



DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PERSONALIZADA MHEALTH DE TREINO PARA COMBATER A INATIVIDADE FÍSICA NA DPOC

Mestrado em Engenharia Informática - Computação Móvel

Rúben Daniel Neves Caceiro

Leiria, março de 2022



DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PERSONALIZADA MHEALTH DE TREINO PARA COMBATER A INATIVIDADE FÍSICA NA DPOC

Mestrado em Engenharia Informática - Computação Móvel

Rúben Daniel Neves Caceiro

Dissertação realizada sob a orientação do Professor Doutor José Carlos Bregieiro Ribeiro,
do Professor Doutor Fernando José Mateus da Silva e da Professora Doutora Joana Patrícia
Santos Cruz

Leiria, março de 2022

Esta dissertação foi realizada no âmbito do projeto “OnTRACK - On Time to Rethink ACTivity Knowledge: a personalized mHealth coaching platform to tackle physical inactivity in COPD” (ref. POCI-01-0145-FEDER-028446), financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), no âmbito do Programa PORTUGAL 2020, e por fundos nacionais através da FCT/MCTES.



Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Originalidade e Direitos de Autor

A presente dissertação é original, elaborada unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a mesma foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel, no ano letivo 2018/2020, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de começar o meu maior agradecimento aos meus pais e à minha namorada, sem sombra de dúvida foram os meus pilares a todos os níveis, e que tornaram este meu projeto de vida possível e alcançável, sem o apoio deles o caminho teria sido sempre mais difícil.

O meu próximo agradecimento vai para a instituição, Politécnico de Leiria, em particular à Escola Superior de Tecnologia e Gestão e a todos os professores com quem tive a oportunidade de aprender e enriquecer-me com o conhecimento que me transmitiram.

Agradeço também aos meus orientadores, ao Professor Doutor José Carlos Bregieiro Ribeiro, ao Professor Doutor Fernando José Mateus da Silva e à Professora Doutora Joana Patrícia Santos Cruz, pela orientação e pelo acompanhamento ao longo do projeto.

Quero agradecer de forma geral a toda a equipa do OnTRACK, por me ter recebido de braços abertos, ajudaram-me no processo, testando e apontado os problemas que iam encontrando. Em particular agradeço à Sofia Flora e à Nádia Hipólito, e em especial ao Marcelo Pereira, pelo companheirismo, acompanhamento e ajuda que me providenciou no desenvolvimento do segundo protótipo.

A todas as pessoas da minha família, amigos e conhecidos, um muito obrigado pelo tempo que dispensaram para testarem as aplicações, e com isso poder ter resultados do trabalho que foi desenvolvido.

Por último, e também muito importante, tenho que dar um grande agradecimento à comunidade *open-source*. Sem estas pessoas/empresas que se dedicam a desenvolver grandes produtos e disponibilizá-los de forma gratuita, tornaram sem dúvida o desenvolvimento desta solução muito mais eficiente, fácil e viável economicamente. Assim como a empresas e.g.:a JetBrains, que permitem que os estudantes possam usar os seus produtos de forma gratuita, e que tornam a capacidade e velocidade de desenvolvimento muito maior.

A todos, o meu muito obrigado!

Resumo

A finalidade do projeto OnTRACK é a promoção de comportamentos efetivos de atividade física (AF) em doentes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC), acompanhados por um profissional de saúde, para que tenham uma melhor qualidade de vida, reduzindo a progressão da doença.

O OnTRACK irá dar resposta a este desafio através do desenvolvimento, avaliação e disseminação de uma plataforma mHealth inovadora de treino personalizado, que considera as preferências e fatores contextuais de cada indivíduo.

A plataforma irá ser constituída por uma aplicação web, apenas para os profissionais de saúde, e uma aplicação móvel que será de uso exclusivo para os doentes com DPOC. Esta plataforma procura focar-se nas necessidades deste tipo de população e pretende que tenham um acompanhamento mais personalizado e acompanhado por profissionais de saúde.

A aplicação móvel foi desenvolvida com recurso a tecnologias nativas, para Android, incorporando as mais recentes boas práticas, ferramentas, bibliotecas e arquitetura.

Já a aplicação web é uma *single page application*, foi desenvolvida em Angular e otimizada para lidar ao máximo com um volume de dados considerável, com uma futura ambição de funcionar em modo *offline*.

Os testes de usabilidade demonstram que, mais de 60% dos utilizadores consideraram a aplicação web foi fácil de se usar e de aprender manifestando-se confiantes no seu manuseio. O mesmo acontece na aplicação móvel, com mais de 60% dos utilizadores a referirem que outras pessoas aprenderiam facilmente a usar esta aplicação, que gostariam de usar com frequência, que as funcionalidades estão bem integradas e que a aplicação foi fácil de utilizar. No entanto, ambas as aplicações ainda carecem de melhorias em certos pontos para se tornarem líderes.

Palavras-chave: mHealth, DPOC, MQTT, Android, kubernetes, Angular

Abstract

The purpose of the OnTRACK project is to promote effective physical activity (PA) behaviors in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), monitored by a health professional, so that they have a better quality of life, reducing the progression of the disease.

OnTRACK will respond to this challenge through the development, evaluation, and dissemination of an innovative mHealth platform for personalized training, which considers the preferences and contextual factors of everyone.

The platform will consist of a web application, only for health professionals, and a mobile application that will be exclusively used by patients with COPD. This platform seeks to focus on the needs of this type of population and wants them to have a more personalized follow-up accompanied by health professionals.

The mobile application was developed using native technologies for Android, incorporating the latest best practices, tools, libraries, and architecture.

The web application, is a single page application, was developed in Angular and optimized to handle a considerable volume of data, with a future ambition to work in offline mode.

Usability tests show that more than 60% of users considered the web application easy to use and learn, expressing confidence in using it. The same is true for the mobile app, with over 60% of users reporting that other people would easily learn to use this app, that they would like to use it often, that the features are well integrated, and that the app was easy to use. However, both applications still need improvement in certain points to become leaders.

Keywords: mHealth, COPD, MQTT, Android, kubernetes, Angular

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	viii
1. Introdução	1
2. Revisão do Estado da Arte	4
2.1. Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC)	5
2.1.1. Características e comportamentos dos portadores de DPOC	5
2.1.2. Diagnóstico e tratamento	6
2.2. A intervenção da tecnologia na DPOC	6
2.3. Estudos realizados	7
3. Metodologia e Processo de Desenvolvimento	14
3.1. Metodologia	14
3.2. Calendarização.....	15
4. Requisitos	20
4.1. Aplicação móvel	20
4.2. Aplicação Web	22
5. Descrição do protótipo	23
5.1. Interface.....	24
5.2. Backend	26
5.2.1. Arquitetura.....	26
5.2.2. Escolha das tecnologias	28
5.3. Aplicação Móvel.....	31

5.3.1.	Mockups	31
5.3.2.	Implementação	34
5.3.3.	Tecnologias	37
5.3.4.	Integrações	42
5.4.	Aplicação Web	45
5.4.1.	Mockups	45
5.4.2.	Implementação	47
5.4.3.	Tecnologias	52
5.4.4.	Integrações	55
6.	Verificação e Validação	56
6.1.	Testes de Usabilidade Internos.....	57
6.1.1.	Aplicação móvel.....	57
6.1.2.	Aplicação web	69
6.2.	Testes de Usabilidade a Utilizadores externos à equipa	78
6.2.1.	Aplicação móvel.....	79
6.2.2.	Aplicação web	88
7.	Conclusão	96
8.	Trabalho Futuro	98
	Bibliografia ou Referências Bibliográficas	101
	Anexos	108
	A - Requisitos plataforma.....	108

Lista de Figuras

Figura 1 Aplicação móvel (S. N. Vorrink et al. 2016).....	9
Figura 2 Aplicação móvel COPDTrainer	10
Figura 3 - Aplicação móvel Exercit@rt.....	10
Figura 4 Aplicação móvel <i>efil breath</i>	11
Figura 5 Aplicação móvel <i>virtual peer group</i>	12
Figura 6 Aplicação móvel <i>COPD Activity Lifestyle Support</i>	13
Figura 7 Proposta de calendarização.....	16
Figura 8 Calendarização efetiva.....	19
Figura 9 Arquitetura geral.....	23
Figura 10 Propostas.....	25
Figura 11 Diagrama lógico do <i>backend</i>	26
Figura 12 <i>Mockup</i> - Adicionar nova medida manualmente.....	32
Figura 13 Aceder aos detalhes da medida.....	33
Figura 14 <i>Mockup</i> - Iniciar atividade física	34
Figura 15 Implementação - Adicionar nova medida manualmente	34
Figura 16 Implementação - Aceder aos detalhes da medida.....	36
Figura 17 - Iniciar atividade física	37
Figura 18 <i>Mockup</i> - Ecrã principal/Lista de pacientes.....	46
Figura 19 <i>Mockup</i> - Ecrã relatório e gráficos	46
Figura 20 <i>Mockup</i> - Ecrã objetivos	47
Figura 21 Implementação - Ecrã Principal/Lista de pacientes.....	48
Figura 22 Implementação - Perfil do utilizador.....	49
Figura 23 Implementação - Ecrã sumário	51
Figura 24 Implementação - Ecrã objetivos	52
Figura 25 Tarefa 1 - Testes equipa	59
Figura 26 Tarefa 2 – Testes Equipa	60
Figura 27 Tarefa 3 - Testes equipa	60
Figura 28 Tarefa 4 - Se possui equipamento - Testes equipa	61

Figura 29 Tarefa 4 - <i>Linkert</i> - Testes equipa	62
Figura 30 Tarefa 5 - Testes equipa	63
Figura 31 Tarefa 6 – Testes equipa	64
Figura 32 Tarefa 7 - Testes Equipa	65
Figura 33 Tarefa 8 - Testes equipa	65
Figura 34 Tarefa 9 – Testes equipa	66
Figura 35 Tarefa 10 - Testes equipa	67
Figura 36 Tarefa 11 - Testes equipa	67
Figura 37 Apreciação global - Aplicação móvel - Testes equipa.....	69
Figura 38 Tarefa 1 - Aplicação web - Testes equipa.....	70
Figura 39 Tarefa 2 - Aplicação web - Testes equipa.....	71
Figura 40 Tarefa 3 - Aplicação web - Testes equipa.....	71
Figura 41 Tarefa 4 - Aplicação web - Testes equipa.....	72
Figura 42 Tarefa 5 - Aplicação web - Testes equipa.....	73
Figura 43 Tarefa 6 - Aplicação web - Testes equipa.....	75
Figura 44 Tarefa 7 - Aplicação web - Testes equipa.....	76
Figura 45 Tarefa 8 - Aplicação web - Testes equipa.....	77
Figura 46 Apreciação global - Aplicação web - Testes equipa	78
Figura 47 Tarefa 1 - Aplicação móvel - Testes externos.....	80
Figura 48 Tarefa 2 - Aplicação móvel - Testes externos.....	81
Figura 49 Tarefa 3 - Aplicação móvel - Testes externos.....	81
Figura 50 Tarefa 4 - Aplicação móvel - Testes externos.....	82
Figura 51 Tarefa 5 - Aplicação móvel - Testes externos.....	83
Figura 52 Tarefa 6 - Aplicação móvel - Testes externos.....	84
Figura 53 Tarefa 7 - Aplicação móvel - Testes externos.....	85
Figura 54 Tarefa 8 - Aplicação móvel - Testes externos.....	85
Figura 55 Tarefa 9 - Aplicação móvel - Testes externos.....	86
Figura 56 Apreciação global - Aplicação móvel - Testes externos	88
Figura 57 Tarefa 1 - Aplicação web - Testes externos	89
Figura 58 Tarefa 2 - Aplicação web - Testes externos	89

Figura 59 Tarefa 3 - Aplicação web - Testes externos	90
Figura 60 Tarefa 4 - Aplicação web - Testes externos	90
Figura 61 Tarefa 5 - Aplicação web - Testes externos	91
Figura 62 Tarefa 6 - Aplicação web - Testes externos	91
Figura 63 Tarefa 7 - Aplicação web - Testes externos	92
Figura 64 Tarefa 8 – Aplicação web – Testes externos	92
Figura 65 Tarefa 9 - Aplicação web - Testes externos	93
Figura 66 Tarefa 10 - Aplicação web - Testes externos	94
Figura 67 Apreciação global - Aplicação web - Testes externos.....	95

Lista de siglas e acrónimos

6MWT – Six-minute Walk Test

AF – Atividade Física

BAN – Redes de Área Corporal

Create Read Update Delete (CRUD)

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica

ESAD.CR – Escola Superior Artes e Design

FaaS – Functions-as-a-Service

FEV1 - Forced expiratory volume in one second

FVC - Forced vital capacity

i18n – Internacionalização

IoT – Internet of Things

k8s – Kubernetes

MQTT – Message Queuing Telemetry Transport

ORM – Object-relational Mapping

PWA – Progressive Web App

SPA – Single Page Applications

SpO2 – Saturação Periférica de Oxigénio

SUS – System Usability Scale

SVM – Support Vector Machine

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UI – User Interface

UX– User Experience

1. Introdução

A finalidade do projeto OnTRACK é a promoção de comportamentos efetivos de atividade física (AF) em doentes com doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC). Por outras palavras, o OnTRACK visa que os doentes portadores de DPOC se sintam incentivados e acompanhados numa prática regular de AF, e que, por conseguinte, tenham uma melhor qualidade de vida, reduzindo a progressão da doença.

A inatividade física, o 4.º fator de risco de morte em todo o mundo (World Health Organization 2009), está associada a uma diminuição dos anos de vida ajustados por incapacidade, a custos sociais e compromete a saúde. O seu impacto é particularmente grave em doentes com DPOC, já que estes tendencialmente apresentam baixos níveis de AF, aumentando o risco de hospitalização, de mortalidade e de redução da qualidade de vida (Watz et al. 2014). A melhoria da AF destes doentes é, portanto, uma prioridade para clínicos e decisores ao nível mundial (Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD 2020; Nici e ZuWallack 2015).

As tecnologias de informação e comunicação (TIC), incluindo as aplicações móveis, que atualmente se encontram inseridas nos sistemas de saúde (Solanas et al. 2014) e que fazem parte da vida diária das pessoas (Blazun Vosner et al. 2012), tornam-se deste modo, úteis e acessíveis para melhorar os níveis de AF.

Porém, os resultados apresentados por alguns estudos (Demeyer et al. 2017; Nguyen 2009; Tabak et al. 2014; S. N. W. Vorrink et al. 2016), em doentes com DPOC, mostram-se inconsistentes; uma das razões é a não consideração de fatores que influenciam o comportamento e preferências de AF dos doentes. A AF é um comportamento complexo, sendo influenciado pela interação de fatores individuais, sociais e ambientais que podem atuar como barreiras ou facilitadores para a promoção da AF (Sallis et al. 2006; Spruit et al. 2015).

O projeto OnTRACK visa dar resposta a este desafio através do desenvolvimento, avaliação e disseminação de uma plataforma mHealth inovadora de treino personalizado, que considera as preferências e fatores contextuais de cada indivíduo. Concretamente os seus objetivos são:

- Identificar os fatores (barreiras, facilitadores e preferências) que influenciam a AF nos doentes;
- Desenvolver uma plataforma mHealth de treino personalizada para estimular a AF, composta por uma aplicação móvel de uso exclusivo para os doentes e uma aplicação web para uso exclusivo para profissionais de saúde;
- Implementar e avaliar a efetividade e a relação custo-efetividade da plataforma mHealth;
- Disseminar a plataforma entre os potenciais utilizadores e decisores.

A presente tese encontra-se organizada em mais seis capítulos que descrevem o trabalho desenvolvido no âmbito do projeto OnTRACK:

2. Revisão do Estado da Arte: este capítulo apresenta uma análise do estado da arte acerca do estado da internet e das tecnologias móveis que existem atualmente, qual o papel destes novos paradigmas de *eHealth*, *mHealth* e telemedicina nos sistemas de saúde privados e públicos. Na DPOC, quais as características e comportamentos dos doentes portadores da doença, qual o diagnóstico e tratamento. Finalmente é feita uma análise sobre como os sistemas de saúde, a tecnologia, e estes doentes se podem correlacionar e quais as vantagens. Por último, uma breve análise de alguns estudos que têm sido publicados com soluções tecnológicas para doentes com DPOC, semelhantes ao OnTRACK.

3. Metodologia e Processo de Desenvolvimento: aqui aborda-se qual a metodologia adotada para desenvolver as aplicações, no contexto do OnTRACK, sendo ainda um projeto de investigação, e qual a calendarização proposta para atingir essas metas.

4. Requisitos: onde se encontram referidos e explanados quais os requisitos adequados a uma plataforma para este fim, com base nos estudos realizados e com o *feedback* da equipa para poder obter o carácter diferenciador pretendido, sendo que no anexo “A - Requisitos plataforma” se encontra o documento mais detalhado com os requisitos das aplicações.

5. Descrição do protótipo: onde consta a apresentação da arquitetura do protótipo no seu todo, todas as soluções tecnológicas adotadas para o desenvolvimento da presente plataforma, de modo a criar e apresentar uma solução robusta e escalável

que responda aos requisitos, e quais as tecnologias usadas para implementar os requisitos e esta arquitetura. É neste capítulo que se irá abordar que cuidados foram tidos no desenho de uma interface acessível e adaptável ao contexto e necessidades do utilizador. Aqui encontram-se também referidas quais as tecnologias usadas ao nível do *backend*, aplicações móvel e web. Por último, uma introdução e explicação dos *mockups* e interações que se esperam ser as mais usadas da aplicação.

- 6. Verificação e Validação:** onde se apresenta no que consistem os testes de *user interface* (UI) e *user experience* (UX), e o que foi feito na área, qual a base do protocolo de testes, uma análise e discussão dos testes realizados à equipa do OnTRACK, detalhar quais os próximos passos a partir dos resultados para o segundo protótipo e ainda, uma análise e discussão dos testes realizados a utilizadores externos à equipa.
- 7. Conclusão:** neste capítulo faz-se uma análise de todo o trabalho desenvolvido no projeto OnTRACK, mesmo o trabalho que não é visível aos olhos dos utilizadores, o que se espera alcançar com o mesmo e ainda, uma pequena reflexão das dificuldades mais sentidas.
- 8. Trabalho Futuro:** aqui faz-se uma reflexão acerca do trabalho a ser melhorado, e o aumento das funcionalidades que a aplicação deve ser alvo para poder ir ao encontro da lista de requisitos e às expectativas da equipa e das necessidades e expectativas dos utilizadores.

2. Revisão do Estado da Arte

A globalização e a massificação da Internet, das tecnologias Web e dos sistemas de informação permitem a digitalização de inúmeros serviços, tanto públicos como privados, entre os quais os serviços de saúde, surgindo o paradigma de *eHealth* (Van De Belt et al. 2010).

A terminologia *eHealth* resultante da contração do termo *eletronic + health*, consiste no uso de tecnologia para recolher dados importantes no diagnóstico de doenças e na permuta de informações de pacientes entre vários profissionais de saúde, de forma digital. Este paradigma engloba também a telemedicina, que tem sido largamente adotada no contexto de pandemia que ainda se vive (Pequenino 2020).

mHealth, originado da contração de *mobile + health*, tal como a telemedicina, é um subconjunto de *eHealth* que tira partido das novas tecnologias móveis, nomeadamente das redes de área corporal (BAN). As BAN são redes de sensores cablados ou *wireless* (WBAN), acoplados ao corpo humano e que são capazes de providenciar dados para vários fins, tais como, fins de saúde, desportivos, militares, acompanhamento e gestão de doenças crónicas, entre outros (Sharma, Tripathi, e Mishra 2017; Yuce 2010).

As redes BAN e WBAN aliadas à conectividade 4G e 5G, permitem recolher em tempo real dados que irão servir para monitorizar o utilizador. Sendo estes tipos de dispositivos bastante aliciantes para serem utilizados em contextos semelhantes aos do OnTRACK, podendo assim, ir ao longo do tempo monitorizando o utilizador, guiando-o e aconselhando-o na sua prática regular e segura de AF.

mHealth está predominantemente a ser usado na forma de *tracker* de AF, estes tipos de funcionalidades dispõem de dispositivos não médicos, tais como os *smartphones* auxiliados com relógios ou bandas inteligentes, como o *Apple® Watch*, a *Garmin® Wearables* ou a *Samsung® Wearables*. Para além de características de análise e classificação da AF, os mesmos já incorporam sensores óticos de batimentos cardíacos e saturação periférica de oxigénio (SpO₂).

2.1. Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC)

A DPOC é caracterizada como uma doença respiratória irreversível e progressiva, que está associada a uma resposta inflamatória anormal do tecido pulmonar (Cooper 2009), levando a uma diminuição do calibre das vias aéreas e consequente da diminuição do fluxo de ar. Como consequência da DPOC surge a dispneia¹, a fadiga muscular e a intolerância ao exercício, que se traduzem numa inatividade física acentuada nestes doentes (Troosters et al. 2013). Os fatores de risco associados à DPOC são diversos, destacando-se a idade, ser do sexo masculino, o tabagismo e a exposição frequente a ambientes poluídos, a fumos e a poeiras finas, verificando-se assim uma associação entre a componente genética e ambiental (Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD 2020).

Atualmente, a DPOC é a 3.^a causa de morte, sendo uma das principais causas para a morbilidade e mortalidade em todo o mundo (Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD 2020). Em Portugal, é estimado que 800 000 pessoas acima dos 40 anos sofram de DPOC (Almeida 2020; Hynninen et al. 2005; Santos 2018; Weltgesundheitsorganisation 2008).

2.1.1. Características e comportamentos dos portadores de DPOC

As consequências da DPOC são sistémicas, ou seja, os doentes apresentam diversos sinais e sintomas que não estão apenas relacionados com os pulmões. O impacto psicológico da DPOC acresce às consequências físicas mencionadas anteriormente, afetando gravemente a qualidade de vida dos doentes.

Um estudo sobre as características psicológicas dos doentes com DPOC (Hynninen et al. 2005) observou que 30% dos doentes apresentam problemas mentais, que 42% a 58% têm ou já tiveram problemas psiquiátricos e, quase a totalidade dos doentes com DPOC apresentam sintomas psicológicos como ansiedade e/ou depressão. A doença acarreta não só as consequências para o doente, mas também para a sua família e/ou membros cuidadores (Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD 2020).

¹ Falta de ar

2.1.2. Diagnóstico e tratamento

O diagnóstico de DPOC requer uma avaliação cuidada do doente, tendo em conta os principais sinais e sintomas como a dispneia, tosse crónica ou produção de muco, história recorrente de infeções do trato respiratório inferior e/ou historial de exposição aos fatores de risco da doença (Almeida 2020; Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD 2020).

Para confirmar o diagnóstico pode-se recorrer ao uso da espirometria, um exame que avalia a quantidade de fluxo de ar (rácio $FEV1/FVC < 0.7$), é indicativo de limitação persistente do fluxo aéreo (Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD 2020). Os tratamentos disponíveis variam conforme o grau da doença de cada indivíduo, sendo que alguns fatores-chave são a cessação tabágica e o tratamento farmacológico aliado à reabilitação pulmonar e prática de AF para a redução de sintomas e melhoria da qualidade da vida (Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD 2020).

2.2. A intervenção da tecnologia na DPOC

O exercício físico regular, baseado nas melhores orientações de evidência científica e personalizado através da colaboração dos profissionais de saúde que acompanham o doente, é determinante para a manutenção da condição física, do sistema respiratório e, consequentemente, da melhoria da qualidade de vida (Almeida 2020).

Segundo alguns estudos realizados a intervenção da tecnologia móvel, na gestão e na reabilitação de doentes com DPOC mostram dados promissores, estes estudos implementaram vários métodos para conseguir motivar o utilizador (Beattie et al. 2014; Kwon et al. 2018; Pereira, Almeida, e Caixinha 2016; S. N. Vorrink et al. 2016):

- o *empowerment* que a tecnologia traz, ajudar o utilizador a ter mais autonomia, dando-lhe as ferramentas para que se tornarem mais autónomos e responsável pela sua própria saúde;
- supervisão e monitorização, os doentes sabem que estão a ser monitorizados e vigiados, não necessariamente por um profissional de saúde, mas o sistema poderá sinalizá-los, para que um profissional de saúde possa verificar;
- permite uma melhor prescrição de objetivos, que vão de encontro às necessidades do utilizador, usando os dados da fornecidos pela plataforma.

2.3. Estudos realizados

No primeiro trimestre de 2020, existiam na Google Play Store aproximadamente 43 285 aplicações classificadas como mHealth (Ceci 2021), no entanto muitas delas servem vários propósitos.

A maioria destas aplicações servem como fóruns, tal como a mHealth Expert² e a COPD Support³, onde os utilizadores podem colocar duvidas e se auto ajudarem.

Outras destinam-se à recolha de dados dos seus dispositivos e à incorporação de recomendações de AF genéricos para pessoas sem patologias ou comorbilidades, tais como a Withings Health⁴, a LG Health⁵ e o Google Fit⁶.

Existem também algumas aplicações que são mais direcionadas para a educação do utilizador, tentando explicar possíveis exacerbações da doença, formas de controlar e gerir a sua condição, como por exemplo através da aplicação my mhealth⁷.

Também existem aplicações que são utilizadas em hospitais e clínicas que permitem agendar consultas e exames, fornecendo uma via de comunicação (via *chat*) entre o doente e o profissional de saúde.

No entanto, evidencia-se a lacuna de aplicações publicadas que sirvam propósitos específicos de monitorizar o doente com determinada condição física ou comorbilidade.

Os problemas inerentes às aplicações de uso geral é o facto de não estarem adequados aos utilizadores com patologias ou deficiências, sejam elas do foro cardíaco, respiratório ou músculo-esquelético.

Estas aplicações têm como base sujeitos saudáveis, o que pressupõe parâmetros/configurações que não se adequam às características de doentes que apresentem certas limitações/deficiências, tendo como exemplo um passo, numa pessoa saudável é mais contundente e vigoroso do que num sujeito que apresente um qualquer problema físico, neste, tendencialmente observa-se um passo mais lento, inconstante, não ritmado,

² <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.credo.mhealthdoctor>

³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.myhealthteams.MyCOPDTeam>

⁴ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.withings.wiscale2>

⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lge.lifetracker>

⁶ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.fitness>

⁷ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mymhealth.hybrid>

apresentando uma velocidade média mais baixa, aqui tendencialmente o algoritmo sobrestima ou subestima.

Acrescentando a este facto, as aplicações de uso geral não têm nenhuma forma de transmitir dados para os profissionais de saúde, de forma a serem utilizados para monitorização/diagnóstico do doente.

Todas as razões levam a que as aplicações de uso geral não sejam muito assertivas e fiáveis na monitorização deste tipo de população (Juen, Cheng, e Schatz 2015).

No sentido de corrigir esta questão, muitos estudos foram realizados com o objetivo de permitir a utilização dos dispositivos que aumentam a funcionalidade e a autogestão dos indivíduos com esta doença.

Nos pontos abaixo, são destacados alguns estudos onde foram desenvolvidas aplicações que abordaram em diferentes perspetivas os problemas e desafios dos doentes com DPOC:

- O estudo conduzido pelos autores (Juen et al. 2015), abordou a temática dos algoritmos usados nas aplicações não serem precisos quando estamos perante o contexto de utilizadores com esta doença. Por essa razão, esta equipa desenvolveu um *middleware* que usa um algoritmo desenvolvido para poder colmatar o erro, para isso, aplicaram um algoritmo de inteligência artificial, *Support Vector Machine* (SVM), conseguindo uma margem de erro de 1.82% para utilizadores saudáveis e 3.78% para utilizadores com doenças pulmonares, obtendo resultados positivamente melhores comparativamente com os autores que recorreram a sensores e algoritmos do fabricante do *smartphone* (12%);
- A aplicação móvel analisada pelos autores (S. N. Vorrink et al. 2016), Figura 1, propõe conseguir monitorizar com alguma precisão a AF de um utilizador, mesmo que este esteja a usar o *smartphone* para outros propósitos.

As funcionalidades destacadas por este estudo foram a apresentação de uma mensagem com um elogio/incentivo ao utilizador assim que este complete um objetivo.

Esta aplicação permite apresentar ao utilizador dados em tempo real (S. N. Vorrink et al. 2016)(S. N. Vorrink *et al.*, 2016), consegue filtrar alguns movimentos não relativos à AF tais como, conduzir ou andar de autocarro/comboio, permite partilhar

os resultados nas redes sociais, e esta é ainda possível de ser apresentada ao utilizador e aos profissionais de saúde.

Apesar de a aplicação estar em constantemente funcionamento, esta demonstra ser bastante otimizada em termos de energia, permitindo também parar todos os serviços da aplicação quando o utilizador não quer ser monitorizado;



Figura 1 Aplicação móvel (S. N. Vorrink et al. 2016)

- A aplicação COPDTrainer, proposta pelos autores (Spina et al. 2013), Figura 2, tem em atenção o facto de os utilizadores portadores de DPOC terem receio de se exercitar de uma forma menos correta (e.g.: fazer exercício em demasia ou praticar de forma errada os exercícios).

Esta aplicação aposta na recolha automática de dados que permita reportar a qualidade do exercício, na qualidade das instruções que apresenta e na motivação a longo prazo, bem como no *feedback* do sistema de modo a prevenir ferimentos ou até mesmo exacerbações;



Figura 2 Aplicação móvel COPDTrainer

- A aplicação *Exercit@rt*, proposta pelos autores (Pereira et al. 2016), Figura 3, diferencia pela capacidade de recolha de dados, tais como o ritmo cardíaco, o SpO_2 , a distância percorrida, o peso, a altura e a AF diária (como caminhar, correr e andar). Para além do referido anteriormente, esta aplicação também providencia uma página web para os seus cuidadores e profissionais de saúde, podendo consultar o desempenho do doente (batimentos cardíacos, SpO_2 e distância percorrida) sempre que necessário;

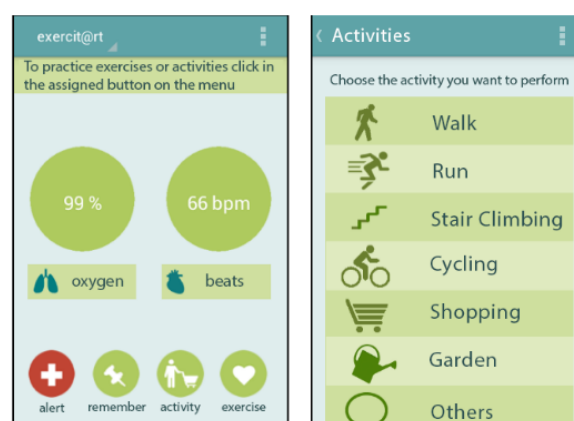


Figura 3 - Aplicação móvel Exercit@rt

- Os autores da aplicação *efil breath*, (Kwon et al. 2018), Figura 4, tiveram em conta uma plataforma que engloba uma aplicação móvel combinada com *wearables* e uma

página web, sendo esta a aplicação que mais se aproxima aos objetivos propostos do OnTRACK.

Os autores propuseram que uma aplicação com estes fins deva cumprir com os seguintes requisitos:

1. Possuir um medidor de SpO₂;
2. Propor exercícios com base nas recomendações dos órgãos de saúde nacionais e internacionais, especializados na investigação de DPOC;
3. Considerar o *six-minute walk test* (6MWT), para determinar os dos limites iniciais do doente;
4. Os regimes de exercício devem ser flexíveis e readaptados à condição do utilizador;
5. A aplicação deve ser fácil de usar, devendo estar sempre presente os menus mais usados, ou seja, os mais usados pelo utilizador;
6. A integração da aplicação com *wearables* deve ser *seamless*;
7. Providenciar instruções passo a passo para o utilizador seguir, com o objetivo de poder aumentar a sua capacidade de exercício;
8. Pedir ao utilizador *feedback* acerca da sua capacidade de respirar;
9. Apresentar dados sobre o seu exercício através de gráficos e números para ser fácil de explorar por parte do mesmo;
10. Ter um alarme que possibilite alertar o utilizador quando os seus dados fisiológicos atingirem valores considerados perigosos.

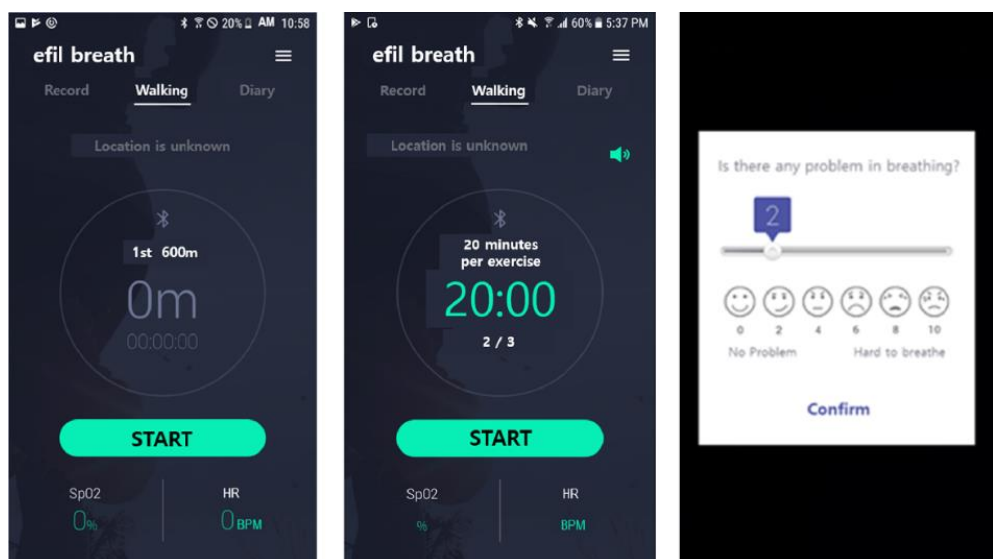


Figura 4 Aplicação móvel *efil breath*

- A aplicação *Virtual peer group*, Figura 5, que os autores (Burkow *et al.*, 2018) analisaram consiste numa aplicação que incentiva os participantes a motivarem-se enquanto grupo, mesmo não estando próximos uns dos outros, possibilitando a marcação de AF em conjunto e da *gamification*. A aplicação tem também uma vertente educacional, através de vídeos, vídeo conferências e fóruns, abrangendo também exercícios *indoor* e *outdoor*.

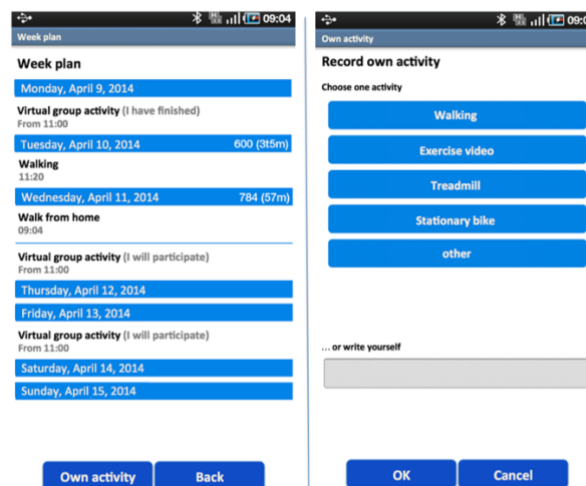


Figura 5 Aplicação móvel *virtual peer group*

- A aplicação *COPD Activity Lifestyle Support* proposta pelos autores (Beattie *et al.* 2014), Figura 6, tem como destaque um oxímetro Bluetooth, uma banda Fitbit, uma cinta de peito Zephyr Bio-Harness, um pedómetro de anca para recolher dados fisiológicos do utilizador, sendo esta composta por quatro componentes:
 1. A recolha de dados, com monitorização de sono, bem como muitos outros dados para futuras correlações;
 2. A deteção de exacerbações;
 3. A análise de dados;
 4. O fornecimento de informação ao participante.

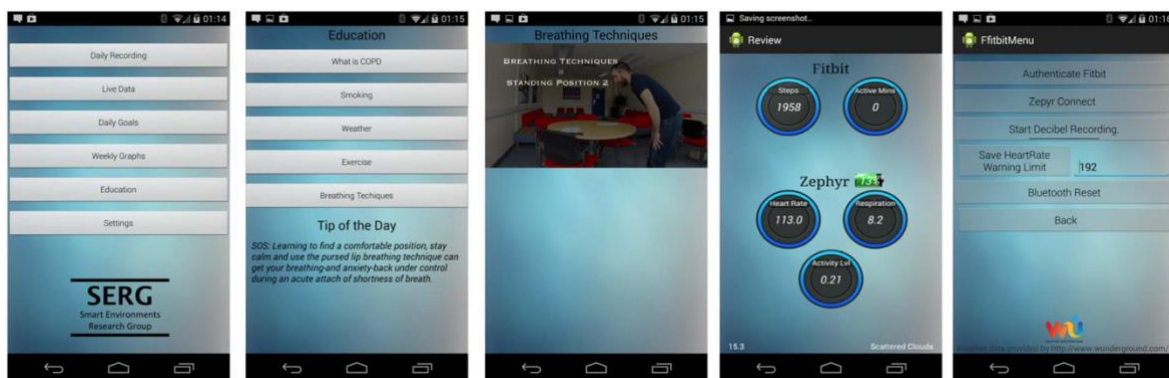


Figura 6 Aplicação móvel *COPD Activity Lifestyle Support*

3. Metodologia e Processo de Desenvolvimento

A equipa pretendia uma plataforma que fosse composta por uma aplicação móvel para os doentes que os ajude e incentive na prática de AF, aliada a uma aplicação web para que os profissionais de saúde pudessem observar essa informação de forma completa, fácil e eficiente, além de possibilitar alguma interação com os doentes, sempre de forma assíncrona.

Foi então que se começou por analisar a literatura que foi providenciada de estudos semelhantes, onde que alguns tinham objetivos muito semelhantes com os do OnTRACK.

No decorrer do projeto já havia sido feito uma revisão sistemática (Santos et al. 2019), onde se identificaram facilitadores e barreiras que levavam o doente a praticar atividade física ou a ser mais sedentário, fator diferenciador do projeto face aos projetos analisados.

Da análise da literatura, foram identificados o maior volume de requisitos, estes já identificavam o que funcionou bem, e no caso dos objetivos que pretendiam o que funcionou menos bem. Os requisitos são abordados no capítulo Requisitos com maior detalhe.

A partir dos requisitos foi feita uma análise e investigação sobre a melhor arquitetura e infraestrutura para responder o melhor possível aos requisitos identificados, relacionando-os com o possível volume de utilizadores, e só após esta fase se avançou para o desenvolvimento propriamente dito.

3.1. Metodologia

Como metodologia de desenvolvimento, nomeadamente sendo este projeto de investigação, onde existe sempre o fator aprendizagem durante o próprio desenvolvimento, decidiu-se seguir a metodologia de prototipagem evolutiva.

A prototipagem evolutiva consiste em recolher um conjunto de requisitos que permitam começar a desenvolver um protótipo, e por conseguinte, apresentá-lo à consideração da *product owner*/cliente (sendo a equipa do OnTRACK) onde se define, entre ciclos, o que tem que ser melhorado e quais as próximas funcionalidades a implementar, isto iterativamente até o produto final ser alcançado (Carter et al. 2000; Sherrell 2013).

Esta metodologia assenta no paradigma *fail-fast* onde caso algo corra mal, como base numa análise de risco feita sempre que uma iteração termina, e onde são reavaliados os requisitos e quais as suas prioridades, para os casos onde não esteja a haver uma boa aceitação pela parte dos utilizadores ser possível identificar vetores para inverter a situação e melhorar ou reestruturar o produto. Os requisitos são facilmente reorganizados, alterados e completados.

Por estas vantagens, claramente é uma das melhores metodologias de desenvolvimento que se podem empregar num projeto deste tipo, onde nem sempre existe uma ideia clara acerca do caminho para atingir o fim, e onde muitas das vezes existem regras de negócio que estão ainda por decidir e que influenciam a forma como a aplicação se desenvolve.

3.2. Calendarização

Como referido no subcapítulo 3.1 acima, no processo de desenvolvimento começou por se analisar o estado da arte sobre o estado da DPOC e dos resultados dos estudos que foram feitos ou longo do tempo, para se poder delinear quais os melhores requisitos para uma aplicação que ambiciona ser a referência na promoção de atividade física nesta população.

Após a conclusão das duas tarefas iniciais, foi elaborada uma apresentação com o objetivo de demonstrar à equipa quais seriam as funcionalidades da aplicação, e para se trazer à discussão não só quais seriam as mais prioritárias, mas também quais se poderiam adicionar que não tivessem sido referidas nos estudos analisados.

Com a conclusão das primeiras três tarefas deu-se início aos trabalhos, uma vez que a arquitetura era totalmente diferente do que o mestrando estava familiarizado, houve algum tempo dedicado à investigação, ao treino e à montagem do *setup* que viria a ser utilizado durante o desenvolvimento, e que posteriormente seria utilizado no servidor de produção da plataforma sendo o ambiente de desenvolvimento uma réplica fiel ao que está *deployed* em produção.

Após a conclusão de todo o *setup* de apoio, iniciou-se o desenvolvimento das aplicações, o estado do protótipo foi sendo apresentado nas reuniões semanais à equipa.

Ao apresentar o protótipo, fazia-se uma demonstração do que havia sido desenvolvido durante a semana e seguia-se um momento de partilha de opiniões, permitindo assim convergir expectativas e envolver todos os elementos da equipa nos vários problemas que iam

surgindo, além de poder obter assim um *feedback* para poder alinhar com o que era pretendido.

Com a conclusão do processo de desenvolvimento, elaborou-se um protocolo de testes que seria a base para os testes internos, seguindo-lhes os testes externos na fase seguinte. Este protocolo vai ser implementado e também vai ser alvo de testes, de forma a ser possível melhorá-lo antes de ser executado com pessoas externas. Para os testes internos, deu-se à equipa um prazo de sensivelmente duas semanas para poderem testar ao máximo a plataforma, no entanto foi pedido para testarem essencialmente com base no protocolo.

Após receber o *feedback* da equipa de forma mais formal, iniciou-se a segunda fase de desenvolvimento do protótipo, procedeu-se às alterações propostas, sendo que algumas foram feitas por escrito e outras transmitidas após os testes, na reunião semanal, para tornar o produto mais completo, robusto e apelativo possível.

Quando se concluiu a segunda fase de desenvolvimento, iniciaram-se os testes com utilizadores externos, onde estes através do protocolo poderiam explorar e partilhar o seu *feedback*, como por exemplo, o que poderia ser melhorado nas aplicações e onde tiveram mais dificuldades. Através do *feedback* dos utilizadores externos, foram corrigidas pequenas coisas. De seguida procedeu-se à escrita deste documento e por sua vez à sua entrega.

Para exemplificar melhor a calendarização proposta, procedeu-se à elaboração de um gráfico de Gantt que torna mais fácil a compreensão da escala de tarefas ao longo deste período, Figura 7.

TAREFA	INICIO	FIM	Sept 2019	Oct 2019	Nov 2019	Dec 2019	Jan 2020	Feb 2020	Mar 2020	Apr 2020	May 2020	Jun 2020	Jul 2020	Aug 2020	Sept 2020
Estudo do estado da arte	Sept 2019	Sept 2019	■												
Elicitação de requisitos	Sept 2019	Oct 2019	■	■											
Escrever um relatório técnico	Oct 2019	Oct 2019		■											
Formação	Nov 2019	Dec 2019			■	■									
Desenvolvimento do prototipo #1	Dec 2019	Jan 2020				■	■								
Validação interna do prototipo #1	Feb 2020	Feb 2020						■							
Desenvolvimento do prototipo #2	Feb 2020	Mar 2020						■	■						
Validação externa do prototipo #2	Apr 2020	Apr 2020								■					
Desenvolvimento da versão final	May 2020	Jun 2020									■	■			
Escrita da tese e de um artigo científico	Jun 2020	Aug 2020										■	■	■	
Entrega da tese e do artigo científico	Sept 2020	Sept 2020													■

Figura 7 Proposta de calendarização

No entanto, como podemos observar pela Figura 8, embora as tarefas se tenham mantido, a calendarização alterou-se devido a vários fatores que dificultaram o cumprimento dos prazos originalmente propostos, algumas das razões foram:

- A entrega de um servidor para publicar o *backend* da plataforma, foi algo muito demorado pois o pedido foi feito a meados de fevereiro de 2020 e apenas nos foi disponibilizado a meados de março de 2021. Os testes internos foram feitos com recurso ao servidor de desenvolvimento que o mestrando deixava ligado, o teletrabalho assim o permitiu, para que fosse possível à equipa executar o protocolo de testes;
- Com o aparecimento da pandemia a meados de março de 2020, obrigou a uma mudança dos hábitos de trabalho, nomeadamente a adoção do teletrabalho. O confinamento também levou a muitas adaptações que não foram fáceis para todos, pois nunca tínhamos passado por uma situação atípica como esta;
- Esta situação pandémica também levou a que o mestrando fosse requisitado para desenvolver o mais rápido possível uma solução para ajudar a fazer os agendamentos dos testes PCR, o SiReGI (Sistema de Registo e Gestão da Informação), em parceria com a Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG), com a Escola Superior de Saúde (ESSLEI), com o Município de Leiria, com a ARS Centro, com o Centro Hospitalar de Leiria e com o ACES Pinhal Litoral. Este projeto promovia a marcação de testes PCR e à publicação dos resultados por parte dos laboratórios de forma totalmente digital (não recorria a suporte de papel). Demorou três dias a sair a primeira versão, tendo ainda a ajuda de mais dois mestrandos, Ricardo Maltez e Alexandre Frazão, que se encontravam em estágio, e em pós-horário laboral ajudaram na primeira versão. No entanto, como era algo simples, dados os prazos, durante dois meses foram sendo feitas melhorias, correção de bugs, e complementação de mais algumas funcionalidades (Leiria 2020);
- A equipa tinha como principal intenção executar os testes externos a profissionais de saúde e a doentes com DPOC, para serem mais fidedignos uma vez que seriam testados pela população alvo, e não por outras pessoas, no entanto mais uma vez com a situação pandémica e as restrições constantemente a mudar, seria difícil traçar um

calendário. A juntar a este motivo, tínhamos também profissionais de saúde exaustos devido ao excesso de trabalho e a doentes com receio em encontrarem-se pessoalmente com a equipa para a realização do protocolo de testes, isto levou a algumas tentativas, mas sem sucesso;

- Olhando para a fatores internos, temos que o fato de a equipa não ter nenhum designer de aplicações, também contribuiu para o atraso uma vez que haviam determinados pormenores de usabilidade que apenas eram detetados depois de implementados, que levaram algumas vezes a redesenhar as aplicações e fazer grandes alterações à estrutura interna das aplicações. Com um designer era possível aliviar este atraso uma vez que é possível visualizar antes da fase de implementação.
- Outro fator foi o facto de o ecossistema Android ser bastante fragmentado, pelo que nem sempre tudo funciona exatamente da mesma maneira de fabricante para fabricante. Na equipa existiam diversos fabricantes e versões de Android. No entanto ao dispor do mestrando apenas tinha dois modelos um Xiaomi Redmi 6 (do projeto) e um Nokia 4.2 (do próprio). Quando a equipa encontrava algum problema era difícil a deteção e correção uma vez nem sempre tinha acesso a um *smartphone* do mesmo fabricante, tendo muitas vezes sido por tentativa e erro.

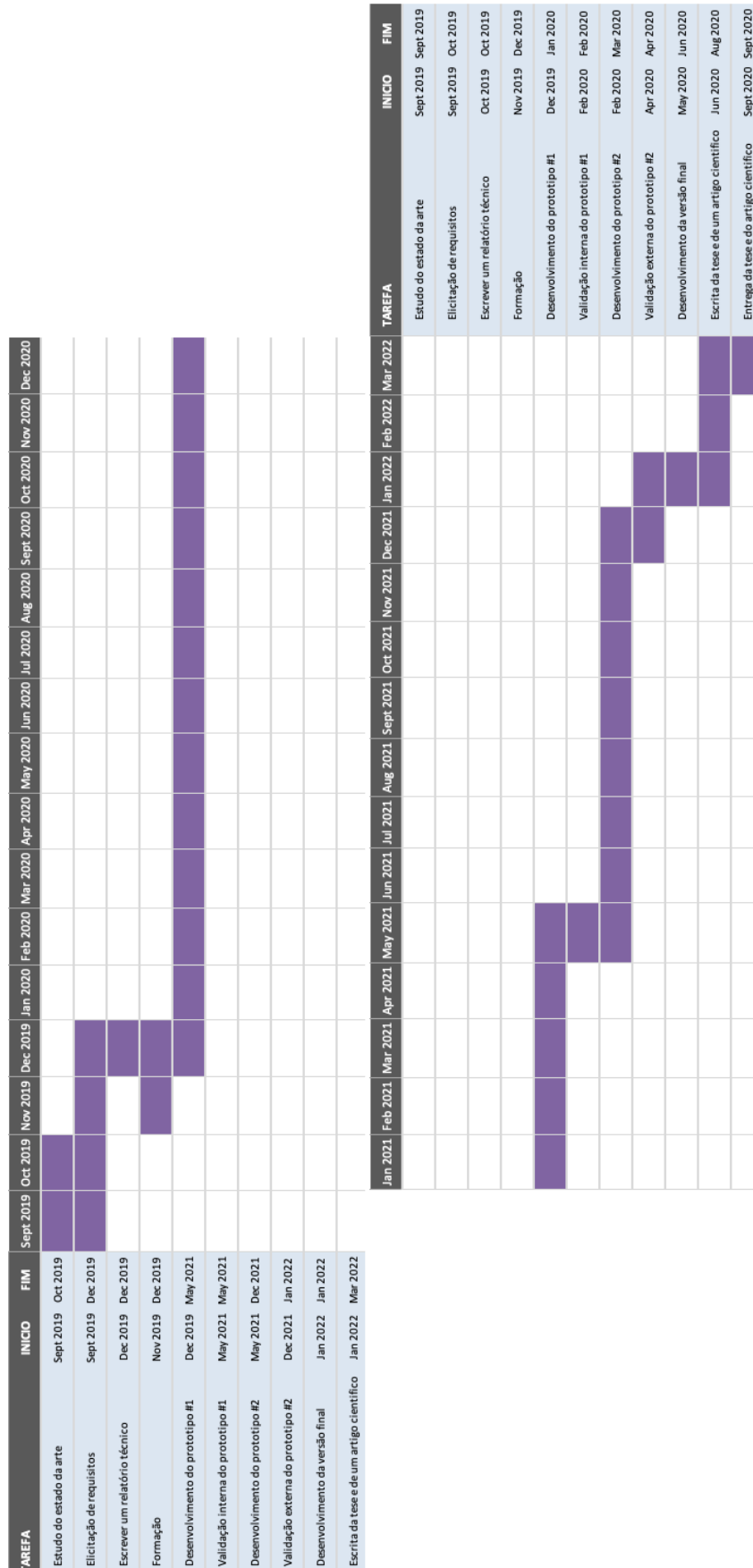


Figura 8 Calendarização efetiva

4. Requisitos

Neste capítulo serão resumidos os requisitos recolhidos para a aplicação web, e para a aplicação móvel, no anexo A - Requisitos plataforma, pode ser consultado o documento apresentado à equipa com os requisitos que foram recolhidos, pela a análise das aplicações que foram alvo de estudo científico e que estão descritas na subsecção 2.3, as mesmas foram complementadas com o *know-how* e visão da equipa para o projeto.

4.1. Aplicação móvel

A aplicação móvel tem como principal requisito ser focada apenas para utilizadores portadores de DPOC, não sendo desenhada para ser utilizada, entre os doentes e os profissionais de saúde.

Os requisitos não funcionais definidos foram ao encontro a uma aplicação poupada, relativamente ao consumo de bateria, uma vez que possui um serviço a correr constantemente em *background*, e no consumo de dados móveis, uma vez que no atual contexto este tipos de utilizadores possuem tarifários com limites de internet bastante baixos, ou não possuem de todo daí a preocupação com estes pontos.

A aplicação deve ser simples e precisa nas instruções e na interação, não sendo necessário mais que duas a três interações para poder aceder às tarefas mais recorrentes.

Relativamente à segurança, a aplicação terá de ter em conta a sensibilidade do tipo de dados que possui toda a informação cifrada no transporte entre componentes macro da plataforma.

Ao focar nos requisitos funcionais, estes foram divididos nas seguintes categorias:

- **Integração com *wearables*:** foi escolhida a integração com a Garmin com o intuito de recolher determinados dados, tais como, os batimentos cardíacos, a saturação de oxigénio no sangue, os passos, o gasto calórico e os minutos de intensidade moderada que o utilizador faz;
- **Treinador digital:** nesta categoria está englobado um plano/objetivos definidos que a aplicação deve seguir. Deve ser eficiente, nomeadamente através da *performance* do utilizador, assim como permitir afinar a prescrição que foi elaborada pelo

profissional de saúde, obter medalhas sempre que cumpra certas *milestones*, e em caso do paciente se magoar e/ou os seus sinais vitais entrarem em níveis perigosos, a aplicação deve notificar os seus contactos de emergência. Ao incentivar o utilizador, a mesma deve verificar a sua *performance* bem como as condições atmosféricas para não fazer recomendações que não sejam exequíveis, tal como notificar para o paciente fazer uma caminhada quando a meteorologia indica que está a chover ou está muito vento;

- **Medidas:** a definição de medidas é tudo e qualquer item mensurável acerca da pessoa, algumas destas serão automáticas ou só manuais, ou ambas. As medidas a serem recolhidas são o resultado do 6MWT, ter a monitorização do sono, ter os resultados da medição da capacidade pulmonar, ter acesso aos batimentos cardíacos, bem como a SpO₂, o peso, à altura, saber quais os valores da velocidade ao caminhar, saber a distância percorrida, ter a contagem dos passos e a duração da AF moderada. Destas medidas, as que são recolhidas só de forma automática são a velocidade ao caminhar, a distância percorrida e a contagem dos passos, por outro lado, as medidas que são só inseridas manualmente são o 6MWT e a altura. Por último, as medidas que podem ser recolhidas por ambas as formas, manualmente e automaticamente, são a medição da capacidade pulmonar, os batimentos cardíacos, a SpO₂ e o peso.
- **Social:** permite ao utilizador convidar e aceitar amigos na aplicação, assim como convidar outras pessoas a praticar atividade física, podendo esta ser presencial ou virtual. A aplicação permite ainda aos seus utilizadores partilharem e visualizarem as suas conquistas, bem como a dos seus amigos, podendo através da mesma criarem conversações através de um chat.
- **Agente conversacional:** deve suportar responder com o estado dos objetivos e permitir iniciar uma atividade física.
- **Outros:** nesta categoria constam outras categorias que não são possíveis serem categorizadas devido a possuírem poucos elementos, tais como:

-
1. o registo na aplicação e respetivo login;
 2. a inclusão de contactos de emergência, excetuando os dos seus profissionais de saúde;
 3. a deteção de quedas e posterior notificação aos seus contactos de emergência;
 4. a personalização da frequência do sumário diário e das atividades favoritas do utilizador;
 5. a introdução de informação sobre a oxigenoterapia⁸.

4.2. Aplicação Web

A aplicação web foi concebida apenas com objetivo de ser utilizada por profissionais de saúde. Todas as funcionalidades que foram projetadas para a aplicação web, foram de encontro aos pressupostos anteriores:

- **Medidas:** o profissional de saúde tem que poder ver todas as medidas referentes aos seus utentes, assim como ter a permissão de inserir novas. A visualização destes dados passa por ecrãs onde a informação está sumarizada, ou por ecrãs onde estão apresentados gráficos de linhas ou colunas, que se sejam mais adequados, e sugeridos pela equipa, durante o desenvolvimento, e pelos profissionais de saúde durante a fase de ensaio.
- **Outros:** nesta categoria constam a autenticação na plataforma, a associação de um utilizador registado desde que não esteja associado a outro profissional de saúde, a permissão de partilhar/transferir o utente a outro profissional de saúde e prescrição dos objetivos ao utente.

⁸ Consiste na administração de uma maior quantidade de oxigénio, comparativamente às quantidades encontradas no meio ambiente, com o intuito de garantir uma correta oxigenação dos tecidos.

5. Descrição do protótipo

Para dar resposta os requisitos apresentados no capítulo 4, foram acrescentadas mais algumas questões, tais como evoluir rápido, maximizar o *uptime*, ser altamente escalável e extremamente *plug & play*, o protótipo proposto irá reger-se pela arquitetura representada na Figura 9, que mostra em alto nível as partes integrantes.

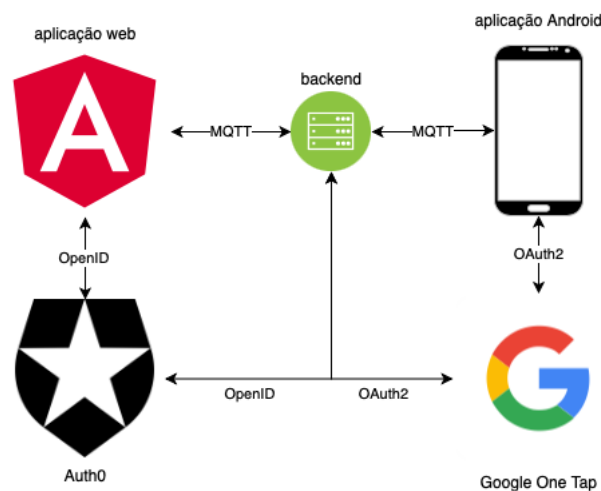


Figura 9 Arquitetura geral

Como podemos observar pela Figura 9, vão existir cinco grandes partes que estarão interligadas a trocar informação entre si, para possibilitar o funcionamento e segurança de toda a plataforma.

O componente central, o “*backend*”, atua como um mediador ativo e passivo, tendo este como funções o controlo de acessos, o acesso e registo de dados e a gestão e integração das comunicações entre clientes.

As ligações que este componente possui com os serviços de autenticação, Auth0 e *Google One Tap*, servem para verificar se os *tokens* que determinado utilizador envia são de facto do próprio, com este tipo de verificação também é possível obter outros metadados que são de extrema importância para o funcionamento da plataforma.

Como podemos observar nesta fase, cada cliente autêntica com um serviço distinto, uma vez que a aplicação móvel tem a necessidade de integrar com o *Google Fit*. Para isto ser possível,

é necessário obter o *token* providenciado pela Google para a aplicação ser autorizada pelo utilizador a aceder e escrever os dados que foram permitidos.

Porém, na ótica da aplicação web, o profissional de saúde pode não possuir uma conta da Google, ou a sua conta institucional poderá não oferecer este tipo de integração, daí se usar o serviço Auth0.

A razão de se usar um serviço externo prende-se por retirar tempo de desenvolvimento, uma vez que seria desenvolvido algo que neste caso já é oferecido, reconhecido, testado e robusto, nunca uma solução de autenticação desenvolvida à medida teria esta robustez, tendo em conta que os *deliverables* não são propriamente um sistema de autenticação, e de que no caso da plataforma OnTRACK não tem casos de uso muito específicos que não encaixem na plataforma como Auth0, *AWS Cognito*, entre outras, oferecem.

Apesar do referido anteriormente, como trabalho futuro irá ser equacionada a questão de se usar a autenticação da Google através do Auth0, que ao remover esta dependência da plataforma, torna-a mais simples. Tal não foi equacionado no momento, pois a Google *OneTap API* permite algo muito mais integrado e *user-friendly* com o sistema Android.

5.1. Interface

Uma vez que estão a ser utilizadas *frameworks* como o Angular e Android, é possível *out-of-the-box* implementar alguns requisitos não funcionais que nos tempos que correm são de carácter obrigatório, sendo um deles a internacionalização (i18n), modo escuro entre outras.

A equipa do projeto OnTRACK é composta por elementos que estão dispersos pelo Canada, Bélgica e Portugal, no entanto como os testes com utilizadores incidirão apenas em Portugal, a plataforma encontrar-se apenas com os idiomas em português e inglês.

Quando for necessário expandir os idiomas da plataforma, como inglês/francês (Canadá), belga e espanhol, estes serão facilmente integrados, uma vez que o sistema já se encontra preparado para aceitar mais idiomas através do sistema de localização.

Um outro fator importante é a apresentação e acessibilidade das interfaces da plataforma, uma vez que não existe nenhum *designer* na equipa, a abordagem passou por se usar *material components*⁹. Este conjunto de *guidelines* providenciado pela Google traz inúmeras

⁹ <https://material.io>

vantagens ao projeto, sendo criado com a acessibilidade em mente, este já vem integrado nos ecossistemas *Android* e *Angular*.

Se forem seguidas as suas boas práticas, não será difícil obter uma interface consistente organizada e funcional, uma vez que já traz muitos componentes desenvolvidos prontos a serem usados. E novamente, uma vez que não existe um *designer* de aplicações móveis na equipa torna difícil a criação de algo único e apelativo, sem recorrer a sistemas já concebidos e testados de terceiros.

No que diz respeito à acessibilidade, na aplicação Android foi usada a unidade “*scaled-pixels*” para definir o tamanho de letra, deste modo o utilizador ao configurar no sistema Android e definir qual o tamanho mais confortável para si, essa configuração vai propagada para a aplicação, sendo de igual forma possível configurar e definir os tamanhos desejados pelo utilizador.

Em conversação com utilizadores de iOS e de Android, foi verificado que o modo escuro seria uma funcionalidade primordial para os utilizadores desta aplicação, permitindo algumas poupanças de bateria em certas tecnologias de ecrãs, assim como a redução do esforço ocular à noite. Neste sentido, a plataforma do OnTRACK, e as aplicações web e móvel suportam os modos claro e escuro.

Um outro aspeto crítico e fundamental que decorreu durante o desenvolvimento, foi a criação de um logótipo e a paleta de cores para o projeto OnTRACK. Proveniente de uma colaboração entre o OnTRACK e a Escola Superior Artes e Design (ESAD.CR), este projeto foi incorporado como projeto final de uma unidade curricular do Mestrado de Design para a Saúde e Bem-Estar. Após a entrega dos projetos, o professor responsável selecionou as cinco melhores, Figura 10, no qual a equipa após assistir à apresentação de todas as ideias, selecionou a proposta A.



Figura 10 Propostas

5.2.Backend

Como já referido, o *backend* vai ser o responsável pela comunicação entre os vários clientes da plataforma, que para já são a aplicação móvel, a aplicação web e um projeto satélite de um agente conversacional (Rodrigues 2021).

Toda a arquitetura foi pensada para ser bastante *plug & play*, existindo muito poucas dependências entre os vários serviços para que estes possam funcionar de forma independentemente, sem grande prejuízo do outro estar com algum problema, sendo este derivado de uma *API key* que atingiu o *plafond* ou ter havido uma *runtime exception*.

Esta arquitetura permite ainda que toda a infraestrutura ter sido pensada na falha, isto é, qualquer erro que ocorra que leve o serviço a um *crash*, a própria infraestrutura recupera desse problema, retirando o serviço danificado e colocando outro saudável (*healthy*) no seu lugar.

No subcapítulo 5.2.1 será explicada a arquitetura da solução, enquanto no subcapítulo 5.2.2 será justificada a escolha das tecnologias implementadas.

5.2.1. Arquitetura

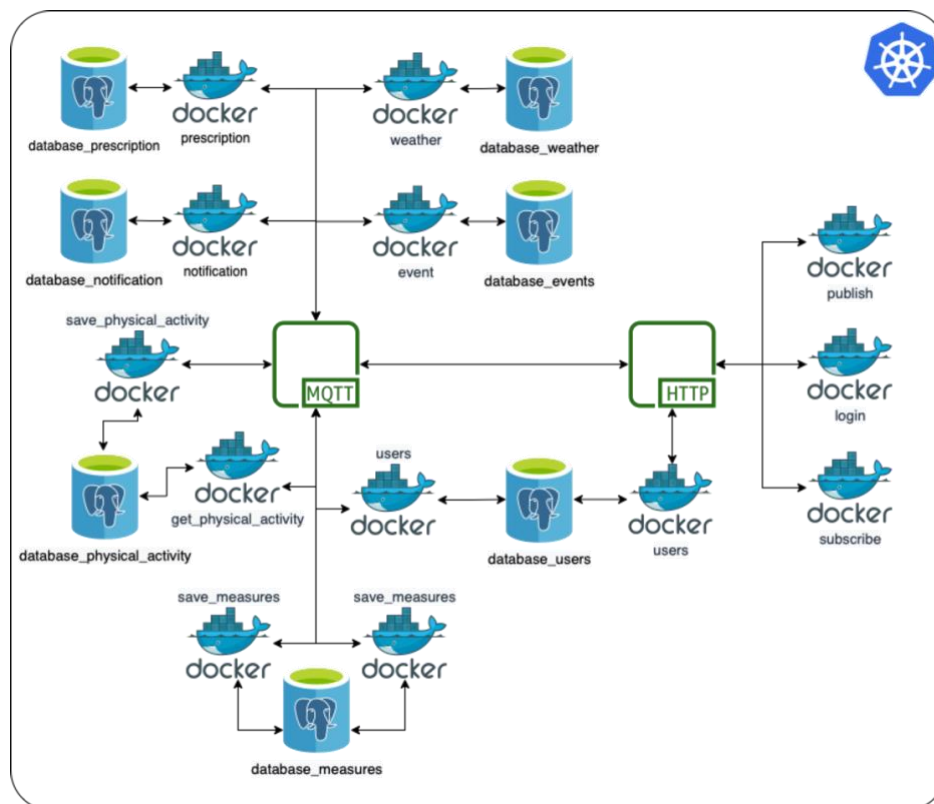


Figura 11 Diagrama lógico do *backend*

Como podemos observar na Figura 11, a arquitetura apresentada corre num cluster *kubernetes*, onde apenas expõe os serviços MQTTS e MQTT-WSS, este será o único ponto de entrada dos clientes para o *backend*.

O cluster contém dois servidores para dar suporte aos microserviços da plataforma:

- 1) PostgreSQL, para servir as bases de dados;
- 2) VerneMQ, que irá servir a camada de transporte via MQTTS e MQTT-WSS;

A abordagem de microserviços é uma tendência na atualidade, por ser altamente escalável permite otimizar o custo/performance, levando a uma diminuição do *minimum downtime* e o *time to recover*. Para além do referido anteriormente, usando um *cluster kubernetes* facilmente se faz *deploy* para máquinas *on-premises*, *cloud* ou em ambos.

Um microserviço é um pedaço de código *self contained* que contém um ciclo de desenvolvimento e de vida próprios, podendo ser *deployed*, escalado e atualizado independentemente, e embora independentes estes pertencem a uma aplicação onde têm que cumprir diretrizes. Cada micro serviço possui uma *interface* que permite que os clientes percebam como podem interagir como a aplicação, esta permite ainda atribuir estes pequenos serviços a equipas, ficando ao encargo das mesmas decidir a linguagem/abordagem que mais se adequa ao projeto e à própria equipa, permitindo assim uma elevada eficiência e a gestão de recursos económicos, físicos e humanos. (Pahl e Jamshidi 2016; Thönes 2015).

Retornando à observação da Figura 11, podemos verificar que o nome dos serviços não é algo consistente, uma vez que uns serviços começam com um verbo e outros não. Num momento inicial tinha-se como prática criar um serviço para cada interação que se pretendia fazer, por exemplo: *get*, *save*, *update*, como esta não se tratava de uma infraestrutura *functions-as-a-service* (FaaS), tornou-se algo complexo de manter pois havia código que era igual ou relativamente semelhante, nomeadamente modelos e alguns comportamentos, tais como, a conversão de cursores em objetos e de formato binário para objetos. No entanto, ao fim de algumas iterações mudou-se o conceito onde cada serviço trata das operações *create*, *read*, *update*, *delete* (CRUD), sendo desta forma mais fácil de manter. Os serviços que mantêm a nomenclatura antiga foram serviços que não sofreram alterações significativas como correções de pequenos erros, daí não terem sido ainda fundidos num único serviço.

5.2.2. Escolha das tecnologias

Este subcapítulo contempla o motivo da escolha das tecnologias envolvidas no *backend*, para ser mais perceptível a escolha de se usarem estas abordagens.

Kubernetes (k8s)

Kubernetes é um orquestrador *open-source*, inicialmente desenvolvido pela Google, este foi tornado publico em 2014, e rapidamente se tornou no maior projeto *open-source* do mundo.

O objetivo da Google foi desenvolver algo que colmatasse um dos maiores problemas que tinham, escalar os seus serviços espalhados por *datacenters* em tudo o mundo de forma eficiente, rápida e automática, sendo totalmente agnóstico ao tipo de serviço. Claramente algumas das vantagens são o facto de ofuscar a complexidade inerente à orquestração de *containers*, aumentando ao máximo o *up-time* e reduzindo ao mínimo o *down-time* e o *time-to-recover*. (Abdollahi Vayghan et al. 2019; Burns, Hightower, e Beda 2019).

O *k8s* permite dois tipos de *deployment*, *stateless* e *statefull*, dependendo do tipo de aplicação que seja orquestrada.

Idealmente um *cluster* de *k8s* foi pensado e otimizado para aplicações/serviços *stateless*, sendo estes mais fáceis de paralelizar, uma vez que não têm dependências, nem condições para existir mais que uma instância da mesma em simultâneo a cooperar, seja para redundância e/ou distribuição de carga.

No que se concerne às aplicações/serviços *statefull*, para haver redundância e/ou distribuição de carga é necessário todos conhecerem a existência uns dos outros, que seja definido quem é o primário e os secundários, que para isso terá de haver atenção numa abordagem mais cuidada e seletiva para quando for necessário escalar para cima ou para baixo.

Com base no exposto anteriormente, são evidentes as vantagens de se usar um servidor *k8s*, pois este é compatível com todos os sistemas operativos, sendo estes em ambiente *on-premises* ou *cloud*, podendo ainda se tirar partido de se poder implementar um ambiente híbrido.

Esta abordagem garante a resiliência dos serviços e microserviços *deployed*, sendo possível escalar verticalmente e horizontalmente, aumentando recursos na maior procura e maximizando a performance, ou diminuindo recursos nos momentos de menos procura e otimizando o custo.

As desvantagens prendem-se com a longa curva de aprendizagem inicial, bem como o seu custo inicial, como é sempre necessário o requisito ter, pelo menos, uma máquina virtual/física a correr para alojar o *control plane*.

Pressupondo que o projeto vai ter sucesso, este irá ter que suportar uma grande quantidade de dados de um número de utilizadores considerável, assim sendo, esta será a melhor abordagem uma vez que aumentando a procura é possível aumentar também as máquinas no *cluster* ou mesmo passar para um ambiente *cloud* sem grande esforço.

No projeto OnTRACK existem duas aplicações *statefull* de terceiros, o servidor de base de dados PostgreSQL e o servidor de MQTT VerneMQ. Além destes, existe também um serviço desenvolvido que também é *statefull*, o *mqtt-weather*, que é responsável por sincronizar com a base de dados os dados climatéricos com o serviço que os fornece, uma vez que a *free-tier* do serviço apenas deixa obter histórico dos últimos sete dias, neste caso a instância primária tem como tarefa além de responder aos pedidos, executar esta sincronização que ocorre de hora a hora.

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

O *message queuing telemetry transport* (MQTT), é um protocolo que foi concebido para o conceito denominado por *Internet of Things* (IoT), estes normalmente são pequenos dispositivos com apenas *kilobytes* memória RAM e processadores apenas com *kilohertz* ou modestos *megahertz* de frequência, com ligações à rede pouco fiáveis e bastantes limitadas em largura de banda e em *plafond* de dados que podem ser transmitidos, contudo estes nós sensoriais têm dados de valor a serem transmitidos.

Este protocolo é um protocolo de comunicação *machine-to-machine*, binário, bastante fiável, resiliente e em consumo de energia em comparação com outros protocolos.

Para além das aplicações em ambiente IoT, este sendo um protocolo eficiente na transmissão de dados e bidirecional está a começar a ser elegido para aplicações em sistemas correntes, como por exemplo a aplicação móvel Messenger do Facebook que usa este protocolo para o transporte de dados, assim como a Netflix que começou a usá-lo na sua infraestrutura recentemente como *control plane* da sua plataforma de gestão de dispositivos.(Chandeliya et al. 2020; De Caro et al. 2013; Karagiannis et al. 2015; Ma e Ahuja 2021, 2021; Serozhenko 2017; Vergara, Prihodko, e Nadjm-Tehrani 2013; Wang 2018).

Relativamente às vantagens deste protocolo binário, este permite otimizar o *payload* que é enviado para reduzir o consumo de dados, reduzir o consumo da bateria, é fiável com ligações menos estáveis, é bidirecional, permitindo ao servidor anunciar um novo estado sem intervenção do cliente e assim permitindo a comunicação em tempo real.

Em contrapartida, como desvantagens temos que, ao ser um protocolo binário, torna-se menos flexível do que se usarem formatos como JSON ou XML, porém ao usar estes formatos acaba-se por perder o foco deste protocolo, mensagens pequenas. Como a ligação é *statefull* e o contexto do utilizador está sempre a mudar, nomeadamente a ligação à internet, este obriga a ter mecanismos de religação e que mantenham a ligação aberta e o estado anterior tanto em servidor como no cliente, contudo, muito deste trabalho já é feito por omissão pelo servidor e pelo cliente.

No OnTRACK, a escolha deste protocolo prendeu-se maioritariamente pela maior eficiência de bateria e do consumo de dados.

Tratando-se de uma ligação *statefull* e tendo esta as suas desvantagens, elas são colmatadas por ser um protocolo com a instabilidade de rede prevista, em que os clientes deste tipo de protocolos já preveem os casos de religação em caso de perda de sinal. O cliente que é usado neste projeto é bastante avançado, inclusive faz *cache* dos *publishes* que são feitos, mesmo quando está desconectado, e quando a ligação estiver reestabelecida este envia-os automaticamente.

Relativamente ao consumo de dados, ao ser usado um formato binário este permite condensar bastante o volume de dados, podendo verificar-se num caso em particular, uma medida no modelo de dados em formato binário usa sempre 35 *bytes*, no caso de ser enviada mais que uma medida o tamanho passa a ser $35n$. Se for usado JSON *minified, payload*, o menor valor possível será de 137 *bytes*, e será acrescentado a este mais 2 *bytes*, por indicar um *array*, e ainda mais 1 *byte* adicional, por cada medida adicional, assim sendo, temos $2 + (n - 1) + (n * 137)$.

Deste modo é possível observar que por medida o formato binário é $3.91x$ menor que em JSON, assumindo que o utilizador utiliza a pulseira todo o dia, e visualizando apenas os batimentos cardíacos seria fácil recolher cerca de 26 000 medidas em 12 horas, portanto em binário isso significaria um *payload* de $26000 * 35 = 910000 B = 888,67 KB =$

0,86 MB, face em formato JSON *minified* seria de $2 + (26000 - 1) + (26000 * 137) = 3588001 B = 3503,91 KB = 3,42 MB$, cerca de 3,94x a mais.

Em suma, este é um método de *encoding* de dados mais otimizado em tamanho, não sendo necessárias dependências externas, é rápido ao fazer *encoding* e *decoding*, uma vez que não tem de ser interpretado nem validado, e pode muitas vezes ser paralelizado.

Neste caso de processamento de medidas, como cada uma tem sempre 35 bytes é possível paralelizar e não é necessário serem feitas de forma sequencial. Porém, este método de serialização vem com alguns contras, pois é pouco flexível, é menos legível e menos expressivo que as alternativas em textuais.

5.3. Aplicação Móvel

Neste capítulo são apresentados quatro subcapítulos:

5.3.1- será feita uma apresentação de um conjunto de *mockups* de baixa fidelidade, acompanhados de algumas *user stories* que visam exemplificar as interações mais frequentes que os utilizadores fariam pela aplicação;

5.3.2 - apresentação das mesmas *user stories*, no entanto com a adição do resultado final, e acompanhadas por vezes de explicações das razões que levaram ao não cumprimento dos *mockups*;

5.3.3 - onde serão focadas as escolhas de tecnologias, e o partido que se pode tirar delas para poder desenvolver uma aplicação que cumpra os requisitos, que seja de fácil manutenção e de escalar;

5.3.4 - explicação das integrações que foram necessárias serem feitas com serviços externos para se poder atingir de forma mais eficiente possível os objetivos.

5.3.1. Mockups

Com enfoque na observação da Figura 12, pretende-se executar a adição de uma nova medida manualmente.

O ecrã que está à esquerda é o ecrã principal, sendo o primeiro ecrã que o utilizador vê assim que tenha um login válido. No mesmo é apresentado o seu progresso face às recomendações

do profissional de saúde; logo abaixo temos duas métricas que poderão ser escolhidas pelo utilizador, que por defeito estes valores serão os valores de batimentos cardíacos e a SpO₂.

Na transição do primeiro para o segundo ecrã, podemos ver que ao interagir com o elemento “+”, este se expande e apresenta outras duas opções: adicionar manualmente uma medida (opção de cima) e começar uma nova AF (opção de baixo), quando o utilizador interage com o elemento do topo, é-lhe então apresentado o último ecrã.

Neste último ecrã é onde o utilizador indica qual a medida que pretende inserir e como pretende medi-la, isto porque em alguns casos podemos forçar a ir ao sensor e fazer a medição no momento em que o utilizador quer, caso escolha manual este deve inserir o valor e por fim deve gravar.

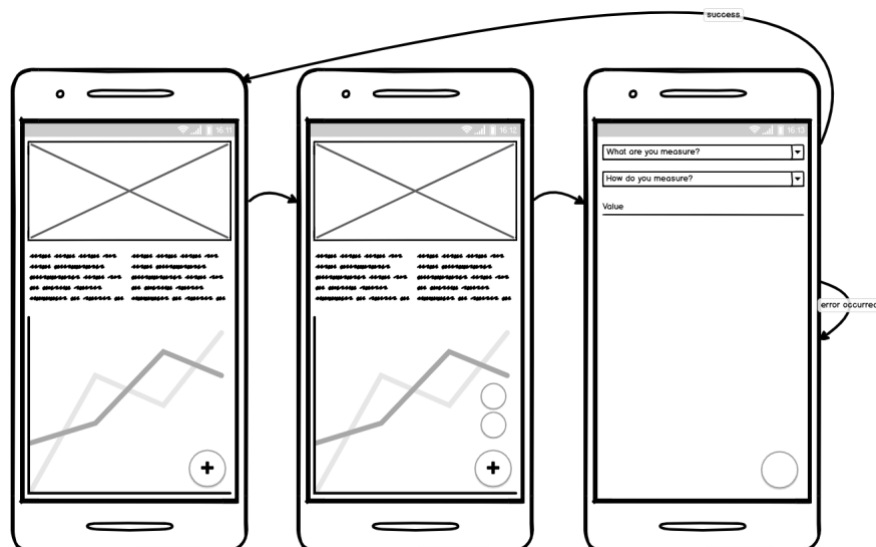


Figura 12 *Mockup* - Adicionar nova medida manualmente

Na Figura 13 pretende-se aceder a um tipo de medida em detalhe, podendo assim interagir com um gráfico para poder acompanhar a evolução.

O ecrã mais à esquerda é o ecrã principal, o ponto de entrada da aplicação, tal como referido acima o utilizador vai poder escolher duas medidas para estarem sempre presentes, portanto seguindo este fluxo pretendemos que o utilizador interaja com uma das medidas.

A aplicação irá abrir o ecrã mais à direita, onde poderá ver em cima o valor atual, o mínimo, e máximo; na parte de baixo, o utilizador poderá ainda interagir com um gráfico para poder ver a sua evolução ao longo do tempo.

O outro fluxo inicia-se com o utilizador no ecrã principal, este navega para o ecrã medidas (ao centro), onde lhe serão apresentadas todas as categorias das medidas recolhidas, com o nome, valor atual e unidade de medida.

O utilizador deve interagir com a medida que pretende consultar, por último será enviado para o último ecrã, e tal como no fluxo anterior poderá ter acesso às medidas registadas ao longo da utilização da aplicação.

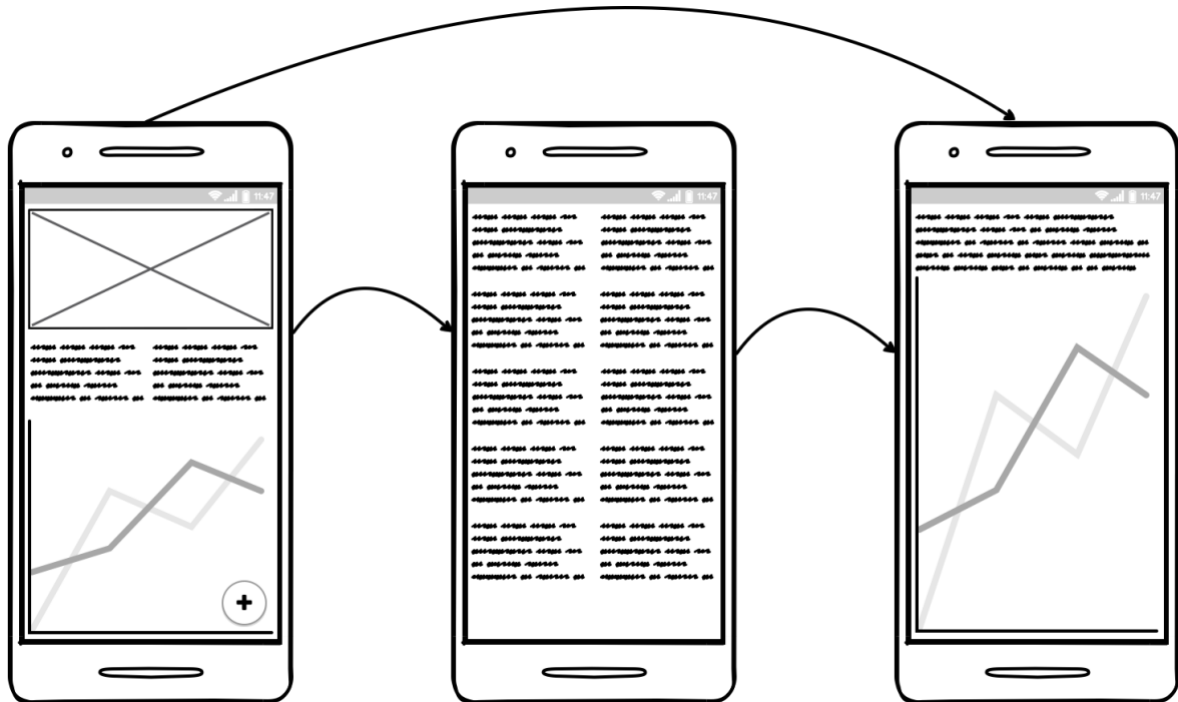


Figura 13 Aceder aos detalhes da medida

Na Figura 14 é demonstrado o fluxo que permite ao utilizador iniciar uma AF manualmente, tendo como ponto de partida o ecrã principal, o utilizador deverá interagir com o elemento “+”, este expande mais duas opções.

Das duas opções o utilizador deve escolher o elemento “▶”. Com esta opção é-lhe apresentado o 3º ecrã, sendo que neste ecrã o utilizador terá de selecionar qual a atividade física que pretende iniciar.

Por último, no 4º ecrã será apresentado ao utilizador um cronometro, e abaixo todas as medidas que estão a ser recolhidas do utilizador em tempo real.

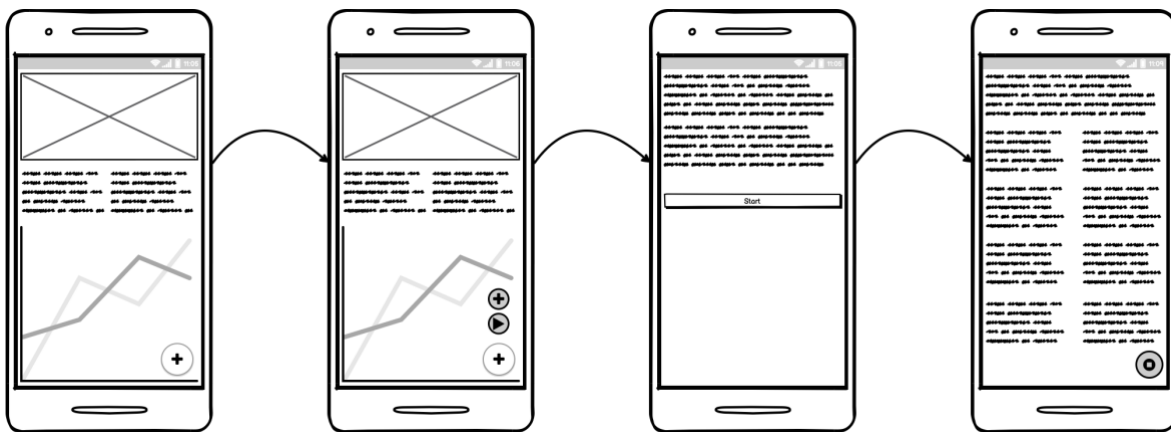


Figura 14 *Mockup* - Iniciar atividade física

5.3.2. Implementação

Com a apresentação dos mockups e de casos de uso mais comuns, irá ser apresentada a implementação visual dos *mockups* usando as *guidelines* de *Material Design*.



Figura 15 Implementação - Adicionar nova medida manualmente

Na Figura 15, podemos ver que o ecrã principal (à esquerda) manteve-se face ao que foi originalmente idealizado, com umas pequenas alterações, portanto este está dividido em duas partes:

1. A Prescrição, que engloba a apresentação aos utilizadores dos objetivos recomendados pelo profissional de saúde e o progresso dos mesmos. No caso apresentado na figura, o objetivo diário irá repor todos os dias, ou seja, no dia seguinte este irá ter 0/7500, enquanto num objetivo semanal irá repor todas as semanas, assim sendo, só na segunda-feira seguinte é que irá apresentar 0/150.
2. Na última parte, poderão consultar os dados climatéricos e a qualidade do ar para optar entre caminhar dentro ou fora de casa.
Está ainda em processo de desenvolvimento a obtenção de valores que poderão ajudar a refazer o algoritmo para que possa aconselhar melhor o utilizador a fazer atividade física dentro ou fora de casa.

O ecrã mais à direita da Figura 15, permite a visualização de como é possível recolher novas medidas manualmente. Tendo como pressuposto que o utilizador poderá ter algum equipamento que faça alguma recolha, mas que o mesmo não sincronize com a aplicação móvel, o utilizador poderá inserir manualmente as medidas de forma a ter todos os seus dados registados na aplicação, para isso terá apenas que selecionar que tipo de dados quer recolher, inserir o valor e qual a unidade.

Nesto caso de ser necessário inserir medidas manuais a aplicação já está preparada a ser utilizada por outros países que utilizem unidades de medida diferentes dos países europeus.

A parte que fazia referência às medidas fisiológicas foi retirada, uma vez que a equipa decidiu não dar muita ênfase nesta fase, pois estas podiam ser mal interpretadas e poderia dar uma ideia errada ao utilizador.

O elemento que expandia outras opções, também foi substituído por um que apenas permite ser uma opção com representação textual e simbólica.



Figura 16 Implementação - Aceder aos detalhes da medida

Dando seguimento ao referido anteriormente, na Figura 16 podemos observar que o ecrã do meio se manteve na sua essência, no entanto, foram feitas algumas alterações, sendo agora possível configurar a frequência e a data/instante temporal.

A frequência irá permitir mudar o aspeto dos gráficos, podendo ser consultados por dia e assim apresentados de hora a hora, ou consultados por semana e apresentados de dia a dia, e o utilizador poderá ainda consultá-los por mês e ser-lhe-ão apresentados de semana a semana.

Já a data/instante temporal permite que os dados apresentados sejam de acordo com o momento que o utilizador selecionou.

Adicionou-se também um seletor de separadores, permitindo ao utilizador navegar pelos diferentes históricos, medidas, atividade física e aos objetivos.

Por último, o ecrã da direita, da Figura 16, neste o utilizador consegue ver a sua progressão através de um gráfico, acompanhado abaixo com os valores que são mostrados no gráfico, como alternativa e/ou complementar ao gráfico.

O gráfico suporta ser interagido via gestos ou com os botões em cima, consoante o período temporal que o utilizador tenha no gráfico irão aparecer todas as entradas recolhidas em lista, esta última a pedido da equipa e numa fase mais final.

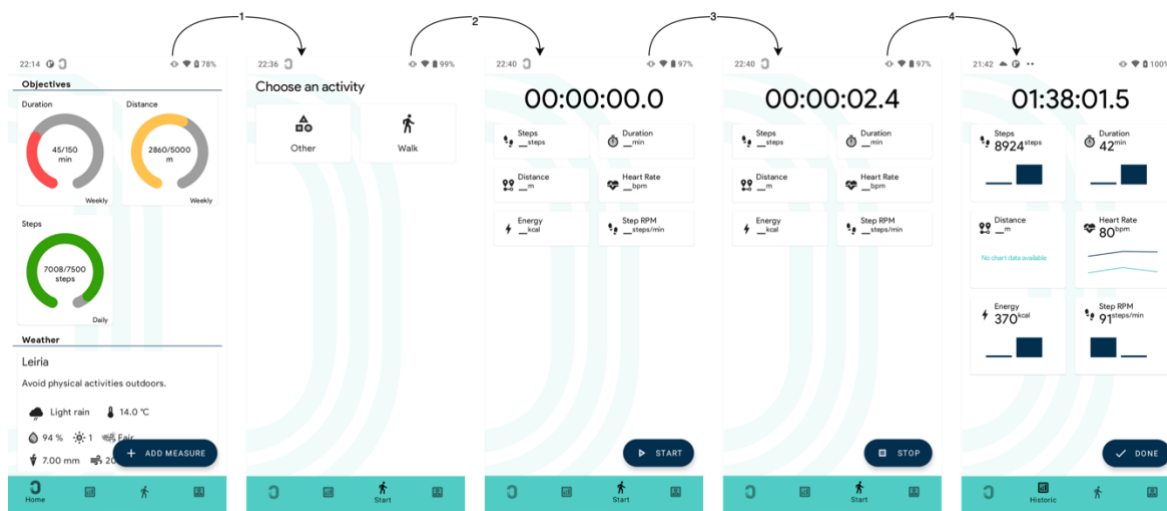


Figura 17 - Iniciar atividade física

O terceiro caso de uso, Figura 17, sofreu algumas alterações ao previsto, deixou de haver dois caminhos, passando apenas para um.

Com recurso à barra de navegação acedemos ao 4.º ícone, onde será apresentado o 2º ecrã onde o utilizador seleciona qual o tipo de atividade física que vai fazer.

Após este passo, ser-lhe-á apresentado o 3º ecrã, que fica pendente que o utilizador interaja com o iniciar, e só a partir desse momento é que a atividade física é iniciada. Este passo adicional foi inserido a pedido da equipa, uma vez que o utilizador possa só estar a configurar a aplicação e a preparar-se para ir fazer atividade física.

Por fim quando o utilizador pretender terminar a sua atividade, deverá selecionar o botão flutuante “?” que lhe irá apresentar gráficos com dados entre o início e o fim da sua atividade física.

5.3.3. Tecnologias

Atualmente, as aplicações podem ser classificadas com três categorias (Malavolta 2016):

1. **Aplicações nativas:** estes tipos de aplicações são compiladas em código de baixo nível, no caso de iOS, ou *bytecode* no caso do Android. Estas tiram partido de *API's* e/ou UI providenciados pelo sistema operativo.

As vantagens este tipo de aplicações são:

- Tirar proveito do *hardware* do equipamento (e.g.: GPU, *machine learning cores*, sensores, Bluetooth, entre outros);
- Serem distribuídas através das lojas de aplicações (App Store no caso de iOS e Google Play no caso de Android);
- Boa *discoverability* da aplicação;
- Providenciar *analytics*, *crash logs* e outros serviços *out-of-the-box*;
- Serem tendencialmente mais otimizadas no uso de recursos.

As suas desvantagens são:

- Um *code base* para cada plataforma;
- Os acessos às lojas de aplicações terem custos, no caso da App Store são US \$99 por ano, e em contrapartida na Google Play são US \$25 apenas uma vez (Apple 2022; Google 2022).

2. **Aplicações híbridas:** estas são aplicações divididas em UI e lógica de negócio. Tendencialmente a UI é desenvolvida em código nativo, ou a ferramenta tem a capacidade de *transpile*¹⁰ para elementos nativos, enquanto toda a lógica de negócio é desenvolvida na linguagem da *framework*, alguns exemplos mais usados são React Native, Ionic.

Vantagens desta abordagem:

- Um *code base* para várias plataformas;
- Conseguir-se obter muito do hardware do equipamento, embora mais de alto nível;
- Ser possível tirar partido das lojas de aplicações;
- Boa *discoverability* da aplicação;

¹⁰ *Transpile* é o processo de converter código fonte de uma linguagem de programação para outra, que sejam semelhantes. Sendo os artefactos *transpiled* que serão depois interpretados ou compilados.

-
- Providenciar *analytics*, *crash logs* e outros serviços *out-of-the-box*.

As desvantagens deste tipo de aplicações são:

- Perder-se algum controlo acerca do hardware, podendo ser especialmente mais difícil integrar com dispositivos Bluetooth ou outros componentes mais específicos;
- Serem tendencialmente mais pesados, em CPU, memória e bateria, uma vez que existe uma *bridge* entre a parte nativa e a parte comum;
- O acesso às lojas mais uma vez ser pago.

3. **Aplicações web:** este tipo de aplicações, também conhecidas por *progressive web app* (PWA), são desenvolvidas 100% em tecnologias web inclusive correm numa *sandbox* do *browser* que lhes dá um aspeto de aplicação ao invés de uma página web regular.

As suas vantagens são:

- Um *codebase* que permite abranger muito mais que dispositivos móveis;
- Tendo um browser recente e atualizado que suporte PWA, é possível correr a aplicação;
- Não haver necessidade de recorrer as lojas de aplicações, poupando no custo destas.

Desvantagens desta abordagem:

- Perde-se a *discoverability*, sendo que o utilizador terá de aceder à página web da aplicação primeiro;
- Perde-se todo o *analytics*, *crash logs out-of-the-box*, caso se pretenda é necessário que se implemente estes mecanismos;
- Embora esteja cada vez mais próximo de uma aplicação híbrida, continua-se dependente das *API's* que os *browsers* disponibilizam para aceder e tirar partido de algumas capacidades do hardware do equipamento;
- Ser difícil que a aplicação funcione e disponibilize as mesmas funcionalidades com *browsers* diferentes;

- Ser difícil garantir que o *design* da aplicação seja constante de *browser* para *browser* e de sistema operativo para sistema operativo;
- Não ser tão eficiente uma vez que é necessário um *browser* (outra aplicação) para correr a aplicação;
- Ser muito difícil paralelizar processamento para não bloquear a *thread* principal, uma vez que o *javascript* é *single-thread*, no entanto alguns esforços têm sido feitos para contornar este problema.

Com base nas vantagens e desvantagens apontadas, assim como nos requisitos (a aplicação necessita de correr em *background*, tem uma grande dependência de sensores, integrações via Bluetooth e lida com um fluxo grande de dados), podemos aferir que a opção mais adequada será avançar para o desenvolvimento de uma aplicação nativa.

Visto que a aplicação a desenvolver é para o ambiente Android e sendo esta nativa, será usada a linguagem de programação Kotlin, uma nova abordagem da Google ao Java. Kotlin é uma linguagem concisa (reduz muito o código *boilerplate*), segura (é *null safe*, *concurrent safe*) e interoperável (integra com código Java, Js, TS, Swift, C++ e Objective-C) (Kotlin 2020).

Além do uso desta nova linguagem, a aplicação segue todas as novas boas práticas do desenvolvimento Android, adotando todas as novas ferramentas e bibliotecas (Android Jetpack) disponibilizadas pela Google. Este conjunto de ferramentas e *API's* permitem usar menos *boilerplate*, ajuda a usar as melhores práticas e reduz a fragmentação e a complexidade (Google 2020a).

Neste projeto são usados alguns componentes do Jetpack, nomeadamente:

- **Compose:** a nova UI *toolkit* para Android, este novo sistema para o desenho de interfaces começou-se a integrar desde a fase alfa e está atualmente estável e pronto para produção. Este tem como base a expressividade de Kotlin, e permite à Google começar a transição de desassociar a componente UI do sistema operativo, permitindo que este se desenvolva independentemente da versão do sistema operativo;

- **Data binding:** este novo componente arquitetural permite que seja muito mais fácil acessar aos elementos da UI, sem ter que recorrer ao clássico `findViewById`, garantido também *type-safety* não necessitando fazer *cast*;
- **Fragment:** este componente UI, permite que a aplicação seja uma *single activity*, tirando assim partido do componente *Navigation*. Este componente permite que apenas uma parte do ecrã seja redesenhado, podendo personalizar as partes do ecrã que mudam e com que animação dando uma experiência mais imersiva;
- **Lifecycle:** este componente arquitetural permite que outros componentes conheçam o ciclo de vida das atividades e dos fragmentos, para que se possam ajustar os seus comportamentos;
- **Navigation:** é um componente arquitetural que permite simplificar a navegação quando se opta por *single activity*. Em Android, a navegação via fragmentos, é bastante trabalhosa e verbosa, existe muito estado e transições de estado para se gerir, bem como executar animações, passar dados entre fragmentos, entre outros. Além disso, a navegação não se prende apenas na interação no ecrã, é possível navegar através de *links* e *intents* do sistema ou outras aplicações, é este componente trata de todo esse esforço comum nas aplicações Android;
- **Preferences:** este componente é responsável por construir definições interativas e fáceis. As definições são UI, bastante comuns entre aplicações e normalmente não prendem muita a atenção do utilizador. Com este componente, basta especificar através de um XML e não é necessário gerir manualmente a recolha e persistência das definições, isto é feito automaticamente pelas *Preferences*.
- **Room:** este componente arquitetural na sua essência é um *object-relational mapping* (ORM) e sem grande esforço cria as bases de dados através do modelo de dados, consegue gerar todas as *querys* de inserir, apagar ou atualizar. Providencia também ferramentas para poder observar as alterações na base de dados em tempo real, assim como *lint* para as *querys*.

5.3.4. Integrações

No âmbito deste projeto recorrem-se a algumas integrações externas, no qual se englobam o *One Tap for Android*, *Google Fit API* e o *Garmin Health Companion SDK*.

A API *Google Sign In* permite que o utilizador proceda ao login com as suas credenciais Google, evitando assim que o utilizador tenha que criar uma nova conta para usar a aplicação do OnTRACK. Esta API facilita todo o processo, uma vez que é necessário o *token* de autenticação para usar as APIs do *Google Fit*.

Somando a estas vantagens, não é necessário o utilizador reintroduzir as credencias, necessitando apenas de “*one tap*” para fazer registo e login na aplicação; contribui para o *engagement* do utilizador com a aplicação, reduzindo assim a fricção no momento inicial do uso da aplicação uma vez que são pessoas tendencialmente com mais idade; remove também a “responsabilidade” do projeto gerir toda a infraestrutura de login, no entanto como desvantagem num futuro em que se irá suportar outras plataformas terá de se readaptar a plataforma para suportar outras formas de login. No caso do ecossistema Apple, é obrigatório ter o suporte ao *Apple Sign In*, portanto irá ser algo a ter em conta no futuro.

Tal como referido nos requisitos, havia itens que privilegiavam a recolha automática de dados, preferencialmente os fisiológicos, para ajudar na monitorização do doente.

Todo estudo e escolhas foram realizadas por volta de setembro de 2019, pelo que vai ser discutido remete para o período em epigrafe.

Os *wearables* com sistemas operativos tais como WearOS, WatchOS, Tizen for Wearables, GarminOS e FitbitOS, são os mais interessantes, pelo facto de se conseguir uma melhor experiência de utilização da aplicação, uma vez que exigem uma aplicação companheira, ou seja, era necessário desenvolver uma aplicação que fosse instalada nestes dispositivos.

Assim não só é possível providenciar uma melhor experiência ao utilizador, mas também ter mais controlo sobre simples coisas, tal como o que acontece aos dados quando o *smartphone* e o relógio não têm cobertura entre eles, vão-se sumarizar, guardam-se de forma independente, etc, no entanto isto requer mais esforço de desenvolvimento para mais uma aplicação.

Contudo o fator custo afasta o projeto deste tipo de dispositivos, uma vez que são equipamentos ascendem a valores acima dos 300 euros. Algo dispendioso a curto prazo para o projeto e a médio/longo prazo para os futuros utilizadores.

Em alternativa existem *wearables* mais conhecidos por *smartbands*, estes são muito mais simples e baratos, no entanto não é possível instalar aplicações. Para este efeito para ser possível recolher dados destes dispositivos é necessário que os fabricantes providenciem os *SDK* ou a documentação dos protocolos.

Só com o *SDK* e/ou documentação é possível comunicar com estes dispositivos e integrar com a aplicação para que seja permitido obter essa informação. Neste âmbito muito poucas marcas na altura disponibilizavam qualquer um destes, apenas a Garmin, a Xiaomi e a Amazfit possuíam qualquer uma das três opções acima.

A Xiaomi e a Amazfit possuíam integração com o Google Fit, e uma vez que já existe esta integração implementada, pode-se afirmar que a aplicação consegue recolher dados de bandas destas marcas.

Contudo o bloqueio que os Estados Unidos da América impuseram à Huawei (Gartenberg 2020), levantam a questão de que algo pode voltar a acontecer e perderíamos esta fonte de dados imprescindível, e além disso pode também deixar de haver interesse das marcas, Xiaomi e Amazfit, continuarem a suportar esta integração.

Tendo em conta o referido anteriormente, esta opção não era fiável para o projeto, pelo menos na sua fase inicial pois dependeríamos destes dados para o estudo que será mencionado mais à frente.

Dado que estão excluídos a grande parte dos fabricantes, resta a Garmin, que foram os únicos que providenciam um *SDK* que permite recolher dados em tempo real das suas *smartbands*. Esta marca também era das poucas que já possuía dois equipamentos com sensor de *PulseOx*, e por isso poderia ser uma parceria com muitos ganhos para o projeto, após a parceria estar estabelecida foi selecionado o dispositivo Garmin vivósmart4, pois este teria um custo aceitável para o projeto.

A desvantagem desta licença é o facto de a aplicação ter que incorporar código específico para que esta integração funcione, o que irá acarretar alguns problemas de estabilidade e

incompatibilidade de dependências, algo que se tentou mitigar criando um *wrapper* em volta do SDK e isolando-o num módulo próprio.

O *Google Fit API* é uma coleção de API's disponibilizada pela Google que tem como principal função ser um repositório de dados de saúde, fitness e bem-estar da aplicação Google Fit e aplicações de terceiros, que os utilizadores podem aceder de qualquer dispositivo.

Este incorpora algumas funcionalidades *out of the box*, dos quais os dados são sincronizados entre os vários dispositivos do utilizador (Google 2020b). De relevo para o projeto apenas se usa uma das sete existentes, a *Sensors API*.

As vantagens de usar esta API é permitir recolher os valores dos sensores em tempo real, quer sejam virtuais ou físicos, tirando partido do ecossistema que existe entre aplicações de terceiros, *wearables* e algoritmos, sendo desta forma possível extrair os mais variados dados sem ter que reimplementar *software* e/ou *hardware* personalizado.

As desvantagens das mesmas são a obrigação de usar o ecossistema Android, uma vez que ao ser feita uma recolha de dados de sensores no dispositivo este obriga o dispositivo a ter instalados os *Google Play Services*, sendo que neste caso os únicos dispositivos afetados seriam os equipamentos Huawei e Apple, porém o esforço de obter alguns dados implementando os algoritmos seria desnecessário nesta fase do projeto, uma vez que nesta fase irá apenas ser implementado para Android.

5.4. Aplicação Web

Neste capítulo serão abordados quatro subcapítulos:

No capítulo 5.4.1 será feita uma apresentação de um conjunto de *mockups* de baixa fidelidade, acompanhados de algumas *user stories* que visam exemplificar as interações mais frequentes que os utilizadores iram fazer pela aplicação.

No subcapítulo 5.4.2 serão apresentadas as mesmas *user stories*, mas agora com o resultado final, e acompanhado por vezes de explicações das razões que levaram ao não cumprimento dos *mockups*.

No subcapítulo 5.4.3 irão constar as escolhas de tecnologias, assim como da explicação do que se pode tirar delas para se poder desenvolver uma aplicação que cumpra os requisitos, e que seja de fácil manutenção e escalar.

Por fim, no subcapítulo 5.4.4, serão explicadas que integrações foram necessárias serem feitas com serviços externos para se poder atingir de forma mais eficiente possível os objetivos.

5.4.1. Mockups

Neste subcapítulo serão apresentados e explicados os mockups e as interações da aplicação web, e posteriormente será mostrado o resultado final da implementação dos *mockups*, que se encontra introduzido no capítulo abaixo.

No primeiro *mockup*, como podemos observar na Figura 18, apresentam-se a lista dos pacientes afetos apenas ao profissional de saúde que efetuou *login* na plataforma. Nesta fase ainda não havia uma ideia clara de que informação este ecrã deveria providenciar ao utilizador, para que de uma forma rápida e eficiente pudesse retirar conclusões relativamente ao nível de compromisso dos seus doentes. O *mockup* apresenta apenas o nome e email, no entanto como vamos ver mais à frente, este sofrerá algumas alterações.

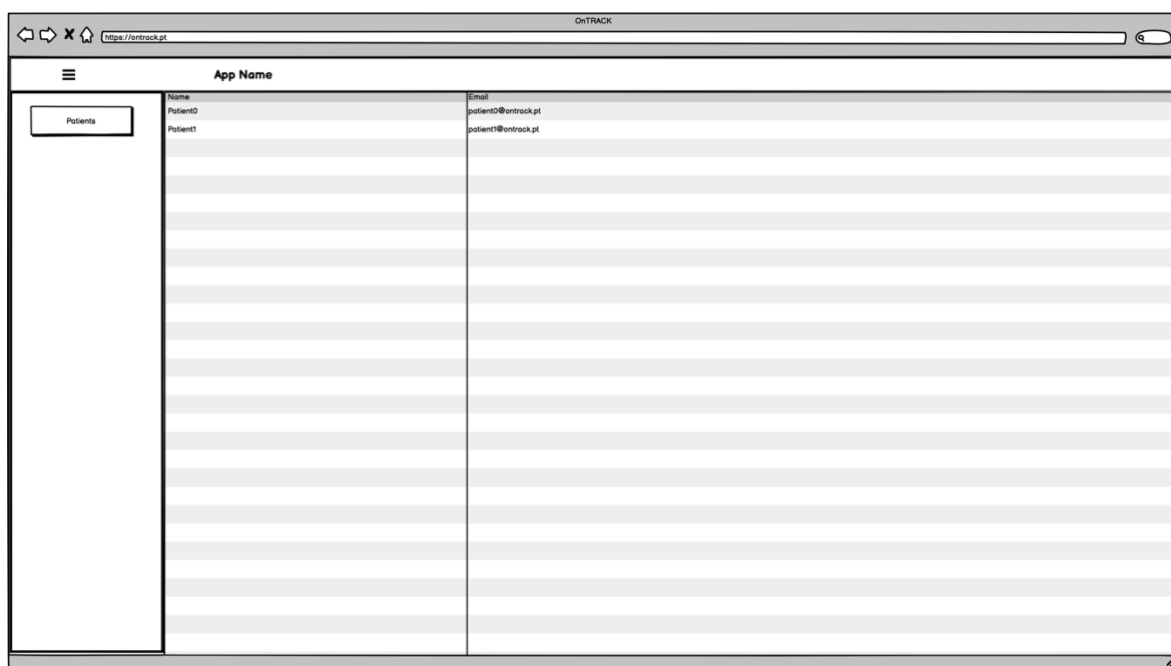


Figura 18 Mockup - Ecrã principal/Lista de pacientes

Nos próximos *mockups* que serão apresentados parte-se do pressuposto que o profissional de saúde tem sempre o mesmo paciente já selecionado, e que a sua navegação será sempre feita com recurso ao elemento que muda de separador.

Na Figura 19, são apresentadas as páginas de relatório e gráficos. Estas páginas inicialmente foram pré-concebidas através com o *input* da equipa como sendo separadas, pois o ecrã localizado à esquerda teria informação mais resumida, enquanto o da direita permitia ao profissional de saúde explorar com mais detalhe através de gráficos.

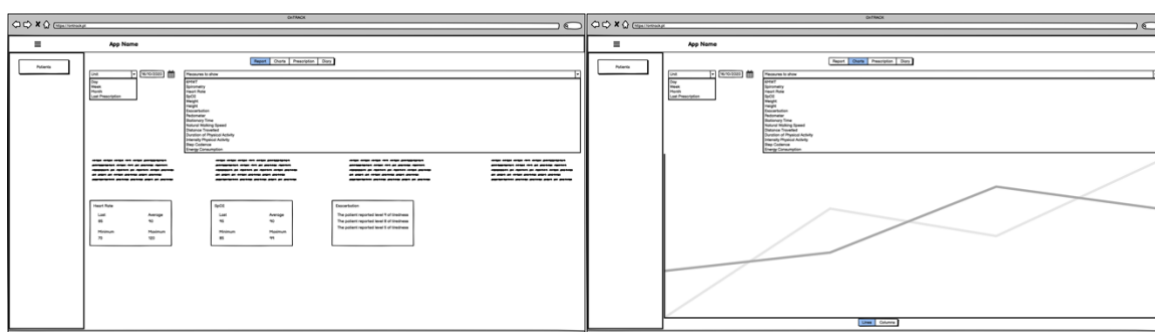


Figura 19 Mockup - Ecrã relatório e gráficos

Na Figura 20 é possível visualizar o ecrã de prescrições, onde o profissional de saúde pode estabelecer objetivos aos seus doentes criando um agrupamento de objetivos, este quando é

criado sobrepõem-se ao que foi criado anteriormente. Neste ecrã o profissional pode criar novos conjuntos de objetivos (parte superior), além de poder consultar o histórico de prescrições (parte inferior).

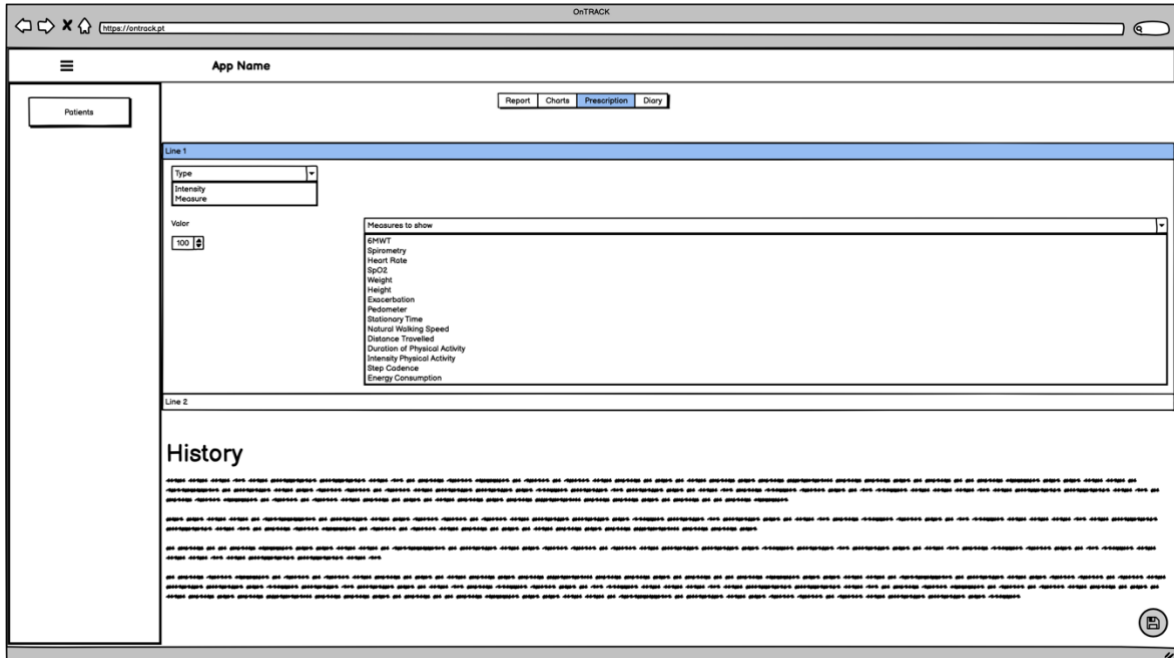


Figura 20 *Mockup* - Ecrã objetivos

5.4.2. Implementação

Neste capítulo será apresentado o resultado final da plataforma face aos *mockups* apresentados no subcapítulo 5.4.1, bem como alguns cuidados de *performance* que se foram tendo em consideração por se tratar de uma SPA.

Na Figura 21 podemos ver o resultado final relativo ao *Mockup* - Ecrã principal/Lista de pacientes, ao qual se juntou a foto de perfil de utilizador ao nome.

Uma funcionalidade nova é a existência de duas colunas, onde o profissional de saúde pode ver de forma mais eficiente se o utilizador está a usar a aplicação e qual o nível de cumprimento dos objetivos propostos pelo profissional de saúde, através de um esquema de cores: verde, amarelo, vermelho e ainda o cinzento (caso o doente não tenha um objetivo).

Para os intervalos de valores para cada cor, não existem na literatura intervalos propostos e por isso a equipa concordou em definir intervalos que com o decorrer do projeto serão afinados, caso seja necessário.

Os valores inicialmente propostos foram: $[1; 0,6]$ correspondente ao verde, $]0,4; 0,6]$ ao amarelo e $[0; 0,4]$ para o vermelho. Após serem observados alguns dados de teste na plataforma, a equipa considerou que os valores estavam desajustados da realidade e que deveriam ser alterados, passando a ser $[1; 0,9]$ para o verde, $[0,5; 0,9[$ para o amarelo e $[0; 0,5[$ para o vermelho.

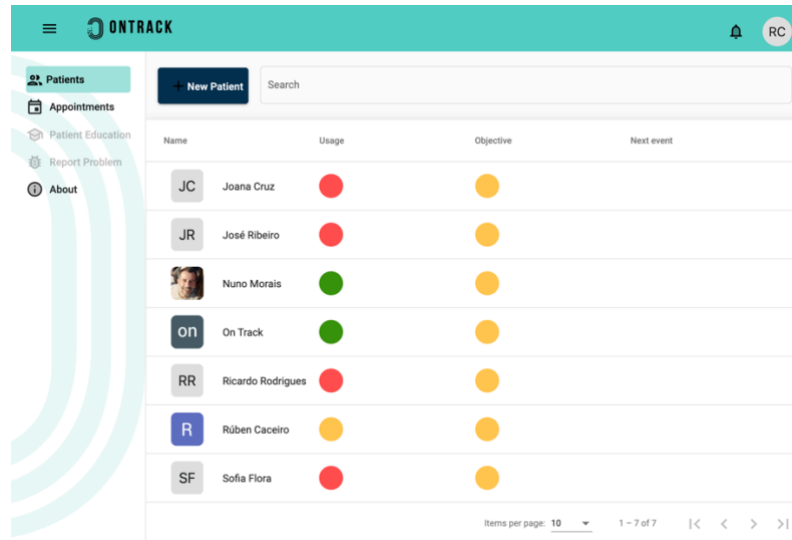


Figura 21 Implementação - Ecrã Principal/Lista de pacientes

Quando o profissional interage com a linha é-lhe apresentado o ecrã perfil do utilizador (Figura 21), este ecrã não estava contemplado nos *mockups* iniciais por ainda não se saber onde o colocar nem que informação iria conter. Este está logicamente dividido em duas partes, sendo que a primeira parte (cima) mostra e permite alterar os dados do paciente e na segunda parte (mais abaixo) serão apresentados e adicionados os dados clínicos do paciente.

The screenshot displays the 'ONTRACK' mobile application interface for a user named 'Rúben Caceiro'. The top navigation bar is teal with the 'ONTRACK' logo and a user profile icon 'RC'. Below the navigation bar, there are tabs for 'Rúben Caceiro', 'Summary', 'Goals', 'Diary', and 'Appointments'. The main content area is divided into two sections: 'Personal Information' and 'Clinical data'. The 'Personal Information' section includes fields for Health number (123456789), Name (Rúben Caceiro), Birth date (2/27/1995), Contact (914456056), and Email (caceiro.ruben@gmail.com). The 'Clinical data' section includes fields for Height (cm), Weight (kg), BMI, FEV1 (L), FEV1/FVC (L), FEV1 % foreseen (%), Degree, 6MWT (m), 6MWT foreseen (m), 6MWT % foreseen (%), Add comorbidity, N° exacerbations without hospitalization last year (x), N° exacerbations with hospitalization last year (x), CAT Score, and GOLD ABCD. A blue 'ADD MEASURE' button is located in the bottom right corner of the 'Clinical data' section.

Figura 22 Implementação - Perfil do utilizador

Como se pode observar durante a fase de desenvolvimento (Figura 23), acabaram por se juntar ambos os ecrãs, em parte porque alguns dados são mais fáceis de explicar com recurso a gráficos em vez de se usar texto ou outras abordagens.

O cartão “Cumprimentos de objetivos” mostra gráficos donut com a percentagem de cumprimentos dos últimos 7 dias, esta percentagem é calculada através da média por dia, por sua vez o gráfico “PA total” exhibe a média dos objetivos nos últimos 7 dias.

Ao interagir-mos com os gráficos *donut*, estes alteram os filtros do cartão de forma rápida e eficiente.

No cartão mais abaixo são mostrados gráficos de barras, um por cada objetivo, para que o profissional de saúde possa observar quando e quantas vezes o utilizador é mais ativo, para poder fazer os ajustes que pretender.

Os gráficos são manipulados através de um conjunto de filtros que permite mudar quais os gráficos que o utilizador quer consultar, mudar o instante temporal dos dados e qual a agregação temporal que quer estabelecer (por dia, semana ou mês).

Neste ecrã foram implementadas algumas otimizações ao nível do cálculo dos valores que são apresentados nos ecrãs da Figura 22 e da Figura 23. Como os dados estão em estado

bruto, uma vez que o utilizador pode seleccionar qualquer filtro, quando o mesmo parametrizar os filtros, os dados serão processados e os resultados persistidos em memória para quando o utilizador voltar a seleccionar os mesmos parâmetros nos filtros, os gráficos são criados de forma imediata, no entanto na primeira utilização pode demorar alguns segundos (por estar a processar).

Esta cache é persistida ao longo da vida da aplicação web, mesmo que outro doente seja seleccionado, pois pode haver necessidade de voltar a visitar o perfil do paciente. Como a aplicação é reativa mesmo quando chegam novos dados, estes entram na *pipeline* e são agregados nos filtros que foram previamente usados. Este último procedimento pode ser reavaliado, uma vez que se está a usar memória e CPU sem certeza de que o utilizador os reutilize.

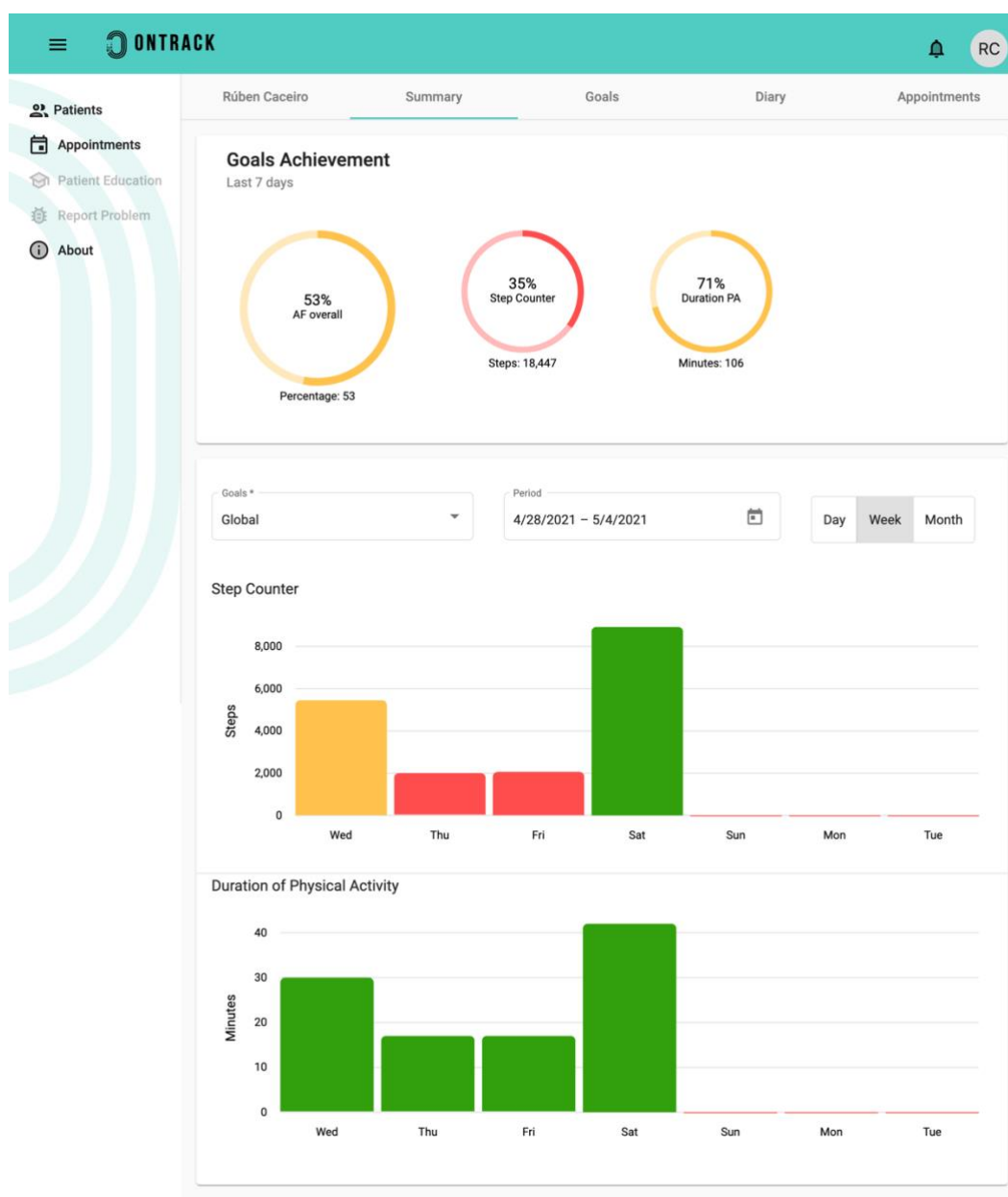


Figura 23 Implementação - Ecrã sumário

A Figura 24 mostra que o conceito inicial não foi alterado face à Figura 20, sendo este de modo geral do agrado da equipa, no entanto apresenta algumas alterações, pois a seleção do tipo de objetivo foi simplificado, em vez de ser de dois passos como estava pensado passou a ser apenas um. Foram também necessários mais alguns campos adicionais para ser mais fácil parametrizar o objetivo, e ajudar a aplicação móvel a monitorizar o utilizador bem como a fazê-lo perceber o quanto pode exigir dele.

The screenshot displays the 'ONTRACK' web application interface. The top navigation bar is teal with the 'ONTRACK' logo and a user profile icon labeled 'RC'. Below the navigation bar, the user's name 'Rúben Ceceiro' and the current page 'Goals' are visible. The main content area is titled 'New Goal' and contains a form for creating a new goal. The form includes a text input for 'Goal's title', three tabs for 'Duration PA', 'Step Counter', and 'Distance', and a row of buttons for 'Duration * Minutes', 'Daily', 'Weekly', 'Monthly', 'Light', 'Moderate', and 'Vigorous'. There is a text input for 'Add physical activity', four dropdown menus for 'Dyspnoea from', 'Dyspnoea to', 'Fatigue from', and 'Fatigue to', and a text area for 'Observations'. At the bottom of the form are 'Reset' and 'Save' buttons. Below the form is a 'History' section showing a list of goals, with the first entry dated '23/04/2021' and containing 'Objective 2: Moderate intensity 150 minutes/week' and 'Objective 1: 7500 steps/day'.

Figura 24 Implementação - Ecrã objetivos

5.4.3. Tecnologias

No contexto da página web, as tecnologias disponíveis são ainda mais abrangentes face a aplicações móveis. Há um grande conjunto de *frameworks* disponíveis, tendo cada uma as suas vantagens e desvantagens. Embora exista ainda uma quantidade de *frameworks* para o desenvolvimento de *single page applications* (SPA), as três mais populares são Angular, Vue e React.

Angular é uma *framework* criada em 2008 a 2009, como um projeto interno da Google, que consistia em ser uma ferramenta de feedback. Este projeto originalmente era em JAVA, usando a *Google web toolkit framework*.

Desde cedo se aperceberam que esta ferramenta era difícil para desenvolver e testar, pois para criar uma *tag* de HTML seria necessário fazê-lo em JAVA, compilando-a e transformando-a em HTML e Javascript. Foi então que dois funcionários desse projeto

propuseram uma alternativa, e aí surgiu o Angular.js e posteriormente o Angular (Saks 2019).

As vantagens desta framework são:

- Ser composta por módulos, sendo que cada módulo pode conter componentes, serviços, *pipes*, *providers*, entre outros. Isto permite dar as funcionalidades ao módulo;
- Ter injetor de dependências;
- Ser a mais fácil de escalar para grandes aplicações, devido à sua arquitetura;
- Ter muitos módulos e componentes no seu ecossistema, sem necessitar de tantos *plugins* de terceiros;
- Ser uma *framework* muito completa;
- Ser suportada pela Google;
- A equipa do OnTRACK ter experiência com esta *framework*.

As desvantagens prendem-se com:

- Ter uma curva de aprendizagem grande;
- Ser a *framework* mais complexa.

Vue é uma *framework* criada por Evan You, que trabalhou na Google e achou que o Angular para alguns casos era demasiado. Foi assim em 2014 decidiu partilhar o seu trabalho extraíndo do Angular os conceitos que mais o agradou e tornando o Vue uma biblioteca muito mais *easy-to-use* (Saks 2019).

As vantagens são:

- A sua complexidade ser muito menor (a base deste são componentes);
- Ser a *framework* de mais fácil aprendizagem;
- A comunidade ter vindo a desenvolver muitos *plugins* para esta *framework*;
- É ideal para pequenas/médias aplicações.

As desvantagens prendem-se com:

- Estar mais dependente de *plugins* de terceiros;
- Não ter injeção de dependências;

-
- Ser a mais difícil de escalar para grandes aplicações;
 - A equipa do OnTRACK ter pouca experiência com Vue.

React é uma biblioteca de Javascript para construir interfaces gráficas. Esta foi criada em 2011 por Jordan Walke que trabalhava na altura no *Facebook*. Neste momento este projeto é mantido na Facebook, sendo a biblioteca que estes usam.

Nas vantagens temos:

- Ser à base de componentes;
- Ser a mais popular;
- A que tem mais *plugins* de terceiros;
- Simples na sua curva de aprendizagem comparado com Angular.

As desvantagens:

- Curva de aprendizagem maior que o Vue;
- Não deter o estado, sendo necessário o recurso a alternativas tais como o Redux;
- Usar JSX, uma linguagem proprietária que mistura Javascript e HTML;
- Ser mais dependente de *plugins* de terceiros;
- A equipa do OnTRACK não ter qualquer experiência.

Em suma, com base no que foi detalhado acima, a escolha recaiu no uso da *framework* Angular pois é a mais capaz para projetos maiores e complexos, como é o caso do OnTRACK, esta *framework* tem a capacidade para escalar mais facilmente muito derivado à injeção de dependências.

Com a sua arquitetura base, é mais fácil de seguir as boas práticas, reaproveitar e ter um detalhe mais fino na configuração. Torna-se mais fácil guardar e propagar o estado entre os componentes, muitas vezes importante para evitar recalcular novamente os valores e assim otimizando a aplicação no geral.

A Google está constantemente a melhorar, tirando partido de outros serviços tais como SEO, entre outras ferramentas de *analytics*. Com o mencionado anteriormente, e adicionando o facto de a equipa já ter experiência, é removida a desvantagem da curva de aprendizagem.

5.4.4. Integrações

Sendo a página web algo que tenha um ambiente mais generalista e não tendo a necessidade de ter complexas integrações com o sistema onde corre, a única integração com serviços externos prendem-se pelo uso do serviço de autenticação Auth0, que como explicado no capítulo 5, remove a necessidade de desenvolver um login próprio, uma vez que este serviço é disponibilizado com um *free tier* que satisfaz bem as necessidades do projeto.

6. Verificação e Validação

O processo de verificação e validação da plataforma ocorreram em dois formatos, um deles era realizada todas as semanas na reunião com os vários elementos da equipa, no qual estes apresentavam as suas opiniões do trabalho executado e propunham alterações que eram necessárias.

O outro tipo de verificação e validação foi mais formal, através de testes de usabilidade, com um protocolo de testes, onde é pedido aos utilizadores para executarem tarefas e avaliarem a tarefa de uma escala de *Likert* de 5 pontos, deixando um comentário sobre a mesma, sendo este opcional.

Após o utilizador acabar de executar as tarefas é-lhe pedido para fazer uma apreciação global da aplicação, tendo como base a adaptação para português do *System Usability Scale* (SUS) (Martins et al. 2015), e também é permitido deixarem um comentário, sendo este opcional também.

Os testes de usabilidade, tal como o nome indica, servirem para testar a usabilidade de algo que tenha que ser operado por um utilizador, ferramentas e objetos tais como: carros, motas, utensílios de cozinha, *software*, etc. Usabilidade segundo (Nielsen 2012b) é um atributo de qualidade que avalia cinco componentes:

- **Aprendizagem**, nomeadamente quão fácil se aprende a usar e a perceber, e se o utilizador consegue executar tarefas básicas na primeira utilização;
- **Eficiência**, quão fácil é repetir as tarefas depois de conhecer o produto;
- **Memorável**, quão fácil é de relembrar o design após algum tempo sem contacto com o produto;
- **Erros**, quantos erros os utilizadores cometem ao utilizar, quão severos são e se conseguem recuperar facilmente;
- **Satisfação**, quão agradável é para o utilizador usar o produto.

Um teste de usabilidade, segundo (Moran 2019), é bastante popular como metodologia de investigação de UX e visa identificar problemas no design do produto, descobrir oportunidades de melhoria e aprender os gostos e comportamentos dos utilizadores.

De acordo com (Nielsen 2012a), um número de utilizadores aceitável, depende sempre do tipo de teste que é feito, no entanto para ser estatisticamente relevante deverá ter um mínimo de 20 utilizadores.

Em relação ao projeto, existiram dois momentos onde foram feitos testes de usabilidade, no primeiro em que foram feitos os testes internos aos elementos da equipa (subcapítulo 6.1) e posteriormente os testes feitos a pessoas externas à equipa (subcapítulo 6.2).

6.1. Testes de Usabilidade Internos

Os testes de usabilidade à equipa foram conduzidos após se ter cumprido uma *milestone* das aplicações, foi então decidido criar um protocolo de testes com fim a não só verificar o próprio protocolo, que seria usado mais tarde nos testes aos possíveis utilizadores, mas também para a equipa poder dar *feedback* (por escrito), no diz respeito ao resultado final. Com esta informação seria possível corrigir os problemas reportados e avançar para a fase final, que seriam então os testes externos à equipa.

O público-alvo destes testes são docentes doutorados, discentes de doutoramento e de mestrado e ainda, fisioterapeutas, na totalidade, a equipa era constituída na altura por oito elementos. Não tendo um impacto estatístico significativo, serviu apenas para recolher o *feedback* da equipa acerca das aplicações e do protocolo.

6.1.1. Aplicação móvel

Sendo o publico alvo os elementos da equipa que tinham acesso à aplicação e ao equipamento, não foi feita nenhuma *test bed*.

Os utilizadores que possuíam *smartphones Android* executaram nos seus dispositivos com as suas contas *Gmail*, em contrapartida, os utilizadores que não possuíam *Android*, mas já tinham uma conta *Google*, tiveram acesso ao equipamento do projeto para poderem fazer os testes.

Nestes utilizadores não existiu o facilitador, foram disponibilizadas as últimas versões das aplicações para executarem os testes num período de duas semanas, onde alguns não se limitaram apenas ao protocolo, mas também fizeram um uso mais prolongado para testar alguns elementos extra.

Os resultados dos testes foram preenchidos num *Google Forms*, uma forma mais segura e mais fácil de recolher, adequados ao contexto de pandemia.

As tarefas propostas para a aplicação móvel foram:

- Tarefa 1.** Efetue o login na aplicação com as suas credenciais, conta Google;
- Tarefa 2.** Verifique quantos minutos faltam para poder completar o objetivo;
- Tarefa 3.** Verifique qual o estado do tempo onde se encontra (concelho);
- Tarefa 4.** Verifique se já possui alguma banda emparelhada com a aplicação;
- Tarefa 5.** Caso não tenha nenhuma banda emparelhada, emparelhe a banda com a aplicação móvel;
- Tarefa 6.** Crie uma atividade física. Se quiser pode caminhar um pouco (caso não use banda da Garmin, coloque o telemóvel no bolso e caminhe durante 1 a 2 minutos);
- Tarefa 7.** Pare a atividade física;
- Tarefa 8.** Verifique os passos que fez entre os dias 27 de abril a 29 de abril;
- Tarefa 9.** Verifique quais os últimos valores fisiológicos (batimentos cardíacos e SpO2) recolhidos;
- Tarefa 10.** Verifique os seus dados pessoais;
- Tarefa 11.** Adicione um contacto aos seus contactos de emergência.

Na tarefa 1, através da visualização à Figura 25, percebemos que é unânime esta ser uma tarefa fácil de executar, existindo apenas um utilizador que reportou um valor mediano, que após o mestrando ler as suas observações percebeu o porquê da classificação, as razões apontadas por este utilizador foram:

1. O protocolo deveria de ter instruções sobre como obter, instalar e executar a aplicação.
 - A razão do protocolo não possuir estas instruções prende-se pelo facto de que quando forem feitos os testes a utilizadores externos à equipa este será um passo que será feito pelo facilitador, e não pelo utilizador.
2. A inclusão de uma pergunta sobre como correu o processo de descarregamento/instalação e obtenção da aplicação.
 - A justificação é relacionada com o ponto anterior.

3. Outro ponto referido, resumidamente, está relacionado com o modo escuro, em que o utilizador refere que o texto não é legível.

- Após uma análise, verificou-se que os *smartphones* Poco apresentam alguns problemas com o modo escuro, uma vez que uma colega do projeto também reportou o mesmo e possuía o equipamento da mesma marca. Numa fase inicial como os testes de usabilidade e o estudo que será feito, com os equipamentos que pertencem ao projeto, estes suportam o modo escuro sem problemas, assim este problema tentar-se-á ser resolvido numa fase posterior.

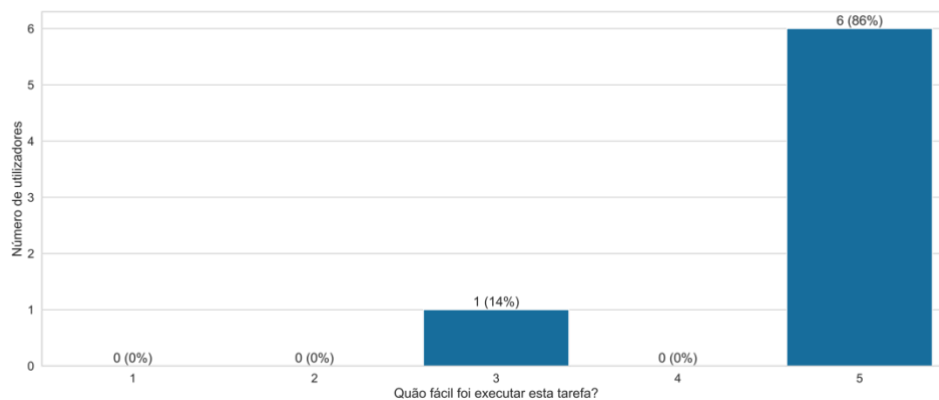


Figura 25 Tarefa 1 - Testes equipa

Na Tarefa 2, pela observação à Figura 26, podemos ver que as opiniões são bastante divergentes. Ao consultar as observações da coluna que representa o grau de facilidade 1:

1. Todos os utilizadores reportam que não apareceram os objetivos.
 - Ao ser feita uma análise, reparou-se que as pessoas em causa não tinham qualquer objetivo prescrito, daí lhes ser apresentado a mensagem de que “Não foram encontrados objetivos”.
2. Nesta tarefa também houve anotações relacionadas com o modo escuro.
 - Como referido acima, será algo corrigido numa fase posterior.

Referente à coluna com o grau que representa os graus de facilidade 3 e 5, não houve qualquer observação.

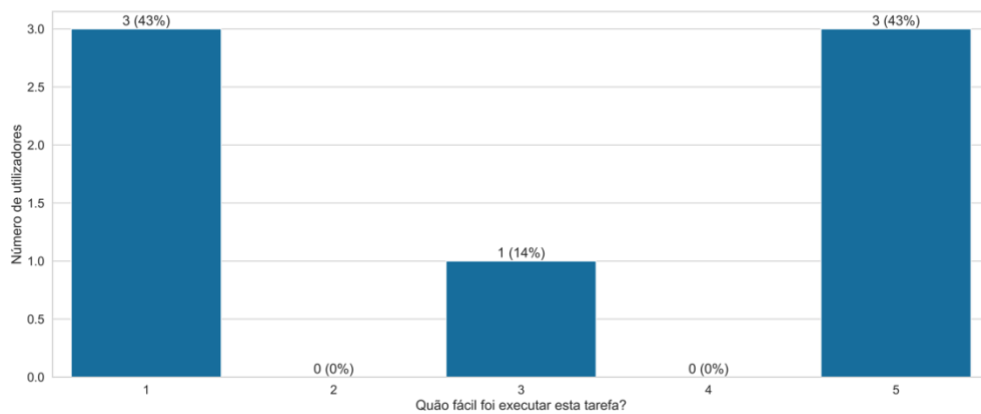


Figura 26 Tarefa 2 – Testes Equipa

Na Tarefa 3, como podemos observar pela Figura 27, houve opiniões bastante diversas, observando os comentários pode-se constatar que:

- Os intervenientes que classificaram a tarefa como difícil anotaram nas observações que não lhes tinha aparecido o tempo.
 - Constou-se que alguns não tinham dados as permissões suficientes, pois neste caso como a localização é usada num serviço em *background*, é necessário a partir do Android 10, explicitamente autorizar, mas o ecrã é algo dúbio, o que leva às pessoas a sair sem fazer a alteração. No entanto, para outros utilizadores ainda não se conseguiu dar resposta, pois o serviço usado pode não conter algumas localizações, podendo levar à ausência da apresentação de dados.

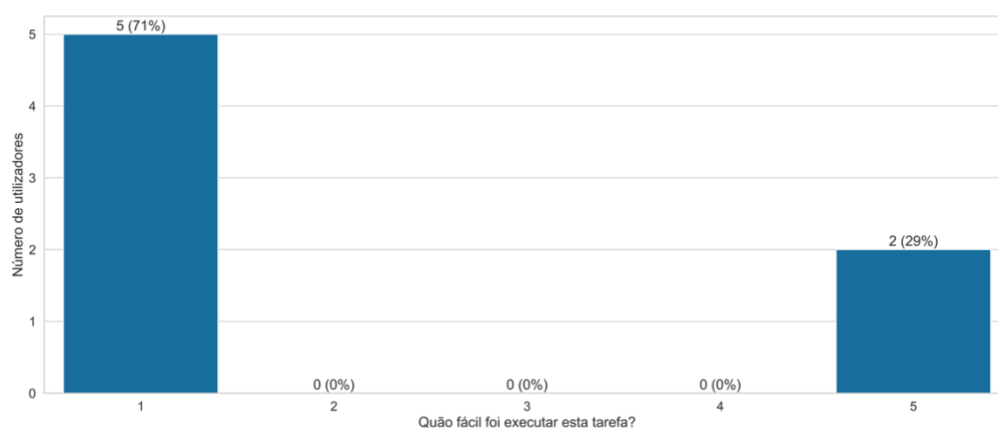


Figura 27 Tarefa 3 - Testes equipa

Na Tarefa 4, através da visualização à Figura 28 e, claramente não se conseguiu passar a ideia do que se pretendia, uma vez que 3 pessoas colocaram que tinham banda para executar

a tarefa, no entanto, na Figura 29 obtivemos 5 respostas, sendo por isso alvo de reformulação no protocolo final.

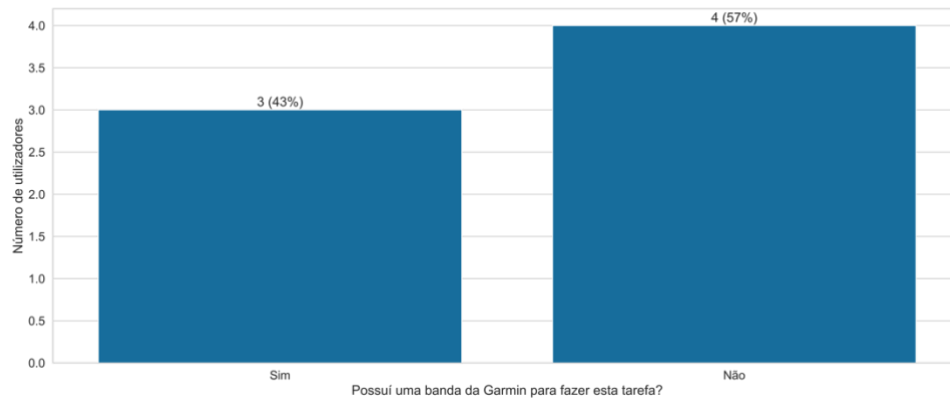


Figura 28 Tarefa 4 - Se possui equipamento - Testes equipa

Focando na Figura 29, houve a seguinte observação no utilizador que votou o grau de facilidade 4:

1. Um utilizador sugeriu que o botão, “dispositivos externos” poderia estar em “Perfil > Outros”, mas não é difícil de encontrar.
 - Aproveitou-se a sugestão do utilizador e alterou-se assim a localização do botão que abre o ecrã de emparelhamento com a banda.
2. Outro utilizador disse que não tinha o equipamento e não votou, no entanto sugeriu que se podia ter a indicação do estado da pulseira (emparelhado/desemparelhado) e interagindo com esse elemento o utilizador seria levado para o ecrã de emparelhamento.
3. O utilizador que selecionou o grau de facilidade 1, e tinha efetivamente a banda, escreveu a seguinte observação: *“não tenho banda emparelhada, mas só se responder 'sim' a esta questão é que consigo passar para a tarefa de 'emparelhar banda'”*.
 - Esta afirmação leva a deduzir que este utilizador não compreendeu a tarefa.
4. Os demais comentários salientaram que a banda não aparece, no entanto, apenas um utilizador supostamente teria a banda, no entanto após o *feedback* adicionou-se uma mensagem para a pessoa ativar o Bluetooth, caso este se encontre desligado para prevenir esquecimentos ou desconhecimento de que o Bluetooth se encontra desligado.

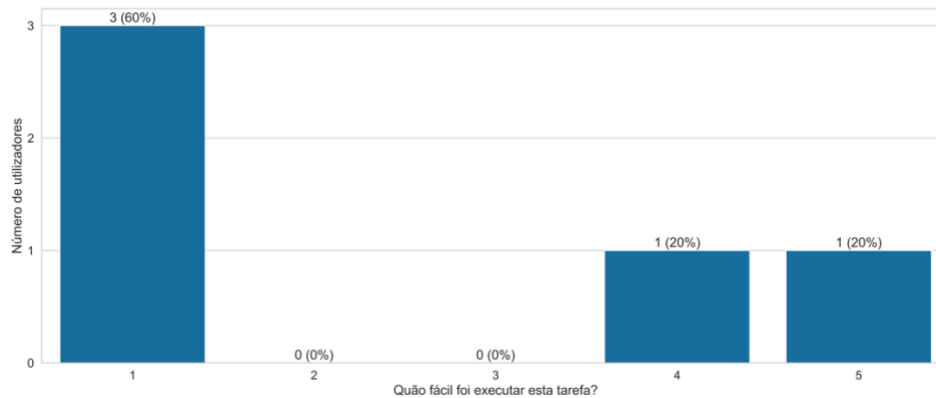


Figura 29 Tarefa 4 - Linkert - Testes equipa

A tarefa 5, dependente da anterior, só aparece a quem responde “Sim”, e a Figura 30 reflete mesmo isso, existem apenas três registos, o utilizador que selecionou o grau de facilidade 5 na tarefa anterior reforçou igualmente o seu 5 também nesta tarefa.

O interveniente que respondeu 4 na tarefa 4, por algum motivo respondeu 1 nesta tarefa, não deixando nenhum comentário, não tornando claro o que correria mal para si nesta tarefa. O outro utilizador que pontuou com o grau de facilidade 1, deixou algumas observações, referindo que:

1. Só ter conseguido realizar esta tarefa por já ter visto o caminho, e referiu não ter conseguido emparelhar a banda.

Reforçou também a demora da pesquisa dos dispositivos ser lenta e relatou alguns problemas com a aplicação levando ao seu fecho inesperado.

No entanto, deixou também algumas sugestões, nomeadamente de revisão do caminho para chegar à funcionalidade, ter uma opção para desemparelhar a banda e um caminho para voltar a trás, depois do emparelhamento.

- Esta última sugestão revela que provavelmente o utilizador não está familiarizado com o sistema Android, com esta dúvida foi algo a ter em conta a ser melhorado no protocolo final, onde se pergunta à pessoa que sistema costuma usar.

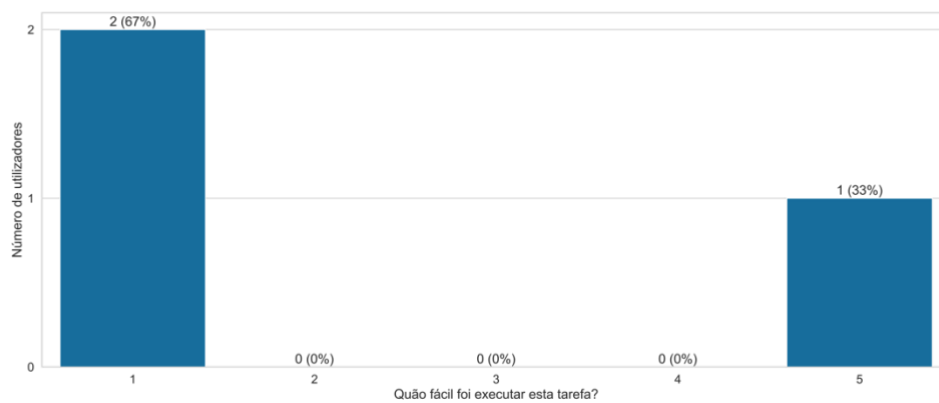


Figura 30 Tarefa 5 - Testes equipa

Na Tarefa 6, pela Figura 31, podemos ver que quase a totalidade dos utilizadores achou acessível as tarefas, no entanto, existem ainda dois utilizadores que mostraram alguma dificuldade, sendo que a única observação feita foi que não sabia onde se iniciava a atividade física, se nas ‘medidas’ ou em ‘monitorizar treino’.

Houve ainda dois comentários de utilizadores que votaram o grau de facilidade 4 e 5, respetivamente:

1. Apontou que haviam dados que não eram mostrados ou eram mal calculados.
 - Precedeu-se a uma ratificação dos algoritmos para tentar resolver o problema.
2. O outro utilizador indica que testou com o *smartphone* no bolso e na mão, e que lhe foram apresentados valores diferentes.
 - O que se mostra verdade segundo (Cruz, Brooks, e Marques 2016), que analisou quais as melhores posições para se ter um pedómetro.

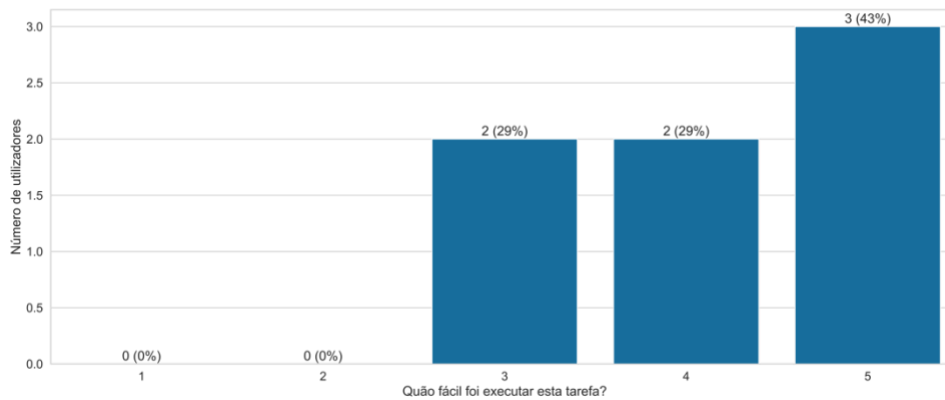


Figura 31 Tarefa 6 – Testes equipa

Na Tarefa 7, analisando a Figura 32, verificou-se que praticamente todas as pessoas conseguiram completar com sucesso e de forma fácil a tarefa, no entanto, os utilizadores que votaram o grau de facilidade 5 referam que:

1. O símbolo de parar poderia ser maior.
 - Ao seguir as *Guidelines de Material Design*, as medidas são as *standard*, quando o utilizador aumenta o tamanho da letra isso vai-se refletir no botão, daí ser prudente manter os tamanhos regulamentares.
2. Parou antes de chegar a esta tarefa, pelo que deveria de se fundir com a anterior e que esta deveria ser substituída.
 - Ao analisar o ecrã quando se pára uma atividade, decidiu-se seguir esta opinião tendo sido integrada na versão seguinte do protocolo.

O utilizador que votou no grau de facilidade 3, apenas refere que:

3. O menu necessita de ser mais claro.
 - Uma vez que este comentário partiu da mesma pessoa que manifestou dificuldades na tarefa anterior, procedeu-se à reformulação dos menus.

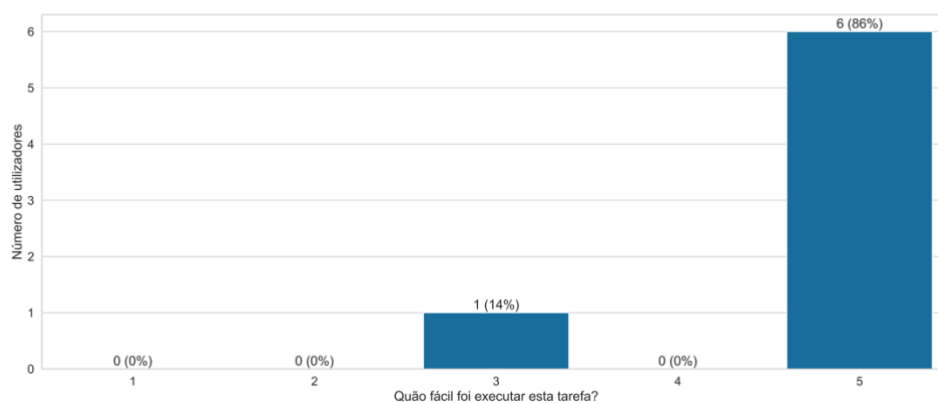


Figura 32 Tarefa 7 - Testes Equipa

Na Tarefa 8, com base na Figura 33, verifica-se que apenas dois utilizadores foram da opinião que a tarefa foi fácil de executar, as observações foram:

1. Não ser intuitivo encontrar o ecrã que iria mostrar a informação;
2. Vários utilizadores reportaram que a aplicação teve um erro inesperado e se fechou, ou de não encontrar dados;
3. Um utilizador demonstrou a dificuldade em encontrar o ecrã, mas elogiou a interação com o gráfico ser possível através de gestos e através da utilização dos botões.

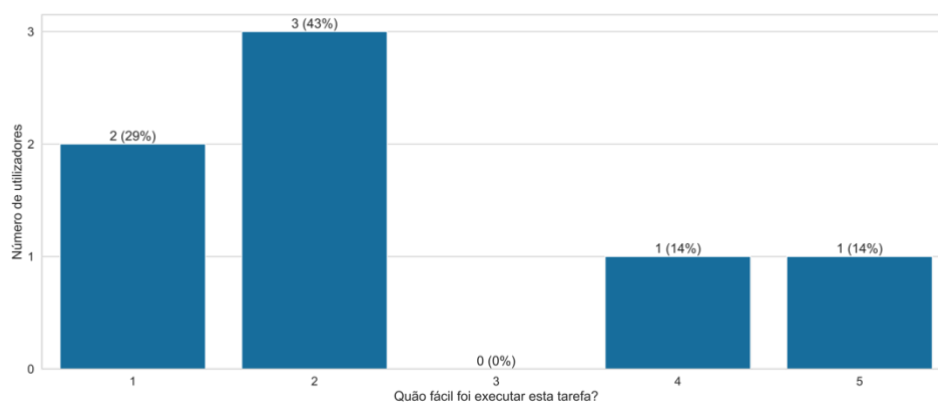


Figura 33 Tarefa 8 - Testes equipa

Na Tarefa 9, como podemos observar pela Figura 34, existe aqui uma maioria de utilizadores que considerou fácil executar esta tarefa, no entanto houve alguns que a consideraram muito difícil. Ao analisar os comentários feitos pelos utilizadores:

1. Os que votaram 1, referiram todos que não tinham banda nem dados acerca de dados fisiológicos;

2. Um utilizador que deduziu onde podia estar caso tivesse estes dados, estando a sua dedução correta;
3. Um dos utilizadores que votou 4, refere que esteve perdido e que lhe foi difícil encontrar o ecrã certo.

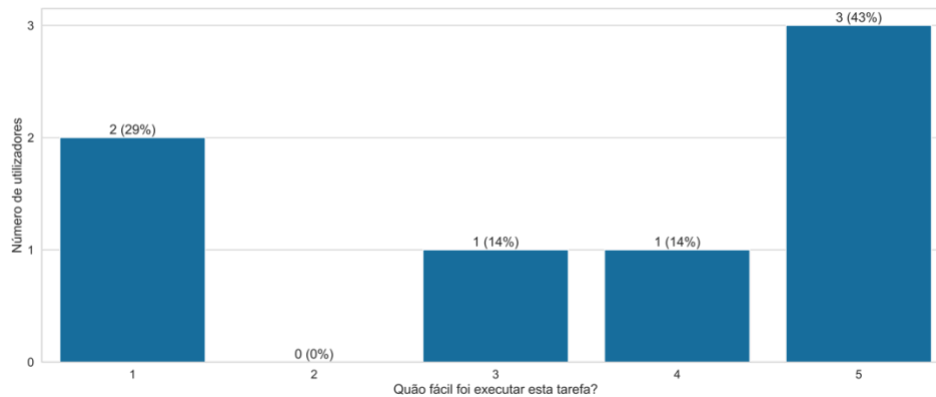


Figura 34 Tarefa 9 – Testes equipa

Na Tarefa 10, pelo gráfico da Figura 35, foi possível deduzir que a tarefa na sua generalidade foi fácil de executar pela equipa, em que apenas dois elementos deram uma pontuação menor que 5. Pelas observações podemos verificar que apenas os elementos que atribuíram pontuação menor que 5 foram os únicos que deixaram observações na sua generalidade a pedir mais funcionalidades e a reportar algumas dúvidas, uma das observações pede que lhe seja permitido editar os campos que são apresentados, o outro comentário refere que:

- A aplicação ainda apresentava alguma instabilidade fechando com um erro crítico;
- Questionou como fazia *logout* da aplicação;
- Questionou o porquê de os botões terem uma cor cinzenta. Uma vez que existem elementos do OnTRACK com daltonismo, e penso que tenha sido o caso, após a verificação do comentário deste utilizador, confirmou-se que as letras tinham a cor principal do projeto, verde-água.
- Questionou também como poderia editar os seus dados pessoais na aplicação.

A algumas questões foram dadas uma respostas de forma rápida e outras ainda estão para ser adicionadas.

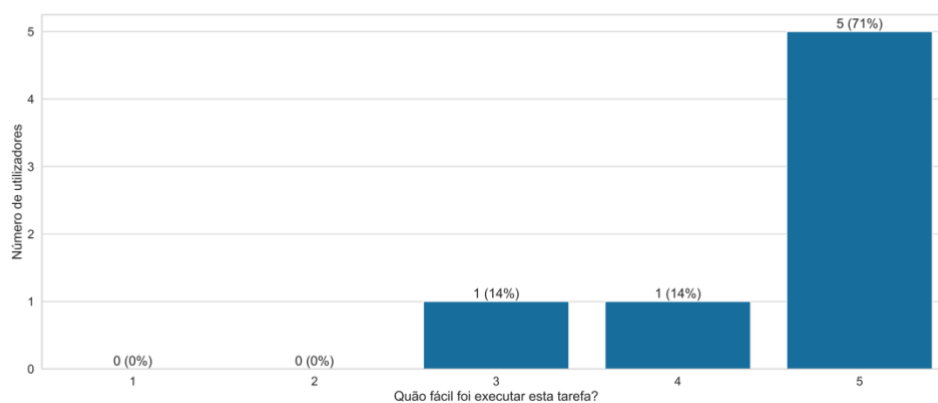


Figura 35 Tarefa 10 - Testes equipa

A tarefa 11, no gráfico da Figura 36, mostra que apenas duas pessoas acharam fácil a tarefa e os restantes utilizadores acharam-na extremamente difícil. Ao olhar para as observações, o mestrando apercebeu-se que os utilizadores negaram o acesso aos contactos do *smartphone*, e, por conseguinte, a aplicação encerrava inesperadamente, este problema foi rapidamente corrigido.

Uma outra nota foi de que o utilizador queria poder inserir um contacto que não estivesse na lista.

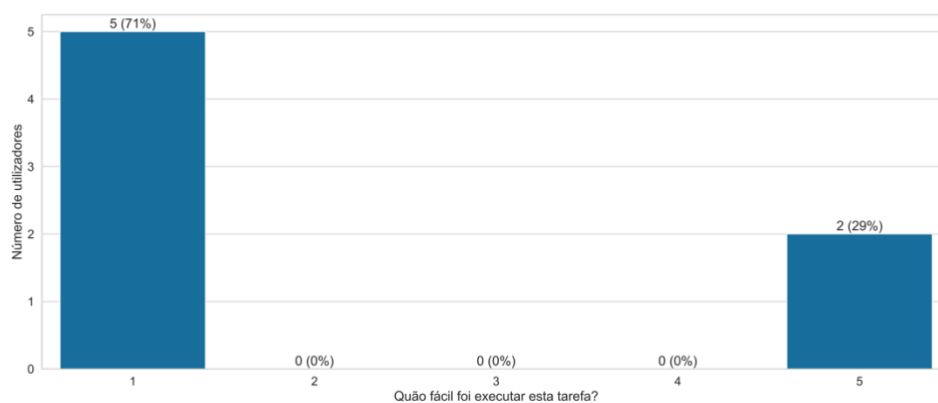


Figura 36 Tarefa 11 - Testes equipa

Para concluir a análise aos testes internos (elementos da equipa), no que se concerne à aplicação móvel, podemos observar através dos gráficos da Figura 37 que de uma forma geral, a *performance* em termos de usabilidade da aplicação móvel está mediana, não tendo na maioria dos casos uma *interface* demasiado difícil, também não se apresenta muito

intuitiva, pois para algumas funcionalidades são necessárias instruções ou formação para os utilizadores saberem usar e compreender.

É de ressaltar que não houve nenhuma intervenção de um designer de aplicações, tendo a equipa apenas linhas gerais do que é considerado uma *interface* acessível, e nenhum elemento da equipa tinha particularmente à vontade que se podasse providenciar um *look & feel* mais intuitivo.

Toda a iconografia é providenciada via iniciativas *open-source*, ou sem direitos de autor, pelo que nem sempre é possível ter os ícones mais sugestivos e com a mesma filosofia entre eles, sendo estes alguns pormenores que limitam a perceção do utilizador.

Além disso, a aplicação ainda apresenta algumas instabilidades, levando a fechos inesperados ou a alguns ecrãs menos responsivos, o que leva ao utilizador a considerar difícil a tarefa, uma vez que pode ser levado a pensar que o erro foi do próprio.

Focando apenas em alguns gráficos, é de que salientar que mais de 50% dos utilizadores afirma que a aplicação foi fácil de utilizar, não necessitando de um técnico para ajudar a usar a aplicação, não acha a aplicação difícil e que não teve que aprender muito antes de a utilizar.

No entanto, ainda houve casos onde os utilizadores dispersam as suas opiniões, tais como:

- Considerarem a aplicação mais complexa que o necessário;
- Considerarem as funcionalidades bem integradas;
- Acharem que a aplicação tem muitas inconsistências;
- Supor que será fácil outros utilizadores aprenderem a usar a aplicação;
- Sentirem-se confortáveis a utilizar a aplicação.

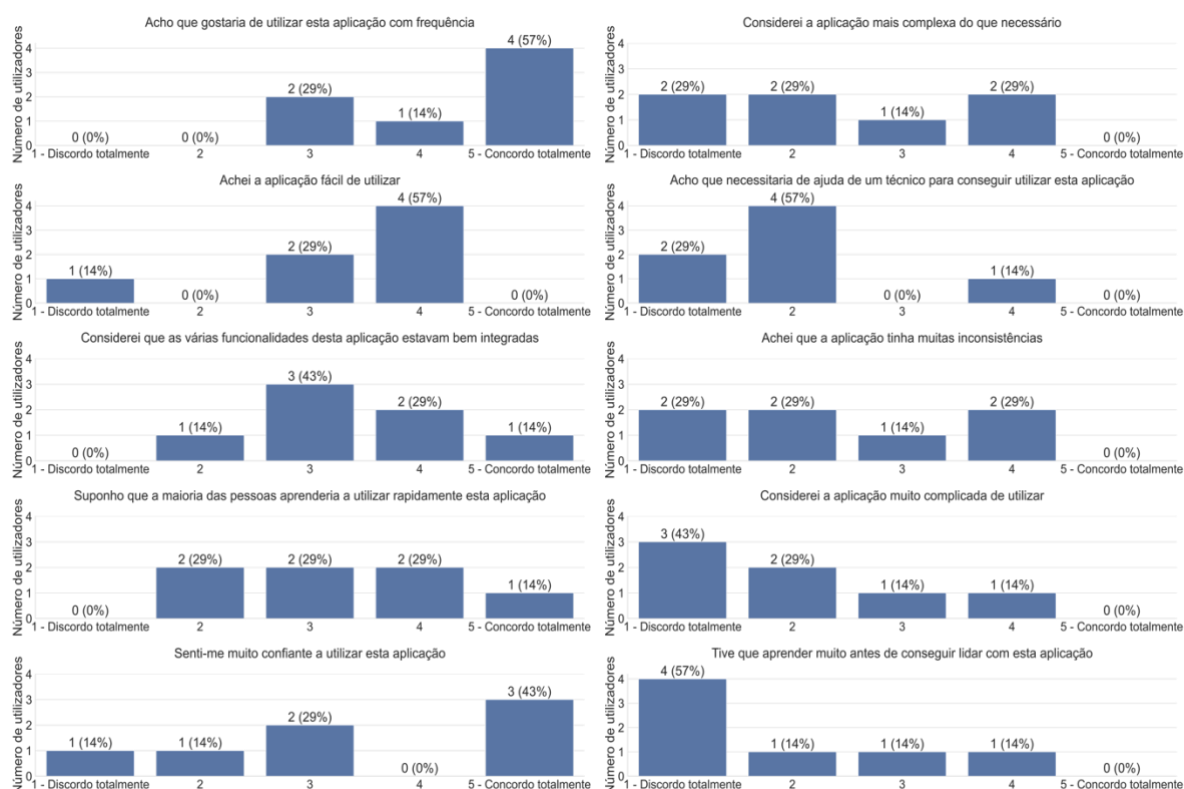


Figura 37 Apresiasião global - Aplicação móvel - Testes equipa

6.1.2. Aplicação web

No caso dos testes à aplicação web, foi preparado uma *test-bed*, um conjunto de conta de utilizador com um *dataset* inserido no sistema. Foi dada à equipa as mesmas duas semanas para poderem fazer todos os testes pertinentes, alãem do protocolo para poder contribuir de uma forma mais completa.

As tarefas propostas para a aplicação web foram:

- Efetue o login na plataforma com o utilizador “ontrack@ipleiria.pt” e a senha “ontrack”;
- Verifique quais dos seus doentes tãem usado a aplicação;
- Verifique quais dos seus doentes tãem completado os objetivos propostos nos últimos 7 dias;
- Abra a ficha do doente “On Track”;
- Verifique se o doente cumpriu os objetivos que lhe foram estabelecidos;
- Verifique no dia 24 de abril qual o momento do dia em que o doente foi mais ativo fisicamente;

- Verifique na semana de 24 de abril a 30 de abril qual(quais) o(s) dia(s) da semana em que o doente foi mais ativo fisicamente,
- Consulte o último objetivo prescrito para esse doente.

Na Tarefa 1, através da observação à Figura 38, podemos deduzir que a tarefa de efetuar login, foi unanimemente fácil de executar e não será algo que o utilizador se irá sentir perdido. Nesta tarefa não foram feitas quais quer observações.

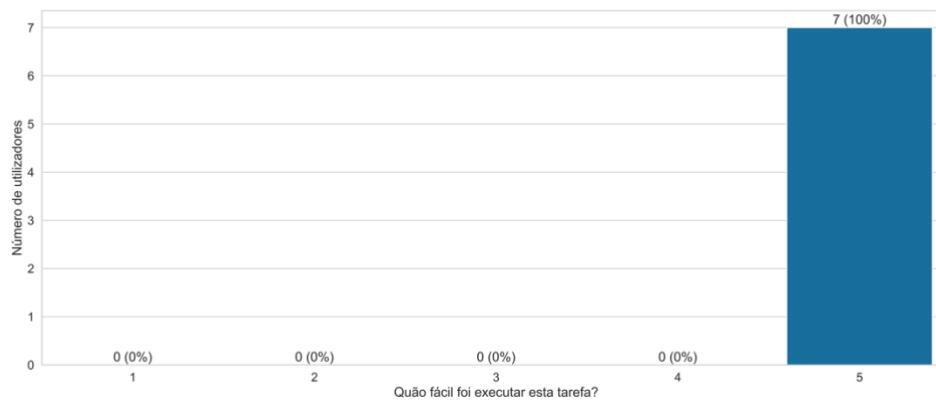


Figura 38 Tarefa 1 - Aplicação web - Testes equipa

Com base na Tarefa 2, correspondente à Figura 39, podemos afirmar que à semelhança da tarefa anterior, esta foi simples e intuitiva de atingir o seu objetivo. No entanto, já houve algumas preocupações:

1. O utilizador que votou no grau de facilidade 4 advertiu que, sendo daltónico só conseguiu concluir a tarefa por ter usado *tooltips*.
 - Como já foi algo referido acima, estará no trabalho futuro, uma vez que não é fácil a integração em gráficos e alguns elementos que são fornecidos por terceiros.
2. Foi também proposta uma melhoria na informação que aparece na *tooltip*.
 - Esta sugestão foi rapidamente executada.

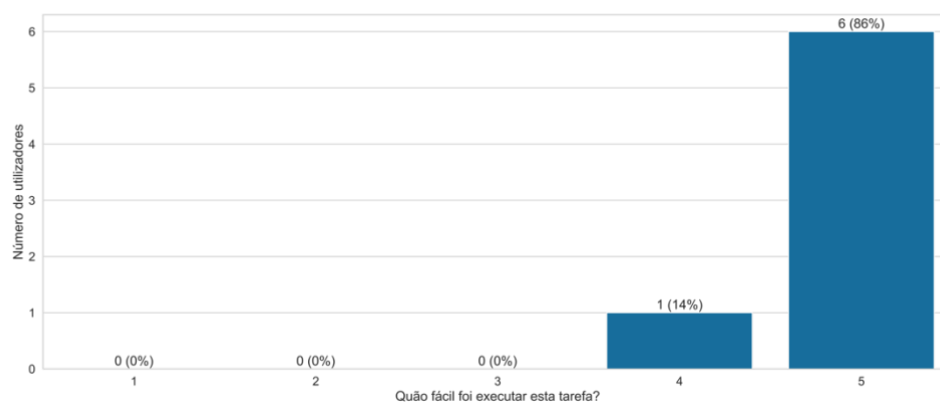


Figura 39 Tarefa 2 - Aplicação web - Testes equipa

Na Tarefa 3, pela Figura 40, podemos observar que tal como na tarefa 1, houve consenso na dificuldade na tarefa, tendo os intervenientes conseguido executar facilmente a mesma. No entanto, foram deixadas duas observações:

1. Melhorar a legenda que explica quais os intervalos para cada cor, principalmente nas fronteiras, como por exemplo: os 90% se pertenceriam ao amarelo ou ao verde.
2. Dúvidas da utilidade da coluna de “próximo evento”, uma vez que a coluna estava vazia.
 - Esta coluna servirá de recurso para o profissional de saúde, quando este quiser marca algo com o doente, a coluna irá aparecer para lembrar o profissional.

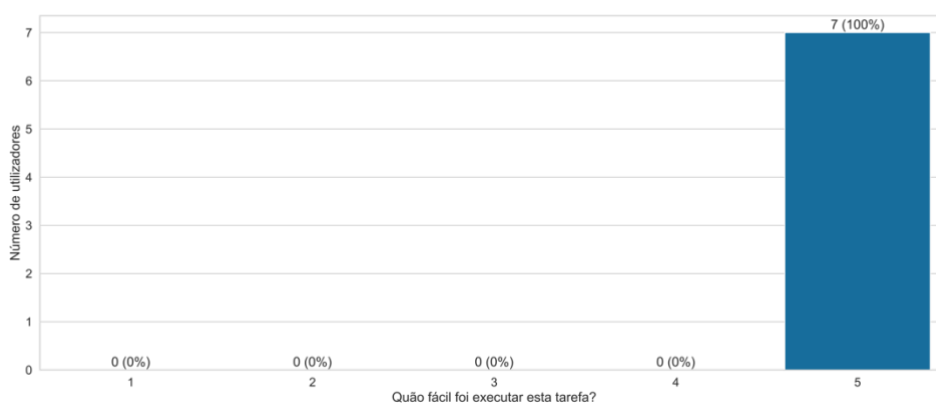


Figura 40 Tarefa 3 - Aplicação web - Testes equipa

Na Tarefa 4, pela Figura 41, mostra-nos que mais uma vez a equipa concordou com a facilidade em concluir a tarefa, no entanto, não unanimemente, pois o utilizador que votou no grau de facilidade 4 deixou uma observação que deixou alguns reparos:

- Não ficou claro o que se pretendia por “ficha do doente”;
- Na ficha de caracterização existe uma maneira de guardar a informação editada, no entanto, não existe uma forma para cancelar;
- O texto “Grau” deve ser “Grau GOLD 1-4”, além de haver forma de o profissional de saúde conseguir identificar a fonte do algoritmo usado;
- Nas Comorbilidades deve aparecer a opção “outro” e o profissional deve especificar nas observações;
- Inexistência do campo mMRC.

Uma vez que se tratava de pormenores, foi dada uma resposta num curto espaço de tempo.

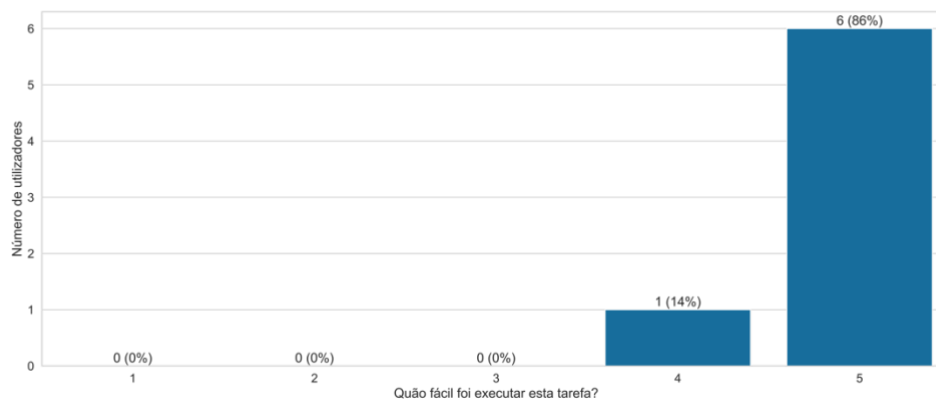


Figura 41 Tarefa 4 - Aplicação web - Testes equipa

Em relação à Tarefa 5, pela Figura 42, os utilizadores mostraram opiniões mais diversas, no entanto podemos afirmar que na generalidade é uma tarefa fácil de concluir, contudo, praticamente todos os intervenientes deixaram uma observação:

As principais observações feitas foram:

1. Cinco dos utilizadores mostram alguma dúvida entre ir ao separador “Objetivos” e “Resumo”, sugerindo que se mudasse o nome.
 - Inicialmente usava-se o termo “Prescrição”, no entanto, a nível clínico o prescrever algo não pode ser feito por qualquer profissional de saúde e a equipa

teria receio de usar essa palavra, trocou-se então por “objetivos”, no entanto, este cria alguma confusão, porém ainda não se encontrou uma melhor palavra para o efeito.

2. Referiu ter ido ao separador resumo onde estava tudo a 0%, que seria melhor ter dados de teste.
 - Neste caso, o facto de não possuir dados preenchidos prendeu-se pelo facto de que como era uma conta partilhada, alguém testou a prescrição de objetivos num momento relativamente próximo ao teste deste utilizador.

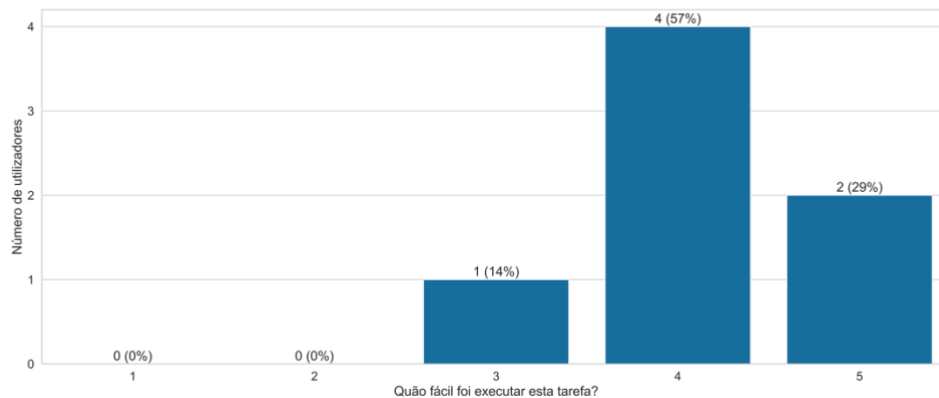


Figura 42 Tarefa 5 - Aplicação web - Testes equipa

Na Tarefa 6, através da observação à Figura 43, esta mostra semelhanças à maioria dos gráficos já apresentados, onde os utilizadores de certa forma concordam com a facilidade da tarefa. No entanto deixam observações para melhoria:

1. O calendário poderia ter o dia com uma cor que indicasse os dias em que o doente não fez AF.
 - Esta observação embora sendo exequível, não é algo fácil de ser feito sem ter perdas de *performance* e é algo complexo de fazer no calendário, embora este o permita fazer, são necessários alguns passos difíceis de conseguir, por isso foi selecionado com trabalho futuro.
2. Falta informação na página que de certa forma relembre quais são os objetivos para poder olhar para os dados e perceber quão distante ficou o doente do cumprimento.

- Este ponto foi satisfeito tendo se arranjado uma solução para mostrar quais os objetivos pretendidos;
3. A ordem das tarefas 6 e 7 serem trocadas.
 - Esta observação também foi rapidamente satisfeita.
 4. Reescrever a explicação de como o objetivo global é calculado.
 - Este também foi revisto e atualizado.
 5. Se a seleção de um dia ou uma semana não poderia ser feita diretamente no calendário em vez de se ter que pré-selecionar dia, semana ou mês.
 - Não seria possível pois seria muito complexo de implementar por ser um componente de terceiros. Em primeiro lugar, a seleção de apenas 1 dia ou 1 intervalo são diferentes a nível de interação, se fosse algo se diga trivial, ou mais acessível certamente a Google já o teria implementado, tendo este tipo de empresas recursos humanos e financeiros.
 6. Foram apresentadas algumas dúvidas entre selecionar dia, semana ou mês.
 7. Foram reportadas duas observações sobre a confusão que causava quando selecionam “Global”, ou quando selecionam os objetivos, todos mudar para “Global”.
 - Este comportamento é algo visto em muitos outros sistemas quando selecionamos as opções todas abrevia para “Tudo” ou “Todas”, uma vez que o componente não consegue acomodar todos os itens enumerados numa linha sem encurtar.

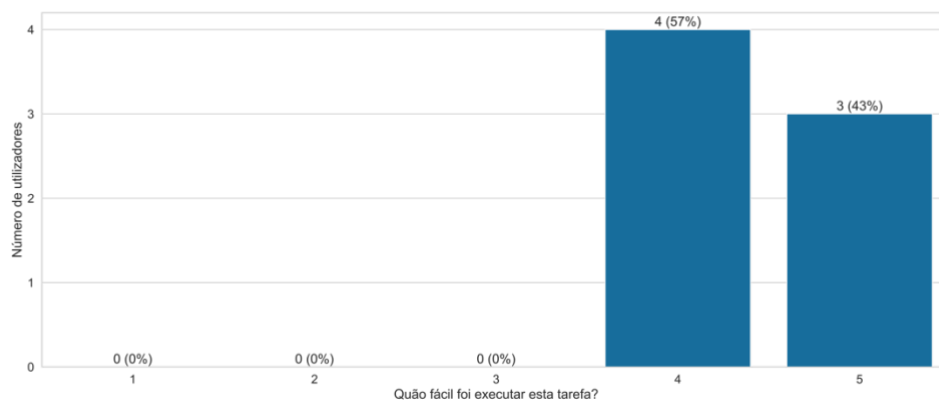


Figura 43 Tarefa 6 - Aplicação web - Testes equipa

Na Tarefa 7, através da observação à Figura 44, podemos observar que comparativamente à tarefa anterior, sendo estas muito similares, é normal que haja o fator de aprendizagem em jogo mostra que ao contrário da tarefa 6, os utilizadores acharam um bocado mais acessível, no entanto, deixaram algumas observações:

1. Há semelhança de uma observação, existe confusão na seleção de todos os itens e o “Global” fica auto selecionado.
 - É um comportamento que terá que ser revisto a médio prazo para melhorar a UX deste componente;
2. Não há correspondência entre o dia e o dia da semana.
 - Sendo uma alteração fácil, foi lhe dada resposta rapidamente.
3. Não se percebe bem porque o gráfico aparece verde, amarelo ou vermelho.
 - Foi uma observação que causou estranheza ao mestrando, uma vez que foram as funcionalidades mais pedidas que simbolizou algum esforço considerável de desenvolvimento, uma vez que os gráficos não têm este comportamento e foi aprovado pela equipa antes destes testes.
4. Intuitivo e informação apresentada de forma clara.
 - Uma observação que mostra que este utilizador percebeu e compreendeu a interface que lhe foi apresentada.

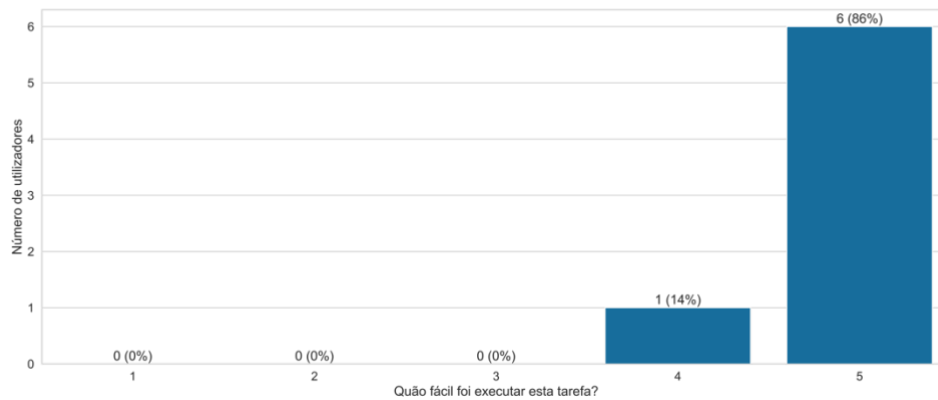


Figura 44 Tarefa 7 - Aplicação web - Testes equipa

A Tarefa 8, correspondente à Figura 45, foi muito similar à tarefa anterior, pois os utilizadores consideraram fácil atingir os objetivos da tarefa, contudo existiram algumas dúvidas:

1. Diferenças entre ir ao separador “Objetivos” ou “Diário”.
2. Houve dois utilizadores que mostraram confusão ao clicar no objetivo e este duplicar.
 - Esta funcionalidade permite duplicar a entrada que interagiu, uma vez que é possível duplicar a prescrição toda com recurso ao botão duplicar e existe a possibilidade de duplicar apenas uma linha.
Foi a melhor solução encontrada pelo mestrando para a aplicação não se ter muitos botões idênticos e todos próximos uns dos outros, causando ainda mais confusão aos utilizadores.
3. Houve dúvidas num dos objetivos, relativamente em que consiste intensidade moderada.
 - Uma atividade física de intensidade moderada corresponde a uma caminhada ou a uma corrida.
Uma das vertentes da plataforma é ser consciente dos interesses do utilizador, desta forma o médico não terá de seleccionar todos os tipos de AF de intensidade moderada possíveis.

A aplicação móvel ao aconselhar uma AF de intensidade moderada, irá seleccionar com base nas preferências do utilizador quais as atividades que sejam moderadas, reduzindo o esforço do profissional de saúde, e estando sempre atualizado consoante as preferências do utilizador.

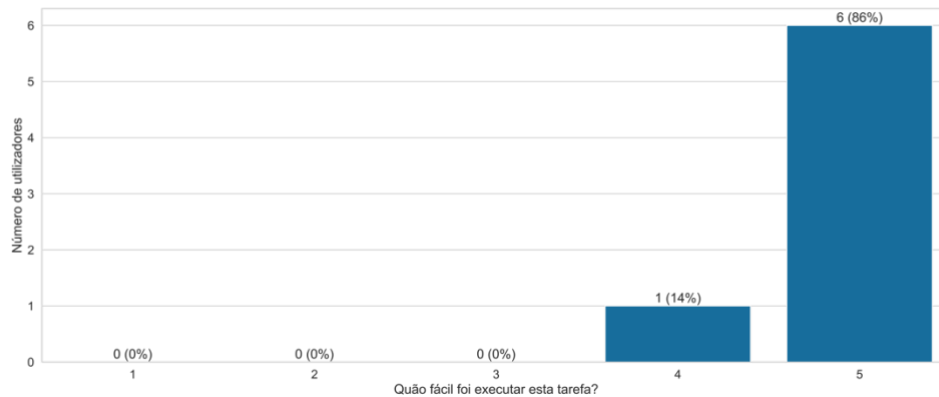


Figura 45 Tarefa 8 - Aplicação web - Testes equipa

Para concluir a análise realizada aos testes à equipa relativamente a aplicação web, podemos observar pelos gráficos da Figura 46, que de uma forma geral, a *performance* em termos de usabilidade da aplicação web é boa.

No geral, os utilizadores não a consideram demasiado complexa, levando a crer que é fácil de aprender a utilizá-la, que se sentem confortáveis a utilizar a mesma e que não tiveram de aprender muito para a utilizar.

Em oposição, temos ainda alguns pontos menos positivos, ainda existe alguma dispersão no que toca às funcionalidades estarem bem integradas e que contem algumas inconsistências, estes pontos têm que ser revistos para que se possa ter uma plataforma apelativa.

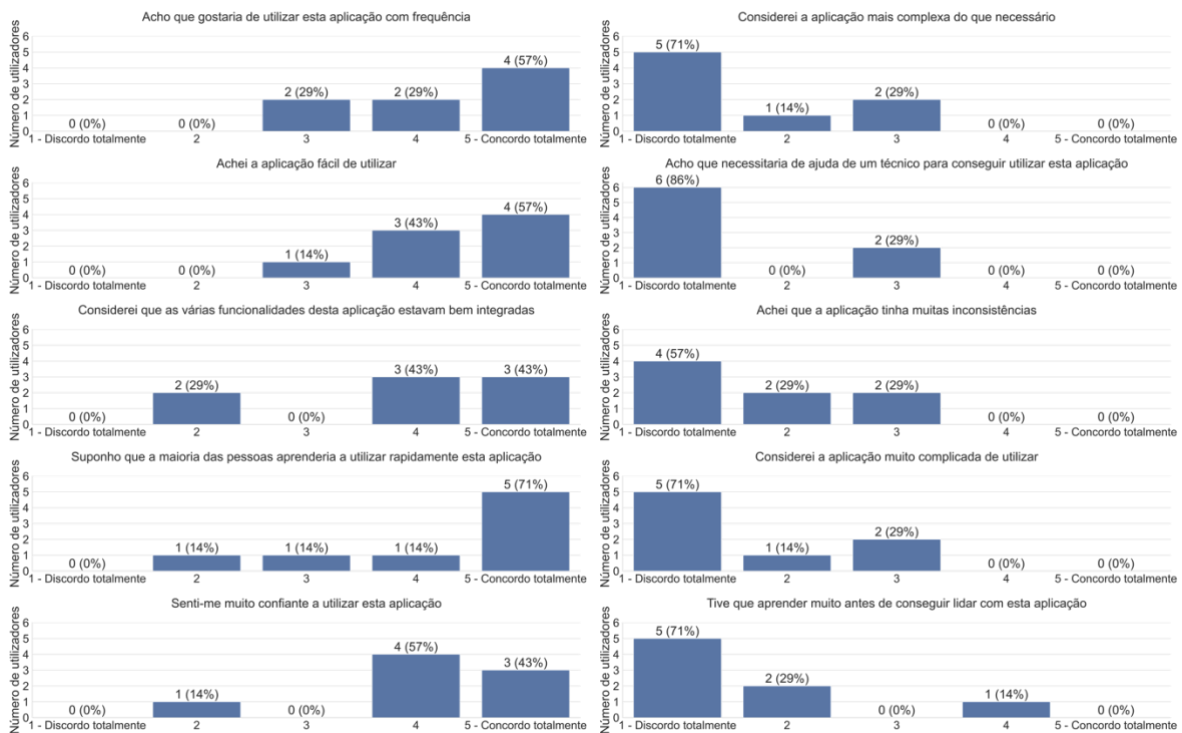


Figura 46 Apreciação global - Aplicação web - Testes equipa

6.2. Testes de Usabilidade a Utilizadores externos à equipa

Com base nos testes feitos internamente à equipa, foi possível aprender não só em relação às aplicações, mas também em relação ao protocolo de testes, e houve ainda algumas melhorias que este sofreu.

Para além do referido acima, removeu-se as profissões pré-inseridas e incluiu-se uma pergunta referente ao sistema operativo que usa, sendo este muito importante, uma vez que a filosofia de quem usa iOS e de quem usa Android são diferentes.

O público-alvo destes testes são utilizadores que se situam em grande parte na faixa etária dos 25 aos 62 anos, sendo que 86.5% dos intervenientes se situam entre os 42 aos 62 anos.

Na amostra, foi possível apurar que existe o mesmo número de utilizadores de cada sexo, representando 50% dos intervenientes do sexo feminino e 50% do sexo masculino.

No que toca as profissões os dados são muito dispersos, não sendo possível retirar algo de relevante.

No que se concerne ao uso de dispositivos de comunicação e informação, verificou-se que a totalidade dos utilizadores, ou seja, 100% dos inquiridos usam *smartphone* e computador,

cerca de 50% usa *tablet* e ainda, que 18.2% usa algum *wearable*. A amostra que selecionou o telemóvel, também selecionou o *smartphone*, portanto podemos concluir que 0% não use apenas os antigos telemóveis, não considerados os *smartphones*.

Relativamente ao sistema operativo que é utilizado, cerca de 90.9% refere que utiliza Android e 18.2% utiliza iOS, sendo que a soma destes dois é superior a 100%, portanto existem dois utilizadores que utilizam os dois sistemas operativos.

Analisando as habilitações literárias, podemos observar que 54.5% dos utilizadores possuem o Ensino Secundário, 22,7% concluíram o terceiro ciclo e ainda, que a percentagem de pessoas com o ensino superior é igualmente de 22.7%.

Face à *test-bed* e a forma como foram feitos estes testes, foi possível concluir que os dados obtidos foram diferentes face aos testes internos. Os vários elementos da equipa possuem uma conta de testes para o efeito, já com dados, para poderem executar os testes.

Cada elemento da equipa tinha um equipamento do projeto, *smartphone* e banda da Garmin. Já os utilizadores externos puderam contar com o facilitador que os orienta e ajuda no processo do protocolo.

As tarefas submetidas também foram reordenadas e reescritas, algumas fundidas tanto em relação à plataforma móvel como web.

6.2.1. Aplicação móvel

As tarefas propostas foram as seguintes:

- Tarefa 1.** Efetue o login na aplicação com as credenciais da conta Gmail já associada ao telemóvel;
- Tarefa 2.** Verifique se já atingiu o seu objetivo de duração de atividade física;
- Tarefa 3.** Verifique qual o estado do tempo onde se encontra (localidade/concelho);
- Tarefa 4.** Emparelhe a banda com a aplicação móvel;
- Tarefa 5.** Inicie uma atividade física na aplicação, no telemóvel;
- Tarefa 6.** Após parar a atividade, verifique quantos passos deu, quantas calorias gastou e qual a última leitura do ritmo cardíaco;
- Tarefa 7.** Verifique os passos que deu ao longo dos dias 12 de junho a 18 de junho;
- Tarefa 8.** Verifique os seus dados pessoais;
- Tarefa 9.** Adicione um contacto aos seus contactos de emergência.

Na Tarefa 1, pelo gráfico da Figura 47, podemos afirmar que a tarefa foi simples de executar e que não levou a dúvidas, também não houve comentários por parte dos utilizadores.

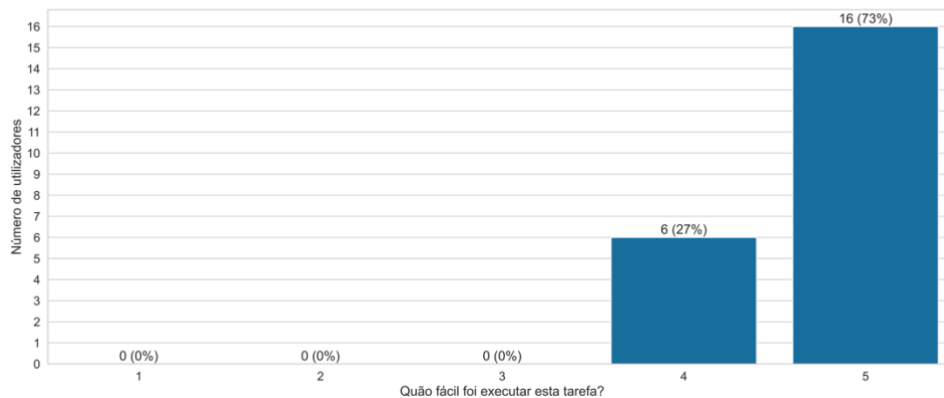


Figura 47 Tarefa 1 - Aplicação móvel - Testes externos

Na Tarefa 2, através da observação à Figura 48, os dados já apresentam mais variabilidade, pois a maioria dos utilizadores, cerca de 73% acharam fácil de atingir o objetivo da tarefa, e 27% já demonstrou alguma dificuldade em atingir eficientemente.

Os utilizadores deixaram duas observações:

- Um dos utilizadores referiu que conseguiu perceber imediatamente que tinha completado os objetivos;
- Outro utilizador afirma que a legenda que se encontra de baixo do gráfico estava cortada.

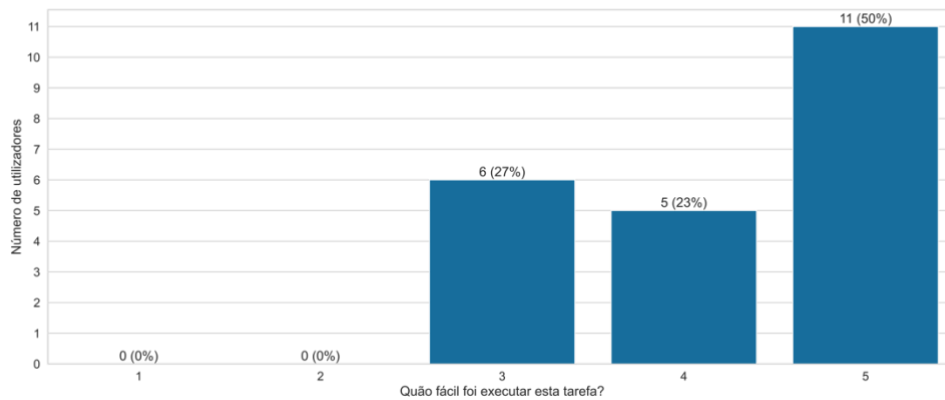


Figura 48 Tarefa 2 - Aplicação móvel - Testes externos

Na Tarefa 3, Figura 49, a diferença de opiniões torna-se mais evidente, embora 64% tenha achado fácil encontrar o estado da meteorologia, 36% achou muito difícil, olhando para as observações, todas se resume a uma situação, o não aparecimento de quaisquer dados.

É uma situação a ser revista, embora no início foi algo relativo à não correta aceitação da localização, neste caso foi algo mais. O serviço usado poderá não ter informação para aquelas regiões será algo que tenha se ser analisado, uma vez que a aplicação guarda no servidor as localizações, pode-se fazer a procura das regiões que não têm dados e assim poder afinar o método de obter estes dados.

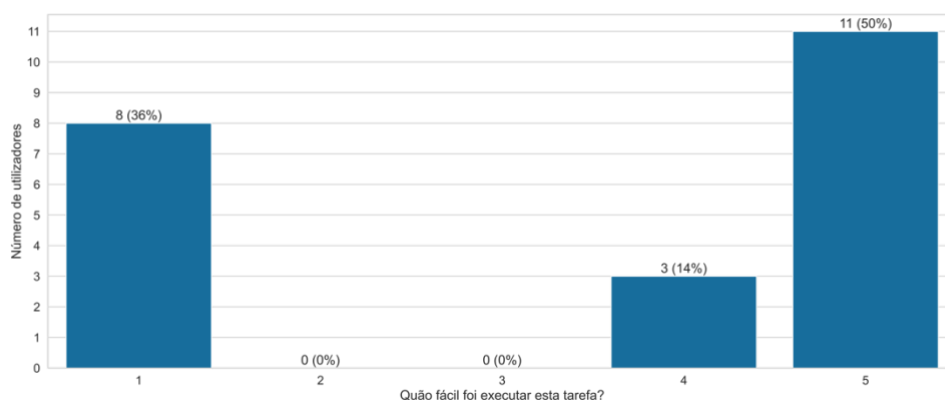


Figura 49 Tarefa 3 - Aplicação móvel - Testes externos

A Tarefa 4, correspondente à Figura 50, mostra uma grande dispersão relativamente à dificuldade que os utilizadores sentiram ao emparelhar a banda da Garmin com a aplicação

do OnTRACK, embora 55% tenha considerado fácil, cerca de 23% achou difícil e ainda, 23% não achou esta tarefa muito complexa, mas também achou que não era propriamente fácil.

No entanto deixaram observações:

1. O utilizador que votou 1 indica que a aplicação não conseguiu encontrar a banda mesmo estando com a mesma perto do *smartphone*;
2. Os outros utilizadores reportaram sensivelmente o mesmo, que não era muito fácil de encontrar o botão que estava escondido e que a aplicação deveria possuir uma iconografia mais intuitiva.

- Não sendo propriamente fácil adereçar estes problemas, uma análise feita anteriormente a uma aplicação deste género coloca muita vez este tipo de funcionalidades em ecrãs como perfil ou definições.

Previamente esta opção estava definições, no entanto, foi reportado que eram necessários demasiados passos.

Por outro lado, como é algo que não merece tanto foco por parte do utilizador, pois é algo feito apenas uma vez, também não foi colocado num sitio mais visível, visto que pretendia-se dar relevância a informação mais relevante.

É algo que possivelmente com uma demonstração, com um espaço de FAQ ou numa possível pagina de apresentação de produto possa ajudar na solução.

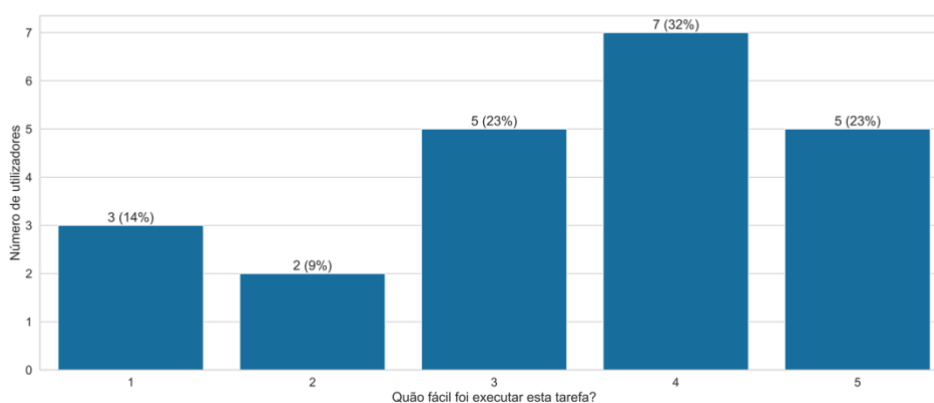


Figura 50 Tarefa 4 - Aplicação móvel - Testes externos

A Tarefa 5, correspondente à Figura 51, mostra um maior consenso por parte de todos os utilizadores, pois acham fácil iniciar e parar uma atividade física. Não deixaram observações.

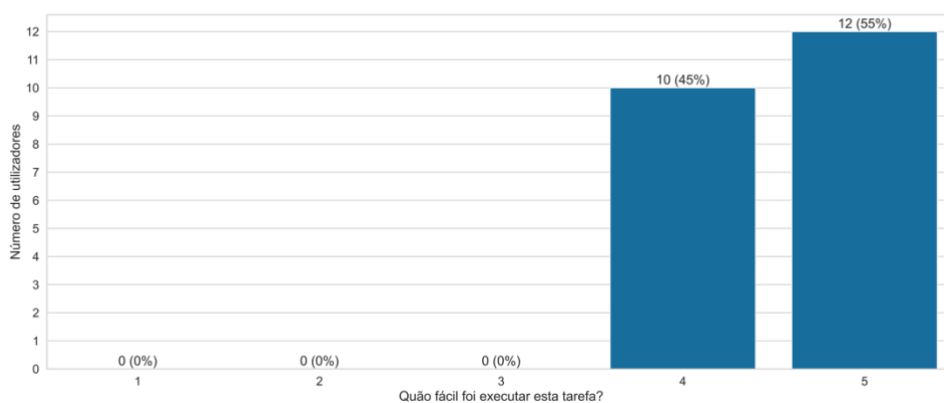


Figura 51 Tarefa 5 - Aplicação móvel - Testes externos

Na Tarefa 6, pelo gráfico da Figura 52, podemos observar que cerca de 86% dos utilizadores acharam fácil a leitura dos parâmetros que foram recolhidos durante a atividade física, no entanto, 14% não achou que fosse algo assim tao fácil, pois pelas observações que anotaram:

1. Um utilizador referiu que encontrou o histórico da atividade física realizada, no entanto, os valores estavam todos a 0 e só apareceu o número de passos quando interagiu com o *concluir*.
 - O utilizador em causa não conseguiu emparelhar a banda, portanto pode ter efetivamente existido um problema no momento em que esta pessoa fez o teste, ou usou a banda no pulso ao invés de utilizar o *smartphone* ou o *Google Fit*, demorou mais algum tempo a “perceber” que o utilizador estava a andar. Relativamente ao facto de só ter conseguido ver passos quando interagiu com o concluir, é levado para o ecrã principal, onde lhe é apresentado o cumprimento de objetivos, daí só ter conseguido visualizar depois de interagir com o "Concluir".
2. Não parece o ritmo cardíaco.
 - Este foi um lapso por parte mestrando pois não a retirou a tempo dos questionários, uma vez que a equipa já tinha pedido para serem retirados da aplicação móvel.

3. A legenda dos ícones em baixo facilitava a navegação, conseguindo identificar melhor o pretendido, se tivesse sempre visível.
 - É um comentário pertinente, embora algo desenquadrado uma vez que o utilizador não precisa de o usar para atingir o objetivo desta tarefa, pois ao parar a atividade física a aplicação irá mostrar sempre um resumo e é esse resumo que se pretendia, no entanto, é um comentário em ter em consideração, bem como a colocação das legendas sempre visíveis da barra de navegação.

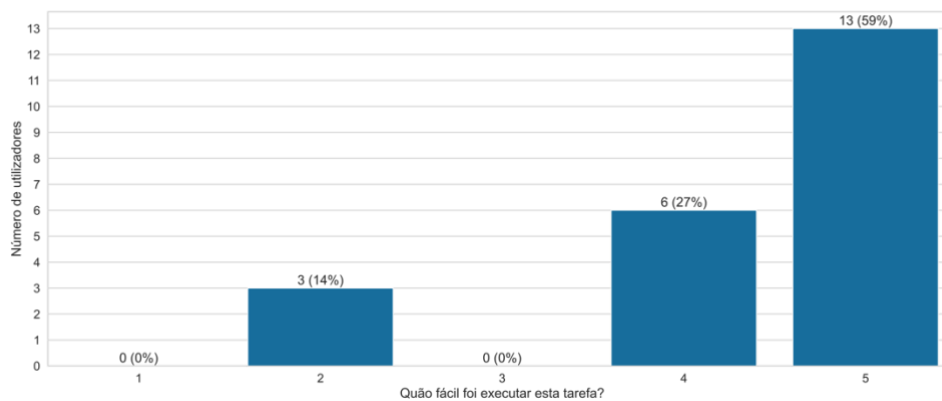


Figura 52 Tarefa 6 - Aplicação móvel - Testes externos

A Tarefa 7, correspondente à Figura 53, indica-nos que houve alguma dispersão também nesta tarefa, no entanto, cerca de 82% dos utilizadores acharam fácil e conseguiram consultar quantos passos deram ao longo dos dias 12 de junho a 18 de junho.

As observações deixadas pelos utilizadores são:

1. O utilizar indica que não é muito intuitivo ter que primeiro mudar de dia para semana e só após isso conseguir selecionar a semana.
 - A opinião deixada por este utilizador também é pertinente, no entanto, como os modos de inserção são diferentes, neste caso a Google não tem alternativa para que a pessoa insira só um dia ou uma semana, e no caso do *material datepicker*, ele permite que na vista intervalo de datas seja selecionado e mesmo dia como início e fim, portanto poderá ser essa a solução.

No momento do desenvolvimento da interface julgava-se mais fácil para o utilizador final que a interação fosse feita desta forma. No entanto, pode-se abstrair e usar apenas um intervalo de datas para facilitar.

2. O calendário devia de deslizar na horizontal e não na vertical.
 - Em relação à sugestão deste utilizador, neste campo não há muito a fazer pois a Google nas suas *guidelines* de *material design*¹¹ já vem com este componente.

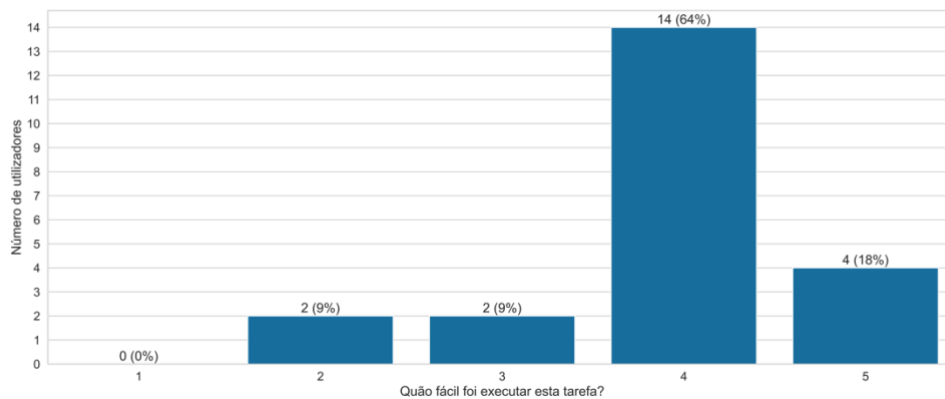


Figura 53 Tarefa 7 - Aplicação móvel - Testes externos

A Tarefa 8, Figura 54, apresenta novamente que a totalidade dos inquiridos, ou seja, os 100%, acharam que a tarefa foi fácil de completar ou sem grandes problemas, também não deixaram quaisquer observações.

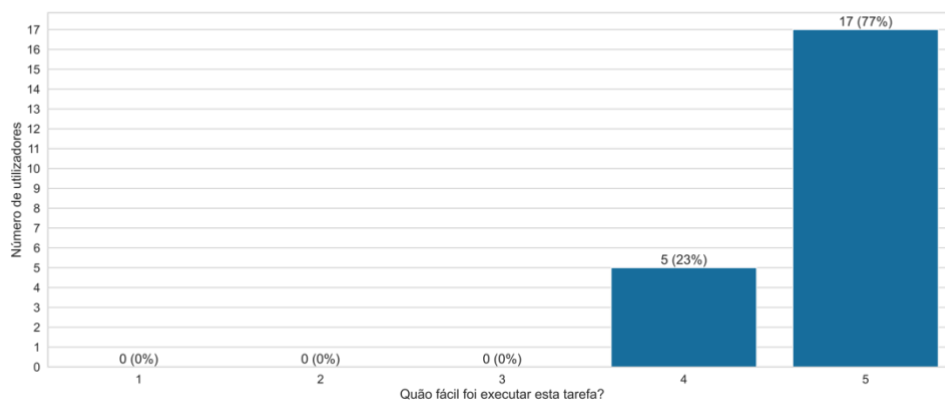


Figura 54 Tarefa 8 - Aplicação móvel - Testes externos

¹¹ <https://material.io/components/date-pickers#usage>

Em relação à Tarefa 9, pela Figura 55, cerca de 77% dos utilizadores acharam fácil concluir a tarefa, no entanto 23% acharam que não foi assim tão fácil, no entanto não houve observações para tentar perceber quais as dificuldades sentidas ou o que não correu tão bem.

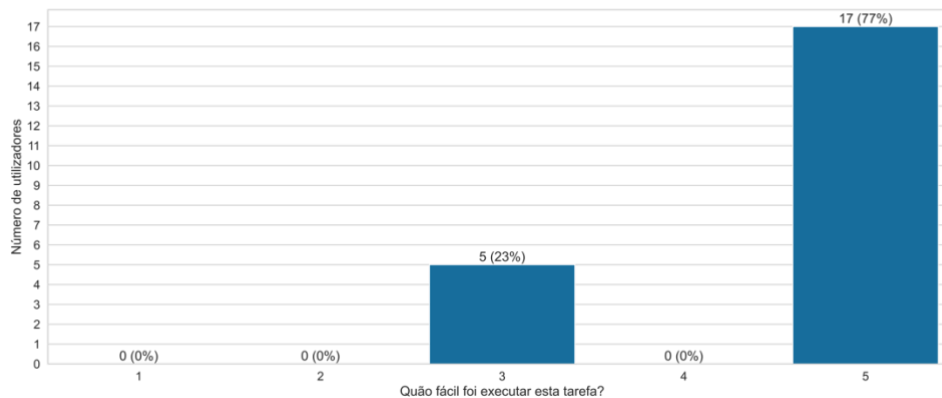


Figura 55 Tarefa 9 - Aplicação móvel - Testes externos

Na apreciação geral da aplicação móvel, representada na Figura 56, podemos concluir que de forma geral, mais que cerca de 60% dos utilizadores gostaram da aplicação, que as funcionalidades estavam bem integradas e que aprenderiam rapidamente a usar.

Relativamente aos pontos que não correram bem, os utilizadores destacaram a confiança de utilização, na questão de ter que aprender muitos antes de saber usar/lidar com a aplicação e no tópico que necessitaria de um técnico para conseguir utilizar a aplicação.

Estes pontos mostram que embora os utilizadores a usem e aprendam a usar com o tempo, os primeiros momentos de utilização podem levar a hesitação relativamente ao uso e a terem mais receios em usá-la, e que claramente sentem-se mais à vontade quando têm alguém experiente a orientá-los e a esclarecê-los nas dúvidas que surjam.

Como referido acima, o facto de o mestrando não ter muita experiência em *design* de aplicações dificultou, pois alguém com alguma experiência nesta área poderia dar a nível de UI, uma filosofia mais acalmante, harmoniosa e convidativa. Claramente ainda existem alguns problemas que serão resolvidos, para no avançar do projeto já não serem novamente um ponto a referir.

Existem ainda alguns comentários na apreciação global:

1. Um dos utilizadores indica que a pagina principal é pouco apelativa, e que as legendas dos ícones deveriam estar sempre visíveis, bem como os próprios ícones. Além disso sugere que os ícones estejam na pagina principal.
 - Relativamente ao primeiro ponto, a questão das legendas estarem sempre visíveis como já referido, é algo possível e será corrigido. Em relação aos ícones, existem duas vertentes, nem sempre é fácil de arranjar ícones muito mais sugestivos mantendo mais ou menos a mesma filosofia de *design*, que não tenham direitos de autor e que sejam fornecidos no formato SVG, isto seria colmatado sendo desenhados especificamente para o projeto. A outra vertente, o tamanho, um utilizador que não consiga usar a aplicação do OnTRACK por ter letras e ícones pequenos, também não conseguiria o usar o próprio *smartphone* ou outras aplicações, isto porque os tamanhos de letra são os tamanhos padrão, usa-se a especificação do *material design*, sendo que uma forma de combater isso será aumentar o tamanho de letra do *smartphone* do utilizador.
 - E em relação ao último ponto, o mestrando entende a sugestão do utilizador, no entanto, é impossível, uma vez que ao mudar de ecrã deixa-se de conseguir visualizar a pagina principal. Será sempre necessário algo no ecrã estático que permita ao utilizador aceder sempre que achar necessário. Não se recorreu ao tradicional *drawer* uma vez que é mais uma interação desnecessária.
2. A segunda observação refere que a aplicação é pratica e o utilizador chegou rapidamente ao que lhe foi pedido, no entanto sugere a colocação de um ícone de ajuda, onde o utilizador teria acesso a ajuda.
 - Isto já foi algo pedido pela equipa e existem algumas aplicações que possuem um *walk-throug* que mostra as funcionalidades base e como chegar a elas, é algo previsto, no entanto tem se dado mais ênfase às funcionalidades em si e no refinamento do que existe, até ao momento.

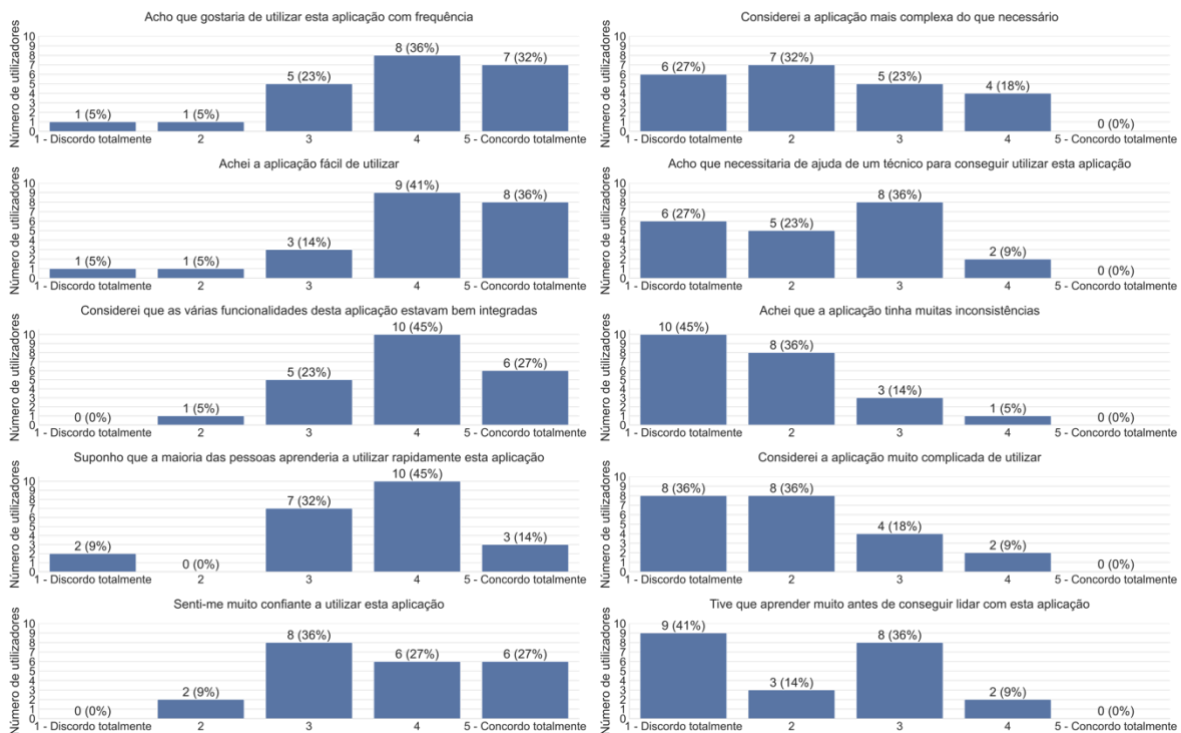


Figura 56 Apreciação global - Aplicação móvel - Testes externos

6.2.2. Aplicação web

As tarefas propostas para a aplicação web foram:

- Tarefa 1.** Efetue o login na plataforma com o utilizador “ontrack@ipleiria.pt” e a senha “ontrack”;
- Tarefa 2.** Verifique quais dos seus doentes têm usado a aplicação;
- Tarefa 3.** Verifique quais dos seus doentes têm completado os objetivos propostos nos últimos 7 dias;
- Tarefa 4.** Abra a ficha do doente “On Track”;
- Tarefa 5.** Verifique se o doente cumpriu os objetivos que lhe foram atribuídos;
- Tarefa 6.** Verifique, na semana de 12 de junho a 18 de junho, qual(uais) o(s) dia(s) da semana em que o doente foi mais ativo fisicamente;
- Tarefa 7.** Verifique, no dia 24 de abril, qual o momento do dia em que o doente foi mais ativo fisicamente;
- Tarefa 8.** Consulte o último objetivo prescrito para esse doente;
- Tarefa 9.** Crie uma nova prescrição, com 3 objetivos: 7500 passos por dia; 150 minutos por semana, moderado; 5000 metros por semana;
- Tarefa 10.** Na aplicação móvel insira 1000 passos. Confira se esta informação foi sincronizada com a aplicação web.

Na tarefa 1, como podemos observar pela Figura 57, a maioria dos utilizadores acharam fácil e acessível a conclusão da tarefa, sem acharem demasiado difícil, além disso, não deixaram quaisquer comentários.

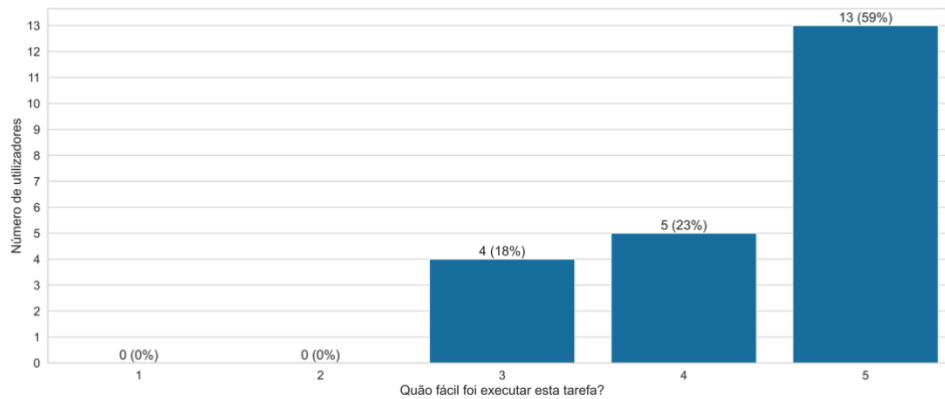


Figura 57 Tarefa 1 - Aplicação web - Testes externos

Em relação à tarefa 2, Figura 58, dos 22 utilizadores, cerca de 86% acharam fácil completar a tarefa, e não apresentaram observações.

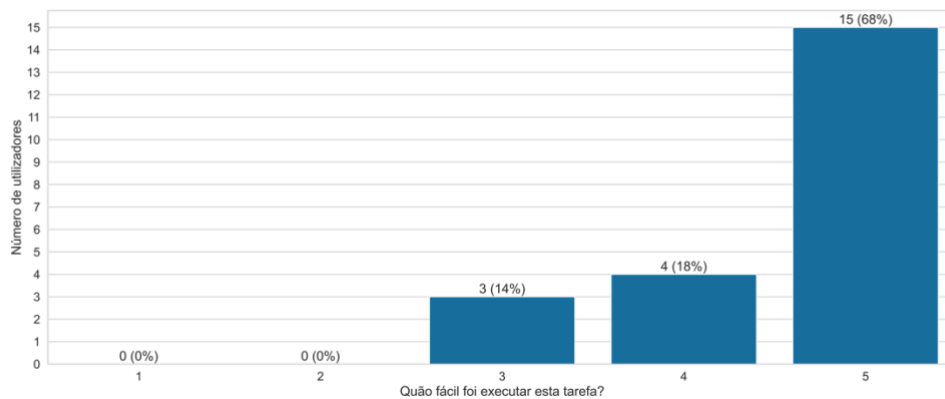


Figura 58 Tarefa 2 - Aplicação web - Testes externos

Na tarefa 3, correspondente à Figura 59, verifica-se que 82% dos utilizadores acharam fácil de completar a tarefa, e também não apresentaram observações.

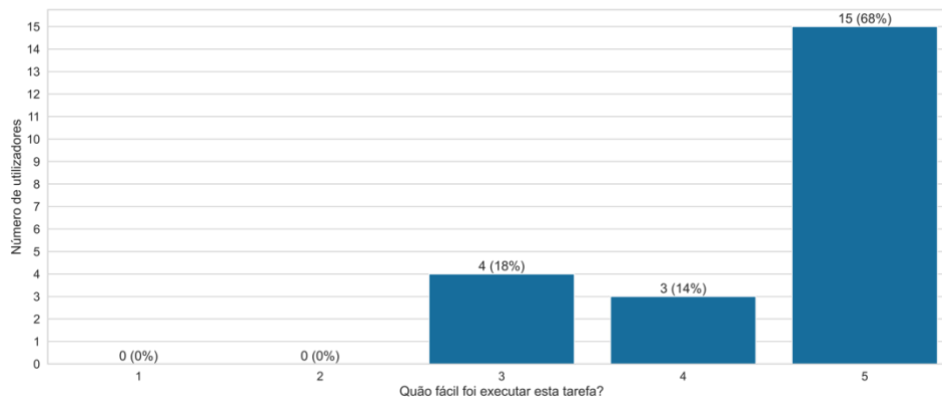


Figura 59 Tarefa 3 - Aplicação web - Testes externos

Na tarefa 3, em observação à Figura 60, mostra mais uma vez que 82% dos utilizadores acharam fácil de completar a tarefa e não também não apresentaram observações.

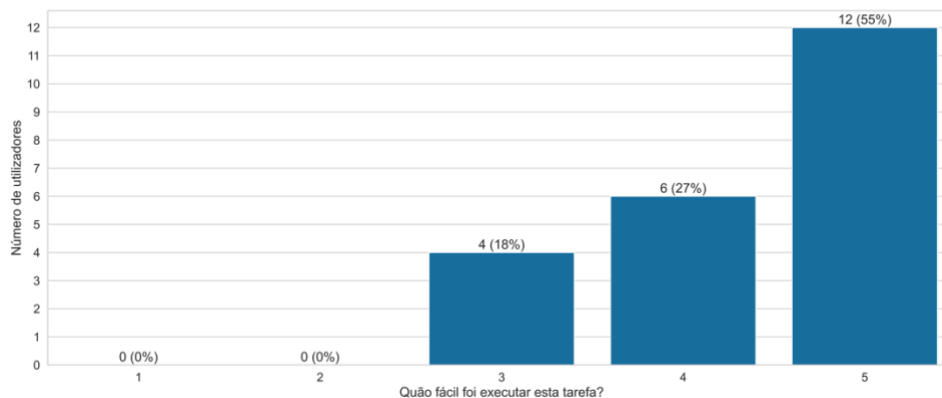


Figura 60 Tarefa 4 - Aplicação web - Testes externos

A tarefa 3, Figura 61, mostra que apenas 9% não conseguiram completar a tarefa e acharam difícil, juntando aos 14% que também não acharam que fosse muito intuitivo.

Ao analisar os comentários, todos convergem no ponto de rever o texto do separador “Objetivos”, uma vez que é o sitio onde tendem sempre a ir primeiro. Este tópico tem que ser revisto junto da equipa, uma vez que muita gente se sente confusa nesta tarefa.

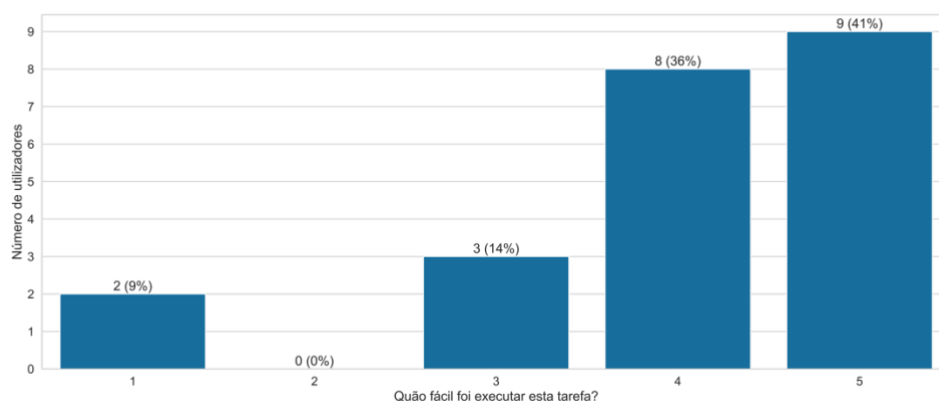


Figura 61 Tarefa 5 - Aplicação web - Testes externos

Relativamente à tarefa 6, pela Figura 62, aqui 14% dos utilizadores acharam difícil concluir a tarefa, ao analisar os comentários:

1. Um dos utilizadores não sabia onde procurar, andou à procura no diário, até encontrar o pretendido no resumo.
2. Este último ponto foi algo observado por todas as observações, que não apareciam dados.
 - Embora algo tenha acontecido, que terá de ser verificado, o principal intuito foi o utilizador encontrar onde se fazia a tarefa e fazer o que era pedido, o mostrar dados era acessório. Houve uma altura próxima do momento em que foram feitos os testes em que o ambiente onde o servidor do OnTRACK está alojado, esteve a fazer manutenção e avisou que poderia haver *down-time* ligeiros.

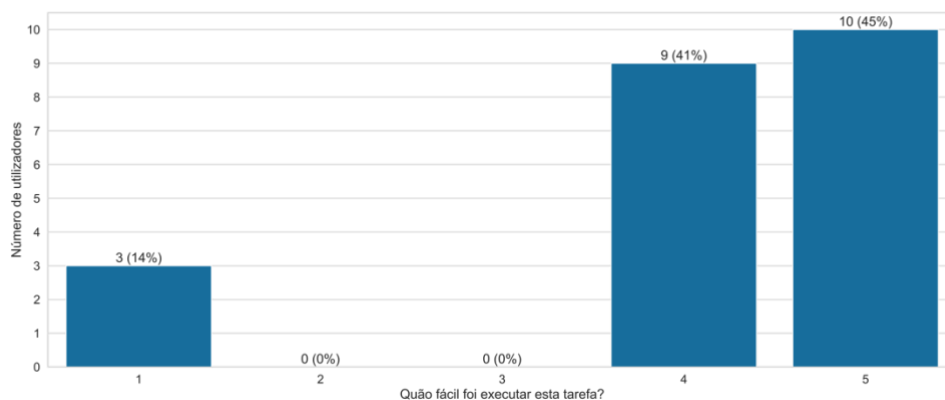


Figura 62 Tarefa 6 - Aplicação web - Testes externos

A tarefa 7, correspondente à Figura 63, mostra mais uma vez que 86% dos utilizadores acharam fácil concluir a tarefa, as observações foram similares à tarefa anterior, que indicavam o não aparecimento de dados nesse dia.

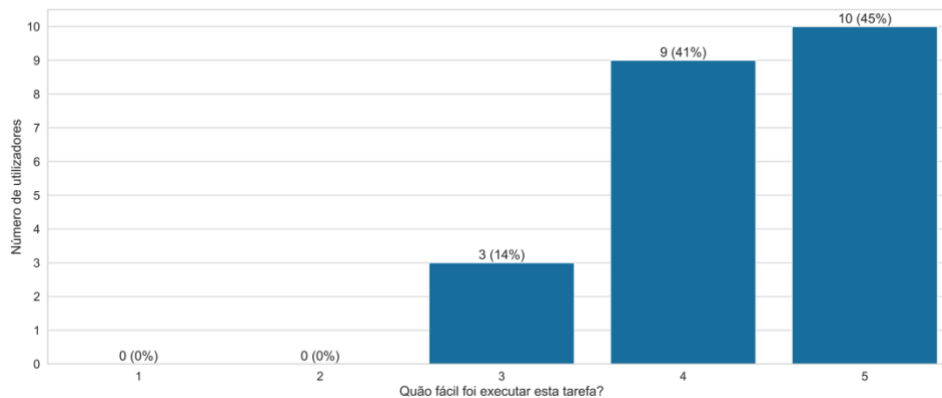


Figura 63 Tarefa 7 - Aplicação web - Testes externos

Na tarefa 8, através da observação à Figura 64, foi possível compreender que todos os utilizadores conseguiram completar com sucesso a tarefa, não tendo deixado observações.

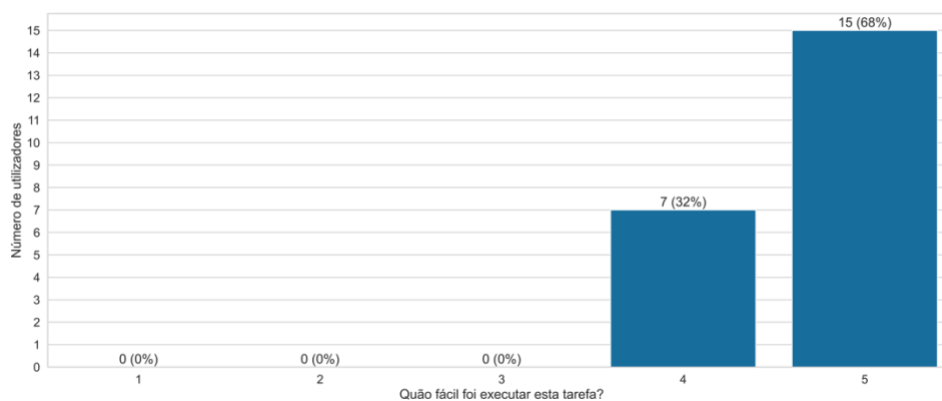


Figura 64 Tarefa 8 – Aplicação web – Testes externos

Na tarefa 9, segundo a Figura 65, 82% dos utilizadores concluíram com sucesso a tarefa, no entanto, deixaram algumas observações que mostram dificuldade após o primeiro objetivo,

e não se aperceberam que era necessário interagir com o símbolo “+” para adicionar mais um objetivo ao conjunto de objetivos.

Isto já foi algo manifestado, pelos testes internos, por tudo se chamar objetivo, levando a criar ainda mais dúvidas aos utilizadores, no entanto tem de ser uma decisão da equipa a mudar o nome, uma vez que na gíria de medicina há nomes como prescrição e outros que tem regras.

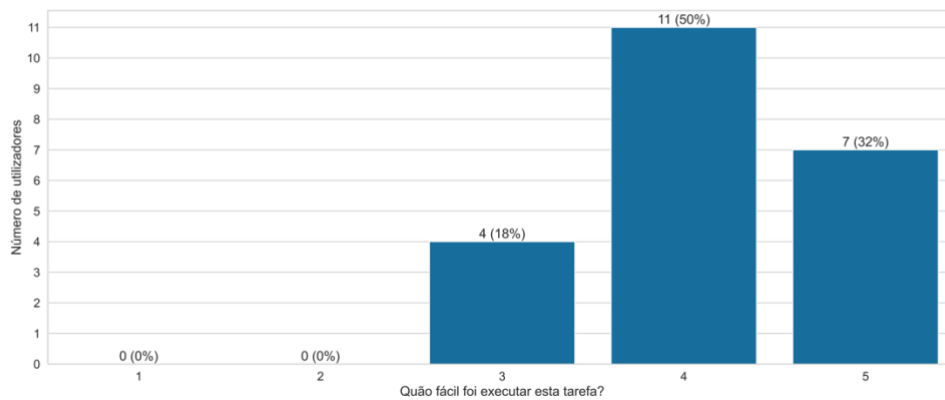


Figura 65 Tarefa 9 - Aplicação web - Testes externos

Na tarefa 10, a Figura 66, mostra uma dispersão nos dados, no entanto a maioria, cerca de 68% achou fácil concluir a tarefa, e deixaram algumas observações para ajudar a perceber as suas dificuldades:

1. Um dos utilizadores que votou 2, refere que lhe foi difícil encontrar o “Adicionar medida”.
 - A Google nesta vertente atualizou os *materiais guidelines* e surgiu um componente para aplicações desktop e web que promete facilitar mais esta parte.
2. Outro utilizador refere que depois de ter adicionado a medida extra não apareceu nos gráficos da aplicação web.

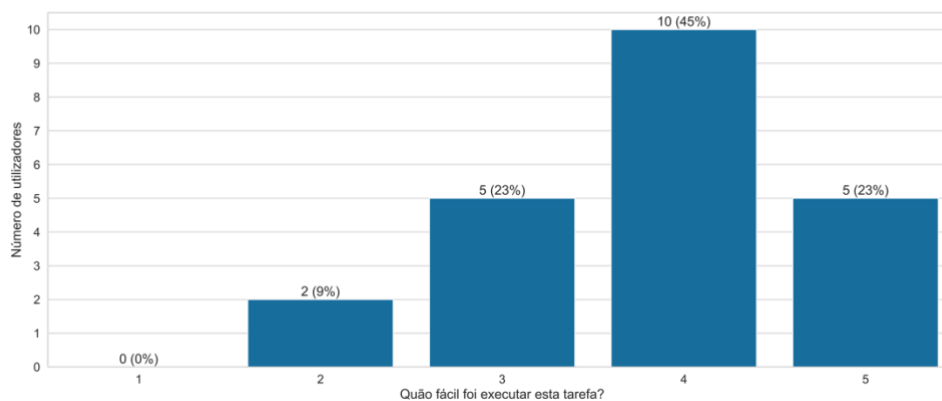


Figura 66 Tarefa 10 - Aplicação web - Testes externos

Na apreciação geral da aplicação web, pela Figura 67, verificamos que no geral, mais de 65% dos utilizadores reportaram que gostariam de usar a aplicação com frequência, que era fácil de utilizar, as funcionalidades estavam bem integradas, a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente, sentem-se confiantes a usá-la, que não tinha muitas inconsistências e não a consideraram difícil de utilizar.

Os pontos que merecem mais atenção são que embora mais de 50% considere que a aplicação não seja complexa demais, que não necessite de ajuda de um técnico e teve que aprender muito para utilizar a aplicação web, é uma percentagem em alguns casos tímida, levando a que os restantes tenham sentido o oposto, levando muitas vezes ao medo de fazer algo errado, levando a usar menos ou ao abandono da aplicação, sendo um projeto que está sempre dependente dos profissionais de saúde, é necessário olhar para os tópicos que levantaram mais dúvida e melhorá-los para aumentar a percentagem dos 50%.

Por último, de um modo geral, conclui-se que em termos de usabilidade é um produto robusto e fácil de ser usado, mesmo por pessoas não experientes.

Pelo que é melhor todos os tópicos menos positivos, e melhorar ainda mais a robustez geral do produto, que mesmo assim apresentou alguns comportamentos não espectáveis, embora muito menos que nos testes internos à equipa, mas os que ainda permanecem, terão que ser revistos.

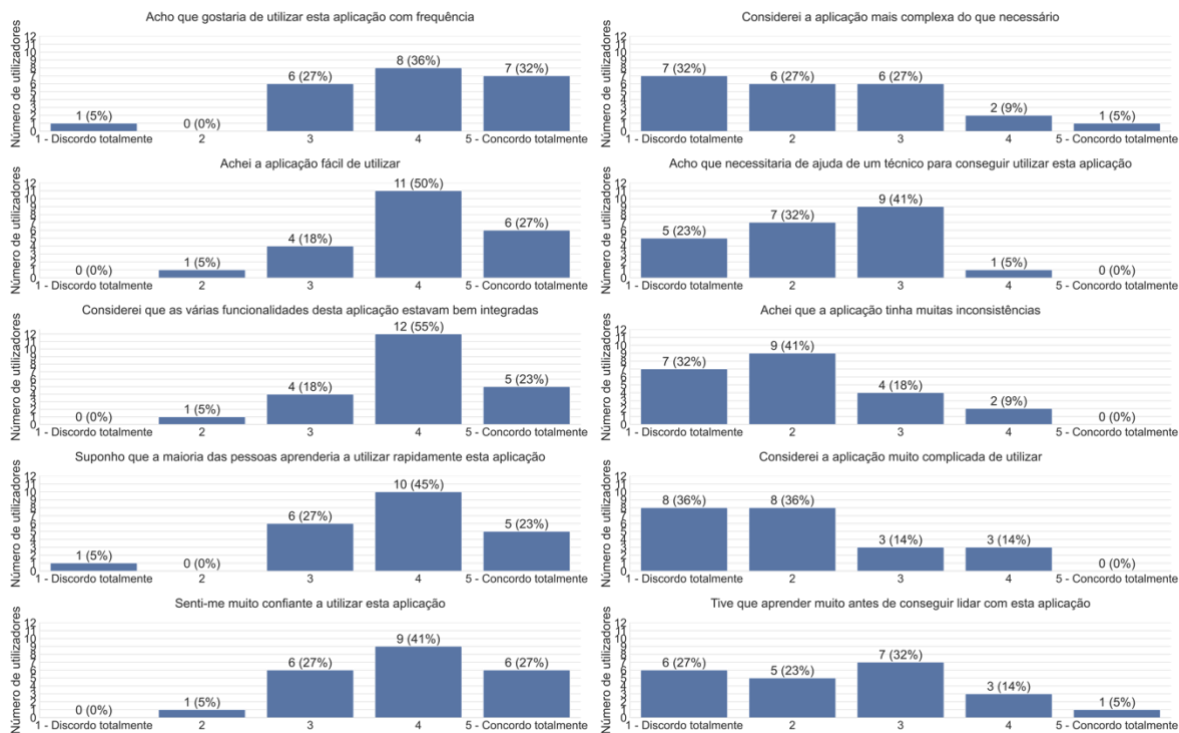


Figura 67 Apreciação global - Aplicação web - Testes externos

7. Conclusão

O projeto OnTRACK ambiciona ser líder numa solução inovadora e personalizada para aumentar os níveis de atividade física, em doentes com DPOC, para isso propõe-se a criar uma plataforma para profissionais de saúde e doentes, que promova a troca de mais e melhor informação entre o doente e o profissional de saúde, enquanto ao mesmo tempo promove atividade física ao doente. Assim reduzindo o número de exacerbações provocadas pela doença e aumenta o bem-estar e qualidade de vida, não só do doente, mas também dos familiares e/ou cuidadores, além de baixar custos de hospitalização.

Para atingir os objetivos foi feita uma análise do estado da arte onde foram analisados inúmeros projetos que também visam incentivar a prática de atividade física nesta população, para poderem ter uma melhor qualidade de vida. Desses projetos, foi possível retirar todos os requisitos que possibilitaram a construção da plataforma OnTRACK.

Após os requisitos recolhidos, delineou-se qual a melhor arquitetura para um projeto como este, que terá que ser altamente escalável, sendo um projeto ainda novo e recente, tem que evoluir rápido, tem que permitir ser o máximo *plug & play* de novos módulos e funcionalidades. Irá ser composto por três grandes peças, um *backend*, um cliente web e um cliente Android.

O *backend* será o responsável por colocar todos os clientes a comunicar uns com os outros, é modular, escalável, e *deployable* em ambientes de *cloud*, *on-premises* ou híbrido. É usado *kubernetes* que tratará de escalar os serviços consoante a carga ou a indisponibilidade do serviço.

Na camada de transporte da plataforma, é usado MQTT servido pelo VerneMQ, é *open-source*, altamente escalável e de alta performance. O servidor de base de dados é PostgreSQL, também *open-source* e extremamente avançado.

A aplicação móvel que será de uso exclusivo aos doentes com DPOC, é neste momento apenas para o ambiente Android, é nativa, devido aos desafios que uma aplicação deste tipo coloca, desenvolvida sobre as mais recentes boas práticas, bibliotecas, ferramentas e arquitetura, inclusive usou-se uma recente biblioteca que promete mudar a forma de desenvolver UI em Android, desde a fase *developer preview*, até ao lançamento em produção.

Todas as dependências desde o protocolo de comunicação, à arquitetura da plataforma, à implementação foram pensadas com as restrições da aplicação móvel em primeiro lugar.

A aplicação web será de uso exclusivo dos profissionais de saúde, é uma SPA desenvolvida em Angular, por este apresentar-se mais robusto, completo e estável para aplicações grandes e complexas.

Por haver restrições em termos de processamento, houve imensos cuidados com a *performance* da aplicação web, foram implementados algoritmos e estruturas de dados que permitem categorizar dados e reduzir o volume quando é necessário processá-los, a isto junta-se mecanismos de cache que auxiliam o reprocessamento.

Após terminar o desenvolvimento do primeiro protótipo, foram executados testes de usabilidade internamente à equipa, onde esta salientou os pontos fortes e quais os pontos a melhorar, algumas das tarefas tiveram uma *performance* muito deficiente, muito em parte pelo diferente parque de equipamentos que a equipa tinha. Os problemas eram diversos, desde não cederem permissões essenciais, a problemas derivados da implementação do fabricante, os casos mais notáveis foi o modo escuro nos *smartphones* Poco.

No caso do desenvolvimento do segundo protótipo, focou-se muito a tentar corrigir os problemas relatados, tentar uma vez que alguns casos só aconteciam em determinados *smartphones*, além da correção de problemas, também a equipa decidiu mudar alguns ecrãs por acharem não acessíveis como anteviam.

Após a conclusão do desenvolvimento do segundo protótipo, este foi submetido a testes de usabilidade para se poder obter *feedback* de utilizadores externos à equipa. O público-alvo foram utilizadores sem comorbilidades, cujas idades estão compreendidas entre os 25 e 62 anos, no qual cerca de 86.5% se encontram na faixa etária entre os 42 e 62 anos.

Nestes testes pode-se registar que embora ainda tivessem uns problemas pontuais, correram muito melhor, pois temos na generalidade uma elevada percentagem de utilizadores que conseguiram executar as tarefas e atribuíram 4 valores numa escala de grau de facilidade de 1 a 5 (escala de *Likert*), em ambas as aplicações, isso é algo muito positivo, uma vez que o trabalho de correção e melhoramento desde o primeiro protótipo correu bem e foi bem aceite pelo público.

8. Trabalho Futuro

Em relação ao trabalho futuro, existem algumas funcionalidades que não mereceram a atenção da equipa a curto prazo, tais como as funcionalidades categorizadas como “Social” e “Outros”. Não sendo de todas as funcionalidades desinteressantes, mas para o objetivo do projeto são consideradas *nice to have* ao contrário das demais que são *must have* ou *should have*. Relativamente às funcionalidades “Social”, há formas embora não tão bem integradas, de publicar nas redes sociais, ou de estabelecer amizades e grupos de *chat* com outros portadores de DPOC, portanto a equipa colocou imediatamente este *set* de funcionalidades para serem implementadas no futuro. Acerca da categoria “Outros”, algumas das funcionalidades também não foram consideradas prioritárias, as consideradas fundamentais foram a autenticação na aplicação, e a seleção das preferências de exercício físico. Relativamente à categoria “Treinador Virtual”, a equipa não teve um elemento responsável pelo estudo dessa tarefa, para se poder chegar a um modelo que permitirá fazer as recomendações e os ajustes à prescrição do utilizador.

Se focarmos na categoria “Agente Conversacional”, esta funcionalidade é de maior interesse para o projeto porque os demais estudos (Iwamura et al. 2011; Wulf et al. 2014) apontam para que este tipo de população teria uma boa aceitação deste tipo de interação, portanto foi desenvolvida por um outro mestrando que fez dessa categoria a sua tese de mestrado (Rodrigues 2021), este teve que ter acesso aos dados, para providenciar melhor serviço ao utilizador.

Algo que se deveria de ter sido feito, caso não estivéssemos perante o contexto de pandemia seria os testes *Discount Usability*, como proposto por (Nielsen 2009) que são muito mais pequenos e práticos de se fazer uma vez que se testa apenas pequenas funcionalidades, em vez de se testar a aplicação num todo, assim podem ser feitos muitos mais e intercalados com os tradicionais testes, que são mais completos, e em que englobam mais do que uma ou duas funcionalidades, uma vez que houve sempre algumas discussões em que dividiam a equipa sobre que abordagem UI/UX se devia escolher para a aplicação, e ninguém melhor para esclarecer, que os próprios utilizadores.

A um nível mais técnico, o mestrando apercebeu-se que ao focar-se essencialmente na *performance* da aplicação móvel, descurou a facilidade de interoperabilidade com futuros casos de uso.

A um nível mais técnico, claramente existem melhorias relativamente a algumas decisões tomadas, nomeadamente, ao nível do *backend* e da aplicação web.

Ao nível do *backend*, passa por não se ter usado uma *framework* para desenvolver os serviços, que tornam mais custosos de manter, não só a *framework* impõem ordem e boas práticas, mas também remove muita vez o código *boilerplate* e permite mais que uma forma de interação, neste caso era possível combinar APIs MQTT, HTTP ou mesmo GraphQL, para mais fácil interoperabilidade de aplicações ou outros serviços, por exemplo NestJS, VertX ou Micronaut.

Ao nível da infraestrutura combinar k8s com Knative, para tornar toda a infraestrutura baseada em eventos e assim aumentando a resiliência e *performance* de toda a plataforma.

Ao nível da aplicação web, podia-se usar o *web sql database*, tinha o custo de sincronização dos dados, no entanto como eles são geridos não seria propriamente um problema, foi algo já feito na aplicação móvel. Assim é reduzir imenso o tempo e a *performance* da criação dos filtros que são utilizados pelo profissional de saúde, além de possibilitar o uso da aplicação em modo *offline*, uma vez que *javascript* é *single-thread* assim não bloquearia a UI ao utilizador.

O modo *offline* pode não fazer grande sentido, mas nos últimos 10 anos já tivemos algumas grandes tempestades tais como o Gong em 2013 (Coimbra 2018), o Leslie em 2018 (Lusa 2018) que deixaram o litoral sem luz e comunicações durante dias e em alguns sítios durante semanas. Na pior das hipóteses, os profissionais de saúde não terão os dados atualizados, no entanto, ter alguns dados serão melhor do que não ter nenhuns, e poderão criar na mesma o seu conjunto de objetivos e mais tarde serem enviados para os servidores e para o doente.

Ao nível da aplicação móvel e web, é necessário cifrar os dados não só no transporte, mas aumentar a segurança nos clientes articulando um sistema de troca de chaves para que os dados que são persistidos no cliente estejam guardados sempre de forma cifrada, algo relativamente fácil de executar nas aplicações móveis, mas mais complexo na aplicação web.

Algo também que não pode ser descurado e que foi alvo de críticas neste projeto é o facto de tornar todos os elementos que sejam *color driven*, tais como as bolas que identificam se um doente têm cumprido os objetivos ou se têm usado a aplicação devem começar a integrar o sistema ColorADD, desenvolvido por (Neiva 2017), que promove um conjunto de símbolos que ajuda os portadores de daltonismo a conseguirem entender as cores autonomamente sem requerer a adição de elementos extra para o efeito, este sistema já começa a ser usado por todo o mundo inclusive por cadeias de supermercados e cartazes, assim promovendo ainda mais a acessibilidade.

Além do que foi sendo referido, ao longo deste documento existem claramente pontos adicionais, estes serão importantes para no futuro serem revistos e melhorados para que os doentes não percam a possibilidade de terem os melhores cuidados, com os dados que a plataforma fornece aos profissionais de saúde.

Bibliografia ou Referências Bibliográficas

- Abdollahi Vayghan, Leila, Mohamed Aymen Saied, Maria Toeroe, e Ferhat Khendek. 2019. «Microservice Based Architecture: Towards High-Availability for Stateful Applications with Kubernetes». Pp. 176–85 em *2019 IEEE 19th International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS)*. Sofia, Bulgaria: IEEE.
- Almeida, João. 2020. «Apoio ao doente - DPOC». *Fundação Portuguesa do Pulmão*. Obtido 5 de julho de 2020 (<https://www.fundacaoportuguesadopulmao.org/apoio-ao-doente/dpoc>).
- Apple. 2022. «Escolher um tipo de assinatura - Suporte - Apple Developer». Obtido 26 de março de 2022 (<https://developer.apple.com/pt/support/compare-memberships/>).
- Beattie, Mark Paul, Huiru Zheng, Chris Nugent, e Paul McCullagh. 2014. «COPD lifestyle support through self-management (CALs)». Pp. 1–7 em *2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*. Belfast, United Kingdom: IEEE.
- Blazun Vosner, Helena, Kaija Saranto, Peter Kokol, e Janez Vošner. 2012. «Information and communication technology as a tool for improving physical and social activity of the elderly». *Nursing informatics ... : proceedings of the ... International Congress on Nursing Informatics* 2012:26.
- Burkow, Tatjana M., Lars K. Vognild, Elin Johnsen, Astrid Bratvold, e Marijke Jongasma Risberg. 2018. «Promoting Exercise Training and Physical Activity in Daily Life: A Feasibility Study of a Virtual Group Intervention for Behaviour Change in COPD». *BMC Medical Informatics and Decision Making* 18(1):136. doi: 10.1186/s12911-018-0721-8.
- Burns, Brendan, Kelsey Hightower, e Joe Beda. 2019. *Kubernetes: Up and Running: Dive into the Future of Infrastructure*. 2nd Edition. O'Reilly Media.
- Carter, R. A., A. I. Anton, A. Dagnino, e L. Williams. 2000. «Evolving beyond requirements creep: a risk-based evolutionary prototyping model». Pp. 94–101 em *Proceedings Fifth IEEE International Symposium on Requirements Engineering*. Toronto, Ont., Canada: IEEE Comput. Soc.
- Ceci, L. 2021. «Healthcare Apps Available Google Play 2020». *Statista*. Obtido 26 de setembro de 2020 (<https://www.statista.com/statistics/779919/health-apps-available-google-play-worldwide/>).
- Chandeliya, Nalin, Prashanth Chari, Sameeran Karpe, e Deepak C. Karia. 2020. «Reliable Machine to Machine Communication Using MQTT Protocol and Mean Stack». Pp. 94–100 em *Innovative Data Communication Technologies and Application*. Vol. 46, *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, editado por J. S. Raj, A. Bashar, e S. R. J. Ramson. Cham: Springer International Publishing.

-
- Coimbra, Notícias de. 2018. «Tempestade Leslie provoca grande destruição nas Matas Nacionais». Obtido 15 de janeiro de 2022 (<https://www.noticiasdecoimbra.pt/tempestade-leslie-provoca-grande-destruicao-nas-matas-nacionais/>).
- Cooper, Christopher B. 2009. «Airflow Obstruction and Exercise». *Respiratory Medicine* 103(3):325–34. doi: 10.1016/j.rmed.2008.10.026.
- Cruz, Joana, Dina Brooks, e Alda Marques. 2016. «Accuracy of piezoelectric pedometer and accelerometer step counts». *The Journal of sports medicine and physical fitness* 57. doi: 10.23736/S0022-4707.16.06177-X.
- De Caro, Niccolò, Walter Colitti, Kris Steenhaut, Giuseppe Mangino, e Gianluca Reali. 2013. «Comparison of two lightweight protocols for smartphone-based sensing». Pp. 1–6 em *2013 IEEE 20th Symposium on Communications and Vehicular Technology in the Benelux (SCVT)*.
- Demeyer, H., Z. Louvaris, A. Frei, R. A. Rabinovich, C. de Jong, E. Gimeno-Santos, M. Loeckx, S. C. Buttery, N. Rubio, T. Van der Molen, N. S. Hopkinson, I. Vogiatzis, M. A. Puhan, J. Garcia-Aymerich, M. I. Polkey, e T. Troosters. 2017. «Physical Activity Is Increased by a 12-Week Semiautomated Telecoaching Programme in Patients with COPD: A Multicentre Randomised Controlled Trial». *Thorax* 72(5):415–23. doi: 10.1136/thoraxjnl-2016-209026.
- Faria, Inês, Carina Gaspar, Manuela Zamith, Isabel Matias, Rui César das Neves, Fátima Rodrigues, e Cristina Bárbara. 2014. «TELEMOLD Project: Oximetry and Exercise Telemonitoring to Improve Long-Term Oxygen Therapy». *Telemedicine and E-Health* 20(7):626–32. doi: 10.1089/tmj.2013.0248.
- Gartenberg, Chaim. 2020. «Donald Trump Extends Huawei Ban through May 2021». *The Verge*. Obtido 22 de agosto de 2020 (<https://www.theverge.com/2020/5/13/21257675/trump-extends-huawei-ban-may-2021-china-us-android-google-telecom>).
- Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD, . 2020. *2020 GOLD*. Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD.
- Google. 2020a. «Android Jetpack». *Android Developers*. Obtido 15 de outubro de 2020 (<https://developer.android.com/jetpack>).
- Google. 2020b. «Platform Overview | Google Fit». *Google Developers*. Obtido 15 de agosto de 2020 (<https://developers.google.com/fit/overview>).
- Google. 2022. «How to use Play Console - Play Console Help». Obtido 26 de março de 2022 (<https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/6112435?hl=en#zippy=%2Cstep-sign-up-for-a-google-play-developer-account%2Cstep-accept-the-developer-distribution-agreement%2Cstep-pay-registration-fee>).
- Hynninen, Kia Minna J., Monica H. Breitve, Alice B. Wiborg, Ståle Pallesen, e Inger Hilde Nordhus. 2005. «Psychological Characteristics of Patients with Chronic Obstructive

-
- Pulmonary Disease: A Review». *Journal of Psychosomatic Research* 59(6):429–43. doi: 10.1016/j.jpsychores.2005.04.007.
- Iwamura, Yamato, Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, e Norihiro Hagita. 2011. «Do Elderly People Prefer a Conversational Humanoid as a Shopping Assistant Partner in Supermarkets?» P. 449 em *Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction - HRI '11*. Lausanne, Switzerland: ACM Press.
- Juen, Joshua, Qian Cheng, e Bruce Schatz. 2015. «A Natural Walking Monitor for Pulmonary Patients Using Mobile Phones». *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* 19(4):1399–1405. doi: 10.1109/JBHI.2015.2427511.
- Karagiannis, Vasileios, Periklis Chatzimisios, Francisco Vazquez-Gallego, e Jesus Alonso-Zarate. 2015. «A Survey on Application Layer Protocols for the Internet of Things». 10.
- Kotlin. 2020. «Kotlin Programming Language». *Kotlin*. Obtido 15 de outubro de 2020 (<https://kotlinlang.org/>).
- Kwon, Hee, Sungin Lee, Eun Ji Jung, SangHee Kim, Jung-Kyu Lee, Deog Kyeom Kim, Tae-Hyung Kim, Seung Hyeun Lee, Myoung Kyu Lee, Seungjae Song, e Kichul Shin. 2018. «An MHealth Management Platform for Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (Efil Breath): Randomized Controlled Trial». *JMIR MHealth and UHealth* 6(8):e10502. doi: 10.2196/10502.
- Leiria, Politecnico. 2020. «Estudantes voluntários do Politécnico de Leiria apoiam zona de testes à COVID-19 no Estádio de Leiria».
- Loeckx, Matthias, Roberto A. Rabinovich, Heleen Demeyer, Zafeiris Louvaris, Rebecca Tanner, Noah Rubio, Anja Frei, Corina De Jong, Elena Gimeno-Santos, Fernanda M. Rodrigues, Sara C. Buttery, Nicholas S. Hopkinson, Gilbert Büsching, Alexandra Strassmann, Ignasi Serra, Ioannis Vogiatzis, Judith Garcia-Aymerich, Michael I. Polkey, e Thierry Troosters. 2018. «Smartphone-Based Physical Activity Telecoaching in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Mixed-Methods Study on Patient Experiences and Lessons for Implementation». *JMIR MHealth and UHealth* 6(12):e200. doi: 10.2196/mhealth.9774.
- Lusa, Carolina Branco, Rita Cipriano, Agência. 2018. «Furacão Leslie. A maior tempestade desde 1842». *Observador*. Obtido 15 de janeiro de 2022 (<https://observador.pt/2018/10/13/furacao-leslie-ja-passou-pela-madeira-e-esta-a-caminho-do-continente-e-o-pior-furacao-desde-1842-nesta-regiao/>).
- Ma, Benson, e Alok Ahuja. 2021. «Towards a Reliable Device Management Platform». *Medium*. Obtido 18 de dezembro de 2021 (<https://netflixtechblog.com/towards-a-reliable-device-management-platform-4f86230ca623>).
- Malavolta, Ivano. 2016. «Beyond Native Apps: Web Technologies to the Rescue! (Keynote)». Pp. 1–2 em *Proceedings of the 1st International Workshop on Mobile Development - Mobile! 2016*. Amsterdam, Netherlands: ACM Press.

-
- Martins, Ana Isabel, Ana Filipa Rosa, Alexandra Queirós, Anabela Silva, e Nelson Pacheco Rocha. 2015. «European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS)». *Procedia Computer Science* 67:293–300. doi: 10.1016/j.procs.2015.09.273.
- Medvedev, Oleg, Alison Marshall, e Alexey Antonov. 2008. «User-Friendly Interface for the Smartphone-based Self Management of Pulmonary Rehabilitation». Pp. 673–76 em *2008 International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*. Sanya, China: IEEE.
- Moran, Kate. 2019. «Usability Testing 101». *Nielsen Norman Group*. Obtido 23 de janeiro de 2022 (<https://www.nngroup.com/articles/usability-testing-101/>).
- Neiva, Miguel. 2017. «ColorADD: Color Identification System for Color-Blind People». Pp. 303–14 em *Injuries and Health Problems in Football*, editado por C. N. van Dijk, P. Neyret, M. Cohen, S. Della Villa, H. Pereira, e J. M. Oliveira. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Nguyen, Huong. 2009. «Pilot Study of a Cell Phone-Based Exercise Persistence Intervention Post-Rehabilitation for COPD». *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* 301. doi: 10.2147/COPD.S6643.
- Nici, Linda, e Richard ZuWallack. 2015. «They can't bury you while you're still moving: A review of the European Respiratory Society statement on physical activity in chronic obstructive pulmonary disease». *Polish Archives of Internal Medicine* 125(10):771–78. doi: 10.20452/pamw.3121.
- Nielsen, Jakob. 2009. «Discount Usability: 20 Years». *Nielsen Norman Group*. Obtido 23 de janeiro de 2022 (<https://www.nngroup.com/articles/discount-usability-20-years/>).
- Nielsen, Jakob. 2012a. «How Many Test Users in a Usability Study?». *Nielsen Norman Group*. Obtido 21 de janeiro de 2022 (<https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>).
- Nielsen, Jakob. 2012b. «Usability 101: Introduction to Usability». *Nielsen Norman Group*. Obtido 21 de janeiro de 2022 (<https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>).
- Orme, Mark, Amie Weedon, Dale Esliger, Paula Saukko, Mike Morgan, Michael Steiner, John Downey, Sally Singh, e Lauren Sherar. 2016. «Study Protocol for Chronic Obstructive Pulmonary Disease-Sitting and Exacerbations Trial (COPD-SEAT): A Randomised Controlled Feasibility Trial of a Home-Based Self-Monitoring Sedentary Behaviour Intervention». *BMJ Open* 6(10):e013014. doi: 10.1136/bmjopen-2016-013014.
- Pahl, Claus, e Pooyan Jamshidi. 2016. «Microservices: A Systematic Mapping Study». Pp. 137–46 em *Proceedings of the 6th International Conference on Cloud Computing and Services Science*. Rome, Italy: SCITEPRESS - Science and Technology Publications.
- Pequenino, Karla. 2020. «O médico em casa: consultas de telemedicina são mais fáceis». *PÚBLICO*. Obtido 7 de julho de 2020

(<https://www.publico.pt/2020/03/24/ciencia/noticia/fique-casa-medicina-distancia-opcao-1908692>).

- Pereira, Marco, Ana Margarida Almeida, e Helder Caixinha. 2016. «Exercit@rt mobile: Monitoring of pulmonary rehabilitation in COPD». Pp. 1–8 em *2016 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (TISHW)*. Vila Real, Portugal: IEEE.
- Pericleous, Paraskevi, e Tjeerd P. Van Staa. 2019. «The Use of Wearable Technology to Monitor Physical Activity in Patients with COPD: A Literature Review». *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* Volume 14:1317–22. doi: 10.2147/COPD.S193037.
- Rodrigues, Ricardo. 2021. «Plataforma OnTRACK – Desenvolvimento de Mecanismos Automáticos para Promoção de Atividade Física por meio de Agentes Conversacionais». Politécnico de Leiria.
- Saks, Elar. 2019. «JavaScript Frameworks: Angular vs React vs Vue». 47.
- Sallis, James F., Robert B. Cervero, William Ascher, Karla A. Henderson, M. Katherine Kraft, e Jacqueline Kerr. 2006. «AN ECOLOGICAL APPROACH TO CREATING ACTIVE LIVING COMMUNITIES». *Annual Review of Public Health* 27(1):297–322. doi: 10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102100.
- Santos, António Carvalheira. 2018. «PANORAMA DAS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM PORTUGAL». 66.
- Santos, Liliana A., Sofia Flora, Nádía Hipólito, Alda Marques, Ana Oliveira, Nuno Morais, Bruno P. Carreira, e Joana Cruz. 2019. «Enablers, barriers, needs and preferences of physical activity in patients with COPD: does pulmonary rehabilitation play a role?». P. PA574 em *Physiotherapists*. European Respiratory Society.
- Serozhenko, Marina. 2017. «MQTT vs. HTTP: Which One Is the Best for IoT?». *Medium*. Obtido 25 de setembro de 2020 (<https://medium.com/mqtt-buddy/mqtt-vs-http-which-one-is-the-best-for-iot-c868169b3105>).
- Sharma, Smita, M. M. Tripathi, e V. M. Mishra. 2017. «Survey Paper on Sensors for Body Area Network in Health Care». Pp. 1–6 em *2017 International Conference on Emerging Trends in Computing and Communication Technologies (ICETCCT)*. Dehradun: IEEE.
- Sherrell, Linda. 2013. «Evolutionary Prototyping». Pp. 803–803 em *Encyclopedia of Sciences and Religions*, editado por A. L. C. Runehov e L. Oviedo. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Solanas, Agusti, Constantinos Patsakis, Mauro Conti, Ioannis Vlachos, Victoria Ramos, Francisco Falcone, Octavian Postolache, Pablo Perez-martinez, Roberto Pietro, Despina Perrea, e Antoni Martinez-Balleste. 2014. «Smart health: A context-aware health paradigm within smart cities». *IEEE Communications Magazine* 52(8):74–81. doi: 10.1109/MCOM.2014.6871673.

-
- Spina, Gabriele, Guannan Huang, Anouk Vaes, Martijn Spruit, e Oliver Amft. 2013. «COPDTrainer: A Smartphone-Based Motion Rehabilitation Training System with Real-Time Acoustic Feedback». P. 597 em *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing - UbiComp '13*. Zurich, Switzerland: ACM Press.
- Spruit, Martijn A., Fabio Pitta, Edward McAuley, Richard L. ZuWallack, e Linda Nici. 2015. «Pulmonary Rehabilitation and Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 192(8):924–33. doi: 10.1164/rccm.201505-0929CI.
- Tabak, Monique, Miriam MR Vollenbroek-Hutten, Paul DLPM van der Valk, Job van der Palen, e Hermie J. Hermens. 2014. «A Telerehabilitation Intervention for Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Pilot Trial». *Clinical Rehabilitation* 28(6):582–91. doi: 10.1177/0269215513512495.
- Thönes, Johannes. 2015. «Microservices». *IEEE Software* 32(1):116–116. doi: 10.1109/MS.2015.11.
- Troosters, Thierry, Thys van der Molen, Michael Polkey, Roberto A. Rabinovich, Ioannis Vogiatzis, Idelle Weisman, e Karoly Kulich. 2013. «Improving Physical Activity in COPD: Towards a New Paradigm». *Respiratory Research* 14(1):115. doi: 10.1186/1465-9921-14-115.
- Van De Belt, Tom H., Lucien JLPG Engelen, Sivera AA Berben, e Lisette Schoonhoven. 2010. «Definition of Health 2.0 and Medicine 2.0: A Systematic Review». *Journal of Medical Internet Research* 12(2):e18. doi: 10.2196/jmir.1350.
- Vergara, Ekhiotz Jon, Mihails Prihodko, e Simin Nadjm-Tehrani. 2013. «Mobile Location Sharing: An Energy Consumption Study». P. 289 em *Proceedings of the the fourth international conference on Future energy systems - e-Energy '13*. Berkeley, California, USA: ACM Press.
- Vorrink, Sigrid N. W., Helianthe S. M. Kort, Thierry Troosters, Pieter Zanen, e Jan-Willem J. Lammers. 2016. «Efficacy of an MHealth Intervention to Stimulate Physical Activity in COPD Patients after Pulmonary Rehabilitation». *European Respiratory Journal* 48(4):1019–29. doi: 10.1183/13993003.00083-2016.
- Vorrink, Sigrid NW, Helianthe SM Kort, Thierry Troosters, e Jan-Willem J. Lammers. 2016. «A Mobile Phone App to Stimulate Daily Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Development, Feasibility, and Pilot Studies». *JMIR MHealth and UHealth* 4(1):e11. doi: 10.2196/mhealth.4741.
- Wang, Charlie. 2018. «HTTP vs. MQTT: A Tale of Two IoT Protocols». *Google Cloud Blog*. Obtido 17 de dezembro de 2019 (<https://cloud.google.com/blog/products/iot-devices/http-vs-mqtt-a-tale-of-two-iot-protocols/>).
- Watz, Henrik, Fabio Pitta, Carolyn L. Rochester, Judith Garcia-Aymerich, Richard ZuWallack, Thierry Troosters, Anouk W. Vaes, Milo A. Puhan, Melissa Jehn, Michael I. Polkey, Ioannis Vogiatzis, Enrico M. Clini, Michael Toth, Elena Gimeno-Santos, Benjamin Waschki, Cristobal Esteban, Maurice Hayot, Richard Casaburi,

-
- Janos Porszasz, Edward McAuley, Sally J. Singh, Daniel Langer, Emiel F. M. Wouters, Helgo Magnussen, e Martijn A. Spruit. 2014. «An Official European Respiratory Society Statement on Physical Activity in COPD». *European Respiratory Journal* 44(6):1521–37. doi: 10.1183/09031936.00046814.
- Weltgesundheitsorganisation, ed. 2008. *The Global Burden of Disease: 2004 Update*. Geneva.
- World Health Organization, ed. 2009. *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Wulf, Linda, Markus Garschall, Julia Himmelsbach, e Manfred Tscheligi. 2014. «Hands Free - Care Free: Elderly People Taking Advantage of Speech-Only Interaction». Pp. 203–6 em *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Fun, Fast, Foundational - NordiCHI '14*. Helsinki, Finland: ACM Press.
- Xu, Wenyao, Ming-Chun Huang, Jason J. Liu, Fengbo Ren, Xinchun Shen, Xiao Liu, e Majid Sarrafzadeh. 2013. «MCOPD: Mobile Phone Based Lung Function Diagnosis and Exercise System for COPD». Pp. 1–8 em *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '13*. Rhodes, Greece: ACM Press.
- Yuce, Mehmet R. 2010. «Implementation of Wireless Body Area Networks for Healthcare Systems». *Sensors and Actuators A: Physical* 162(1):116–29. doi: 10.1016/j.sna.2010.06.004.

Anexos

A - Requisitos plataforma

Este documento foi elaborado em inglês uma vez que a equipa tem elementos que não falam português e assim foi possível apresentar a todos quais seriam os requisitos que permitem à plataforma do OnTRACK se destacar dos demais projetos.

Prototype

The user is very motivated and wants to start using the app after his/her health professional enrolls he/she in the platform, the system will trigger an (email/message with a link to interact or QR code to scan). On (interaction/scan) the app will be opened in the registration screen, the user verifies that the data already inserted is correct, fills up the username, password and scan he/she fingerprint, the system has to upload and validate the data. On success the user has to login, the username will be filled, and the user only have to scan his/her fingerprint, if the login is a success the user finally arrives at the home screen as shown in the Figure 1.

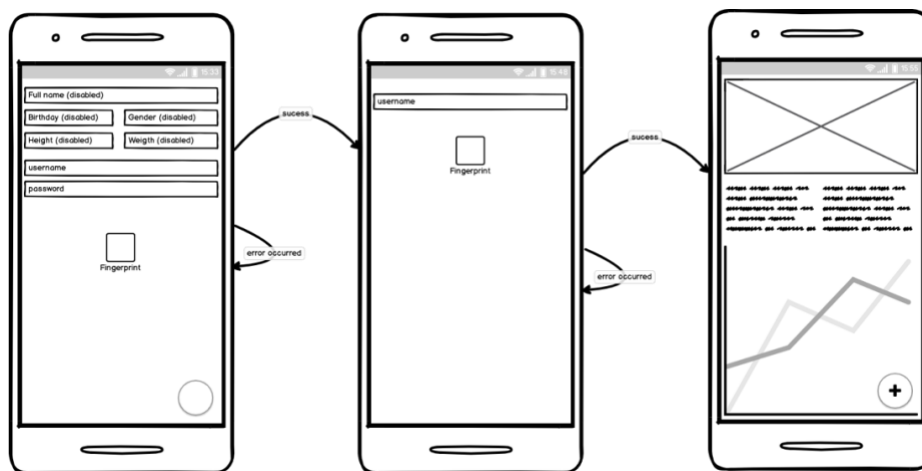


Figure 1 - Registration process

The user is in his/her medical consultation, the health professional measure the saturation of oxygen in the blood, as the medical equipment not communicates with the smartphone or the platform the user decides to register the value himself/herself in the app, so the user is in the home screen and interacts with the plus button, and after that interacts with the measures button, the system opens the measures screen, the user now must have to choose SpO₂, then

has to choose manual, insert the value and finally interact with the save button as shown Figure 2. The system will save this data securely on the device and will sync with the server.

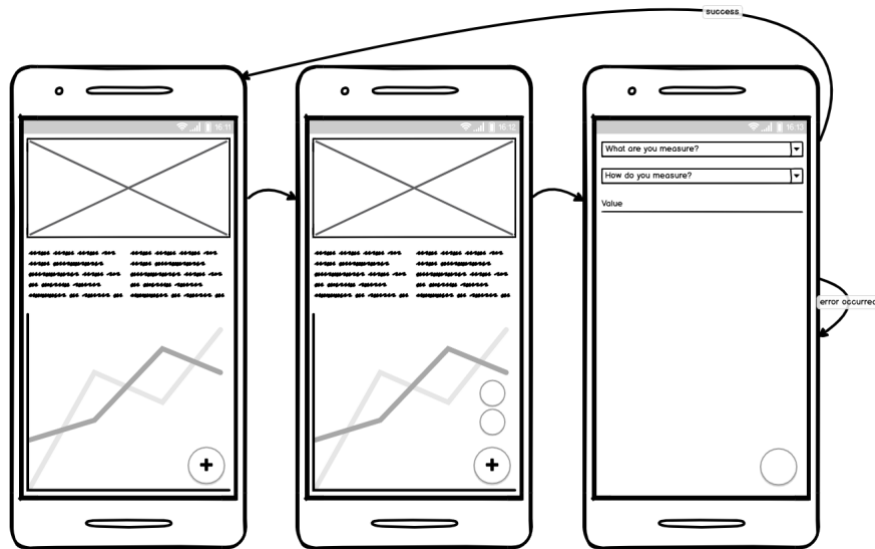


Figure 2 - Add new measure

The user is able to manually insertions of heart rate, weight and physical activity. Mostly all measures have integration with external sensors, other measures can be gathered by sensors integrations.

The user wants to see their physiological data to realize if his/her progress is positive, he/she navigates to the measures screen (Figure 3) and in this screen the user can see by categories all data that the platform has about he/she. All categories have interaction, so the user interacts with weight to realize that when he/she began to be more physically active the weight drops a little, the app shows to the user the body mass index, and a chart with historical data as shown Figure 4.

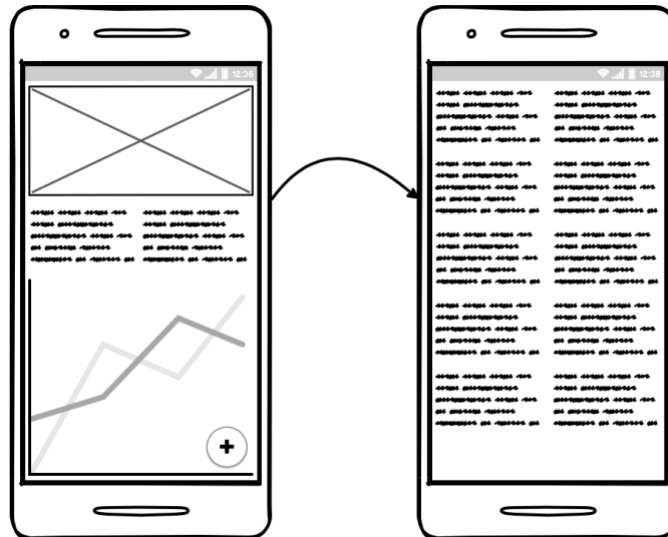


Figure 3 - Navigation to measures screen



Figure 4 - Measure detailed

The user wants to add contacts to his/her emergency contacts list, so the user has to navigate to the profile screen, interact with emergency contacts, the app displays his/her list of emergency contacts, as Figure 5 shows. The user has to interact with the add button to be able to select the contact that he/she wants to add, after interacting with the contact the new contact will be added to the list.

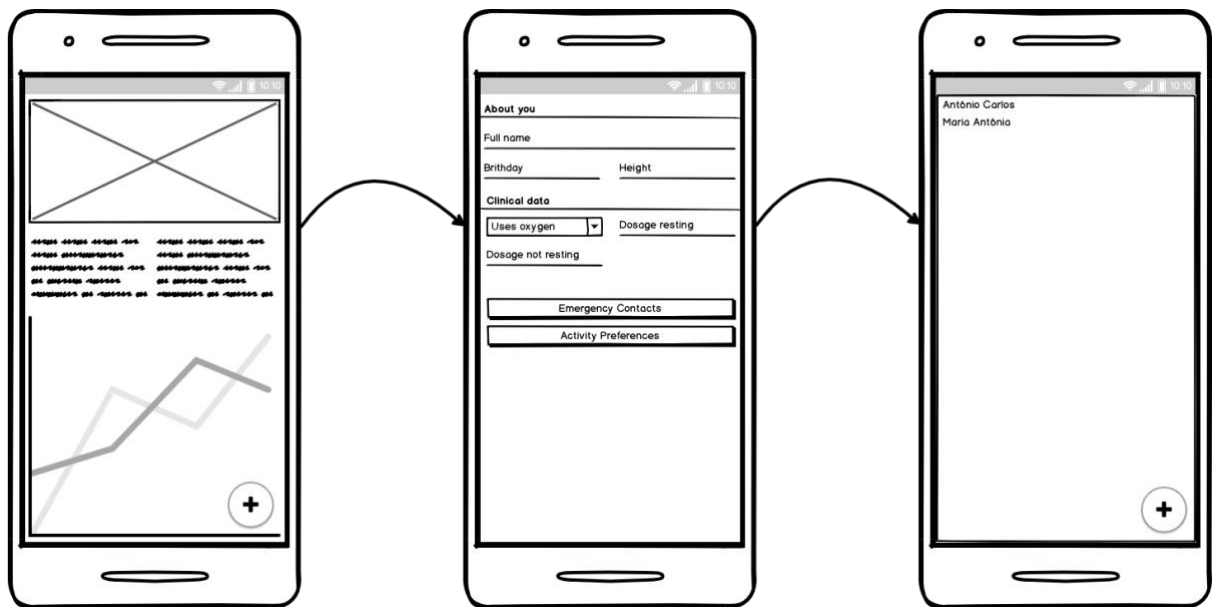


Figure 5- Add new contact

The user is now interested to add him/her favorite activities to the app can recommend to him/her the right activities.

The user has to navigate to the profile screen and interact with activity preferences, the app will show all activities that it can monitoring as Figure 6 shows. So, the user has to uncheck the ones that he/she dislike to do at the end must save the selection and the app only will suggest his/her favorite activities.

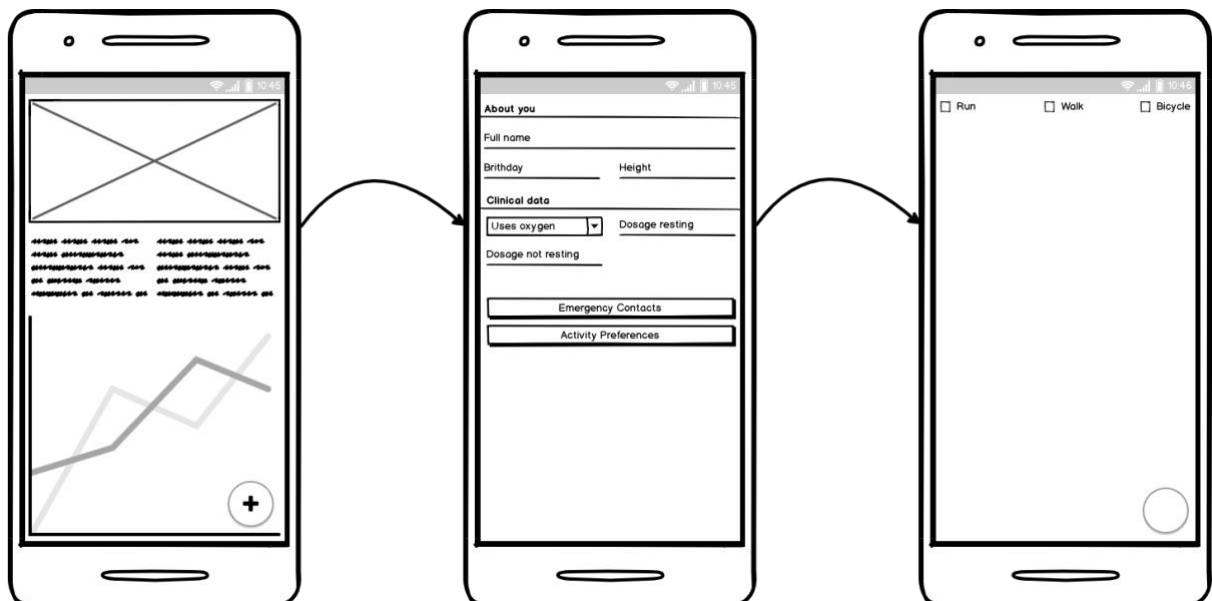


Figure 6- Selection of favorite activities

The user is now interested in know other people that share the same problem and may help each other to motivate them doing more physical activity, so the user goes to the social screen, interacts with the add button, and a list of in-app users will appear Figure 7. The user selects the in-user that wants. The app will send the invitation to the selected user.

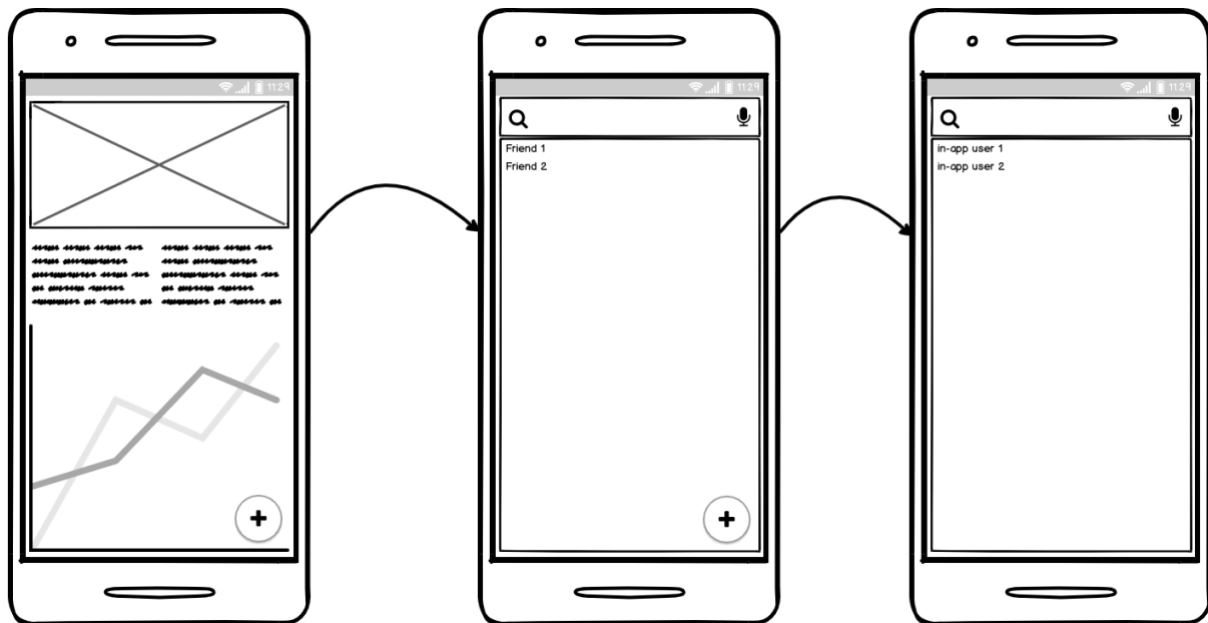


Figure 7- Invite new in-app user

The user is thinking about walk a little, he/she goes to the app in home screen, interacts with the plus button, and after with the play button, next the user will interact with share button, now the user has to select the in-user friend(s), the app will filter the available physical activities suitable to all of persons invited, the user chooses one and the app will send the invitation to all of them as Figure 8 shows.

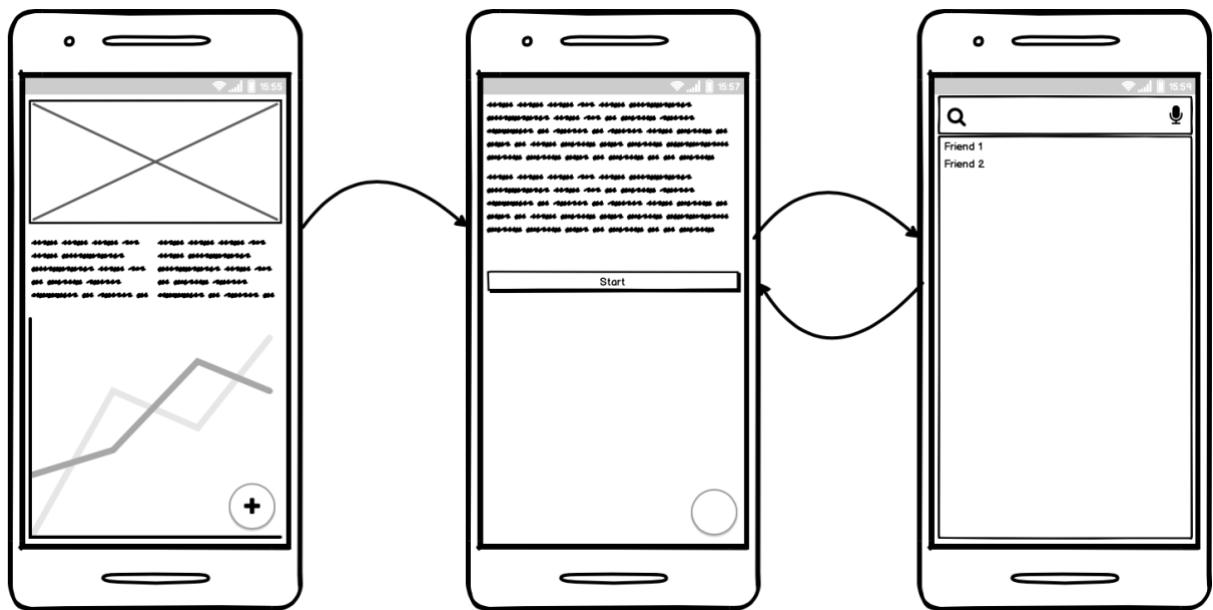


Figure 8 - Invite in-app friends to physical activity

The user has afraid of its privacy and go on vacation he/she wants to shut down the app, the user must go to profile, interact with settings, next interact with shut down button, after this interacts with shutdown button again as Figure 9 shows. The user can also parameterize some things like when, where re-enables the app automatically, or leaves it that way and has to come back re-enable it.

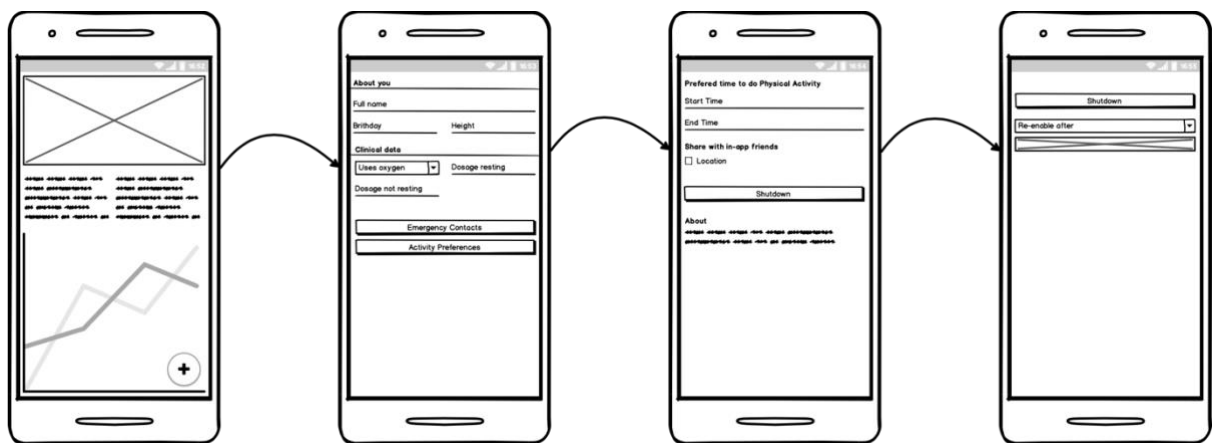


Figure 9 - Shutdown app

Requirements

8.1. Functional

8.1.1. Integration (Kwon et al. 2018) (Medvedev, Marshall, e Antonov 2008)

1. The application integrates with Garmin services and wearables (still in negotiation). (BV: EE: 5)

8.1.2. Exercise Coaching

2. **As a patient, I want** the app to follow a predefined plan and the objectives established, **so that** I am able perform the exercises prescribed. (BV: EE: 3)
 - 2.1. **Given** the user as an account in the app **When** his/her health professional prescribe at least one prescription **Then** the system must have to follow it.
 - 2.2. **Given** the user as an account in the app **When** his/her health professional never prescribe physical activity **Then** the system warns the user that cannot use the app until have one prescription.
 - 2.3. **Given** the user as an account in the app **When** his/her health professional already prescribed physical activity **And** the system tuned his/her prescription **Then** the system must have to follow it.
3. **As a patient, I want** an automated tuning of the prescription and daily/weekly objectives definition, **so that** I don't have to wait for the health professional to tune my prescription and I keep my engagement. (BV: EE: 5) (Demeyer et al. 2017)
 - 3.1. **Given** the system already has a prescription made by the health professional **And** the user has accomplished all the goals of the prescription **When** the user ends his/her goals **Then** the system triggers a new prescription.
 - 3.2. **Given** the system already has a prescription made by the health professional **And** the user hasn't accomplished all the goals of the prescription **And** reports some symptoms, like shortness of breath, fatigue **And** the measures collected reflect these symptoms **When** the prescription ends **Then** the system triggers a new prescription.
 - 3.3. **Given** the system already has a prescription made by the health professional **And** the user has accomplished almost all goals of the prescription **When** the prescription ends **Then** the system not triggers any prescription.
4. **As a patient, I want** a step-by-step physical activity guide that must be triggered for the first time and is accessible on demand, **so that** I know how perform the exercises correctly (BV: EE: 1). (Kwon et al. 2018)
 - 4.1. **Given** the user already selected an exercise **And** is the first time doing it **When** he/she push the start button **Then** the system must provide step by step guidance.
 - 4.2. **Given** the user already selected an exercise **And** have already done the exercise **When** he/she push info button **Then** the system must provide step by step guidance.
 - 4.3. **Given** the user already selected an exercise **And** I have already done the exercise **When** he/she don't interact with the UI **Then** the system does not show any step by step guidance **And** start the exercise.

-
5. **As a patient, I want** feedback on the safeness of the exercise by providing the recommendations about the safety limits, **so that** I feel safe when I try to do more challenging physical activities. (BV: EE: 4)(Spina et al. 2013)(Medvedev et al. 2008)
 - 5.1. **Given** the user selects an exercise classified as hard for himself/herself **And** the user is wearing a smart band **When** the user pushes the start button **Then** the system warns that every x mins he must stop y mins
 - 5.2. **Given** the user selects an exercise classified as hard for himself/herself **And** user isn't wearing a smart band **When** he/she pushes the start button **Then** the system warns that won't be possible gather physiological data.
 6. **As a patient, I want** to collect achievements of marks, like 10km mark, 1h of continuous physical activity, **so that** I can motivate me to do more. (BV: EE: 1) (Burkow et al. 2018)(Demeyer et al. 2017)(Xu et al. 2013)(S. N. Vorrink et al. 2016)
 - 6.1. **Given** the user is doing some physical activity exercise **When** the user accomplishes one app mark **Then** the system must congrats the user with a medal.
 7. **As a patient, I want** the health professional and my emergency contacts to be notified when my health measurements (e.g., SpO₂, heart rate) are at a critical level, **so that** they can be aware that happens to me. (BV: EE: 2)(Kwon et al. 2018)
 - 7.1. **Given** the user is resting **When** his/her physiological data changes beyond the safety levels **Then** the system must alert himself/herself **And** his/her emergency contacts by email and/or SMS **And** his/her health professional on the web platform and/or email and/or SMS and/or email.
 - 7.2. **Given** the user is doing physical activity **When** his/her physiological data changes beyond the safety levels **Then** the system must alert the himself/herself **And** his/her emergency contacts by email and/or SMS **And** his/her health professional on the web platform and/or email and/or SMS.
 8. **As a patient, I want** that the app recommends me some green parks with or without exercise machines **so that** I can better exercise me. (BV: EE: 3)
 - 8.1. **Given** the app recommend me a pull up exercise **When** the user selects the pull-up **Then** the app must recommend me to walk to nearest park with machines.
 9. **As a patient, I want** a flexible and adjustable regimen of exercise according to my status, so that I will not be pushed too much by the app. (BV: EE: 5)
 - 9.1. **Given** the user is in physical activity screen **When** the user choose the physical activity classified as medium Or the user choose the physical activity classified as hard **Then** the system has to analyze data(Exertion, Shortness of breath, Tiredness and Physiological data) of previous days to validate and encourage the user to do the activity.
 - 8.1.1. **Measurements**
 10. **As a patient, I want** to see the data about 6MWT **so that** I can follow the progression/regression of my condition over time.(Kwon et al. 2018)(Xu et al. 2013)(Loeckx et al. 2018)

-
- 10.1. **Given** the user is on the home screen **And** already has data about 6MWT **When goes to** the measures screen **Then** have to see a card with the latest value **And** a small chart with all measures.
 - 10.2. **Given** the user is on measures screen **And** already has data about 6MWT **When** interact with the 6MWT card **Then** must see a qualitative evaluation **And** a chart with all measures.
 - 10.3. **Given** the user is on the home screen **And** has no data about 6MWT **When** goes to the measures screen **Then** shouldn't see the card about 6MWT.
 - 10.4. **Given** the patient has an appointment with his/her health professional **When** user's health professional inserts data regarding 6MWT **Then** the system should get the data.
11. **As a patient, I want** the application, every time that I stop or rest, ask me about my exertion, shortness of breath and tiredness using the modified *Borg scale (0-10)*, **so that** automatically shares this data with my health professional. (BV: EE: 3)
- 11.1. **Given** the user is doing physical activity **When** stops **Then** the system must ask to the user about his/her condition.
 - 11.2. **Given** the user is on the home screen **And** has data about it **When goes to** measures screen **Then** should see a card with all the symptoms felt by week.
12. **As a patient, I want** to track my sleep **so that** I know my sleep quality. (BV: EE: 4)
- 12.1. **Given** user has it's sleep routine scheduled **And** is wearing a smart band/smartwatch **When** the time to bed begin **Then** the system must gather data from the wearable.
 - 12.2. **Given** user has he/she sleep routine scheduled **And** isn't wearing one smart band/smartwatch **When** the time to bed begin **Then** the system must gather the time that the user isn't using his/her smartphone.
 - 12.3. **Given** the user is on the home screen **And** already has data about sleep **When** goes to the measures screen **Then** have to see a card with the latest value **And** a small chart with all measures of current week.
 - 12.4. **Given** the user is on measures screen **And** already has data about sleep **When** interact with the sleep card **Then** must see a qualitative evaluation about time slept **And** a chart with last week measures.
 - 12.5. **Given** the user is on the home screen **And** has no data about sleep **When** goes to the measures screen **Then** shouldn't see the card about sleep.
 - 12.6. **Given** the system gather data about sleep of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
13. **As a patient, I want** to measure my lung capacity, **so that** I can track the progression/regression of the disease. (BV: EE: 3)
- 13.1. **Given** the user is on the home screen **And** has lung capacity measurements **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with lung capacity last measure **And** a chart with all measurements.
 - 13.2. **Given** the user is on the measures screen **And** has lung capacity measurements **When** interact with lung capacity card **Then** the system should show

-
- a qualitative information about user measures **And** should present a chart with all measures.
- 13.3. **Given** the user is on the home screen **And** has any lung capacity measurements **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with lung capacity.
 - 13.4. **Given** the user has a 3.5mm spirometer **And** it is on measures screen **And** the user wants to collect his/her lung capacity **When** the user choose Lung Capacity **And** the user choose 3.5 mm **And** push the Measure button **Then** the system must interact with 3.5mm spirometer to read the data.
 - 13.5. **Given** the patient has an appointment with his/her health professional **When** user's health professional inserts data regarding lung capacity **Then** the system should get the data.
14. As a patient, I want to measure my heart rate, so that be notified when I am pushing hard from me and triggers oxygen reading. (BV: EE: 3)
- 14.1. **Given** the user is on the home screen **And** has heart rate measurements **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with hearth last measure **And** a chart with all measurements of the week.
 - 14.2. **Given** the user is on the measures screen **And** has heart rate measurements **When** interact with heart rate card **Then** the system should show a qualitative information about user measures **And** should present a chart with all measures of last week.
 - 14.3. **Given** the user is on the home screen **And** has any heart rate measurements **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with heart rate.
 - 14.4. **Given** the system gather data about hearth rate of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
 - 14.5. **Given** the patient has an appointment with his/her health professional **When** user's health professional inserts data regarding heart rate **Then** the system should get the data.
 - 14.6. **Given** the system has heart rate sensors **And** the user want to measure his/her heart rate with it **And** is on measurement screen **When** the user interact with measure button **Then** the system collect the data through that sensor.
 - 14.7. **Given** the user is wearing a smart band/smartwatch with hearth rate sensors **And** the user isn't doing any physical activity **When** already passed 5min from the last measure **Then** the system should trigger a measure.
 - 14.8. **Given** the user is wearing a smart band/smartwatch with hearth rate sensors **And** the user is doing physical activity **When** already measured the last measure **Then** the system should trigger a measure.
 - 14.9. **Given** the user are wearing a smart band/smartwatch with heart rate sensors **And** the user want to measure his/her heart rate with it **And** is on measurement screen **When** the user choose Heart Rate **And** The user choose Wearable **And** push the Measure button **Then** the system collect the data through that sensor the sensor.
 - 14.10. **Given** want to insert the heart rate data manually **And** is on measurement screen **When** the user choose Heart Rate **And** The user choose Manual **And** the user

inserts the value **And** the user interact with measure button **Then** the system collect the value that has inserted.

15. As a patient, I want to measure the saturation of oxygen in my blood, so that I can be notified when reaching dangerous levels. (BV: EE: 3)(Beattie et al. 2014)(Juen et al. 2015)(Faria et al. 2014)(Kwon et al. 2018)(Pereira et al. 2016)
 - 15.1. **Given** the user is on the home screen **And** has saturation of oxygen measurements **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with saturation of oxygen last measure **And** a small chart with all measurements of the week.
 - 15.2. **Given** the user is on the measures screen **And** has saturation of oxygen measurements **When** interact with saturation of oxygen card **Then** the system should show a qualitative information about user measures **And** should present a chart with all measures of last week.
 - 15.3. **Given** the user is on the home screen **And** has no saturation of oxygen measurements **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with saturation of oxygen.
 - 15.4. **Given** the system gather data about saturation of oxygen of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
 - 15.5. **Given** the patient has an appointment with his/her health professional **When** user's health professional inserts data regarding saturation of oxygen **Then** the system should get the data.
 - 15.6. **Given** the system has saturation of oxygen sensors **And** the user want to measure his/her saturation of oxygen with it **And** is on measurement screen **When** the user choose SpO2 **And** the user choose Smartphone **And** the user interact with measure button **Then** the system collect the data through that sensor.
 - 15.7. **Given** the user are wearing a smart band/smartwatch with saturation of oxygen sensors **And** the user want to measure his/her saturation of oxygen with it **And** is on measurement screen **When** the user choose SpO2 **And** the user choose Wearable **And** the user interacts with measure button **Then** the system collect the data through that sensor the sensor.
 - 15.8. **Given** want to insert the saturation of oxygen data manually **And** is on measurement screen **When** the user choose SpO2 **And** the user choose Manual **And** the user insert the value **And** the user interact with measure button **Then** the system collect the value that has inserted.
16. As a patient, I want to measure my weight so that I can track if my weight is in safety measures. (BV: EE: 2)
 - 16.1. **Given** the user is on the home screen **And** has weight measurements **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with weight last measure **And** a small chart with all measurements of the week.
 - 16.2. **Given** the user is on the measures screen **And** has weight measurements **And** at least one height measure **When** interact with weight card **Then** the system should show the body mass index **And** should present a chart with all measures of last week.

-
- 16.3.** **Given** the user is on the measures screen **And** has weight measurements **And** has no height measure **When** interact with weight card **Then** the system should show a chart with all measures of last week.
- 16.4.** **Given** the user is on the home screen **And** has no weight measurements **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with weight.
- 16.5.** **Given** the system gather data about weight of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
- 16.6.** **Given** the patient has an appointment with his/her health professional **When** user's health professional inserts data regarding weight **Then** the system should get the data.
- 16.7.** **Given** the user has Wi-Fi scales **And** the user want to measure his/her weight with it **And** is on measurement screen **When** the user choose Weight **And** the user choose Wi-Fi **And** the user interacts with measure button **Then** the system collect the data through that Wi-Fi scale.
- 16.8.** **Given** want to insert the weight data manually **And** is on measurement screen **When** the user choose Weight **And** the user choose Manual **And** the user inserts the value **And** the user interacts with measure button **Then** the system collect the value that has inserted.
- 17.** **As a patient, I want to insert in the app my height so that I can measure some other variables, like BMI, energy expenditure and others. (BV: EE: 1)**
- 17.1.** **Given** the user use the app for the first time **And** his/her medical record has the height **When** the user enters his/her credentials **Then** the system must get it from the server.
- 17.2.** **Given** the user use the app for the first time **And** his/her medical record didn't have the height **When** the user enters his/her credentials **Then** the system must request to the user insert it.
- 17.3.** **Given** the user is in the home screen **And** has the height measure **When** goes to the profile screen **Then** the user should see the value.
- 17.4.** **Given** the user is in the profile screen **And** has the height measure **When** changes the height value **Then** the system must have to save and upload it to the server.
- 17.5.** **Given** the patient has an appointment with his/her health professional **When** user's health professional inserts data regarding height **Then** the system should get the data.
- 18.** **As a patient, I want to measure the time that I am stationary for a very long period so that I can realize if I spend too much time stationary and to the app can push me to do some physical activity. (BV: EE: 5)(Orme et al. 2016)(Medvedev et al. 2008)**
- 18.1.** **Given** the user is using the app **And** the user is wearing a band **When** the user is stationary based on both devices **Then** the system have to gather this time.
- 18.2.** **Given** the user is using the app **And** the user isn't wearing a band **When** the user is stationary based on smartphone **Then** the system have to gather this time.

-
- 18.3.** **Given** the user is on the home screen **And** has stationary time measurements **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with current time stationary **And** a small chart with all measurements by day of the last 7 days.
- 18.4.** **Given** the user is on the measures screen **And** has stationary time measurements **When** interact with stationary time card **Then** the system have to provide a qualitative classic the system have to show a chart by day of the last 7days
- 18.5.** **Given** the user is on the home screen **And** has no stationary time measurements **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with stationary time.
- 18.6.** **Given** the system gather data about stationary time of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
- 19. As a patient, I want** to measure natural walking speed **so that** the app can provide information about my health status. (BV: EE: 4)(Juen et al. 2015)
- 19.1.** **Given** the user is using the app **And** the user is wearing a band **When** the user is doing physical activity **Then** the system have to gather and combine the instantaneous speed.
- 19.2.** **Given** the user is using the app **And** the user isn't wearing a band **When** the user is walking **Then** the system have to gather the instantaneous speed.
- 19.3.** **Given** the user is on the home screen **And** has natural walking speed measurements **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with last natural walking speed average **And** a small chart with average of all measurements by day of the last 7 days.
- 19.4.** **Given** the user is on the measures screen **And** has natural walking speed measurements **When** interact with walk speed card **Then** have to see a card with last natural walking speed average **And** a small chart with average of all measurements by day of the last 7 days.
- 19.5.** **Given** the user is on the home screen **And** has no walk speed measurements **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with walk speed.
- 19.6.** **Given** the system gather data about walk speed of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
- 19.7.** The app should allow to insert it by manual input. (BV: EE: 2)
- 20. As a patient, I want** to measure the distance that I traveled during my physical activity **so that** I can track my progress over time. (BV: EE: 3) (Juen et al. 2015)(Pereira et al. 2016)
- 20.1.** **Given** the user is using the app **And** the user is wearing a band **When** the user is doing physical activity **Then** the system have to combine the data from the two devices to gather the distance.
- 20.2.** **Given** the user is using the app **And** the user isn't wearing a band **When** the user is walking **Then** the system have to gather the distance.
- 20.3.** **Given** the user is on the home screen **And** has natural walking speed measurements **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with last natural walking speed average **And** a small chart with average of all measurements by day of the last 7 days.

-
- 20.4.** **Given** the user is on the measures screen **And** has natural walking speed measurements **When** interact with walk speed card **Then** have to see a card with last natural walking speed average **And** a small chart with average of all measurements by day of the last 7 days.
- 20.5.** **Given** the user is on the home screen **And** has no walk speed measurements **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with walk speed.
- 20.6.** **Given** the system gather data about walk speed of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
- 20.7.** **Given** the user is using the app **When** the user is on the car or bus or train **Then** the app must have to filter out this situation to not gather cheat the results. (S. N. Vorrink et al. 2016)
- 21.** As a patient, I want to count the steps that I made during the so that I can track my activity during the day.(Beattie et al. 2014)(Demeyer et al. 2017)(Loeckx et al. 2018)
- 21.1.** **Given** the user is using the app **And** the user is wearing a band **When** the user is doing physical activity **Then** the system have to combine the data of the two systems to count the steps.
- 21.2.** **Given** the user is using the app **And** the user isn't wearing a band **When** the user is doing physical activity **Then** the system have to count the steps.
- 21.3.** **Given** the user is on the home screen **And** has steps counted **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with current counted steps **And** a small chart with all measurements by day of the last 7 days.
- 21.4.** **Given** the user is on the measures screen **And** has steps counted **When** interact with steps count card **Then** have to see a card with current counted steps **And** a chart with all measurements by day of the last 7 days.
- 21.5.** **Given** the user is on the home screen **And** has no counted steps **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with steps count.
- 21.6.** **Given** the system gather data about count steps of the user **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
- 21.7.** **Given** the user is using the app **When** the user is on the car or bus or train **Then** the app must have to filter out this situation to not gather cheat the results.(S. N. Vorrink et al. 2016)
- 22.** As a patient, I want to measure the duration of physical activity so that I can track my time spent on physical activity, which has to be at least 5 minutes of physical activity and every minute of activity. (BV: EE: 2)
- 22.1.** **Given** the user is on the home screen **And** has durations of physical activity **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with current duration of the physical activity **And** a chart with all measurements summarized by day of the last 7 days.
- 22.2.** **Given** the user is on the measures screen **And** has durations of physical activity **When** interact with duration card **Then** the system should show a qualitative information about user measures **And** should present a chart with all measurements summarized by day of the last 7 days.

-
- 22.3. **Given** the user is on the home screen **And** has any durations of physical activity **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with duration.
- 22.4. **Given** the system gather data about duration of physical activity **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
- 22.5. **Given** the user is wearing a smart band/smartwatch **When** the user is doing physical activity **Then** the system should use both systems know if user is doing physical activity.
- 22.6. **Given** want to insert the physical activity data manually **And** is on measurement screen **When** the user choose physical activity **And** The user choose Manual **And** the user inserts the value **And** the user interact with save button **Then** the system collect the value that has inserted.
- 22.7. **Given** the user is using the app **When** the user is on the car or bus or train **Then** the app must have to filter out this situation to not gather cheat the results. (S. N. Vorrink et al. 2016)
23. As a patient, I want to measure the frequency of physical activity so that I can track my routines regarding physical activity. (BV: EE: 1)
- 23.1. The app should show a chart with total of physical activity during the day. (BV: EE: 1)
- 23.2. **Given** the user is on the home screen **And** has durations of physical activity **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with current duration of the physical activity **And** a chart with all measurements summarized by day of the last 7 days.
- 23.3. **Given** the user is on the measures screen **And** has durations of physical activity **When** interact with duration card **Then** the system should show a qualitative information about user measures **And** should present a chart with all measurements summarized by day of the last 7 days.
- 23.4. **Given** the user is on the home screen **And** has any durations of physical activity **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with duration.
- 23.5. **Given** the system gather data about duration of physical activity **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
- 23.6. **Given** the user is wearing a smart band/smartwatch **When** the user is doing physical activity **Then** the system should use both systems know if user is doing physical activity.
24. As a patient, I want to measure the intensity of physical activity so that I can be notified when stop. (BV: EE: 5)
- 24.1. **Given** the user is using the app **And** the user is wearing a band **When** the user is doing physical activity **Then** the system use both accelerometers from smartphone and the smart band to analyze the intensity.
- 24.2. **Given** the user is using the app **And** the user isn't wearing a band **When** the user is doing physical activity **Then** the system use the smartphone accelerometer to analyze the intensity.

-
- 24.3. **Given** the user is on the home screen **And** has intensity data **When** goes to measures screen **Then** have to see a card with qualitative value of the last activity **And** a small chart with qualitative values of each physical activity.
 - 24.4. **Given** the user is on the measures screen **And** has steps counted **When** interact with steps count card **Then** have to see a card with qualitative value of the last activity **And** a small chart with qualitative values of each physical activity.
 - 24.5. **Given** the user is on the home screen **And** has no intensity data **When** goes to measures screen **Then** shouldn't see any card with steps count.
 - 24.6. **Given** the system gather data about intensity of physical activity **When** the system saves the data **Then** the system should upload it to the server.
 - 24.7. **Given** the user is using the app **When** the user is on the car or bus or train **Then** the app must have to filter out this situation to not gather cheat the results.

8.1.1. Other

- 25. **As a patient, I want** to register in the app **so that** I can log in the app.
 - 25.1. **Given** the smartphone has a biometric authentication system **And** the patient hasn't any account in the system **And** the health professional is registering the user **When** the user scans the QR code **Or** interacts with the link sent by email **And** the patient has to verify all data already filled by the system **And** fill the username **And** fill the password **And** add at least one biometric authentication **Then** the app updates the user profile.
 - 25.2. **Given** the smartphone hasn't a biometric authentication system **And** the patient hasn't any account in the system **And** the health professional is registering the user **When** the user scans the QR code **Or** interacts with the link sent by email **And** the patient has to verify all data already filled by the system **And** fill the username **And** fill the password **Then** the app updates the user profile.
 - 25.3. **Given** the patient hasn't any account in the system **And** its health professional isn't enrolling the patient **When** the patient opens the app **And** interacts with register button **And** fill up the registration form(s) **Then** the app updates the user profile.
- 26. **As a patient, I want** to login in the app **so that** I can use the app with all features.
 - 26.1. **Given** the patient already has an account **When** the patient opens the app **And** interacts with login **And** fills the username **And** choose one method of authentication **And** authenticates **Then** the system let the user in the application **And** download the all data until a week old.
- 27. **As a patient, I want** to one or more emergency contacts apart from his/her health professionals **so that** I something appends to me they will be notified. (BV: EE: 1)
 - 27.1. **Given** the user is in profile screen **And** the patient already has emergency contacts **When** interact with the emergency contacts button **Then** the system must provide the list of emergency contacts.
 - 27.2. **Given** the user is in profile screen **And** the patient already hasn't any emergency contacts **When** the interact with the emergency contacts button **Then** the system must provide an empty list.
 - 27.3. **Given** the user is in emergency contacts screen **And** the user only has one contact app **When** the interact with the add button **And** choose one contact **Then** the system get the contact id and name and save it.

-
- 27.4. **Given** the user is in emergency contacts screen **And** the user has more than one contact app **When** the interact with the add button **And** select the app that wants **And** choose one contact **Then** the system get the contact id and name and save it.
28. **As a patient, I want** a fell detection, **so that** notify all the emergency contacts. (BV: EE: 5)
- 28.1. **Given** the user have the smartphone in the pocket **Or** in the hand **When** the user falls **Then** the system have pops-up a screen with a timer to the user can cancel
- 28.2. **Given** the user fell **And** the user not cancel the warning **When** the timer ends **Then** the system have to contact the emergency contacts.
- 28.3. **Given** the user fell **When** the user cancels the pop-up **Then** the system not alert anyone.
29. **As a patient, I want** to be able of customizing the frequency of the summary feedback (hourly, daily, weekly or by the end of the day, beginning of the week) **so that** the app doesn't be annoying. (BV: EE: 2)
- 29.1. **Given** the user is in settings app **When** the user interacts with summarize notifications **And** choose "None" **Then** the system cannot summarize any notification.
- 29.2. **Given** the user is in settings app **When** the user interacts with summarize notifications **And** choose "Daily" **Then** the system cannot summarize daily notification.
- 29.3. **Given** the user is in settings app **When** the user interacts with summarize notifications **And** choose "Weekly" **Then** the system cannot summarize weekly notification.
30. **As a patient, I want** a shutdown button, were stops all background processes and let the person be unmonitored so that I feel free. (BV: EE: 1)
- 30.1. **Given** the user is in the shutdown screen **And** the app is started **When** the user interacts with the shutdown button **Then** the app must stop all background services.
- 30.2. **Given** the user is in the shutdown screen **And** the app is shutdown **When** the user interacts with the startup button **Then** the app must start all background services.
- 30.3. **Given** the user is in the shutdown screen **And** the app is shutdown **When** the user choose "time" **And** the user insert the value **Then** the system must start a timer to re-enable all services again.
- 30.4. **Given** the user is in the shutdown screen **And** the app is shutdown **When** the user choose "after" **And** the user insert the value **Then** the system must start a watcher to re-enable all services again.
- 30.5. **Given** the user is in the shutdown screen **And** the app is shutdown **When** the user choose "leave location" **And** the user insert the box location **Then** the system must start a watcher to when the user leaves that box, start all services.
- 30.6. **Given** the user is in the shutdown screen **And** the app is shutdown **When** the user choose "reach location" **And** the user insert the box location **Then** the system must start a watcher to when the user arrives to that box, start all services.

-
- 31. As a patient, I want** to specify my preferences of the physical activities that it like, dislike or something in between **so that** the app recommend me something that I like to do. (BV: EE: 3)
- 31.1. Given** the user is in profile screen **When** the user interacts with “Activity Preferences” button **Then** the system must show the all activities supported **And** its current selection.
- 31.2. Given** the user is in the Activity Preferences screen **When** the user checks an activity as preferred **Then** the system must save it as preferred.
- 31.3. Given** the user is in the Activity Preferences screen **When** the user checks an activity as non-preferred **Then** the system must save it as non-preferred.
- 32. As a patient, I want** to insert in the app if I use oxygen at full time, only when doing physical activity, or not uses at all **so that** the aware of my limitations. (BV: EE: 1)
- 32.1. Given** the user is in profile screen **When** the user chooses “yes” **And** the user inserts the value of dosage in physical activity **And** the user inserts the value of dosage while resting **Then** the system must have to save it.
- 32.2. Given** the user is in profile screen **When** the user chooses “in physical activity” **And** the user inserts the value of dosage in physical activity **Then** the system must have to save it.
- 33. As a patient, I want** to specify my preferred time of the day that I can do some physical activity **so that** I will not be disturbed when I am busy. (BV: EE: 1)
- 33.1. Given** the user is in settings screen **And** the user already interacted with available time **When** the user select the start time in start time **And** the user select the end time in end time **Then** the system must save this preferences.

8.1.2. Social

- 34. As a patient, I want** to add another in-app user as a friend **so that** I can build a friendship with other patients. (BV: EE: 2)
- 34.1. Given** the user as an account **And** the user is in social screen **And** the person that he/she wants hasn't invited he/she **When** the user interacts with the add button **And** the people button **And** select the contact that he/she wants to add **Then** the system must trigger an invitation to the person.
- 34.2. Given** the user as an account **And** the user is in social screen **And** the person that he/she wants already invited he/she **When** the user interacts with the add button **And** the people button **And** select the contact that he/she wants to add **Then** the system must auto accept the invitation sent.
- 35. As a patient I want** to be able to accept a friendship request from another in-app user **so that** I be able to control my in-app friendships. (BV: EE: 2)
- 35.1. Given** the user as an account **And** the app is in foreground **When** an in-app user sends a friendship request **Then** the system must show a pop-up to the user allows.
- 35.2. Given** the user as an account **And** the app is in background **When** an in-app user sends a friendship request **Then** the system must throw an operating system notification.

-
- 36. As a patient, I want** to invite an in app-friend to make physical activity with me, **so that** I can push for him/her and motivate me at the same time. (BV: EE: 2)
- 36.1. Given** the user as an account **And** the user is in physical activity screen **When** the user interacts with invite button **And** selects all in-app friends that he/she want invite **Then** the system must send the invitation to all of them selected.
- 37. As a patient, I want** to be able to accept the request of doing physical activity with the inviter **so that** I can be or not available. (BV: EE: 2)
- 37.1. Given** the user as an account **And** the app is in foreground **When** an in-app friend sends a physical activity request **Then** the system must show a pop-up to the user accepts.
- 37.2. Given** the user as an account **And** the app is in background **When** an in-app friend sends a physical activity request **Then Then** the system must throw an operating system notification.
- 38. As a patient, I want** to share his/her own location with a in-app friend(s) **so that** they can find me and join me. (BV: EE: 4)
- 38.1. Given** the user as an account **And** the user is in settings screen **When** the user checks the item “Share my location on physical activity” **Then** the system when the user is in physical activity must share he/she location with in-app friends.
- 38.2. Given** the user as an account **And** the user is in physical activity screen **When** the user interacts with share location button **Then** the must share he/she location with in-app friends until ends the physical activity.
- 39. As a patient I want** see if somebody is practicing nearby so that I can join to he/she. (BV: EE: 3)
- 39.1. Given** the user as an account **And** the use has in-app friends **And** the user has in-app friends that shares the location **When** the user already chooses a physical activity exercise **Then** the user should see his/her in-friends and the time that they go do that physical activity.
- 40. As a patient, I want** to always share my achievements with in-app friend within the app **so that** I can motivate them to keep doing physical activity. (BV: EE: 3)(S. N. Vorrink et al. 2016)(Pereira et al. 2016)
- 40.1. Given** the user as an account **And** the user is doing physical activity **When** the user gets a new achievement **Then** the system has to allow in-app friends see it.
- 41. As a patient, I want** to see my in-app friends’ achievements **so that** I can motivate them to keep doing physical activity. (BV: EE: 3)
- 41.1. Given** the user as an account **And** the user is in in-app friends screen **And** the user already selected the in-app friend that he/she wants **When** the user has to interact with achievements button **Then** the system opens the in-app friend achievements.
- 42. As a patient, I want** to see my in-app friends’ current goals state **so that** I can motivate them to keep doing physical activity. (BV: EE: 3)
- 42.1. Given** the user as an account **And** the user is in in-app friends screen **And** the user already selected the in-app friend that he/she wants **When** the user has to interact with goals button **Then** the system opens the in-app friend goals.

-
- 43.** As a patient, I want to publish on social networks my achievements so that I can motivate others and I continue do physical activity. (BV: EE: 3)(Pereira et al. 2016)(S. N. Vorrink et al. 2016)
- 43.1.** **Given** the user as an account **And** the user is in achievements screen **And** the user is has an achievement **And** the user already selected the achievement that wants **When** interact with share button **And** selects the app that want to share **Then** the system has to share it in the app.
- 44.** As a patient, I want chat with other in-app friends so that reinforce friendship with other patients. (BV: EE: 4)
- 44.1.** **Given** the user as an account **And** the user is in in-app friends screen **And** the user already selected the in-app friend that he/she wants **When** the user has to interact with chat button **Then** the system opens the chat.
- 45.** As a patient I want chat to interact with my health professionals so that I can clarify some doubts. (BV: EE: 4)
- 45.1.** **Given** the user as an account **And** the user is in in-app friends screen **When** the user selects the health professional that he/she wants **Then** the system opens the chat.

8.1.3. Voice Interface

- 46.** As a patient, I want a voice enabled interface to allow me to get my current goals state. (BV: EE: 4)
- 46.1.** **Given** the user already called the Google Assistant **When** the user asks for her/his current goals **Then** the system must provide an answer to Google Assistant.
- 47.** As a patient, I want a voice enabled interface to allow me to start a physical activity. (BV: EE: 4)
- 47.1.** **Given** the user already called the Google Assistant **When** the user asks for her/his start physical activity **Then** the system must start the physical activity And provide an answer to Google Assistant.

8.2. Non-Functional

1. **As a patient, I want** an algorithm that can adequately estimate the distance travelled without accessing GPS data, **so that** distance can be measured with access only to the smart band. (BV: EE: 4)
2. The application must be responsive/fluid (need to be re-write).(Loeckx et al. 2018)
 - 2.1. **Given** the system is in foreground **When** the user interacts with (any/must used) element(s) in the UI **Then** the system has to respond within 1.5 seconds.
3. The application must store the data securely on the device.(Kwon et al. 2018)(S. N. Vorrink et al. 2016)
 - 3.1. **Given** the system uses the in-device storage **When** the critical data is saved **Then** the system should apply a cipher algorithm to allow confidentiality of the information.
4. The application must have a new algorithm to better estimate the stride length(Juen et al. 2015)

-
5. The application must be battery saver.(S. N. Vorrink et al. 2016)
 6. The instructions must be precise and clear to the user.(Kwon et al. 2018)(Medvedev et al. 2008)
 7. The step counter must be able to gather better data on slow walk speeds.(Pericleous e Van Staa 2019)
 8. The application must be low on interaction no more than 2 or 3 taps, to get routine tasks that users want, done.

Physical activities(Pereira et al. 2016)

- Walking
- Up and Down stairs
- Up and Down hills
- Sit
- Lying
- Standing
- Movement of the arms
- Dancing
- Cycling
- Stationary bikes
- Treadmills
- Gymnastics

Reference:

- [2] O. Medvedev, A. Marshall, and A. Antonov, “User-Friendly Interface for the Smartphone-based Self Management of Pulmonary Rehabilitation,” in *2008 International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, Sanya, China, 2008, pp. 673–676.
- [3] M. P. Beattie, H. Zheng, C. Nugent, and P. McCullagh, “COPD lifestyle support through self-management (CALs),” in *2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*, Belfast, United Kingdom, 2014, pp. 1–7.
- [4] J. Juen, Q. Cheng, and B. Schatz, “A Natural Walking Monitor for Pulmonary Patients Using Mobile Phones,” *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. 19, no. 4, pp. 1399–1405, Jul. 2015.
- [5] I. Faria *et al.*, “TELEMOLD Project: Oximetry and Exercise Telemonitoring to Improve Long-Term Oxygen Therapy,” *Telemed. E-Health*, vol. 20, no. 7, pp. 626–632, Jul. 2014.

-
- [6] T. M. Burkow, L. K. Vognild, E. Johnsen, A. Bratvold, and M. J. Risberg, “Promoting exercise training and physical activity in daily life: a feasibility study of a virtual group intervention for behaviour change in COPD,” *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, vol. 18, no. 1, p. 136, Dec. 2018.
- [7] H. Demeyer *et al.*, “Physical activity is increased by a 12-week semiautomated telecoaching programme in patients with COPD: a multicentre randomised controlled trial,” *Thorax*, vol. 72, no. 5, pp. 415–423, May 2017.
- [8] W. Xu *et al.*, “mCOPD: mobile phone based lung function diagnosis and exercise system for COPD,” in *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '13*, Rhodes, Greece, 2013, pp. 1–8.
- [9] S. N. Vorrink, H. S. Kort, T. Troosters, and J.-W. J. Lammers, “A Mobile Phone App to Stimulate Daily Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Development, Feasibility, and Pilot Studies,” *JMIR MHealth UHealth*, vol. 4, no. 1, p. e11, Jan. 2016.
- [10] M. Orme *et al.*, “Study protocol for Chronic Obstructive Pulmonary Disease-Sitting and Exacerbations Trial (COPD-SEAT): a randomised controlled feasibility trial of a home-based self-monitoring sedentary behaviour intervention,” *BMJ Open*, vol. 6, no. 10, p. e013014, Oct. 2016.
- [11] G. Spina, G. Huang, A. Vaes, M. Spruit, and O. Amft, “COPDTrainer: a smartphone-based motion rehabilitation training system with real-time acoustic feedback,” in *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing - UbiComp '13*, Zurich, Switzerland, 2013, p. 597.
- [12] M. Loeckx *et al.*, “Smartphone-Based Physical Activity Telecoaching in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Mixed-Methods Study on Patient Experiences and Lessons for Implementation,” *JMIR MHealth UHealth*, vol. 6, no. 12, p. e200, Dec. 2018.
- [13] M. Pereira, A. M. Almeida, and H. Caixinha, “Exercit@rt mobile: Monitoring of pulmonar rehabilitation in COPD,” in *2016 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (TISHW)*, Vila Real, Portugal, 2016, pp. 1–8.
- [14] P. Pericleous and T. P. Van Staa, “The use of wearable technology to monitor physical activity in patients with COPD: a literature review,” *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.*, vol. Volume 14, pp. 1317–1322, Jun. 2019.