



UNIVERSIDADE  
LUSÓFONA

# App4SHM

## Trabalho Final de curso

Relatório Final

Nome do aluno:  
Rodrigo Barata

Nome do orientador:  
Pedro Alves

Trabalho Final de Curso | LEI | 30/06/2023

[www.ulusofona.pt](http://www.ulusofona.pt)

## **Direitos de cópia**

App4SHM Copyright de Rodrigo Barata, ULHT.

A Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação (ECATI) e a Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (ULHT) 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

A forma como uma ponte vibra é como uma 'impressão digital' dessa ponte e estas são como as cordas de uma guitarra: não há duas cordas que toquem o mesmo som.

A App4SHM verifica simplesmente se uma ponte está "desafinada". Para isso, utiliza os acelerômetros instalados no telemóvel para medir as acelerações da ponte em condições normais de funcionamento. As frequências de vibração da ponte são extraídas da série temporal de aceleração e comparadas com as medidas de há algum tempo para ver se as alterações sugerem danos. As alterações transitórias provavelmente não são indicação de danos (talvez as medições tenham sido feitas numa hora de ponta e a massa do tráfego tenha influenciado a vibração da ponte), mas as alterações sofridas e significativas devem ser um sinal de alarme e motivar uma inspeção detalhada da ponte.

Originalmente desenvolvida em Kotlin para dispositivos com Android 10 ou superior, a App4SHM perde num mercado demasiado competitivo onde rapidamente uma aplicação, por mais inovadora que seja, pode ser substituída por uma cópia que oferece maior versatilidade e esteja disponível a um mercado mais abrangente. Por essa razão, o tópico mais importante no TFC [2] do ano letivo corrente será converter a aplicação para uma tecnologia capaz de ser executada nos dois principais sistemas operativos móveis (Android, iOS) a partir de uma base única de código. Das várias tecnologias multiplataforma disponíveis no mercado, optámos por usar o Flutter devido às vantagens e potencial desta framework no mercado atual.

Desde a última atualização, a App4SHM foi concluída na sua totalidade e está agora disponível nas lojas de aplicações para "internal testing". Esta versão finalizada da aplicação passou por um processo de testes intensivos, incluindo a realização de testes práticos em uma ponte real. Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação apresenta um comportamento semelhante ao da versão original.

## **Abstract**

The way a bridge vibrates is like a ‘fingerprint’ of that bridge. That being said, bridges are like the strings of a guitar: no two strings would play the same sound.

App4SHM simply checks if a bridge has gone ‘out of tune’. For that, it uses the accelerometers installed on the mobile phone to measure the accelerations of the bridge under normal operational conditions. The vibration frequencies of the bridge are extracted from the acceleration time series and compared with those measured some time ago to see if the changes suggest damage. Transient changes are probably not an indication of damage (perhaps the measurements were made at a rush hour and the mass of the traffic influenced the vibration of the bridge), but sustained and significant changes should be an alarm signal and motivate a detailed inspection of the bridge.

Originally developed in Kotlin for devices running Android 10 or higher, App4SHM loses out in an overly competitive market where quickly an application, no matter how innovative, can be replaced by a copy that offers greater versatility and is available to a wider market. For this reason, the most important topic in the current school year's TFC [2] will be to convert the application to a technology capable of running on both major mobile operating systems (Android, iOS) from a single code base. Of the various cross-platform technologies available on the market, we chose to use Flutter because of the advantages and potential of this framework in today's market.

# Índice

Resumo	2
Abstract	3
Lista de figuras	5
Lista de tabelas	6
1 - Identificação do Problema	7
Problema Original	7
Execução da aplicação em iOS	7
2 - Viabilidade e Pertinência	9
2.1 - Viabilidade	9
2.1.1 - Exemplo pelos quais a aplicação é necessária	9
2.1.2 - Custos	10
2.2 Pertinência	11
3 - Benchmarking	12
4 – Engenharia	13
4.1 – Levantamento e análise de requisitos	13
4.2 – Casos de Uso	14
4.3 – Diagrama de atividades	16
4.4 – Modelos relevantes	17
5 - Solução Desenvolvida	18
Introdução	18
Requisitos desenvolvidos	18
Arquitetura	19
Tecnologias e Ferramentas Utilizadas	20
Abrangência	20
Implementação	20
Performance	21
Produto atual	22
Dificuldades	27
6 - Método e Planeamento	29
Mapa de Gantt	29
Changelog	29
7 – Resultados	31
8 - Conclusão	34
Bibliografia	35

Anexos	37
Progresso de trabalho	37
Inquérito de Satisfação	38
Resultados e análise de testes	42
Glossário	45

## Lista de figuras

Figura 1 - Percentagens de utilização de Frameworks no mercado dos últimos 3 anos onde cada barra representa 2019, 2020 e 2021 respectivamente.....	8
Figura 2 - Escombros de ponte em Calcutá .....	9
Figura 3 - Escombros de ponte em Hunan .....	10
Figura 4 - Escombros de ponte em Peshawar .....	10
Figura 5 – Percentagem média de utilização de sistemas operativos móveis em Portugal entre 2014 e 2022 [statcounter-a] .....	11
Figura 6 – Percentagem média de utilização de sistemas operativos móveis mundialmente entre 2014 e 2022 [statcounter-b] .....	11
Figura 7 - Captura de ecrã da loja da Apple, na página de uma das aplicações de análise de vibração. ....	12
Figura 8: Diagrama de funcionamento da App4SHM .....	13
Figura 9: Diagrama de Casos de Uso da App4SHM.....	15
Figura 10: Diagrama de Casos de Atividades da App4SHM.....	16
Figura 11: Diagrama E-R da App4SHM.....	17
Figura 12: Diagrama de Arquitetura da App4SHM.....	19
Figura 13 - Compra de smartphones topo de gama pelo mundo [GSM] .....	21
Figura 14: Ecrã de login.....	22
Figura 15: Seleção de estruturas .....	23
Figura 16: Leitura de dados sensoriais.....	24
Figura 17: Seleção de frequências de interesse.....	25
Figura 18: Resultado do processo total .....	26
Figura 19: Implementação de gestos no gráfico .....	28
Figura 20 - Mapa de Gantt .....	29
Figura 21: Execução da aplicação em diferentes dispositivos .....	31
Figura 22: Teste da aplicação em contexto real .....	32
Figura 23: Aspectos mais negativos .....	32
Figura 24: Aspectos mais positivos .....	33
Figura 25: Contexto de testes.....	33
Figura 26: Opiniões de melhoria.....	33
Figura 27: Opiniões de adição .....	34
Figura 28: Mapa de Gantt .....	37

## **Lista de tabelas**

Tabela 1: Listagem de requisitos .....	14
Tabela 2: Requisitos desenvolvidos.....	18

# 1 - Identificação do Problema

## Problema Original

A plataforma App4SHM que foi desenvolvida no ano letivo 2021/2022 para permitir uma fácil monitorização de estruturas (nomeadamente pontes) sem a necessidade de ferramentas extra, reduzindo assim custos de operação.

Apesar dos acelerômetros e outros sensores dos dispositivos móveis não serem tão precisos como ferramentas profissionais da área, são mais baratos e quase toda a gente tem um telemóvel. O objetivo principal da App4SHM, não é substituir na integridade as ferramentas profissionais da área, mas sim oferecer uma forma mais rápida, especialmente durante catástrofes, quando estas ferramentas não se encontram disponíveis, a fim de monitorar a integridade de uma estrutura.

A integridade de uma estrutura pode ser definida como a habilidade de uma estrutura executar o seu propósito (se for uma ponte, permitir alguma forma de tráfego, se for um edifício residencial, permitir a sua ocupação) de uma forma segura e sem falhas, mantendo-se numa peça.

Assim, a integridade estrutural é um requisito básico de qualquer estrutura, e é o dever de qualquer engenheiro envolvido no ciclo de vida de qualquer estrutura assegurar que a mesma existe.

Terminando assim com uma aplicação corretamente finalizada, é de extrema importância elevar a fasquia previamente respeitada e expandir a app para alargar a sua utilização a um maior número de potenciais utilizadores. O objetivo desta aplicação é principalmente científico e não comercial (embora possa vir a ter aplicabilidade comercial).

## Execução da aplicação em iOS

De momento existe um mercado crescente de aplicações a adotar uma abordagem híbrida que permite a exportação de binários executáveis para cada sistema operativo móvel a partir de um só projeto com código Dart (no caso da framework Flutter). Atualmente o mercado móvel é dominado por dois grandes concorrentes: Android e iOS. No entanto, os projetos Flutter podem ser executados em ambos os sistemas como uma aplicação nativa. De momento, muitas aplicações móveis populares são híbridas, como por exemplo o Twitter, o Google, a Uber, etc, como se pode verificar na Tigen.

Segundo a Statista [Statista]o Flutter tem sido a Framework com maior crescimento no mercado das aplicações híbridas, tendo uma percentagem de mercado de cerca de 42% em 2021, como se pode observar na Figura 1 sendo o Google Ads a aplicação mais popular criada usando esta tecnologia, cita a Agira [Agira].



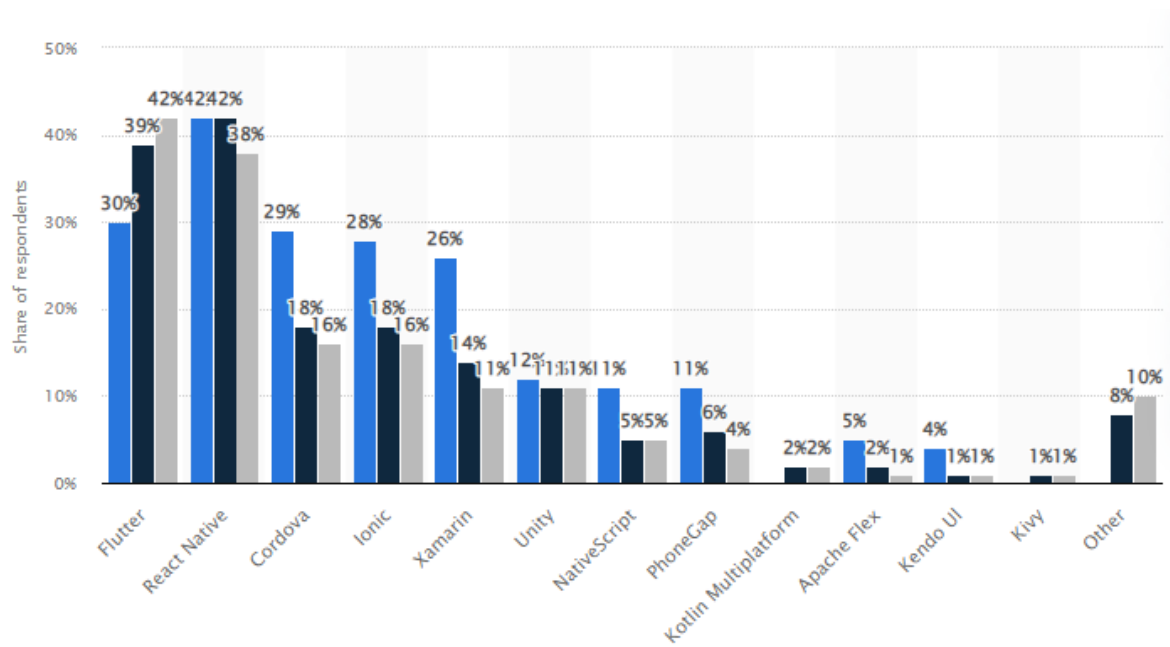


Figura 1 - Percentagens de utilização de Frameworks no mercado dos últimos 3 anos onde cada barra representa 2019, 2020 e 2021 respectivamente.

## 2 - Viabilidade e Pertinência

### 2.1 - Viabilidade

Desenvolvida no ano passado como uma aplicação nativa para Android, a App4SHM foi submetida a grandes avanços ao ponto de se tornar uma aplicação funcional e útil para o problema apresentado. Esta foi já utilizada em medições reais de pontes em Marabá no Brasil [CRG] e foi até apresentada ao país com cobertura nacional na [SN]. Este ano, o propósito será atualizar a tecnologia da aplicação App4SHM e torná-la disponível para utilizadores Android e iOS utilizando a framework Flutter.

#### 2.1.1 - Exemplo pelos quais a aplicação é necessária

A 31 de março de 2016, na Índia, a queda de uma ponte em Calcutá deixou pelo menos 26 mortos. Os serviços de resgate socorreram cerca de cem pessoas feridas entre os escombros e as vigas do desabamento [gauchazh].



*Figura 2 - Escombros de ponte em Calcutá*

A 13 de agosto de 2007, na China, 64 pessoas morreram e 22 ficaram feridas quando uma ponte caiu na província de Hunan (centro). A construção, de 328 metros de largo, teria acabado de ser terminada [gauchazh].



*Figura 3 - Escombros de ponte em Hunan*

A 5 de agosto, no Paquistão, a queda de uma ponte em Mardan, uma cidade situada a 50 km de Peshawar, no noroeste do país, golpeada pelas intensas chuvas das monções, deixou 40 mortos e várias pessoas desaparecida [gauchazh].



*Figura 4 - Escombros de ponte em Peshawar*

Muitas destas tragédias podem ser evitadas através de monitorização adequada. A App4SHM pode ter um papel importante nesta tarefa.

### 2.1.2 - Custos

As ferramentas que vamos utilizar para fazer este projeto serão todas gratuitas:

- (IDE) Xcode: [www.developer.apple.com/xcode](http://www.developer.apple.com/xcode)
- (IDE) Android Studio: [www.developer.android.com/studio](http://www.developer.android.com/studio)
- (IDE) PyCharm: [www.jetbrains.com/pycharm](http://www.jetbrains.com/pycharm)

A plataforma App4SHM (componente servidor) está instalada num servidor próprio da Universidade Lusófona, sendo os custos cobertos pela mesma.

## 2.2 Pertinência

De momento a App4SHM é exclusiva para dispositivos móveis Android uma vez que a mesma foi desenvolvida em Kotlin. Atualmente o mercado é dominado por dois grandes concorrentes: Android e iOS sendo em média 31% da população portuguesa com um dispositivo iOS e 27% da população mundial como indicado na Figura 5 e Figura 6 respetivamente.

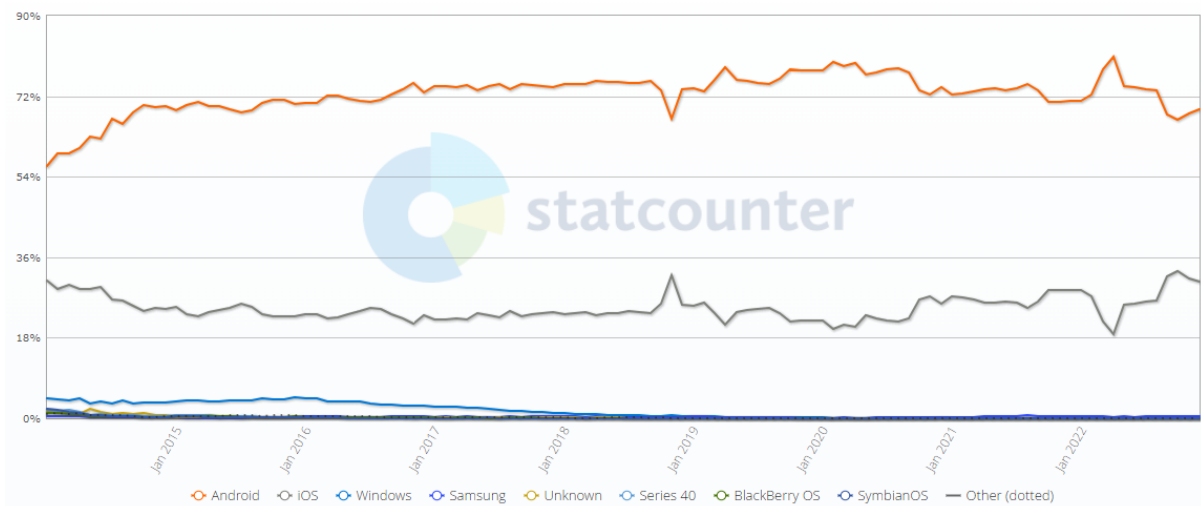


Figura 5 – Percentagem média de utilização de sistemas operativos móveis em Portugal entre 2014 e 2022 [statcounter-a]

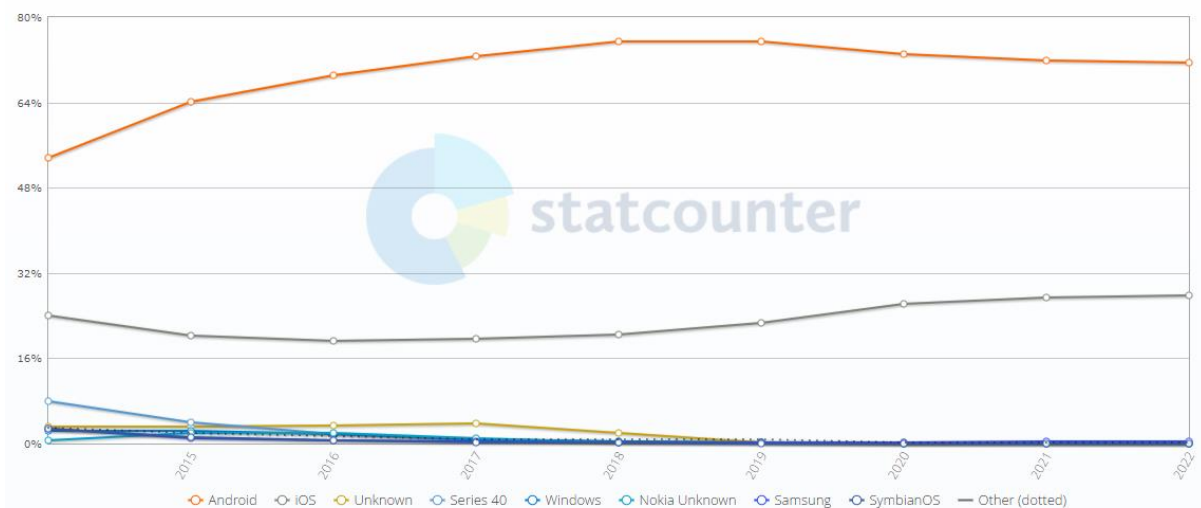


Figura 6 – Percentagem média de utilização de sistemas operativos móveis mundialmente entre 2014 e 2022 [statcounter-b]

Com estes dados podemos concluir que é muito importante expandir a App4SHM para o restante mercado móvel.

### 3 - Benchmarking

Da maneira como a App4SHM está desenvolvida, não existe nenhuma solução, comercial ou não, publicada nas respetivas lojas de aplicações móveis que tenha as mesmas funcionalidades. No entanto, existem algumas aplicações que fazem algumas das tarefas presentes na App4SHM.

Tais apps incluem analisadores de vibração (ver exemplo na Figura 7), de frequência, de aceleração, de amplitude de oscilação e de amplitude de aceleração.

#### Pré-visualização da App Store



**Vibroscope** 4+  
analisador de vibração  
TOON, LLC  
7,99 €

#### Capturas de ecrã do iPhone



Figura 7 - Captura de ecrã da loja da Apple, na página de uma das aplicações de análise de vibração.

Existe uma diferença principal destas apps para a App4SHM. A maior parte das apps disponíveis no mercado apenas fazem leituras dos sensores, limitando-se apenas a apresentar os resultados, sem qualquer informação acrescida.

A App4SHM utiliza algoritmos de Machine Learning para prever futuros comportamentos da estrutura e avisa o utilizador de uma possível falha estrutural iminente. Estes cálculos, devido à sua complexidade, não são realizados localmente, no dispositivo móvel, visto que tal é muito exigente a nível energético.



A App4SHM não pretende ser uma substituição de ferramentas próprias da Engenharia Civil para este propósito, visto que os acelerômetros dos smartphones ainda não são tão sensíveis e precisos.

## 4 – Engenharia

### 4.1 – Levantamento e análise de requisitos

Uma vez que a App4SHM é uma transformação de um projeto anterior, os requisitos já foram estabelecidos e testados. Serão utilizados os mesmos requisitos para garantir que a aplicação continue a funcionar de forma eficiente e eficaz. Abaixo, na Figura 8, está apresentado o diagrama de funcionamento da App4SHM:

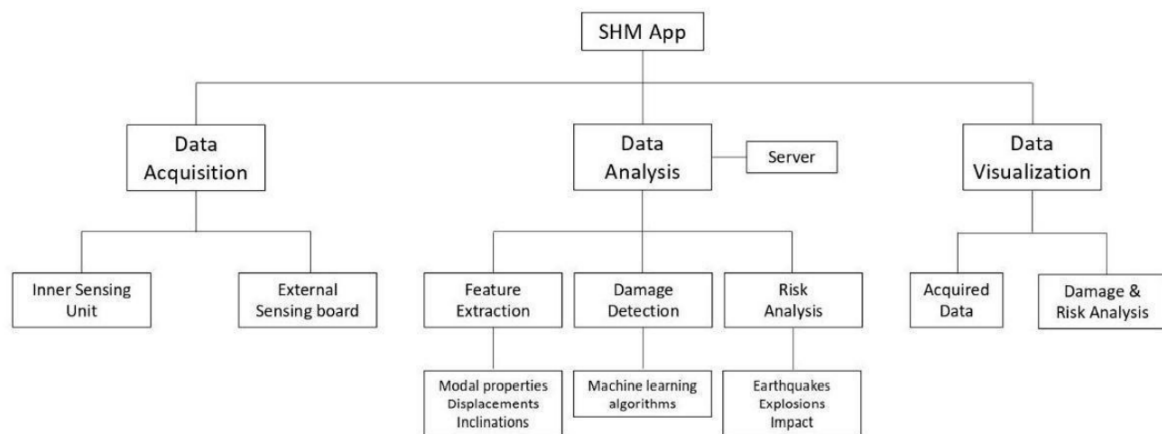


Figura 8: Diagrama de funcionamento da App4SHM

ID	Nome	Descrição	Importância	Tipo
R01	Iniciar sessão	O utilizador pode iniciar sessão através de credenciais de email e palavra-passe.	Must have	Funcional
R02	Entrar como convidado	O utilizador pode iniciar sessão sem o uso de credenciais.	Must have	Não funcional
R03	Selecionar estrutura	O utilizador pode seleccionar a estrutura a analisar a partir de uma caixa de seleção com informação do servidor.	Must have	Funcional
R04	Selecionar tipo de análise	O utilizador pode seleccionar entre treinamento ou detecção de danos antes de começar a análise.	Must have	Funcional

R05	Adquirir informação	O utilizador pode registar vibrações através dos sensores disponíveis no dispositivo.	Must have	Funcional
R06	Extrair características	O utilizador pode extrair características de interesse através de um gráfico para melhorar a deteção de danos.	Must have	Funcional
R07	Ver análise de deteção de danos	O utilizador pode verificar a resposta do servidor acerca da análise efetuada resultante dos requisitos R05 e R06.	Must have	Funcional
R08	Multiplataforma	A aplicação deve correr tanto em Android como em iOS.	Should have	Não funcional
R09	Visualizar estruturas	O utilizador pode visualizar as estruturas previamente criadas no backoffice.	Must have	Funcional
R10	Criar estruturas	O utilizador pode adicionar novas estruturas partir do backoffice.	Must have	Funcional
R11	Visualizar medições	O utilizador pode visualizar as medições feitas através do backoffice.	Must have	Funcional
R12	Exportar medições	O utilizador pode exportar as medições feitas através do backoffice.	Must have	Funcional
R13	Suporte de browser	O backoffice pode ser acedido através de um navegador de internet.	Must have	Não funcional

Tabela 1: Listagem de requisitos

## 4.2 – Casos de Uso

Como constatado previamente, recursos do projeto anterior serão aproveitados para esta atualização estrutural da aplicação, isso não coloca de parte os casos de uso uma vez que são válidos para esta iteração da aplicação tendo sido, ainda assim, revistos para esta nova implementação. O mesmo pode ser observado abaixo, na Figura 9:

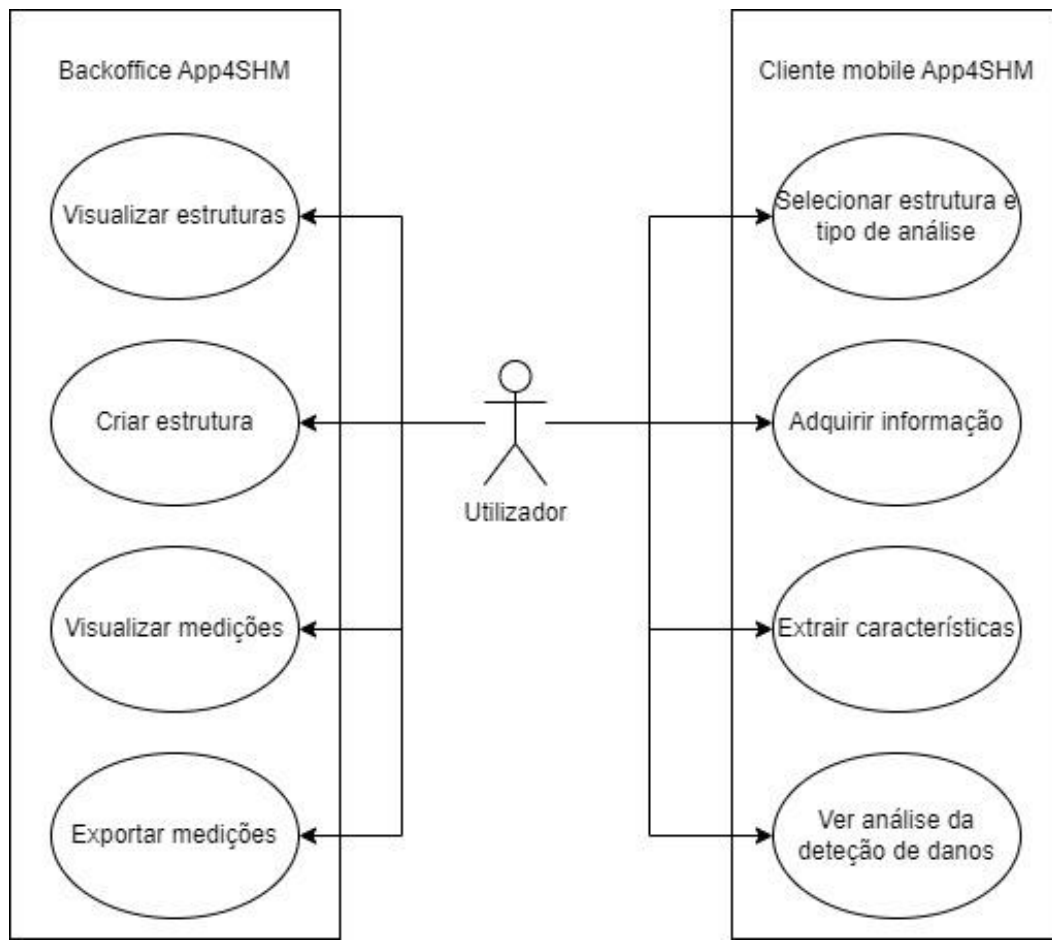


Figura 9: Diagrama de Casos de Uso da App4SHM

A App4SHM permite que os utilizadores realizem medições da integridade estrutural de pontes usando sensores dos dispositivos móveis. As opções incluem realizar medições individuais ou em grupo, criar e editar grupos, visualizar dados obtidos e ver os dados de análise de danos e riscos. Durante uma medição, os utilizadores colocam o dispositivo móvel na estrutura, preferencialmente no centro, para medir as oscilações naturais. As medições em grupo são sincronizadas e marcadas com uma marca temporal fiável. No final, os dados obtidos são visualizados através de acelerogramas e também passam por um processo de análise de danos e riscos com auxílio de inteligência artificial e machine learning.



### 4.3 – Diagrama de atividades

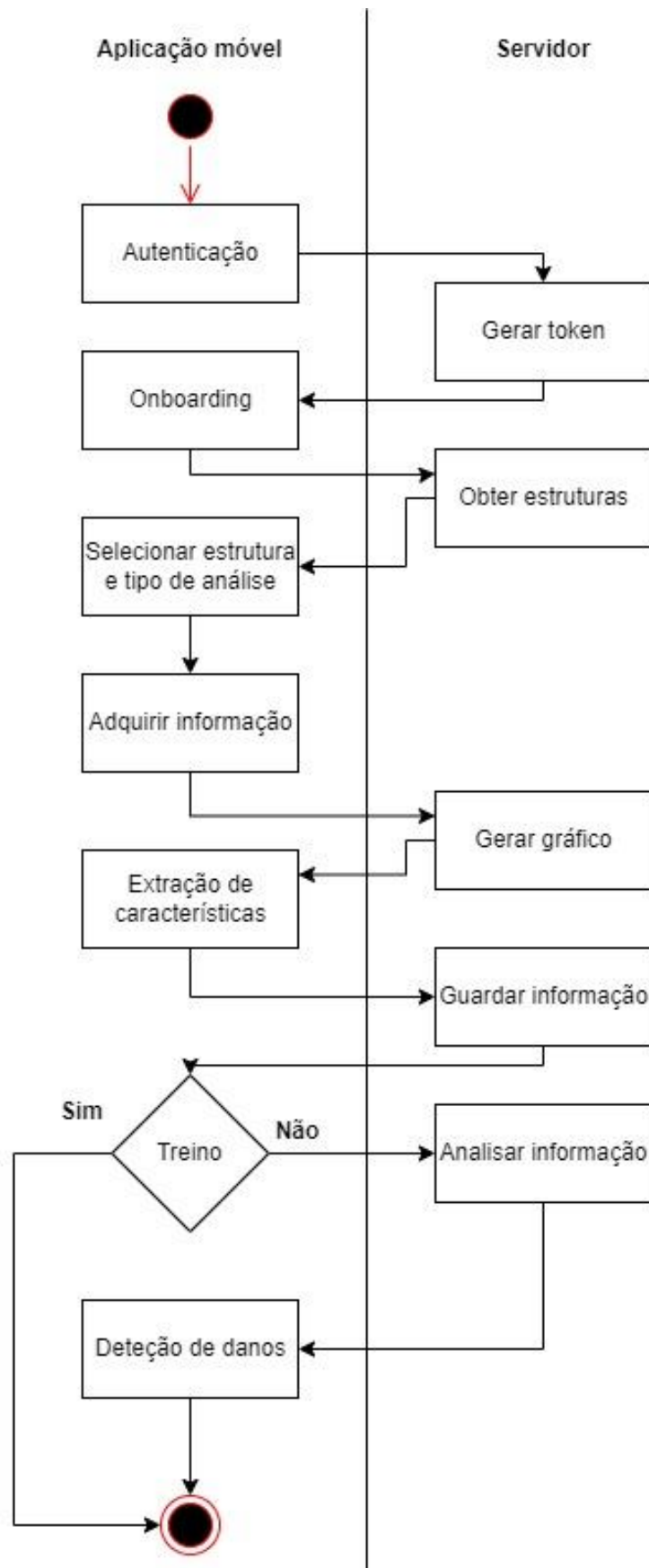


Figura 10: Diagrama de Casos de Atividades da App4SHM

## 4.4 – Modelos relevantes

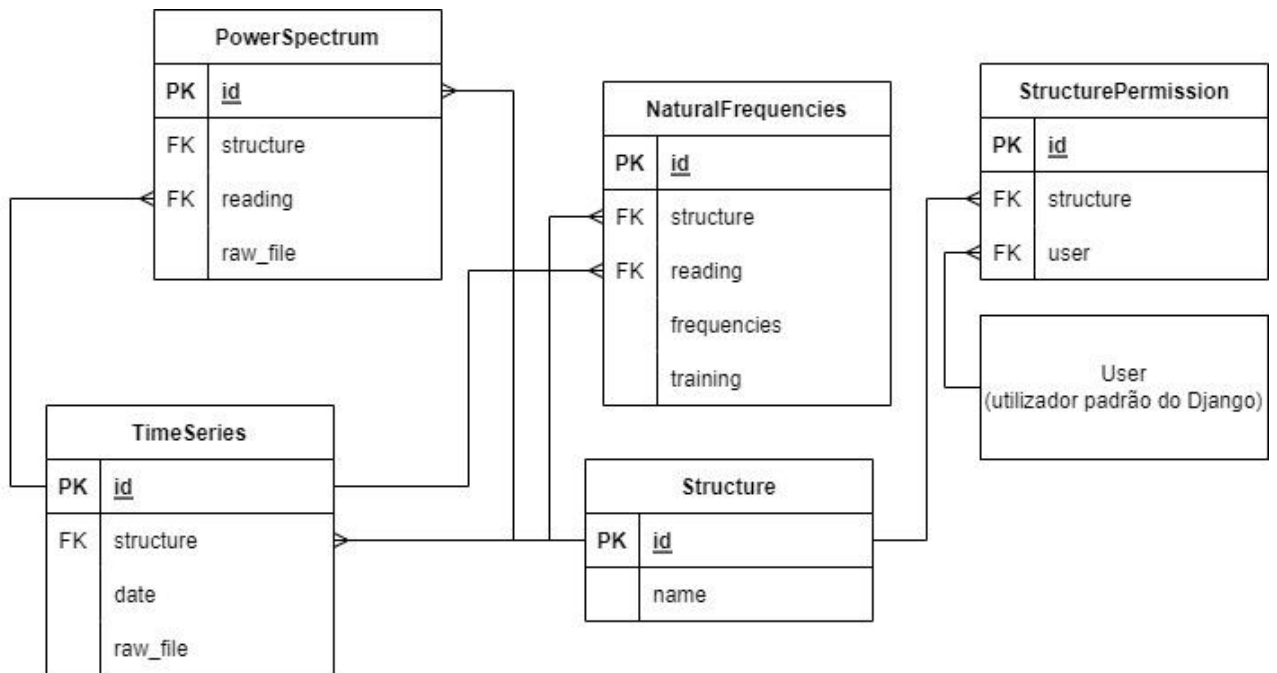


Figura 11: Diagrama E-R da App4SHM

## 5 - Solução Desenvolvida








### Introdução

A solução para o desenvolvimento da App4SHM é baseada na transformação de um projeto anterior, utilizando a framework híbrida Flutter. A solução inclui:

- Utilização dos sensores dos dispositivos móveis para coletar dados de integridade estrutural
- Uma interface intuitiva e fácil de usar para visualizar e interpretar os dados coletados
- Aplicação multi-plataforma (iOS e Android)
- Utilização de inteligência artificial e machine learning para análise de danos e riscos.
- Link para vídeo demonstrativo: <https://www.youtube.com/watch?v=l7dSopnTRJ0>
- Link para o repositório Git: <https://github.com/DEISI-ULHT-TFC-2022-23/TFC-DEISI291-App4SHM>

### Requisitos desenvolvidos

Tabela 2: Requisitos desenvolvidos

ID	Nome	Descrição	Importância	Tipo	Estado
R01	Iniciar sessão	O utilizador pode iniciar sessão através de credenciais de email e palavra-passe.	Must have	Funcional	
R02	Entrar como convidado	O utilizador pode iniciar sessão sem o uso de credenciais.	Must have	Não funcional	
R03	Selecionar estrutura	O utilizador pode selecionar a estrutura a analisar a partir de uma caixa de seleção com informação do servidor.	Must have	Funcional	
R04	Selecionar tipo de análise	O utilizador pode selecionar entre treinamento ou deteção de danos antes de começar a análise.	Must have	Funcional	
R05	Adquirir informação	O utilizador pode registar vibrações através dos sensores disponíveis no dispositivo.	Must have	Funcional	
R06	Extrair características	O utilizador pode extrair características de interesse através de um gráfico para melhorar a deteção de danos.	Must have	Funcional	
R07	Ver análise de deteção de danos	O utilizador pode verificar a resposta do servidor acerca da análise efetuada resultante dos requisitos R05 e R06.	Must have	Funcional	

R08	Multiplataforma	A aplicação deve correr tanto em Android como em iOS.	Should have	Não funcional	✓
R09	Visualizar estruturas	O utilizador pode visualizar as estruturas previamente criadas no backoffice.	Must have	Funcional	✓
R10	Criar estruturas	O utilizador pode adicionar novas estruturas partir do backoffice.	Must have	Funcional	✓
R11	Visualizar medições	O utilizador pode visualizar as medições feitas através do backoffice.	Must have	Funcional	✓
R12	Exportar medições	O utilizador pode exportar as medições feitas através do backoffice.	Must have	Funcional	✓
R13	Suporte de browser	O backoffice pode ser acedido através de um navegador de internet.	Must have	Não funcional	✓

## Arquitetura

A arquitetura da solução proposta é baseada na arquitetura do tipo Cliente-Servidor, tal como descrito no relatório do projeto anterior. Essa arquitetura inclui quatro elementos principais: o cliente, o servidor, uma pequena API para interação com o servidor e uma base de dados. A Figura 12 mostra essa implementação.

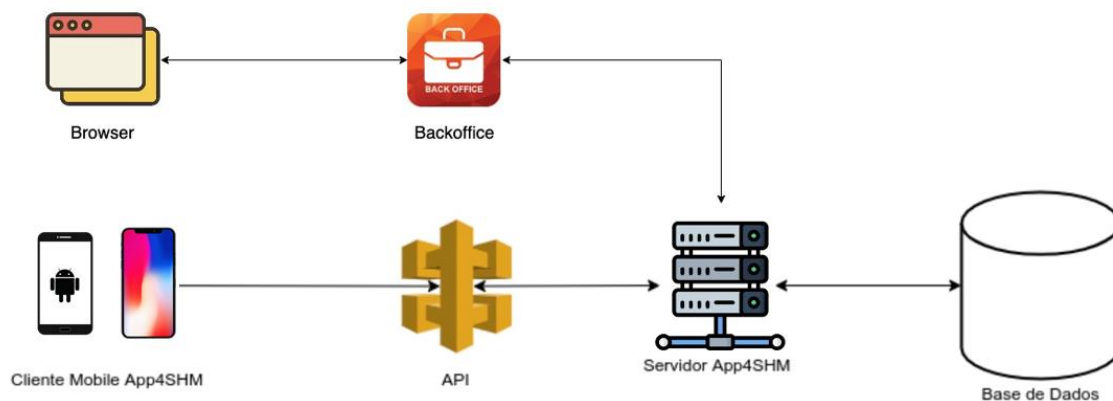


Figura 12: Diagrama de Arquitetura da App4SHM

O cliente será a interface de interação com o utilizador final e permitirá realizar todas as ações especificadas no tópico dos Casos de Uso. A API permitirá a comunicação entre o cliente e o servidor. O servidor terá uma variedade de métodos para operações, incluindo cálculos complexos e armazenamento de informações na base de dados. A base de dados armazenará informações sobre utilizadores e estruturas monitoradas, incluindo os resultados das últimas medições e a saúde estrutural. Esta arquitetura suporta múltiplos clientes conectados simultaneamente.

## Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

A solução proposta utiliza uma variedade de tecnologias e ferramentas para garantir a sua funcionalidade e eficiência. A seguir, encontra-se uma lista das principais tecnologias e ferramentas utilizadas no desenvolvimento da aplicação:

- Framework Flutter: é utilizado para desenvolver a aplicação móvel de forma híbrida, permitindo a exportação de binários executáveis para os sistemas operativos Android e iOS.
- Dart: é a linguagem de programação utilizada para desenvolver a aplicação Flutter.
- Django: uma framework de desenvolvimento web de código aberto, escrito em Python, que permite desenvolver rapidamente aplicações web robustas.
- MySQL: um sistema de gestão de base de dados relacional de código aberto, que é usado para armazenar e gerir os dados da aplicação.
- Git: é a ferramenta de versionamento de código utilizada para controlar as alterações no código.
- Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) “Android Studio”: é utilizado para escrever, editar, depurar e executar o código da aplicação.

## Abrangência

A solução proposta irá aplicar conhecimentos adquiridos em várias disciplinas e áreas científicas do curso. A seguir, encontra-se uma descrição dos aspetos aprendidos que serão utilizados e como:

- Computação Móvel: A solução propõe um sistema de monitorização baseado em dispositivos móveis, por isso serão aplicados conhecimentos adquiridos na disciplina de Computação Móvel, tal como a estrutura da aplicação, navegação, comunicação com o servidor, entre outros.
- Computação Distribuída: A utilização de uma arquitetura cliente-servidor permite a distribuição dos recursos computacionais e de armazenamento entre o cliente e o servidor, garantindo escalabilidade e alta disponibilidade.
- Interação Humano-Máquina: São utilizados princípios de design de interface para garantir que a solução seja fácil de usar e intuitiva para o utilizador final, proporcionando uma boa experiência de utilizador.

Esses conhecimentos serão aplicados para desenvolver a solução proposta e validar os critérios de avaliação de abrangência estabelecidos para o projeto.

## Implementação

Graças ao passo anterior é fácil perceber a navegação, apresentação e comportamento de cada elemento da aplicação, com isso é possível aplicar esses conceitos num projeto Flutter que simule a tal estrutura.

Antes de tudo é necessário dar um passo atrás e comparar o essencial entre versões. O que difere do Android Nativo para Flutter? Flutter fornece aos programadores a capacidade de criar um único código para duas plataformas diferentes, o que reduz significativamente o tempo e o custo de desenvolvimento. Quanto às tecnologias nativas, os programadores têm de escrever código diferente para Android e iOS, o que inevitavelmente leva mais tempo.

## Performance

Em 2017, quando o Flutter foi lançado pela Google, teve alguns problemas de desempenho e baixo FPS[1]. Com o crescimento da tecnologia, todos estes problemas foram resolvidos, e hoje o Flutter fornece a mesma performance que as aplicações nativas.

O uso da CPU na aplicação nativa é menor em comparação com a aplicação Flutter e quanto ao uso de memória, as aplicações nativas mostram o consumo de memória mais eficiente [FVSN]. O Flutter precisa de mais gastos de memória do que o nativo [FVSN]. Ainda assim, a vantagem ultrapassa o prejuízo e tendo em conta que smartphones de última geração são os mais vendidos por todo o mundo, como podemos observar na Figura 13, problemas de CPU e memória são quase indetetáveis.

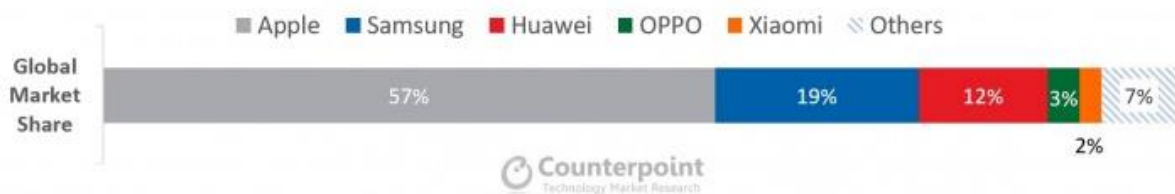
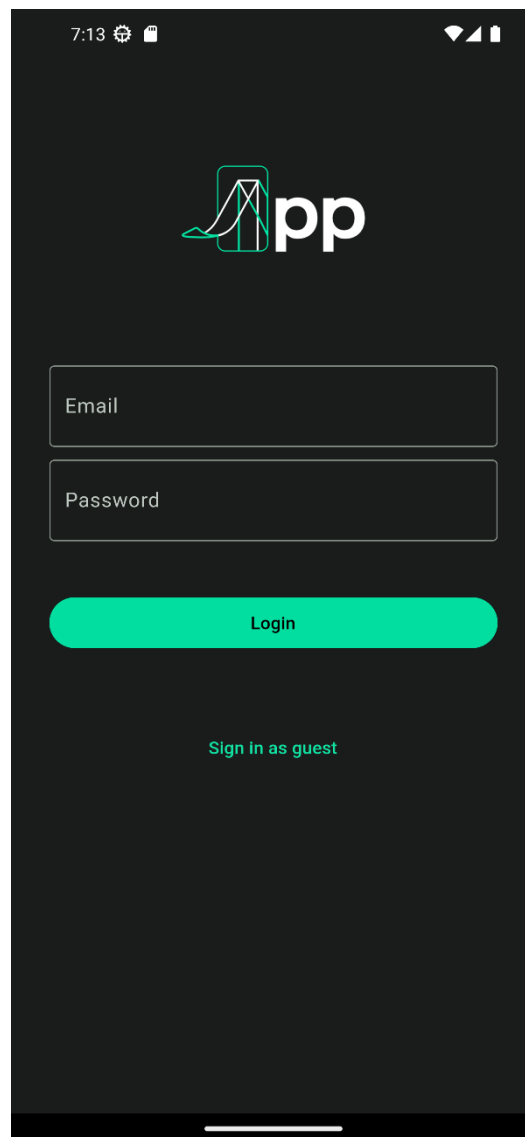


Figura 13 - Compra de smartphones topo de gama pelo mundo [GSM]

## Produto atual



*Figura 14: Ecrã de login*

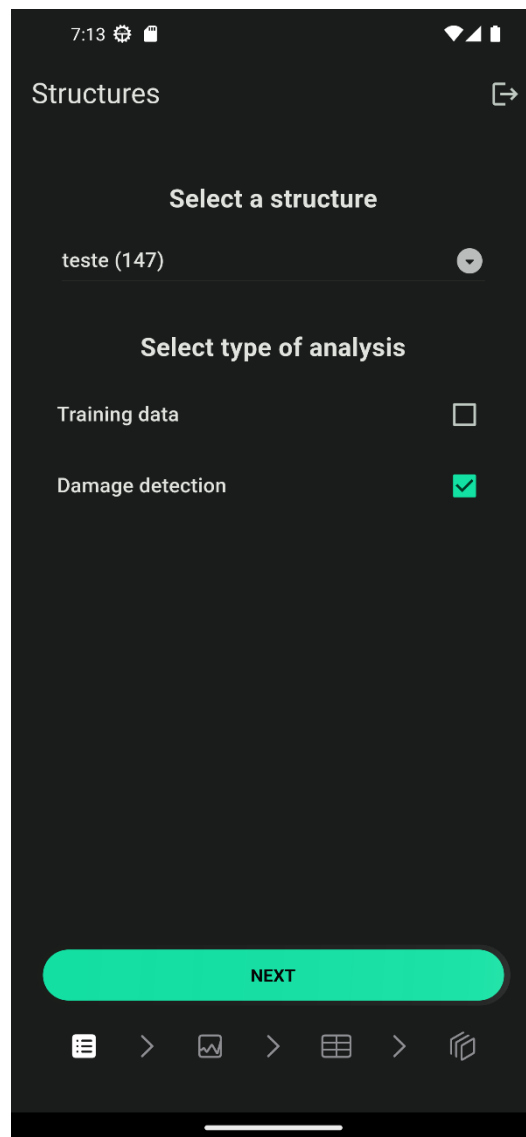


Figura 15: Seleção de estruturas



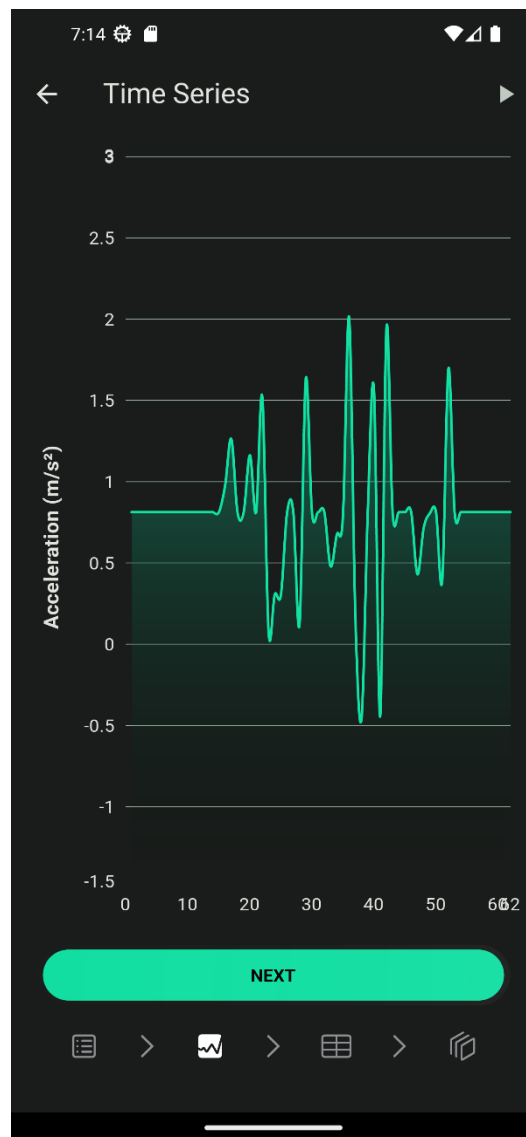


Figura 16: Leitura de dados sensoriais

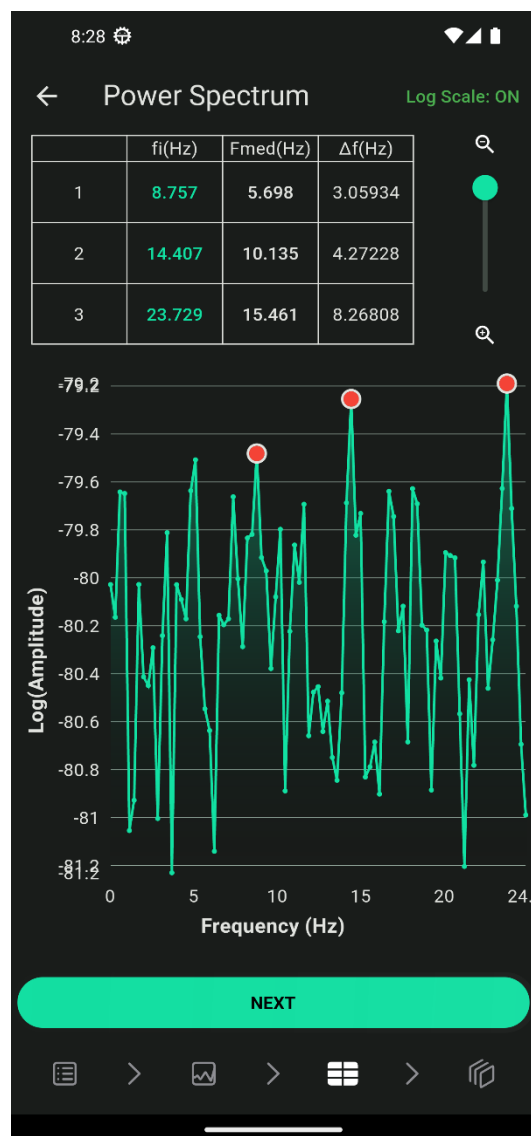
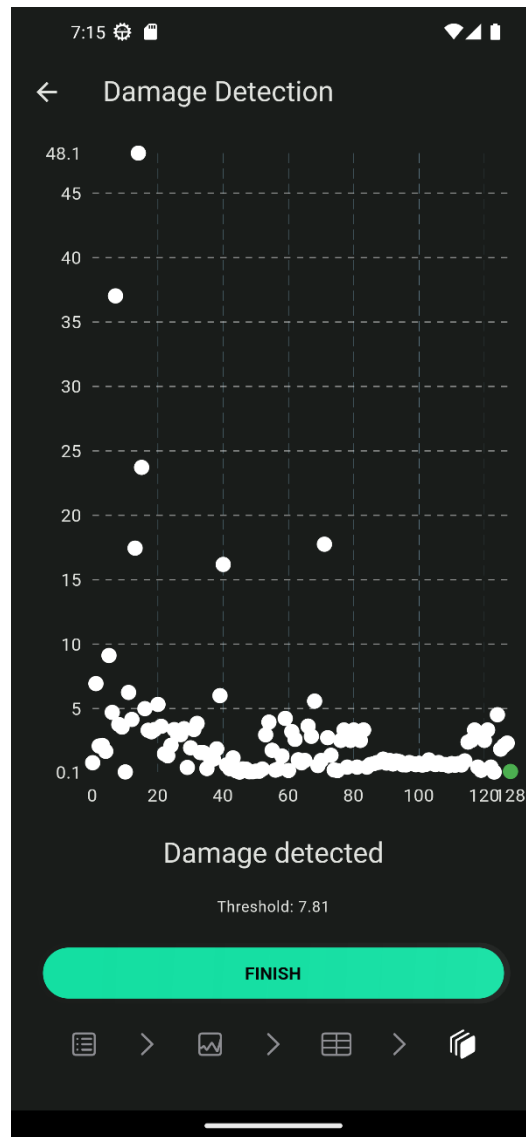


Figura 17: Seleção de frequências de interesse



*Figura 18: Resultado do processo total*

Podemos observar na Figura 14 um ecrã de autenticação de usabilidade simplificada que aceita a inserção de credenciais ou autenticação como convidado. Já na Figura 15 temos o nosso ecrã de seleção de estruturas que é oficialmente a página inicial para um utilizador previamente autenticado. Neste ecrã o utilizador poderá selecionar a estrutura que deseja analisar e o tipo de análise que pretende efetuar. Na Figura 16 pode-se observar o gráfico de leitura sensorial onde cada onda representa uma vibração no eixo Z do dispositivo móvel. No ecrã representado na Figura 17 é apresentado ao utilizador um gráfico interativo pré-processado pelo servidor com base nas leituras do ecrã anterior; aqui o utilizador deverá selecionar as frequências de interesse para apoiar na tomada de decisão final do algoritmo. Por fim, na Figura 18, o utilizador poderá observar num Scatter Plot dados relevantes pré-processados pelo servidor, incluindo a resposta final do algoritmo, isto é, se há ou não dano na estrutura. Para a criação dos gráficos representados nas Figuras 16, 17 e 18 foi utilizada a biblioteca `fl_chart`, uma vez que é considerada fiável, é a mais popular na comunidade de desenvolvedores Flutter de acordo com o repositório `pub.dev` [FLC] e oferece várias possibilidades de personalização e adaptação às diferentes soluções necessárias.

Neste momento, a aplicação passou por testes extensivos e avaliações por parte dos utilizadores, o que permitiu identificar áreas que requeriam melhorias. Com base no feedback recebido, foram feitas alterações necessárias para aprimorar a experiência e a confiabilidade da aplicação. Algumas das melhorias implementadas incluem a capacidade da aplicação corrigir automaticamente a seleção de um ponto no gráfico para evitar erros, a adição de uma barra de zoom e a inclusão de legendas nas tabelas, conforme observado na Figura 17.

## Dificuldades

Inicialmente, tive dificuldades em começar o projeto devido à minha falta de familiaridade com Flutter. Apesar de ter experiência em desenvolvimento de aplicações móveis, nunca havia trabalhado com Flutter antes, o que me obrigou a dedicar um tempo significativo para me familiarizar com a sua estrutura e funcionamento.

Outra dificuldade encontrada foi na implementação de uma distinção entre o ambiente de produção e de desenvolvimento para utilizar *endpoints* diferentes. Este desafio foi superado com a utilização de variáveis de ambiente para controlar as configurações de acordo com o ambiente em que a aplicação está a ser executada.

Durante o processo de desenvolvimento desta nova versão da aplicação App4SHM, encontrei algumas dificuldades na criação dos gráficos e na leitura de informação dos sensores do telemóvel. Muitas vezes senti a pressão das altas expectativas que foram definidas pela qualidade da App4SHM original. No entanto, acredito que com esforço contínuo e persistência num bom trabalho, consigo chegar aos altos standards definidos pela sua sucessora. Este processo de desenvolvimento tem sido desafiante, mas ao mesmo tempo muito gratificante, e tenho confiança que o resultado final irá corresponder às expectativas do projeto.

Outra dificuldade encontrada foi a falta de suporte nativo para gestos de swipe e zoom na biblioteca `fl_chart` utilizada para gerar os gráficos na aplicação. Como resultado, foi necessário adicionar manualmente essas funcionalidades à biblioteca, o que exigiu um esforço significativo. No entanto, apesar dos desafios enfrentados, a adição desses gestos permitiu uma melhor experiência do utilizador ao interagir com os gráficos na aplicação.

```

return GestureDetector(
  onHorizontalDragUpdate: (details) {
    setState(() {
      _scaled = true;
      //make it slower
      double dx = details.delta.dx / 100;
      minX -= dx;
      maxX -= dx;
    });
  },
  onScaleUpdate: (details) {
    setState(() {
      _scaled = true;
      minX = details.focalPoint.dx - details.scale * (details.focalPoint.dx - minX);
      maxX = details.focalPoint.dx + details.scale * (maxX - details.focalPoint.dx);
    });
  },
);

```

Figura 19: Implementação de gestos no gráfico

Para implementar gestos de zoom como na versão original da aplicação, foi necessário adotar uma abordagem alternativa devido a limitações técnicas. Em vez do gesto de "pinch to zoom", foi implementado um slider para permitir o zoom in e zoom out no gráfico. Essa solução teve consequências na experiência de utilização, uma vez que difere da funcionalidade original e exigiu adaptações por parte dos utilizadores.

Durante o desenvolvimento, foi utilizado o GestureDetector, um widget que reconhece gestos no ecrã e invoca métodos específicos de acordo com o gesto realizado. Esta abordagem permitiu a implementação da lógica necessária para realizar o deslize do dedo no gráfico. Ao deslizar o dedo, o eixo X do gráfico é ajustado para acompanhar o movimento. Várias modificações adicionais foram necessárias para alcançar estes comportamentos desejados, mas o GestureDetector foi a alteração principal para obter o resultado esperado.

É importante mencionar que nem todos os utilizadores tiveram a mesma opinião sobre esta solução. Por exemplo, um utilizador expressou o seu descontentamento com esta abordagem alternativa, indicando uma preferência pelo gesto de "pinch to zoom" presente na versão original da aplicação.

No geral, todas estas dificuldades foram ultrapassadas e o necessário foi implementado com sucesso. Apesar das dificuldades encontradas, estas experiências permitiram-me adquirir novos conhecimentos e habilidades que serão úteis no futuro.

## 6 - Método e Planeamento

A metodologia adotada no desenvolvimento deste projeto seguiu rigorosamente o mapa de Gantt proposto inicialmente. O mapa de Gantt foi elaborado com base nas etapas e atividades necessárias para a conclusão do projeto, estabelecendo prazos e estimativas de duração para cada uma delas. No entanto, é importante ressaltar que houve uma margem de desvio de aproximadamente duas semanas em relação ao planeamento inicial. Essa diferença de tempo ocorreu devido a desafios e imprevistos encontrados ao longo do projeto, como a necessidade de aprofundar certos aspetos técnicos e realizar ajustes adicionais para garantir a qualidade da aplicação. Estas tarefas extras exigiram mais tempo do que o inicialmente estimado. Apesar desse ligeiro desvio, foi possível concluir todas as etapas planeadas com sucesso, atendendo aos objetivos definidos para o projeto. A análise crítica e a avaliação geral do planeamento e execução do projeto ao longo do ano permitiram identificar pontos fortes e áreas de melhoria, fornecendo aprendizagens valiosas para projetos futuros.

### Mapa de Gantt

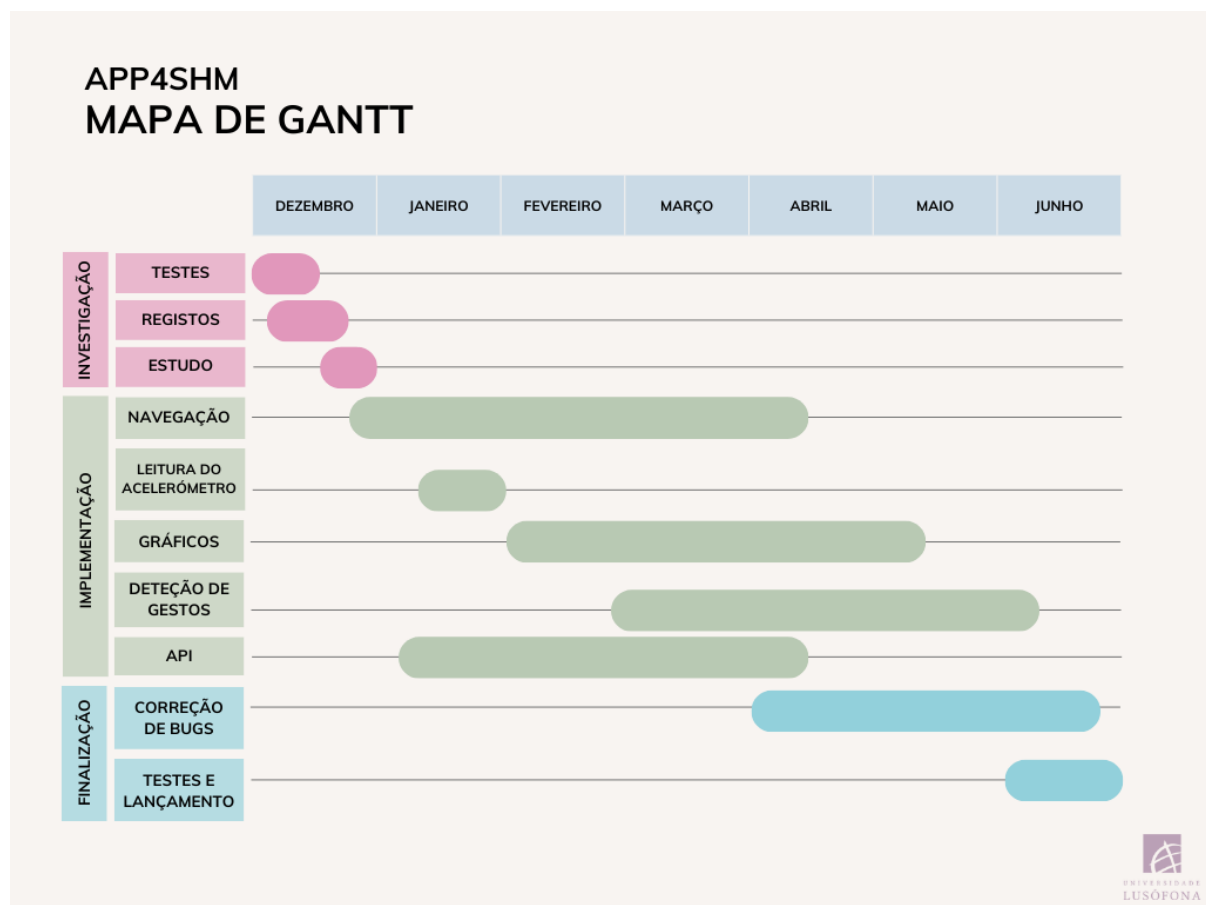


Figura 20 - Mapa de Gantt

### Changelog

v0.9.0 - 14 de maio de 2023

- Versão inicial para testes

v0.9.1 - 17 de maio de 2023

- Correção na seleção de pontos
- Melhoria na legenda de tempo no ecrã Time Series

v0.9.2 - 26 de maio de 2023

- Correção na seleção de pontos
- Correção no gráfico do ecrã Damage Detection

v0.9.3 - 3 de junho de 2023

- Implementação de um slider de zoom
- Correção no conteúdo da legenda do ecrã Damage Detection

v0.9.4 – 28 de junho de 2023

- Correção do slider de zoom

v0.9.5 – 28 de junho de 2023

- Correção no tratamento de exceções das estruturas

## 7 – Resultados

Como se poderá observar na Figura 21 e Figura 22, a aplicação foi submetida a testes em contexto real com comparação à sua versão original realizados pelo professor Ionut na ponte de peões localizada no exterior da Universidade Lusófona – Centro de Lisboa. Os testes consistiram na aplicação instalada num dispositivo Android e num dispositivo iOS em comparação a um outro dispositivo Android a executar a aplicação original, ambos a detetar as mesmas vibrações em tempo real para no fim comparar os resultados. Desta forma foi possível observar e calcular a confiabilidade da nova aplicação em contexto real independentemente do dispositivo e/ou plataforma em uso. O resultado destes foi bastante positivo, demonstrando que a nova aplicação produz dados confiáveis quando comparada à sua versão original.



*Figura 21: Execução da aplicação em diferentes dispositivos*





Figura 22: Teste da aplicação em contexto real

O inquérito de satisfação recebeu ao todo duas respostas que demonstram a opinião dos utilizadores que testaram a aplicação. Nas seguintes figuras pode-se observar as respostas de desenvolvimento recebidas.

Most negative aspects (up to 2):

2 respostas

Não se pode fazer zoom in and out com os dedos.

Procedimento de seleção das frequências torna difícil a identificação correta das mesmas

Procedimento de zoom no mesmo gráfico

Figura 23: Aspetos mais negativos

**Most positive aspects (up to 2):**

2 respostas

Imagem forte e rapidez de utilização.

A mesma versão funcional em Android e iOS  
Aspeto gráfico apelativo

Figura 24: Aspetos mais positivos

**In what situations did you test the prototype (real context, mockup, etc.):**

2 respostas

Até agora apenas foi testada em laboratório e funciona bem.

Real bridge & Civil Engineering Lab

Figura 25: Contexto de testes

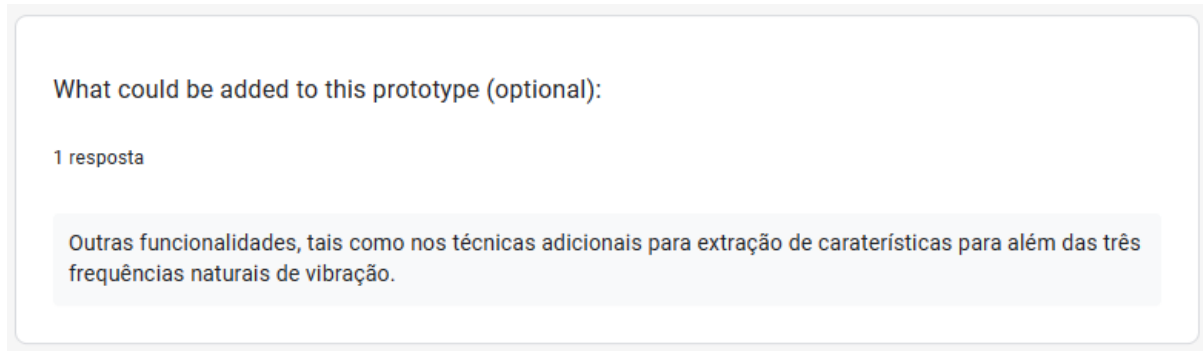
**What could be improved (optional):**

2 respostas

Visualização do espetro de resposta, fazendo zoom in and out com os dados, tal como na generalidade dos sistemas móveis.

ver aspetos negativos

Figura 26: Opiniões de melhoria



What could be added to this prototype (optional):

1 resposta

Outras funcionalidades, tais como nos técnicas adicionais para extração de caraterísticas para além das três frequências naturais de vibração.

Figura 27: Opiniões de adição

Em resumo, a aplicação foi bem recebida, principalmente pela sua interface e fluidez. Ainda assim, existe margem de melhoria, como por exemplo a necessidade da capacidade *pinch-to-zoom* que, por razões citadas em capítulos anteriores, não pôde ser implementada.

## 8 - Conclusão

Ao longo do projeto, vivenciei uma série de emoções e sentimentos. Inicialmente, senti entusiasmo e empolgação ao abraçar esse desafio e mergulhar no desenvolvimento da aplicação. À medida que avançava, enfrentei momentos de frustração e desafios técnicos que por vezes me desanimaram, no entanto, essas dificuldades também despertaram a minha determinação e motivação para superá-las. O Flutter é uma tecnologia que desde início me deixou admirado graças à capacidade de criar UIs complexas e fluidas de forma eficiente e com uma única base de código. Em adição, senti-me empolgado com a versatilidade do Flutter e a sua comunidade ativa, que proporciona suporte e recursos valiosos.

Ao refletir sobre o projeto, identifiquei algumas áreas em que poderia ter agido de forma diferente: focar-me-ia ainda mais na etapa inicial de planeamento de forma a ter um desenvolvimento mais guiado e preparado, tal planeamento ajudaria a evitar retrabalho e garantiria uma abordagem mais estruturada e eficiente.

Apesar dos desafios enfrentados e das lições aprendidas ao longo do projeto, sinto-me gratificado e inspirado pelo progresso que fiz. O crescimento pessoal e profissional, as ferramentas desenvolvidas neste projeto e a vontade contínua de melhorar as minhas capacidades são motivos para encarar o futuro com entusiasmo e determinação.

## Bibliografia

- [Tigren] *13 Excellent Hybrid App Examples That Will Inspire You*,  
<https://www.tigren.com/blog/hybrid-app-examples/>, acessido a novembro de 2022
- [Agira] *Top 10 Successful Apps Made Using Flutter*, Agira Technologies,  
<https://www.agiratech.com/top-10-successful-apps-made-using-flutter>, acessido a novembro de 2022
- [Statista] *Cross-platform mobile frameworks used by global developers 2021*, Statista,  
<https://www.statista.com/statistics/869224/worldwide-software-developer-working-hours/>, acessido a novembro de 2022
- [gauchazh] *Veja as quedas de pontes mais mortais dos últimos 20 anos*,  
<https://gauchazh.clicrbs.com.br/mundo/noticia/2018/08/veja-as-quedas-de-pontes-mais-mortais-dos-ultimos-20-anos-cjku061kv00gy01qmwgn42oax.html>, acessido a novembro de 2022
- [statcounter-a] *Mobile Operating System Market Share Portugal*,  
[https://gs.statcounter.com/chart.php?mobile\\_os\\_combined-PT-monthly-201401-202212&chartWidth=600](https://gs.statcounter.com/chart.php?mobile_os_combined-PT-monthly-201401-202212&chartWidth=600), acessido a novembro de 2022
- [statcounter-b] *Mobile Operating System Market Share Worldwide*, <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide/#yearly-2014-2022>, acessido a novembro de 2022
- [CRG] *App4SHM – Smartphone application for structural health monitoring*,  
[www.civilresearchgroup.ulusofona.pt](http://www.civilresearchgroup.ulusofona.pt), acessido a novembro de 2022
- [SN] *Um telemovel para controlar o estado das pontes por onde passamos*,  
<https://sicnoticias.pt/programas/futurohoje/2022-10-18-Um-telemovel-para-controlar-o-estado-das-pontes-por-onde-passamos-6e5abdb>, acessido a novembro de 2022
- [GSM] *Flagship smartphone shipments dipped by 13% in Q1, Apple had 4 of the 5 bestsellers*,  
[https://www.gsmarena.com/counterpoint\\_flagship\\_smartphone\\_shipments\\_dipped\\_by\\_13\\_in\\_q1\\_apple\\_had\\_4\\_of\\_the\\_5\\_best\\_sellers-news-43799.php](https://www.gsmarena.com/counterpoint_flagship_smartphone_shipments_dipped_by_13_in_q1_apple_had_4_of_the_5_best_sellers-news-43799.php), acessido a novembro de 2022
- [FVSN] *Flutter vs Native: Which One Is Better For Your Upcoming Project?*,  
<https://markovate.com/blog/flutter-vs-native/>, acessido a novembro de 2022
- [CTF] *Concentric Transition: GitHub*,  
<https://github.com/tiamo/flutter-concentric-transition>, acessido a dezembro de 2022
- [FLC] *Fl\_chart 0.62.0: Pub.dev*  
[https://pub.dev/packages/fl\\_chart](https://pub.dev/packages/fl_chart)



## Anexos

### Progresso de trabalho

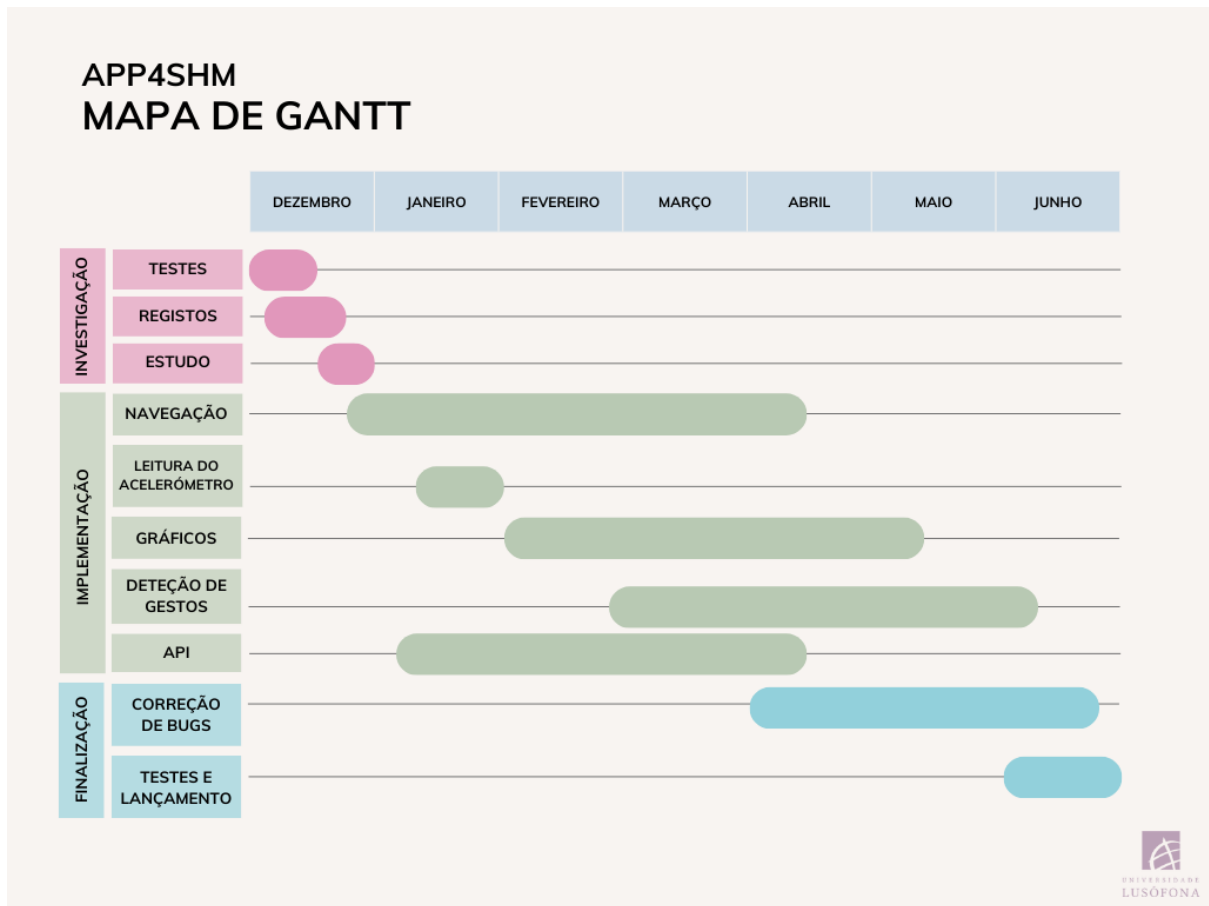


Figura 28: Mapa de Gantt

## Inquérito de Satisfação



### Nota inicial:

Obrigado por testar a App4SHM! O seu feedback é muito valorizado e estamos ansiosos por saber a sua opinião. Antes de começar, gostaríamos de lembrar que este questionário tem como objetivo ajudar-nos a melhorar a aplicação e proporcionar-lhe a melhor experiência possível. Não há respostas certas ou erradas - o que importa é a sua opinião honesta. Por favor, responda com sinceridade e sinta-se à vontade para partilhar quaisquer pensamentos ou sugestões que possa ter. Obrigado novamente por ajudar-nos a melhorar!

Por favor, leia cada uma das seguintes questões e responda com sinceridade e espontaneidade.

**Assinale com uma cruz (X) a opção que considerar mais correta.**

		1	2	3	4	5
1	Neste protótipo encontro facilmente as tarefas a realizar	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)
2	Este protótipo mostrou-se útil	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)
3	Este protótipo é rápido e leve	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)

4	Este protótipo é fácil de usar	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)
5	O aspeto geral deste protótipo é	<input type="checkbox"/> (Muito desagradável)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Muito agradável)
6	A fiabilidade dos resultados comparados ao antigo produto App4SHM	<input type="checkbox"/> (Nada fiáveis)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Muito fiáveis)
7	Este protótipo é fluido	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)
8	Este protótipo é uma melhoria do antigo produto App4SHM	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)
9	Este protótipo oferece uma experiência mais intuitiva	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)
10	Com base apenas naquilo que experimentei e vi hoje acredito que este protótipo vai ser muito simples de utilizar no futuro	<input type="checkbox"/> (Discordo completamente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> (Concordo completamente)

Responda às seguintes perguntas de forma clara e sinta-se à vontade para partilhar quaisquer pensamentos ou sugestões extra que possa ter

## Perguntas de desenvolvimento

Aspetos **mais negativos** (até 2):

---



---



---

---

Aspetos **mais positivos**(até 2):

---

---

---

---

Em que situações testou o protótipo (contexto real, maquete, etc.):

---

---

---

---

O que poderia ser **melhorado** (opcional):

---

---

---

---

O que poderia ser **retirado** deste protótipo (opcional):

---

---

---

---

O que poderia ser **adicionado** a este protótipo (opcional):

---

---

---

---

### **Espaço livre**

Utilize este espaço para partilhar opiniões, sugestões, críticas ou até partilhar questões de tópicos que não foram representados neste inquérito:

---

---

---

---

---

---

---

---

Só resta dizer  
**OBRIGADO**

Graças ao seu feedback a App4SHM  
estará mais próxima do seu estado  
ideal

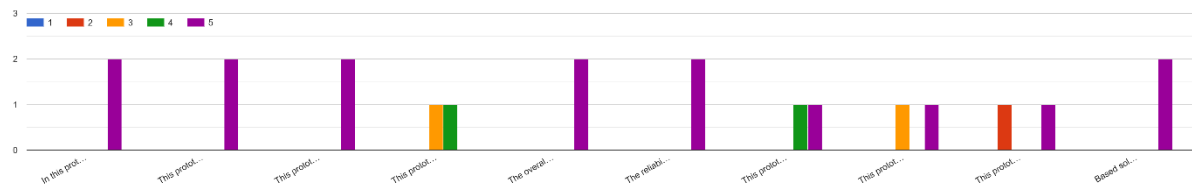


## Resultados e análise de testes

Lista de perguntas (por ordem a que aparecem no gráfico seguinte) onde 1 é “discordo completamente” e 5 “concordo completamente”:

- Neste protótipo encontro facilmente as tarefas a realizar
- Este protótipo mostrou-se útil
- Este protótipo é rápido e leve
- Este protótipo é fácil de usar
- A aparência deste protótipo é boa
- A fiabilidade dos resultados comparados ao antigo produto App4SHM
- Este protótipo é fluído
- Este protótipo é uma melhoria do antigo produto App4SHM
- Este protótipo oferece uma experiência mais intuitiva
- Com base apenas naquilo que experimentei e vi hoje acredito que este protótipo vai ser muito simples de utilizar no futuro

Select an option between 1 and 5, with 1 being the lowest score and 5 being the highest score.



1 – Azul; 2 – Vermelho; 3 – Amarelo; 4 – Verde; 5 – Roxo

Most negative aspects (up to 2):

2 respostas

Não se pode fazer zoom in and out com os dedos.

Procedimento de seleção das frequências torna difícil a identificação correta das mesmas  
Procedimento de zoom no mesmo gráfico

Most positive aspects (up to 2):

2 respostas

Imagem forte e rapidez de utilização.

A mesma versão funcional em Android e iOS  
Aspeto gráfico apelativo

In what situations did you test the prototype (real context, mockup, etc.):

2 respostas

Até agora apenas foi testada em laboratório e funciona bem.

Real bridge & Civil Engineering Lab

What could be improved (optional):

2 respostas

Visualização do espectro de resposta, fazendo zoom in and out com os dados, tal como na generalidade dos sistemas móveis.

ver aspetos negativos

What could be removed from this prototype (optional):

0 respostas

Ainda não existem respostas a esta pergunta.

What could be added to this prototype (optional):

1 resposta

Outras funcionalidades, tais como nos técnicas adicionais para extração de características para além das três frequências naturais de vibração.

## **Glossário**

[1] FPS: Frames per Second (Frames por segundo)

[2] TFC: Trabalho Final de Curso