicting negative events.

This project is part of the Final Course Project (TFC) for the Bachelor's degree in Management Informatics (LIG), under the supervision of Professor Iolanda Velho and co-supervision of Professor Lúcio Studer, faculty members of the Department of Computer Engineering and Information Systems (DEISI) at Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (ULHT). It is being developed in collaboration with Professor Dr. Luís Rosário, a cardiologist at Hospital de Santa Maria and faculty member at the Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa (FMUL) and Instituto Superior Técnico (IST).

**Keywords**: Machine Learning; Arrhythmias; Cardiac Monitoring; Photoplethysmography; Mobile Devices; Digital Health

Índice

[Resumo iii](#_Toc184161740)

[Abstract iv](#_Toc184161741)

[Índice v](#_Toc184161742)

[Lista de Figuras vii](#_Toc184161743)

[Lista de Siglas viii](#_Toc184161744)

[1 Introdução 1](#_Toc184161745)

[1.1 Enquadramento 1](#_Toc184161746)

[1.2 Motivação e Identificação do Problema 2](#_Toc184161747)

[1.3 Objetivos 3](#_Toc184161748)

[1.4 Estrutura do Documento 3](#_Toc184161749)

[2 Pertinência e Viabilidade 4](#_Toc184161750)

[2.1 Pertinência 4](#_Toc184161751)

[2.2 Viabilidade 4](#_Toc184161752)

[3 Conceitos Fundamentais 6](#_Toc184161753)

[3.1 Conceitos Teóricos 6](#_Toc184161754)

[3.1.1 Arritmias 6](#_Toc184161755)

[3.1.2 Eletrocardiograma 6](#_Toc184161756)

[3.1.3 Fibrilhação Auricular 6](#_Toc184161757)

[3.2 Modelos e Algoritmos Relevantes 7](#_Toc184161758)

[3.3 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas 7](#_Toc184161759)

[4 Estado da Arte 9](#_Toc184161760)

[4.1 Estado da Arte 9](#_Toc184161761)

[4.2 Proposta de inovação e mais-valias 10](#_Toc184161762)

[5 Solução Proposta 11](#_Toc184161763)

[5.1 Introdução 11](#_Toc184161764)

[5.2 Metodologia 11](#_Toc184161765)

[5.3 Descrição dos Dados 11](#_Toc184161766)

[5.4 Pré-processamento dos dados 12](#_Toc184161767)

[5.5 Análise Exploratória dos Dados 12](#_Toc184161768)

[5.6 Modelos e Algoritmos Escolhidos 12](#_Toc184161769)

[5.7 Abrangência 12](#_Toc184161770)

[Bibliografia 14](#_Toc184161771)

Lista de Figuras

[Figura 1 - Funcionamento ECG (fonte: [10]) 6](#_Toc184161939)

[Figura 2 - ECG normal e com FA (fonte: [11]) 7](#_Toc184161940)

[Figura 3 - Aviso app "Heartify" 9](#_Toc184161941)

[Figura 4 - Fluxo das fases do TFC 11](#_Toc184161942)

Lista de Siglas

OMS Organização Mundial da Saúde

TFC Trabalho Final de Curso

LIG Licenciatura de Informática de Gestão

DEISI Departamento de Engenharia Informática e Sistemas de Informação

ULHT Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia

FMUL Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa

IST Instituto Superior Técnico

PPG Photoplethysmography Inglês – Fotopletismografia em Português

AVC Acidente Vascular Cerebral

ODS Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

FA Fibrilhação Auricular

ECG Eletrocardiograma

SVM Support Vector Machines

# Introdução

As doenças cardiovasculares, como as arritmias, são uma das principais causas de morte a nível mundial, com um impacto significativo na qualidade de vida e na sobrecarga dos sistemas de saúde. Apesar da relevância do diagnóstico precoce, a maioria das ferramentas disponíveis requer infraestrutura hospitalar avançada, dificultando o acesso em contextos de classes sociais baixa e média. Essa realidade evidencia a necessidade de soluções acessíveis, capazes de oferecer monitorização contínua e deteção precoce de condições críticas como as arritmias. equipa multidisciplinar que inclui profissionais da área da saúde e engenharia.

Este trabalho dá continuidade a uma aplicação móvel previamente desenvolvida pelo Dr. Luís Rosário e seus alunos do IST [[2]](#REF_2) e [[3]](#REF_3). Esta aplicação utiliza uma técnica chamada fotopletismografia (PPG) para medir a frequência cardíaca através da câmara e da lanterna de dispositivos móveis, a aplicação já foi aceite pelo Infarmed, instituição reguladora de dispositivos de saúde, a aplicação com esta autorização é considerada um dispositivo médico.

A aplicação já demonstrou eficácia na medição de parâmetros fisiológicos básicos, mas ainda não possui funcionalidades para identificar padrões associados a arritmias. A proposta deste Trabalho Final de Curso (TFC) é continuar a trabalhar na aplicação existente, integrando um modelo de machine learning para a deteção de arritmias.

Complementando o trabalho realizado, espera-se tornar a aplicação móvel numa ferramenta acessível, capaz de realizar monitorização cardíaca em tempo real, com impacto direto na prevenção de complicações graves, como Acidente Vascular Cerebral (AVC) e insuficiência cardíaca. Além disso, a solução alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, promovendo saúde e bem-estar por meio de inovação tecnológica.

Este trabalho destaca-se não apenas pela sua relevância clínica, mas também pelo seu suporte científico. A aplicação base foi fundamentada em estudos publicados pelo Dr. Luís Rosário e equipa, e a integração do modelo de machine learning será desenvolvida com base em dados clínicos fornecidos pelo Hospital de Santa Maria, além de bases de dados públicas reconhecidas.

Esta parceria surgiu a partir de um convite da Professora Iolanda ao Dr. Luís, especialista em cardiologia e com vasta experiência na colaboração com estudantes, com o objetivo de unir os campos da tecnologia e da saúde.

## Enquadramento

As arritmias cardíacas são distúrbios que afetam a frequência ou o ritmo dos batimentos cardíacos [[4]](#REF_4). A frequência cardíaca refere-se ao número de batimentos por minuto, enquanto o ritmo cardíaco descreve o padrão e a regularidade com que os batimentos ocorrem. Distúrbios na frequência podem resultar em batimentos demasiado rápidos (taquicardia) ou demasiado lentos (bradicardia), enquanto alterações no ritmo podem causar irregularidades nos intervalos entre os batimentos, como na fibrilhação auricular (FA) [[5]](#REF_5). Estas condições podem comprometer a eficiência do coração em bombear sangue, afetando a oxigenação dos tecidos e órgãos vitais. A identificação precisa do tipo de arritmia é crucial para a implementação de tratamentos adequados e para a prevenção de complicações graves, como AVC e insuficiências cardíacas.

A FA é uma arritmia cardíaca caracterizada por uma atividade elétrica desorganizada nas cavidades superiores do coração, conhecidas como aurículas. Esta desorganização resulta em contrações auriculares ineficazes e irregulares, comprometendo o fluxo sanguíneo eficiente para os ventrículos. Consequentemente, há um aumento do risco de formação de coágulos sanguíneos, que podem levar a acidentes vasculares cerebrais (AVC) e outras complicações cardiovasculares [[6]](#REF_6).

A deteção precoce e precisa da FA é crucial para a implementação de tratamentos que previnam complicações graves. Os procedimentos mais comuns após diagnóstico são:

* Prevenção de eventos tromboembólicos, utilizando anticoagulantes orais para reduzir o risco de AVC.
* Controlo da frequência cardíaca, através de medicamentos que regulam a resposta dos ventrículos, mantendo a frequência cardíaca dentro dos valores normais.
* Controlo do ritmo cardíaco, com estratégias para restaurar e manter o ritmo normal do coração, incluindo cardioversão elétrica ou farmacológica e procedimentos de ablação, conforme o caso.

A monitorização contínua e precisa dos ritmos cardíacos é, portanto, fundamental para a deteção precoce e gestão eficaz da FA, melhorando significativamente os prognósticos dos pacientes.

## Motivação e Identificação do Problema

A escolha deste trabalho foi impulsionada pelo meu interesse pessoal em atuar na área da saúde, aliando competências tecnológicas para resolver problemas reais e relevantes.

A saúde é uma área de impacto direto na qualidade de vida das pessoas, e contribuir para a criação de soluções que possam melhorar diagnósticos e tratamentos sempre foi um dos principais pilares da minha trajetória académica. Este projeto oferece uma oportunidade única de trabalhar num tema que combina tecnologia inovadora com necessidades críticas do setor de saúde, proporcionando um desafio tanto técnico quanto social.

Além disso, o projeto destaca-se pelo seu caráter colaborativo e multidisciplinar. Trabalhar num contexto que envolve várias entidades e especialistas de diferentes áreas, como análise de dados, tecnologia e cardiologia, representa um cenário enriquecedor e motivador. A parceria com o Hospital de Santa Maria, o Instituto Superior Técnico não só eleva o nível técnico do projeto, como também reforça a sua relevância prática, algo que eu dei valor na escolha do TFC.

O meu TFC foi originalmente aceite com um outro tema também na área da saúde, análise de dados e tecnologia. No entanto, durante conversas com o Dr. Luís Rosário, que aceitou coorientar o trabalho a convite da Professora Iolanda Velho, surgiu a oportunidade de colaborar diretamente num projeto já em andamento. Este projeto destacou-se não apenas pela sua relevância clínica, mas também pelo seu caráter multidisciplinar, envolvendo profissionais de cardiologia, engenharia e análise de dados. A proposta de integrar um modelo de machine learning numa aplicação móvel para monitorização cardíaca apresentou-se como um desafio técnico e um possível contributo para a saúde pública.

## Objetivos

Desenvolver um modelo de machine learning capaz de identificar casos de FA, com um elevado nível de precisão, garantindo a sua viabilidade no contexto médico. Posteriormente, integrar este modelo numa aplicação móvel existente, assegurando a sua funcionalidade e usabilidade.

Fase 1: Criação do Modelo de Machine Learning

* Pesquisa sobre FA
	+ Compreender as suas causas, características e sinais associados
	+ Estudar os métodos tradicionais de diagnóstico
	+ Consultar literatura científica, para fundamentar o desenvolvimento do modelo.
* Tratamento dos Dados:
	+ Processar os dados do Hospital e de repositórios online de dados médicos
	+ Limpar, normalizar e estruturar os dados
* Desenvolvimento do Modelo:
	+ Criar um modelo capaz de prever a presença de arritmias com elevada precisão
	+ Testar e ajustar o modelo

Fase 2: Implementação e Integração na Aplicação Móvel

* Integração na Aplicação:
	+ Incorporar o modelo na aplicação já existente
	+ Implementar a funcionalidade de deteção de FA em tempo real
* Testes de Usabilidade e Validação Clínica:
	+ Realizar testes com utilizadores finais, como profissionais de saúde e pacientes
	+ Validar os resultados da aplicação em cenários reais, comparando-os com diagnósticos feitos por profissionais de saúde

## Estrutura do Documento

A estrutura do documento é a seguinte:

* **Secção 1:** Introdução ao tema do trabalho
* **Secção 2:** Discutem-se a pertinência e a viabilidade do trabalho, incluindo a relevância no contexto clínico e técnico.
* **Secção 3:** Apresentam-se os conceitos teóricos fundamentais e os algoritmos relevantes para o desenvolvimento da solução.
* **Secção 4:** Explora-se o estado da arte, analisando soluções existentes e destacando a proposta de inovação e as mais-valias do projeto.
* **Secção 5:** Detalha-se a solução proposta, incluindo as metodologias, a recolha e o pré-processamento de dados, e a análise exploratória dos mesmos.

# Pertinência e Viabilidade

## Pertinência

Este trabalho é relevante devido ao elevado número de FA’s que poderiam ser diagnosticadas, reduzindo o risco de complicações graves como casos de AVC e de insuficiência cardíaca. O projeto procura responder à necessidade de ferramentas acessíveis e eficientes para a deteção precoce destas condições, tornando possível utilizar tecnologias móveis não apenas para a medição da frequência cardíaca mas também para a identificação de problemas associados aos resultados obtidos.

A relevância do projeto é reforçada por validações feitas por especialistas, como o Dr. Luís Rosário.

A aplicação desenvolvida pelo Dr. Luís e a sua equipa foi objeto de dois artigos científicos publicados em revistas internacionais de alto impacto:

* "Benchmarking of Sensor Configurations and Measurement Sites for Out-of-the-Lab Photoplethysmography" (2024) [[2]](#REF_2)
* "Validation of an mHealth System for Monitoring Fundamental Physiological Parameters in the Clinical Setting" (2023) [[3]](#REF_3)

## Viabilidade

**Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**

O projeto está alinhado com os seguintes ODS:

* ODS 3 - Saúde e Bem-Estar: Contribui para melhorar o diagnóstico precoce de FA, prevenindo complicações graves e promovendo o bem-estar da população.
* ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: Promove a integração de tecnologias inovadoras, como machine learning e dispositivos móveis, no campo da saúde.

**Viabilidade Técnica**

A implementação técnica do projeto é viável devido à escolha de ferramentas consolidadas e amplamente utilizadas, como Python e bibliotecas de machine learning (pandas, sklearn, numpy). Estas ferramentas permitem um desenvolvimento eficiente e flexível, adequando-se ao processamento dos dados e ao desenvolvimento do modelo de machine learning.

Quanto aos dados necessários para treinar e validar o modelo, para além dos dados que vão ser fornecidos pelo Hospital de Santa Maria, existem dados disponíveis em várias bases de dados online confiáveis, como:

* CDC WONDER (wonder.cdc.gov)
* UK Biobank (ukbiobank.ac.uk)
* MIMIC Database (mimic.mit.edu)
* PhysioNet CharisDB (physionet.org)

Estas fontes contêm dados clínicos de alta qualidade, essenciais para o desenvolvimento e validação de um modelo robusto.

A aplicação móvel, já existente e lançada ao público, oferece uma base sólida para a integração do modelo proposto, eliminando a necessidade de desenvolver uma infraestrutura nova.

**Viabilidade Económica**

O projeto é viável de um ponto de vista económico, uma vez que:

* Não envolve custos adicionais significativos, como licenças de software ou alojamento de dados, visto que a aplicação já foi lançada e está disponível para o público.
* O Infarmed já autorizou a criação de dispositivos médicos relacionados, garantindo que o projeto está em conformidade com os regulamentos legais e éticos para soluções de saúde.

Assim, o projeto demonstra ser financeiramente sustentável e poderá ser continuado sem a necessidade de financiamento externo.

**Viabilidade Social**

A viabilidade social deste projeto está no impacto positivo para pacientes com problemas cardíacos, especialmente aqueles com dificuldades de acesso a dispositivos médicos e a um diagnóstico precoce. A solução proposta uma ferramenta acessível e prática, permitindo monitorização cardíaca inclusiva e contínua.

# Conceitos Fundamentais

## Conceitos Teóricos

### Arritmias

As arritmias, afetam o ritmo e a frequência dos batimentos cardíacos, comprometendo a eficiência do bombeamento de sangue feita pelo coração.

### Eletrocardiograma

O eletrocardiograma (ECG) é um exame que regista o ritmo e a atividade elétrica do coração. [[9]](#REF_9) O traçado do ECG é composto por ondas que refletem diferentes fases do ciclo cardíaco: [[10]](#REF_10)

Figura 1 - Funcionamento ECG (fonte: [[10]](#REF_10))

* **Onda P:** Registo da atividade elétrica nas câmaras superiores do coração (aurículas).
* **Complexo QRS:** Registo do movimento dos impulsos elétricos através das câmaras inferiores do coração (ventrículos).
* **Segmento ST:**
	+ Representa o momento em que o ventrículo está a contrair-se, mas sem fluxo de eletricidade.
	+ Geralmente aparece como uma linha reta e nivelada entre o complexo QRS e a onda T.
* **Onda T:** Mostra quando as câmaras inferiores do coração (ventrículos) estão a reajustar-se eletricamente e a preparar-se para a próxima contração muscular.

### Fibrilhação Auricular

Nas arritmias com Fibrilhação Auricular (FA), as ondas P consistentes são substituídas por ondas de fibrilhação, que variam em amplitude, forma e “timing”. [[11]](#REF_11)



Figura 2 - ECG normal e com FA (fonte: [[11]](#REF_11))

## Modelos e Algoritmos Relevantes

Para o desenvolvimento deste trabalho, serão considerados e comparados diferentes modelos e algoritmos a escolha dos algoritmos baseia-se na sua adequação à natureza dos dados e ao problema a ser resolvido.

Os algoritmos propostos para este trabalho incluem SVM, Random Forest, Gradient Boosting, Regressão Logística e Time Series Transformers, cada um com características distintas e aplicações específicas na classificação e análise de dados.

* **Support Vector Machines (SVM):** O SVM é eficaz na identificação de padrões complexos em dados de alta dimensionalidade.
* **Random Forest:** Este algoritmo baseia-se na construção de múltiplas árvores de decisão, combinando os seus resultados para melhorar a precisão da classificação. É robusto contra overfitting e eficaz na identificação de variáveis importantes.
* **Gradient Boosting (e.g., XGBoost, LightGBM):** O Gradient Boosting cria modelos de previsão fortes ao combinar sequencialmente modelos fracos, como árvores de decisão, onde cada novo modelo corrige os erros dos anteriores.
* **Regressão Logística:** Modelo linear utilizado para problemas de classificação binária, que estima a probabilidade de uma amostra pertencer a uma classe com base numa combinação linear das características de entrada. Apesar da sua simplicidade, a regressão logística serve como uma linha de base confiável para comparação com algoritmos mais complexos.
* **Time Series Transformers:** Modelos baseados em Transformers têm demonstrado eficácia na análise de séries temporais, como sinais de ECG, devido à sua capacidade de capturar dependências de longo prazo nos dados.

## Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

**Pycharm e Android Studio(IDE)**

Ambos serão utilizados como ambientes de desenvolvimento, devido à sua facilidade de uso e suporte avançado para programação em Python e Flutter respetivamente, incluindo ferramentas de debugging e gestão de bibliotecas.

**Python (Linguagem de Programação)**

Python foi escolhido pela sua simplicidade e eficiência, sendo amplamente utilizado para projetos de machine learning graças à grande quantidade de bibliotecas e recursos disponíveis.

**Bibliotecas Python**

* **Numpy:** Para cálculos matemáticos e manipulação de arrays.
* **Pandas:** Para análise e manipulação de dados estruturados.
* **Matplotlib:** Para criação de gráficos e visualizações dos dados.
* **Sklearn:** Para implementação de algoritmos de machine learning e pré-processamento.

**Flutter (Integração da Aplicação Móvel)**

Flutter será usado para integrar o modelo de machine learning na aplicação, devido à sua capacidade de criar aplicações móveis nativas para Android e iOS a partir de um único código.

**Firebase (Backend para a Aplicação Móvel)**

Firebase será utilizado como suporte de backend, fornecendo armazenamento de dados em tempo real e uma infraestrutura confiável para a integração da aplicação.

# Estado da Arte

## Estado da Arte

**Deteção de Arritmias com Fotopletismografia e Machine Learning**

Voisin et al. (2018) [[7]](#REF_7) desenvolveram um algoritmo capaz de identificar episódios de FA utilizando sinais de PPG obtidos por “Wearables” em condições ambulatórias. O modelo, baseado numa rede neural convolucional de 50 camadas, alcançou uma área sob a curva (AUC) de 95%, demonstrando robustez face a artefactos de movimento inerentes aos sinais PPG.

Whiting et al. (2018) [[8]](#REF_8) propuseram um método automático para reconhecer anomalias cardíacas em sinais PPG utilizando uma rede neural recorrente do tipo “Long Short-Term Memory”. Treinado com 400.000 amostras de PPG, o modelo identificou com sucesso anomalias que correspondem a casos de FA, sem necessidade de eletrocardiograma.

Os dois estudos demonstram a viabilidade de detetar irregularidades cardíacas através de dispositivos “Wearables” que utilizam PPG.

**Aplicações Móveis para Monitorização Cardíaca**

Atualmente, existem várias aplicações disponíveis para monitorizar a saúde cardíaca. Durante o estudo, foram testadas as seguintes opções:

* Cardiio - [Cardiio: Heart Rate Monitor on the App Store](https://apps.apple.com/us/app/cardiio-heart-rate-monitor/id542891434)
* Heartify - [Heartify: Heart Health Monitor on the App Store](https://apps.apple.com/us/app/heartify-heart-health-monitor/id1546156891)
* Instant Heart Rate: HR Monitor - [Instant Heart Rate: HR Monitor on the App Store](https://apps.apple.com/us/app/instant-heart-rate-hr-monitor/id409625068)

Embora sejam ferramentas úteis, todas as aplicações apresentaram barreiras de acesso, exigindo pagamento para desbloquear funcionalidades completas, o que pode limitar a sua utilização. Além disso, antes de realizar a primeira medição, todas exibiram um aviso semelhante ao seguinte:



Figura 3 - Aviso app "Heartify"

Muitas aplicações relacionadas à saúde incluem avisos indicando que não são dispositivos médicos e que as informações fornecidas têm fins exclusivamente educativos ou de orientação para hábitos de vida saudáveis. Esses avisos refletem a ausência de certificação regulatória necessária para dispositivos médicos e limitam a aplicação clínica direta dessas ferramentas. No entanto, o presente projeto diferencia-se ao já possuir autorização do Infarmed para a utilização da aplicação como um dispositivo médico validado. Esta certificação garante que o projeto cumpre os requisitos técnicos e regulamentares necessários para oferecer um serviço confiável na medição da frequência cardíaca e na sua utilização como ferramenta complementar no contexto clínico. Assim, a solução proposta transcende as limitações das aplicações convencionais, promovendo um impacto direto na prática médica e no diagnóstico preventivo.

## Proposta de inovação e mais-valias

A solução destaca-se pela acessibilidade, sustentabilidade e validação como dispositivo médico. Ao utilizar smartphones, torna-se uma ferramenta acessível a uma ampla população, eliminando a necessidade de outros “Wearables”.

O principal diferencial é a certificação pelo Infarmed, que assegura que a aplicação cumpre os protocolos necessários para ser considerada um dispositivo médico. Esta validação permite que os registos e análises gerados sejam aceites por médicos como parte do diagnóstico e acompanhamento clínico, algo inviável em aplicações não certificadas. Assim, a solução oferece acessibilidade, confiabilidade e impacto direto na prática médica.

# Solução Proposta

## Introdução

A solução a ser desenvolvida vai estar no seguinte repositório do Git:

<https://github.com/SebastiaoCoelh0/tfc-2024-2025>

Ainda não foi feito o vídeo demonstrativo da solução.

## Metodologia

A metodologia pode ser dividida nas duas fases do trabalho:

* Fase 1: Criação do Modelo de Machine Learning
* Fase 2: Implementação e Integração na Aplicação Móvel

Figura 4 - Fluxo das fases do TFC

## Descrição dos Dados

A recolha de dados é uma etapa essencial para o desenvolvimento do modelo e foi realizada com base em fontes confiáveis, abrangendo dados clínicos reais de um Hospital Português e informações publicamente disponíveis em repositórios especializados.

**Hospital de Santa Maria**

* **Descrição:** Conjunto de dados clínicos fornecidos pelo Hospital de Santa Maria, com informações detalhadas sobre o perfil e o histórico dos pacientes.
* **Formato:** Os dados provavelmente vão ser enviados pelo hospital num ficheiro CSV.
* **Conteúdo:** Dados anonimizados que garantem conformidade com as regulamentações e éticas e de privacidade.

**Bases de Dados Online**

As bases de dados que vão ser utilizadas neste trabalho são amplamente reconhecidas e fornecem informações valiosas para o desenvolvimento de soluções na área da saúde.

A combinação destas fontes garante a criação de soluções robustas e aplicáveis em cenários reais.

## Pré-processamento dos dados

O pré-processamento dos dados é uma etapa crítica para garantir a qualidade e a consistência dos dados utilizados no desenvolvimento do modelo de machine learning.

Dada a natureza sensível dos dados na área da saúde, é fundamental adotar medidas cautelosas durante a limpeza, remoção de valores em falta e normalização, assegurando que o significado clínico dos dados seja preservado.

## Análise Exploratória dos Dados

Após o pré-processamento, a análise exploratória dos dados será realizada para identificar padrões, relações e características importantes nos dados que possam contribuir para o desenvolvimento do modelo de machine learning.

## Modelos e Algoritmos Escolhidos

Os modelos escolhidos foram os mencionados no capitulo: 3.2 Modelos e Algoritmos Relevantes.

## Abrangência

A solução proposta integra conhecimentos adquiridos em diversas unidades curriculares do curso.

Abaixo estão descritas as principais disciplinas e como os conceitos aprendidos serão utilizados:

* **Data Mining:** Aplicação de técnicas de tratamento de dados, análise exploratória e desenvolvimento do modelo de machine learning.
* **Sistemas Móveis Empresariais:** Integração do modelo de machine learning com a aplicação móvel existente, garantindo as funcionalidade e uma boa usabilidade nos dispositivos móveis.
* **Base de Dados:** Criação e gestão das relações entre tabelas e estruturação dos dados clínicos para facilitar a análise e utilização eficiente pelo modelo.
* **Algoritmia e Estrutura de Dados:** Análise da complexidade computacional das tarefas envolvidas e implementação de soluções eficientes para processamento de dados e execução do modelo.

# Bibliografia

[1] World Health Organization: WHO. (2021, June 11). Cardiovascular diseases (CVDs). [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-%28cvds%29)

[2] Supelnic, M. N., Ferreira, A. F., Bota, P. J., Brás-Rosário, L., & Da Silva, H. P. (2023). Benchmarking of sensor configurations and measurement sites for Out-of-the-Lab Photoplethysmography. Sensors, 24(1), 214. <https://doi.org/10.3390/s24010214>

[3] Martins, F., Fragoso, E., Plácido da Silva, H., Dias, M. S., & Rosário, L. B. (2024). Validation of an mHealth System for Monitoring Fundamental Physiological Parameters in the Clinical Setting. Sensors, 24(16), 5164. <https://doi.org/10.3390/s24165164>

[4] What is an Arrhythmia? (2024, September 27). www.heart.org. <https://www.heart.org/en/health-topics/arrhythmia/about-arrhythmia>

[5] Desai, D. S., & Hajouli, S. (2023, June 5). *Arrhythmias*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558923/>

[6] Sociedade Portuguesa de Cardiologia. (2020). *Recomendações de bolso de 2020 da ESC: Fibrilhação auricular*. <https://spc.pt/profissional-de-saude/wp-content/uploads/2023/03/Pockets-Fibrilhacao-Auricular_compressed.pdf>

[7] Voisin, M., Shen, Y., Aliamiri, A., Avati, A., Hannun, A., & Ng, A. (2018, November 12). *Ambulatory Atrial Fibrillation Monitoring Using Wearable Photoplethysmography with Deep Learning*. arXiv.org. https://arxiv.org/abs/1811.07774#

[8] Whiting, S., Moreland, S., Costello, J., Colopy, G., & McCann, C. (2018, July 11). *Recognising Cardiac Abnormalities in Wearable Device Photoplethysmography (PPG) with Deep Learning*. arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/1807.04077>

[9] British Heart Foundation. (n.d.). *Electrocardiogram (ECG)*. <https://www.bhf.org.uk/informationsupport/heart-matters-magazine/medical/tests/electrocardiogram-ecg>

[10] *Electrocardiogram (EKG) components and intervals*. (n.d.). <https://myhealth.alberta.ca/Health/pages/conditions.aspx?hwid=zm2308>

[11] Atrial Fibrillation: Resources for Patients. (2020, August 27). *Understanding the EKG Signal - Atrial Fibrillation: Resources for patients*. <https://a-fib.com/treatments-for-atrial-fibrillation/diagnostic-tests-2/the-ekg-signal/>