

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

SportWatch: Sports activities wearable monitoring and coaching

Carlos David Lopes Clemente



Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: Miguel Velhote Correia (PhD)

Fevereiro de 2016

© Carlos David Lopes Clemente, 2016

SportWatch: Sports activities wearable monitoring and coaching

Carlos David Lopes Clemente

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Carlos Soares (PhD)

Vogal Externo: Helena Rodrigues (PhD)

Orientador: Miguel Velhote Correia (PhD)

19 de fevereiro de 2016

Resumo

Recentemente, com a grande evolução do estudo cinemático e mecânico do corpo humano, existe cada vez mais a necessidade de recolher novos dados relacionados com esta temática. Numa empresa como a Kinematix Sense é essencial que os utilizadores da sua tecnologia se sintam, acima de tudo, confortáveis. No seguimento deste requisito e com a crescente evolução do mercado dos *wearables* foram desenvolvidos dispositivos capazes de captar parâmetros inovadores que trazem grande valor para este tipo de estudos e também para os utilizadores.

É estudada a importância dos parâmetros recolhidos na corrida tanto a nível de performance como a nível de prevenção de lesões. É também feita uma análise do método atualmente mais utilizado para a observação da técnica de corrida.

Sendo o sistema desenvolvido pela empresa Kinematix Sense dependente de um *smartphone* (para adquirir os dados dos sensores), e tendo em conta que um dispositivo desta natureza terá sempre dimensões elevadas para a prática de corrida, seria uma mais valia o desenvolvimento de uma aplicação para um dispositivo de menores dimensões. Com a evolução do mercado dos *wearables*, especificamente dos *smartwatches*, já há dispositivos de pequenas dimensões capazes de substituir, em parte, os *smartphones*.

Esta dissertação pretende desenvolver um protótipo de uma aplicação para *smartwatch* que seja capaz de substituir o *smartphone* durante a recolha dos parâmetros provenientes dos dispositivos TUNE. O desenvolvimento do protótipo foi feito em Android Wear para um *smartwatch* específico, o “Sony Smartwatch 3” que, aquando da iniciação desta dissertação, era o único equipado com uma antena GPS integrada. Além da recolha de dados a aplicação deve ser capaz de apresentar o estado dos sensores em tempo real, captar as posições GPS que o utilizador ocupa ao longo do tempo e mostrar informação sobre os parâmetros recolhidos.

Abstract

Recently, with the great evolution of cinematic and mechanical study of Human body, there is an increasingly need to collect new data concerning this issue. In a company like Kinematix Sense it's essential that the users of its technology feel comfortable, above all matters. Following this requirement and the growing evolution of the market for wearables, devices capable of capturing innovative parameters that bring great value for this type of study and also for the users, were developed.

The importance of the parameters collected in running, both in terms of performance and in terms of injury prevention, is studied. It is also made an analysis of the currently most popular method used for observing the running technique.

As the system developed by the company Kinematix Sense depend on a smartphone (to receive data from the sensors) and taking into to account that a device of this nature will always be uncomfortable for running practice, it would be a great advance if this function could be made by a device with smaller dimensions. With the evolution of the wearables market, specifically smartwatches, there are already small devices capable of replacing smartphones.

This research aims to develop a prototype of an application to smartwatch to be able to replace the smartphone during the collection of the parameters from the TUNE devices. The development of the prototype was made in Android Wear for a specific smartwatch, the "Sony Smartwatch 3" which, upon the initiation of this research, was the only equipped with an integrated GPS antenna. The prototype should also be able to display the sensors state in real time, capture GPS positions along the way and display the information about the data acquired.

Agradecimentos

Quero agradecer à minha família, especialmente aos meus pais, pelo apoio incondicional ao longo de toda a minha vida.

Um agradecimento ao meu orientador Prof. Miguel Velhote Correia pela disponibilidade, simpatia e pelos conselhos dados na realização desta dissertação.

Quero também agradecer a todos os colaboradores da Kinematix Sense, S.A. pela excelente receção, pela compreensão e condições que proporcionaram durante o desenvolvimento do meu trabalho. Um agradecimento em especial ao Jorge Pinto, por ser quem me acompanhou de perto durante a minha estadia e ter sempre mostrado compreensão e confiança no trabalho desenvolvido.

Por fim, não podia deixar de agradecer a todos os meus amigos que sempre fizeram parte do meu percurso não só como estudante mas também como pessoa.

Carlos David Lopes Clemente

“Hard work beats talent when talent fails to work hard.”

Kevin Durant

Conteúdo

Introdução.....	2
1.1 Contexto	2
1.2 Motivação e Objetivos	3
1.3 Estrutura da Dissertação.....	4
Os Wearables e as Novas tendências na Tecnologia	6
2.1 Wearables	6
2.1.1 <i>Smart-Eyewear</i>	7
2.1.2 <i>Health and Fitness Wear</i>	8
2.1.3 <i>Smartwatches</i>	9
2.2 Android Wear.....	10
2.3 <i>Global Positioning System</i>	11
2.3.1 Segmento Espacial	12
2.3.2 Segmento de Controlo.....	13
2.3.3 Segmento do Utilizador.....	13
2.4 <i>Bluetooth Low Energy</i>	13
2.4.1 Estrutura do Protocolo BLE	14
Monitorização de atividade física	18
3.1 Dispositivos de monitorização	20
3.1.1 Dispositivos Médicos	21
3.1.2 Dispositivos Fitness.....	24
Implementação do protótipo da aplicação	30
4.1 Especificação de Requisitos	30

4.2	Tecnologias utilizadas	31
4.2.1	APIs externas	31
4.3	Arquitetura do sistema	34
4.4	Interfaces gráficas	37
4.4.1	Ecrã de definição de dispositivos	37
4.4.2	Ecrã principal	38
4.4.3	Ecrã de definições	39
4.4.4	Ecrã de procura de dispositivos	41
4.4.5	Ecrã de corrida	42
4.4.6	Ecrã de corrida em notificação	44
4.4.7	Ecrã de Relatório	44
4.4.8	Ecrã de salvar corrida	46
4.4.9	Ecrã de descartar corrida	47
4.4.10	Ecrã de visualização de percurso	48
Experiências e Resultados		50
5.1	Experiência	50
5.2	Resultados e conclusões	51
Conclusões e Trabalho futuro		53
6.1	Conclusões	53
6.2	Desenvolvimentos futuros	54
Referências		56

Lista de Figuras

Figura 1 - Fitness Wearables	8
Figura 2 - Protótipo básico de <i>Smartwatch</i>	9
Figura 3 - Diferentes formas de ecrãs de <i>smartwatches</i>	11
Figura 4 - Satellite GPS	12
Figura 5 - Protocolo BLE	15
Figura 6 - Diagrama de estados do BLE	16
Figura 7 - Padrões de ataque ao chão (a - Heel striker; b - Midfoot striker; c - Forefoot striker)	19
Figura 8 - Dispositivo ActiGraph GT9X Link	22
Figura 9 - Dispositivo Physilog 4	23
Figura 10 - Módulo Droplet conectado com Physilog 4	23
Figura 11 - Dispositivo Wimu	24
Figura 12 - Dispositivo RPM2	25
Figura 13 - Ecrãs da aplicação do dispositivo RPM2	25
Figura 14 - Dispositivo MOOV	26
Figura 15 - Constituição da palmilha	27
Figura 16 - Arquitetura do sistema e comunicação entre dispositivos	34
Figura 17 Componentes de Software	36
Figura 18 - Ecrã de primeira utilização	37
Figura 19 - Ecrã principal	38
Figura 20 - Menu de definições	39
Figura 21 - Menu de definições com <i>Upload Runs</i>	40

Figura 22 - Ecrã de procura de dispositivos	41
Figura 23 - Ecrã de corrida	42
Figura 24 - Notificação de corrida em estado "Running"	43
Figura 25 - Notificação de corrida em estado "Paused"	44
Figura 26 - Ecrã de relatório	45
Figura 27 - Ecrã de Relatório (valores de simetria)	46
Figura 28 - Ecrã de salvar corrida	46
Figura 29 - Ecrã de descartar corrida	47
Figura 30 - Ecrã de visualização de percurso	48
Figura 31 - Mapa e percurso	49

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Comparação de funcionalidades entre wearables

29

Abreviaturas e Símbolos

BLE	Bluetooth Low Energy
GPS	Global Positioning Service
DoD	United States Department of Defense
SOC	System-on-chip
IMU	Inertial Measurement Unit
GCT	Ground Contact Time
HS	Heel Strike
IDE	Integrated development environment
MAC	Media Access Control

2 **Capítulo 1**

Introdução

4 No presente capítulo é feito o enquadramento do tema desta dissertação de mestrado e são
6 detalhadas as motivações e os objetivos do trabalho desenvolvido. Por fim, é explicitada a
estrutura deste documento.

1.1 Contexto

8 O trabalho apresentado nesta dissertação foi desenvolvido no âmbito da *Kinematix Sense*,
S.A. uma empresa que se dedica à conceção e desenvolvimento de tecnologias para a
10 monitorização do movimento. A sua missão é, com a sua tecnologia, melhorar a qualidade de vida
dos seus utilizadores nomeadamente na locomoção, em atividades desportivas ou outras que
12 envolvam movimento dos membros inferiores. Inicialmente o seu objetivo era a aplicação do
conhecimento científico e tecnologias inovadoras desenvolvidas para ajudar os profissionais na
14 área da saúde, médicos e fisioterapeutas, no tratamento e prevenção de condições e patologias
associadas aos membros inferiores. O foco atual da empresa é desenvolver um produto de alta
16 qualidade e fiabilidade para que os seus utilizadores aprendam a correr prevenindo as lesões e
melhorando a sua técnica de corrida.

18 A tecnologia está cada vez mais presente no dia-a-dia de todas as pessoas. Há cada vez mais
um esforço por parte das empresas em desenvolver tecnologias que visam ajudar os utilizadores
20 em todas as tarefas. Como muitas outras empresas a *Kinematix Sense*, S.A. foca-se no
desenvolvimento de dispositivos para utilização na rotina diária e especificamente durante a
22 prática da corrida desportiva ou recreativa. Nesse sentido, foram desenvolvidos sensores que têm
como base a observação e obtenção de parâmetros de corrida relacionados com a cinemática e

dinâmica dos pés de um corredor. O produto consiste numa palmilha instrumentada e num dispositivo eletrônico, os quais serão descritos mais a frente neste documento, para adquirir e comunicar informação relevante do movimento.

O tema proposto foca-se na comunicação entre o dispositivo que lê os parâmetros dos sensores e um *smartwatch*, através de *Bluetooth Low Energy* (BLE). É também proposto que os valores medidos pelos sensores sejam consultados em tempo real pelo utilizador, para que este tenha um *feedback* em tempo útil da correta ou incorreta colocação dos seus membros inferiores durante a prática da modalidade.

1.2 Motivação e Objetivos

O movimento é quase tão essencial como o ar que respiramos nas nossas vidas, mas nem sempre as pessoas estão completamente cientes disso, pelo menos até terem problemas sérios relacionados com esse aspeto. Como é fácil constatar, o cuidado com a saúde e o corpo que cada um tem hoje em dia, leva a que as pessoas comecem a ter um grau de sensibilidade mais elevado para a prática de exercício físico, quer seja ao ar livre ou em ginásios. A atividade mais difundida na prática de exercício físico é, possivelmente, a corrida. É facilmente observável nas ruas de todas as cidades um crescente número de corredores, que correm com o intuito de manter a forma e um corpo são. São também esses corredores que, com o desenvolvimento e difusão da prática desta modalidade, estão cada vez mais cientes de que correr não é um exercício simples e querem, cada vez mais, tirar o máximo proveito e desempenho dessa mesma atividade. Consequentemente, o mercado relacionado com esta modalidade, quer seja o de roupa de *running* ou o de dispositivos que pretendem oferecer esse mesmo conhecimento e permitem aos utilizadores aperfeiçoar a sua técnica de corrida, tem vindo a crescer significativamente. Com este crescimento os praticantes da modalidade gastam cada vez mais dinheiro em dispositivos e acessórios que prometem fazer com que a sua performance melhore quase magicamente.

Paralelamente ao crescimento do mercado relacionado com a corrida ou *fitness*, há um mercado que atualmente se encontra em forte expansão, o mercado dos *wearables*. A junção destes dois estados de evolução, em que um potencia parte do outro, faz com que seja urgente a criação de ferramentas que sejam capazes de acompanhar toda a evolução tecnológica. Dentro do mercado de *wearables* existem dispositivos que prometem realizar o acompanhamento específico dos corredores, havendo alguns com a capacidade de efetuar o mesmo trabalho de uma forma mais eficiente e melhorada. Estes, para além de acompanharem um corredor durante a prática da modalidade, são ferramentas úteis para as tarefas do dia-a-dia. Os *smartwatches* são *wearables* concebidos para serem usados como um relógio inteligente que contém várias funcionalidades com o intuito de serem uma extensão dos *smartphones*. Contudo, estes dispositivos vêm dotados de *hardware* que pode ser aproveitado pelos programadores para desenvolver aplicações que tomem partido dessas características e alarguem o leque de funcionalidades oferecidas.

Esta dissertação, juntamente com o trabalho já desenvolvido pela empresa Kinematix Sense, S.A., permitirá que os utilizadores obtenham o conhecimento pelo qual tanto anseiam, e quase sem darem por isso, a ajuda e prevenção de que tanto precisam.

O objetivo principal desta dissertação é a implementação de um protótipo de uma aplicação para *smartwatch* com as seguintes funcionalidades:

- Comunicação do *smartwatch* com os dispositivos desenvolvidos pela Kinematix Sense, S.A.
- Visualização do estado dos sensores em tempo real.
- Visualização em tempo real dos dados recolhidos.
- Aquisição de dados de GPS.
- Sincronização dos dados recolhidos com a *cloud*.

O protótipo desenvolvido durante a dissertação deve ser capaz de oferecer todas as funcionalidades de uma simples aplicação de *running* (calcular distância percorrida, percurso efetuado, velocidade, etc) e, para além dessas funcionalidades indispensáveis, fornecer ainda parâmetros inovadores (como o tempo de contacto do calcanhar com o chão, o tempo de contacto do membro inferior com o chão e se o solo foi atacado com o calcanhar ou com a parte frontal do pé) através da comunicação com o dispositivo desenvolvido.

A metodologia adotada para a realização dos objetivos propostos foi a seguinte:

- Análise das capacidades do sistema operativo *Android Wear*;
- Estudo do protocolo BLE;
- Elaboração e desenvolvimento do protótipo;
- Análise da usabilidade da interface gráfica;
- Análise do protótipo desenvolvido e possíveis melhorias.

1.3 Estrutura da Dissertação

Este documento inclui, para além da introdução que é o primeiro capítulo, mais cinco capítulos. No segundo capítulo são apresentados alguns conceitos fundamentais relativos aos *wearables*, *android wear*, *global positioning system* (GPS) e o *Bluetooth Low Energy* (BLE).

No terceiro capítulo, é discutido o problema da técnica na prática de corrida, sendo identificados os principais aspetos a ter em conta durante a prática deste desporto e discutidas as soluções atualmente utilizadas.

No capítulo seguinte é relatado todo o processo de desenvolvimento e implementação da aplicação, especificando-se os requisitos, as tecnologias utilizadas, modelo de dados e interfaces gráficas implementadas.

2 O quinto capítulo descreve a experiência desenvolvida enumerando os seus objetivos,
descrevendo os resultados e fazendo uma análise crítica sobre os mesmos.

4 O sexto e último capítulo, apresenta as principais conclusões. É ainda feita uma reflexão
crítica ao protótipo implementado com o intuito de definir os aspetos a melhorar e também o
trabalho futuro a desenvolver, para que o protótipo seja concluído e possa ser uma ferramenta útil
6 para o utilizador real.

2 Capítulo 2

Os Wearables e as Novas tendências 4 na Tecnologia

Neste capítulo são desenvolvidos alguns conceitos e tecnologias relevantes para o trabalho
6 realizado. A primeira secção apresenta os *Wearables*, definindo este tipo de dispositivos e
discutindo as suas várias funcionalidades. A segunda secção fala sobre o sistema operativo
8 Android Wear, descrevendo-o de forma a introduzir a sua utilização. Na secção seguinte é
definido o conceito de *smartwatch*, onde é descrita a sua evolução ao longo dos anos e também o
10 seu crescente domínio no mercado dos *Wearables*. Na quarta secção é descrita uma tecnologia
essencial para o funcionamento do tipo de aplicações da mesma classe da que foi desenvolvida,
12 *Global Positioning System* (GPS), onde são descritas as suas principais características e são
apresentados os vários segmentos que a compõem. Na quinta e última secção é apresentado o
14 *Bluetooth Low Energy* (BLE), sendo focadas as suas utilidades e a sua estrutura interna.

2.1 Wearables

16 *Wearables* são todo o tipo de dispositivos dotados de ferramentas e sensores que possibilitam
o estudo dos padrões comportamentais do utilizador. Estes padrões são das mais variadas origens,
18 como expressões de emoção, alterações nos sinais vitais do utilizador, acompanhamento
posicional, padrões comportamentais durante o sono, entre outros. Posto isto, é então assumido
20 que um dispositivo pode ser considerado um *Wearable* desde que possa ser usado de forma
integrada, não evasivamente, no corpo de um utilizador e forneça algum tipo de serviço útil
22 enquanto este está a efetuar outro tipo de tarefas.

Estes dispositivos têm vindo a evoluir e a tornar-se cada vez mais uma realidade no dia-a-dia dos utilizadores, uma vez que já se encontram a ser comercializados há alguns anos e a sua aceitação é cada vez maior. Apesar de não serem uma tecnologia nova, o mercado relacionado com estes dispositivos começa agora a crescer uma vez que teve um grande entrave aquando do lançamento dos primeiros *wearables*. Este entrave deveu-se ao facto de, como grande parte das tecnologias inovadoras, levantarem questões que até aí não tinham sido postas em causa por dispositivos da mesma gama. No caso dos *Wearables* este tipo de questões inclui:

- Proteção de dados dos utilizadores.
- Elevado preço das primeiras unidades por se tratar de uma tecnologia ainda pouco explorada.
- Existência de componentes de tamanhos reduzidos que pudessem acompanhar as necessidades de um dispositivo que se quer o mais confortável possível, uma vez que é concebido para ser usado no corpo do utilizador, e, na maioria dos casos, o mais pequeno possível.

Estes desafios estão agora a ser ultrapassados depois de anos de investigação. Todavia alguns deles ainda representam uma grande restrição à evolução deste tipo de dispositivos. Um dos grandes problemas que os *Wearables* ainda encontram na atualidade é a relação entre tamanho, potência e aquecimento.

Dentro dos dispositivos denominados de *Wearables*, existem alguns subgrupos mais relevantes que agregam equipamentos construídos com o mesmo intuito e acabam por ser concorrentes entre eles. De seguida serão apresentados três dos principais grupos de *Wearables*: *Smartwatches*, *Smart-Eyewear* e *Health and Fitness Wear*.

2.1.1 *Smart-Eyewear*

Este tipo de dispositivos, vulgarmente conhecido como *smart glasses*, são *Wearables* usados como óculos, cujas lentes são aproveitadas como ecrãs onde a informação é apresentada ao utilizador. Oferecem ainda vários tipos de serviços ao utilizador: consultar um mapa dando direções para um destino previamente definido, mostrar informações sobre monumentos ou pontos históricos onde o utilizador se encontra naquele momento, entre muitas outras coisas. Este grupo de dispositivos é dos mais conhecidos pelo público em geral uma vez que foi uma das grandes apostas da gigante *Google*, desenvolvendo os chamados *Google Glass*. Apesar deste dispositivo ser dos mais conhecidos mundialmente, muito por causa do nome por detrás do seu fabrico, começam a surgir novos modelos construídos por outras empresas com um preço mais competitivo. Nomeadamente o *GlassUp*, *EmoPulse*, *Samsung Smart Glasses*, *ION Smart Glasses* ou *Vuzix M100*. Alguns dos modelos referidos anteriormente requerem um *smartphone* para serem emparelhados, mas a maioria deles funciona de forma autónoma sendo um dispositivo completamente independente de qualquer outro.

2.1.2 Health and Fitness Wear

Este grupo engloba todos os dispositivos que possam ser usados pelo utilizador e que tenham como intuito a supervisão do estado de saúde e/ou a monitorização da sua atividade física durante a prática de exercício físico. Existem vários tipos de *Wearables* que se enquadram neste grupo: alguns são usados à volta do peito, uns à volta do pulso, outros à volta do tornozelo ou até alguns que são autênticas peças de vestuário. Os parâmetros mais comuns que estes dispositivos medem aquando da sua utilização são:

- Batimento cardíaco.
- Número de passos dados ao longo do dia.
- Calorias gastas.
- Monitorização da qualidade do sono ao longo da noite.

Algumas marcas de renome internacional já lutam pelo domínio do mercado mundial deste tipo de *Wearables*. Entre elas estão a *Nike*, *Fitbit*, *iHealth* e *Jawbone*. Estes dispositivos ajudam os utilizadores na monitorização do seu estado físico. Funcionam como *trackers* que guardam as marcas dos utilizadores ao longo do treino, permitindo uma comparação entre marcas atingidas anteriormente com a ajuda de aplicações *web* ou para *smartphone*.



Figura 1 - Fitness Wearables

Estes dispositivos são mais comuns do que os pertencentes aos grupos *Smart-Eyewear* e *Smartwatches*, porque requerem menos tecnologia devido à pequena complexidade. O mercado

1 já está mais avançado, sendo possível encontrar dispositivos a um preço muito mais competitivo,
2 quando comparados com qualquer outro tipo de tecnologia *Wearable*. Estes *Wearables* também
3 ganharam muito mercado e tiveram o seu “boom” devido ao crescimento mundial de uma prática
4 desportiva como o *Running*. Podemos observar que ao longo dos anos esta modalidade foi
5 crescendo e é atualmente uma das mais praticadas pelos utilizadores comuns. É fácil de praticar,
6 não necessita de nenhum equipamento auxiliar e pode ser feita a qualquer hora do dia, o que
7 facilita muito a vida, cada vez mais agitada, da maioria dos corredores. O crescente aumento do
8 número de praticantes e o desenvolvimento do conhecimento sobre este desporto, levou a que os
9 corredores começassem a encarar a modalidade com mais seriedade. Começaram a procurar mais
10 informação sobre os seus treinos e competições, para melhorar o seu rendimento e técnica de
11 corrida. Estes *wearables* dominaram o mercado numa fase inicial por serem de fácil utilização,
12 confortáveis, pequenos e fornecem parâmetros básicos e objetivos, essenciais para a análise do
13 desempenho dos corredores.

14 **2.1.3 Smartwatches**

15 *Smartwatches* são *Wearables* concebidos para serem usados no pulso do utilizador,
16 exatamente do mesmo modo que muitos usam um simples relógio. Por outras palavras, este
17 dispositivo consiste num relógio computadorizado com capacidades para além da apresentação da
18 data e hora atual. No seguimento desta definição, os modelos mais antigos que podem ser
considerados *smartwatches*, poderiam apenas efetuar cálculos. (Cheng Xu, 2015)

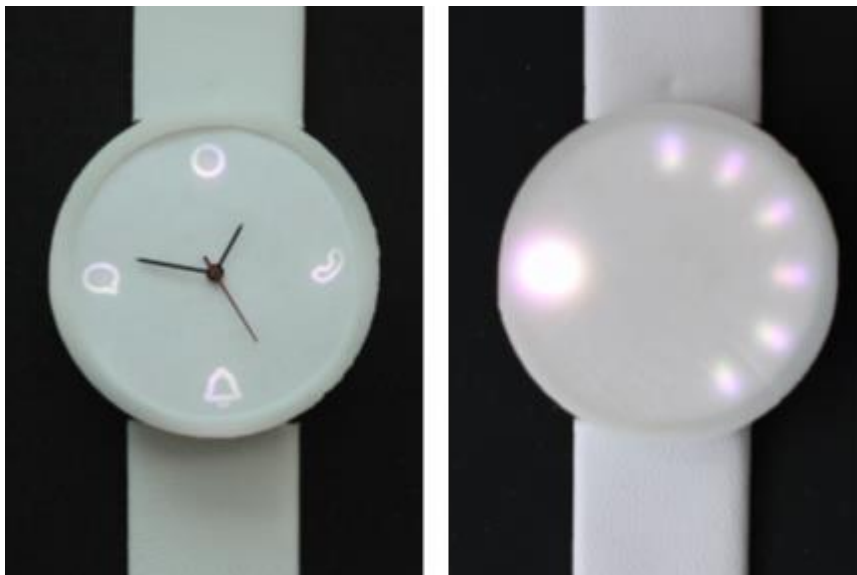


Figura 2 - Protótipo básico de *Smartwatch*

Este tipo de dispositivos são muito mais baratos do que os englobados no grupo dos *Smart-Eyewear* e, por isso, são adquiridos mais usualmente. Os *smartwatches* prometem alertar o utilizador quando recebe uma mensagem, *e-mail* ou notificação de uma rede social, informar sobre o estado do tempo, entre muitas outras funcionalidades. A maioria dos *smartwatches* garantem serviços similares aos dispositivos de *Health and Fitness Wear* uma vez que também têm a capacidade de monitorizar os passos do utilizador e o número de batimentos cardíacos. Contêm também memória interna o que permite ao utilizador ouvir música enquanto efetua outras tarefas. Neste momento os *smartwatches* não são concebidos para funcionarem de forma autónoma, uma vez que dependem da ligação a um *smartphone* através de *Bluetooth* para garantirem o desempenho de algumas funcionalidades que prometem. Esta é uma tendência que tem vindo a mudar, porque cada vez mais são concebidos para funcionarem o mais autonomamente possível.

Um dos *Smartwatches* mais conhecidos e vendidos atualmente é o *Pebble smartwatch*, mas existem outras marcas bem conhecidas que também já entraram na corrida pelo domínio deste mercado como a *Samsung*, *Apple*, *Sony*, *LG*, entre outras.

16

2.2 Android Wear

O *Android Wear* é um sistema operativo (SO) baseado num outro sistema operativo - o *Android*. Este SO foi concebido com o intuito de satisfazer algumas necessidades dos utilizadores de *smartwatches*. Não têm tanta capacidade de processamento e são concebidos para outro tipo de tarefas mais leves e de direta interação com os utilizadores. Esta plataforma foi anunciada dia 18 de Março de 2014. Foi desde logo adotada por várias marcas de renome internacional como a *Motorola*, *LG*, *Asus*, *Sony*, que são as marcas, entre outras, que conceberam mais *smartwatches* até a data e apostam mais neste mercado. Como o tamanho e forma dos ecrãs dos *smartwatches* variam, os programadores são obrigados a ter essa especificidade em conta. O sistema operativo *Android Wear* foi concebido especificamente para este tipo de dispositivos. Esta particularidade foi tida em conta aquando do seu desenvolvimento e o próprio sistema operativo oferece ferramentas específicas para ajudar os programadores a desenvolver aplicações que funcionam em qualquer tamanho e forma de *ecrã*.



Figura 3 - Diferentes formas de ecrãs de *smartwatches*

Na Figura 3 podemos observar dois *smartwatches* que utilizam o sistema operativo *android Wear* com ecrãs de diferentes formas e conseqüentemente de diferente tamanho. Como foi referido, um programador que esteja a desenvolver uma aplicação para esta plataforma terá de ter em conta que, além do tamanho dos ecrãs diferirem, nestes dispositivos a sua forma pode também ser diferente.

Este sistema operativo usa o *Google Now* que mostra diretamente no *smartwatch* lembretes. Também se pode conectar com *smartphones android (android 4.3+)* para que seja possível receber notificações de aplicações que o utilizador tenha instaladas no seu dispositivo. Estes dispositivos, apesar de se basearem num sistema operativo *Android*, podem ser emparelhados com *smartphones iOS*, uma vez que a aplicação necessária para o efeito (*Android Wear*) foi disponibilizada na *Store* de *iOS*. Embora seja possível o emparelhamento destes dispositivos com o sistema operativo *iOS*, as suas funcionalidades ficam extremamente reduzidas, quando emparelhado com um *smartphone* que não contenha o sistema operativo *Android*, não é possível a instalação de aplicações para além das que vêm instaladas de fábrica no *smartwatch*. Sendo assim, os utilizadores que não tenham a possibilidade de emparelhar o dispositivo com um *smartphone Android* não serão capazes de instalar novas aplicações, o que leva a que fiquem limitados em termos de funcionalidades.

De acordo com a *Google*, os utilizadores verificam se têm alguma atualização ou mensagem no seu *smartphone* cerca de 125 vezes por dia. A utilização dos dispositivos dotados de *Android Wear* fará baixar drasticamente o número de consultas, uma vez que a maior parte da informação exibida no *smartphone* (mensagens, e-mails, chamadas e outro tipo de notificações) é também exibida no *smartwatch*.

2.3 *Global Positioning System*

Global Positioning System, mais conhecido como GPS, é um sistema baseado em satélite concebido para ser capaz de localizar um dispositivo que tenha uma antena GPS em qualquer ponto da superfície terrestre. Este sistema foi desenvolvido pelo *U.S. Department of Defense*

(DoD) e está operacional 24 horas por dia, em tempo real desde 1978 (Chang, 2008). Aquando do seu lançamento, este sistema teria propósitos estritamente militares e só os dispositivos que fossem propriedade do exército estariam autorizados a utilizar este serviço. Numa fase posterior e com o lançamento de mais satélites foi aberto à utilização civil e comercial. Atualmente, qualquer pessoa que possua um dispositivo GPS pode usufruir do sistema sem custos, podendo ser usado para qualquer propósito que requeira as coordenadas da localização atual. O sistema usado por civis tem ligeiramente menos precisão do sistema usado pelos dispositivos do exército pois, para alguns fins, a precisão é essencial quando falamos de manobras militares.



Figura 4 - Satellite GPS

O sistema de GPS é constituído por três segmentos: O segmento espacial (constituído pelos próprios satélites), o sistema de controlo (gerido pelo exercito americano) e o segmento do utilizador (inclui utilizadores militares ou civis que possuam um dispositivo GPS) (Chang, 2008).

2.3.1 Segmento Espacial

Como referido anteriormente, este segmento é composto pelos satélites que orbitam a Terra. O primeiro satélite foi lançado pela força aérea dos Estados Unidos em 1978. Atualmente há mais de 24 satélites que orbitam à volta do nosso planeta a uma altitude de aproximadamente dezoito mil quilómetros (Chang, 2008). Esta altitude é necessária para que seja garantida a estabilidade da órbita de todos os satélites bem como a sua precisão, previsão e principalmente para que não sejam afetados por nenhum fenómeno meteorológico. Estes satélites efetuam uma órbita completa

2 a volta da Terra em cerca de 12 horas, o que significa que passam 2 vezes por dia por cada ponto da superfície do nosso planeta.

2.3.2 Segmento de Controlo

4 DoD mantém a principal estação de controlo do sistema na base da *Falcon Air Force* em
6 *Colorado Springs* mas há mais quatro outras estações. Existe uma estação no *Hawaii, Ascension*
8 *Island, Diego Garcia e Kwajalein* (Chang, 2008). Estas estações têm o intuito de medir de forma
precisa o posicionamento dos satélites e as suas órbitas. Caso haja algum valor fora do normal ou
do previsto, estas estações corrigem de forma imediata a órbita do ou dos satélites em que foram
encontradas anomalias para que a normalidade do sistema seja garantida.

10 2.3.3 Segmento do Utilizador

O sistema GPS é usado por militares para localização, navegação, reconhecimento e
12 navegação de mísseis, no entanto, há também muitos outros utilizadores desta tecnologia que não
operam com origem em ordens militares, os civis. O uso deste sistema por parte dos civis foi
14 ultrapassado em larga escala em relação às expectativas iniciais. Atualmente o sistema GPS é usado
em quase todas as áreas de atividade humana, desde navegação até à gestão de recursos naturais
16 e até na agricultura. No entanto a maioria dos civis utilizam esta tecnologia para navegação ou
mapeamento.

18 2.4 Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy mais conhecido por BLE, é uma tecnologia *wireless* que possibilita a
20 comunicação de curta distância a um baixo custo, tanto em termos de consumo de energia como
em termos da produção dos componentes e respetiva implementação.

22 Esta tecnologia foi inicialmente desenvolvida pela *Nokia* e introduzida no mercado, em
2006, com um nome completamente diferente do seu nome atual, era chamada na altura de
24 *Wibree*. Em 2010 foi fundida com a especificação do *Bluetooth 4.0*. Esta tecnologia é atualmente
suportada pelos sistemas operativos móveis (*iOS, Android, Windows Phone e Blackberry*) bem
26 como por *OS X, Linux e Windows*. É previsto que, em 2018, mais de 90 por cento dos *smartphones*
suportem BLE (Carles Gomez, 2012). Esta tecnologia é usada em muitos dispositivos para além
28 dos *smartphones*, é usada em portáteis, automóveis, *wearables*, etc. No entanto ainda existe a
necessidade de alguns dispositivos implementarem os dois tipos de *Bluetooth* uma vez que são
30 feitos para utilizar as duas tecnologias:

- **Bluetooth** – Estabelece uma conexão de curto alcance com o intuito de criar um
32 canal de comunicação onde são trocados dados continuamente.

- 2 • **Bluetooth Low Energy** – Permite a transmissão de pequenos pacotes de dados a
4 longas distâncias. Esta transmissão é feita através de rádio sendo este o tipo de
comunicação ideal para aplicações que não requeiram uma conexão contínua e que
dependam da vida da bateria.
- 6 • **Dual-Mode** – As duas tecnologias são implementadas no mesmo dispositivo (como
8 smartphones ou tablets) pois estes dispositivos têm a necessidade de comunicar
tanto através de *Bluetooth* (como auriculares) como *Bluetooth Low Energy* (como
wearables).

2.4.1 Estrutura do Protocolo BLE

10 A estrutura do protocolo BLE é composto por dois principais componentes, o controlador e
o anfitrião. O controlador trata da *Physical Layer* e da *Link Layer* e é implementado como um
12 pequeno *system-on-chip* (SOC) com um rádio integrado. O anfitrião corre num microprocessador
e trata de *layers* de mais alto nível. Apesar de algumas das funcionalidades do BLE serem
14 herdadas do clássico *Bluetooth*, estes são incompatíveis. Devido a este facto, um dispositivo que
só tenha implementado o BLE, não poderá efetuar comunicação com um outro que só tenha
16 implementado o *Bluetooth* básico e vice-versa. A maioria dos dispositivos atuais ainda são
produzidos com os dois tipos de *Bluetooth*, mas como já foi referido, esta particularidade está
18 prestes a mudar para que o *standard* passe a ser somente o uso de BLE. Estes dispositivos que
contêm os dois tipos de *Bluetooth*, são chamados de dispositivos *dual-mode*. A figura que se segue
20 representa o protocolo implementado no BLE.

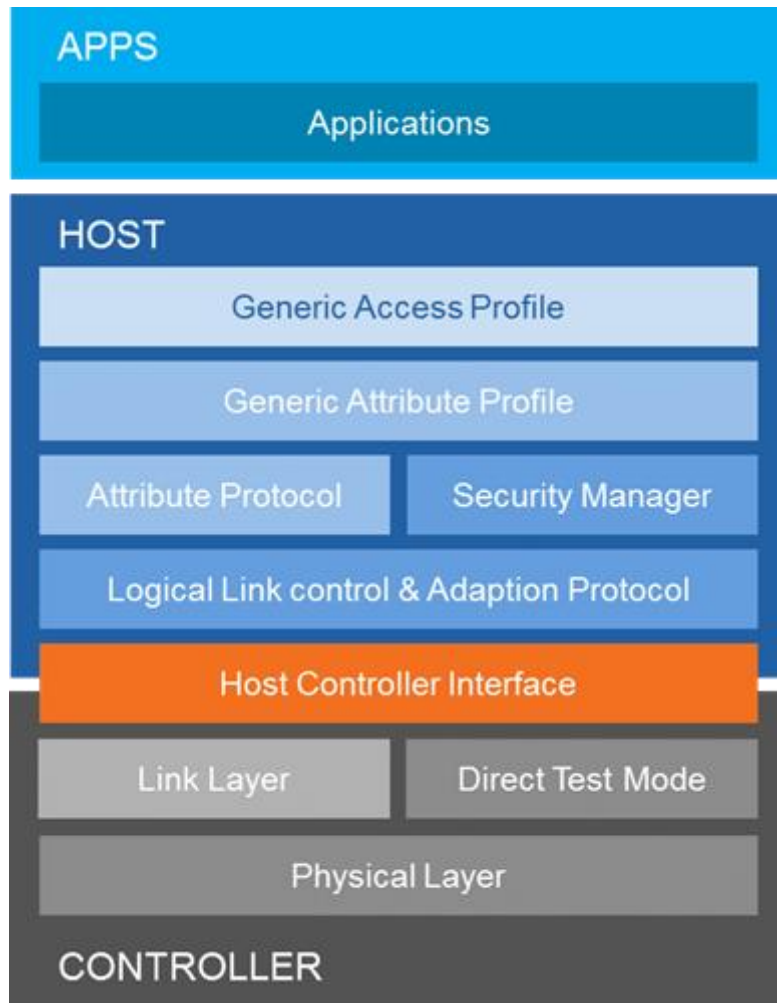


Figura 5 - Protocolo BLE

Segundo este mesmo protocolo os sistemas BLE são constituídos por um Controlador (Controller na Fig. 5) que consiste numa *Physical Layer* (controla a transmissão e/ou receção de dados através do rádio transmissor) e numa *Link Layer* (responsável pela definição dos canais de comunicação, pelo processo de procura de dispositivos, o estabelecimento de uma conexão e por receber e enviar os dados) e num Anfitrião (*Host* na Fig. 5) que é constituído pelos seguintes componentes¹:

- **Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)** – é um protocolo baseado em pacotes de dados que são transmitidos para a interface ou diretamente para a *Link Layer* no caso dos sistemas sem *Host*.
- **Attribute Protocol (ATT)** – é responsável por definir o protocolo de comunicação entre o cliente e o servidor para que a troca de dados seja possível quando a conexão for estabelecida.

¹ <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>

- 2 • **Security Manager** – Define o protocolo e o comportamento que trata da integridade
4 de emparelhamento, autenticação e encriptação entre dispositivos BLE. Fornece
6 também um conjunto de ferramentas de segurança que são usadas para suportar
8 qualquer nível de segurança pretendido para cada aplicação.
- 10 • **Generic Attribute Profile² (GATT)** – o GATT agrupa os vários serviços que são
12 fornecidos pelo dispositivo descrevendo os seus casos de uso, funcionalidades e
comportamentos esperados. Aqui são guardadas as informações necessárias para
que o dispositivo possa aceder à informação contida no ATT e para que o dispositivo
possa proceder à procura de outros dispositivos (*discovering*).
- **Generic Access Profile (GAP)** – trabalha em conjunto com o GATT para definir os
procedimentos e papéis relacionados com a procura de outros dispositivos
(*discovering*).

Os dispositivos que implementam BLE passam normalmente por uma sequência de estados
14 idêntica até conseguirem estabelecer uma conexão capaz de trocar informação entre dois
16 dispositivos. A figura seguinte (Figura 6) mostra o conjunto de estados que os dispositivos BLE
podem tomar sendo que o estado inicial de qualquer dispositivo é obrigatoriamente o estado de
standby.

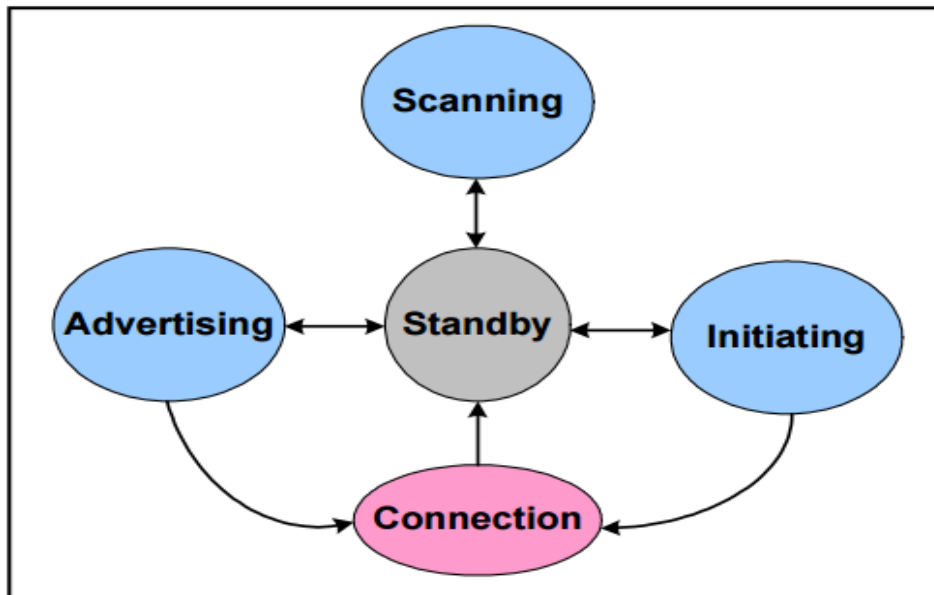


Figura 6 - Diagrama de estados do BLE

² <https://developer.bluetooth.org/TechnologyOverview/Pages/GATT.aspx>

2 Cada dispositivo BLE encontra-se num e num só estado de cada vez, ou seja, é impossível
o mesmo dispositivo conseguir desempenhar as funções de dois estados distintos.

4 • **Standby** - O estado de arranque de um dispositivo BLE é o *standby* uma vez que
este é o estado em que o dispositivo se encontra quando está inativo. Neste estado,
6 o dispositivo não envia nem recebe pacotes de dados. Este estado pode ser alcançado
a partir de qualquer outro estado.

8 • **Advertising** - Neste estado, o dispositivo encontra-se a enviar pacotes de dados de
iniciação e a responder a eventuais respostas a esses mesmos pacotes. Um
10 dispositivo, quando se encontra neste estado, é conhecido como *advertiser*. Este
estado é alcançado somente a partir do estado *standby*.

12 • **Scanning** - O dispositivo que se encontra neste estado está à procura de pacotes de
dados de *advertising* provenientes de dispositivos no estado *advertising*. Um
14 dispositivo que se encontra neste estado e conhecido como *scanner*. Este estado é
alcançado através do estado *standby*.

16 • **Initiating** – Quando o dispositivo entra neste estado, este fica a adquirir pacotes de
dados de *advertising* de um dispositivo específico e a responder a esses mesmos
18 pacotes para que uma conexão possa ser estabelecida. Este estado é alcançado
através do estado *standby*.

20 • **Connection** – Este estado pode ser alcançado tanto a partir do estado de *Initiating*
como a partir do estado de *Advertising*. Um dispositivo que se diz no estado
22 *Connection*, é sinónimo de que o dispositivo está atualmente numa conexão. Dentro
deste estado existem dois papéis que podem ser desempenhados por um dispositivo:

24 ○ *Master* – quando o estado foi alcançado a partir do estado de *Initiating*. Isto
quer dizer que foi este dispositivo que escolheu um outro dispositivo
26 específico para estabelecer um canal de comunicação.

28 ○ *Slave* – quando o estado foi alcançado a partir do estado de *Advertising*. O
dispositivo recebe uma resposta aos seus pacotes de *advertising* para que
uma conexão seja estabelecida, e passa para o estado de *connection* depois
30 de receber a informação por parte do *master* definindo os intervalos de
transmissão.

2 **Capítulo 3**

Monitorização de atividade física

4 A biomecânica e o desempenho na corrida têm vindo a ser estudadas durante décadas. Com
o crescente interesse na corrida como *hobbie* nos últimos anos, as lesões relacionadas com a
6 prática desta modalidade são cada vez mais comuns. Centenas de estudos relacionados com a
biomecânica do corpo humano na prática de corrida têm vindo a ser produzidos. No entanto, a
8 relação entre o desempenho e o risco de lesões ainda é uma matéria onde há pouco conhecimento.

A prática desta modalidade tem múltiplos benefícios para os corredores como o aumento da
10 capacidade cardiovascular, e benefícios tanto físicos como mentais. Infelizmente, juntamente com
estes benefícios, estão também associados os seus riscos. O tipo de lesões mais normais na prática
12 de corrida são as lesões musculares ou nos tendões, muitas vezes causadas pela má escolha do
calçado, erros no plano de exercícios ou outros fatores biomecânicos relacionados com as forças
14 de reação do solo (Peter Larson, 2011).

Durante a corrida, a parte do corpo humano que está constantemente em contato com o chão
16 são os pés, sendo sujeitos a forças que poucos estão cientes. Essas forças são objeto de estudo há
décadas para que as lesões sejam prevenidas e o conforto do corredor possa ser aumentado. As
18 lesões na prática de corrida são uma constante e são, na sua grande maioria, provenientes do
esforço físico exagerado ou da má técnica de movimento. Em ambos os casos, há evidências de
20 alterações cinemáticas no movimento do corredor que, se observadas em tempo real, podem
resultar na prevenção de potenciais lesões. Muitos corredores procuram a evolução da sua corrida
22 aumentando progressivamente a carga de treinos, o que leva a que estes fiquem numa situação
extremamente perigosa. Nem sempre correr muito significa correr bem.

24 Cada corredor tem a sua técnica de corrida e o seu estilo pessoal de efetuar os movimentos.
No entanto, no que diz respeito à forma como os atletas atacam o chão, existem três formas
26 diferentes de o fazer: (Matheus Oliveira de Almeida, 2015)

- 2 • **Heel Strike** – tipo de movimento em que a parte do pé do atleta que entra primeiro em contacto com o chão é o calcanhar (Figura 7 a).
- 4 • **Midfoot Strike** – quando o pé toca sensivelmente ao mesmo tempo como um todo no chão, isto é, quando o atleta pouso o pé e o calcanhar é o primeiro a tocar no chão juntamente com o resto da superfície do membro (Figura 7 b).
- 6 • **Forefoot Strike** – quando o atleta ataca o chão com a parte frontal do pé sendo que o calcanhar não está em contacto com o chão no primeiro momento (Figura 7 c).

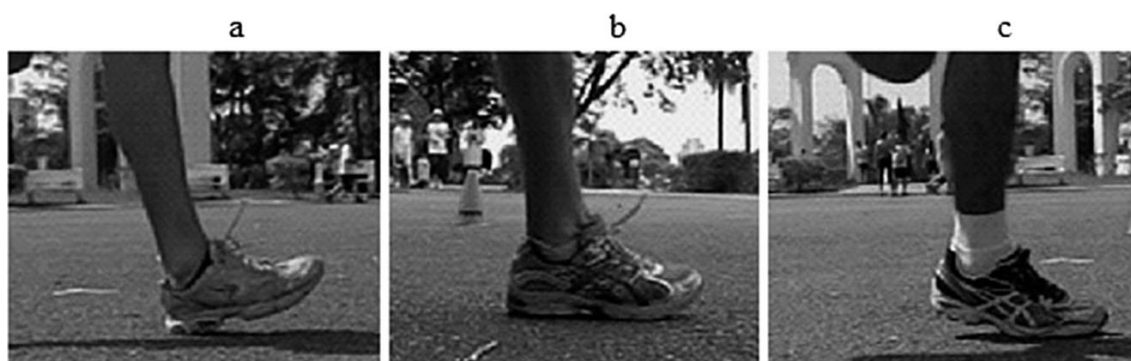


Figura 7 - Padrões de ataque ao chão (a - Heel striker; b - Midfoot striker; c - Forefoot striker)

8 Numerosos estudos têm vindo a ser desenvolvidos para investigar a influência que este tipo
de técnicas pode ter nos atletas em termos de lesões, nomeadamente, sobrecarga nas articulações
10 (Brandon D. Rooney, 2013) (Adam Kłodowski, 2015), impacto (Marlène Giandolini, 2015) (D.E.
Lieberman, 2010), stress dos tendões (S. Edwards, 2014), entre outras. Outros investigam o
12 potencial risco na performance dos corredores em termos de fadiga (A. Ogueta-Alday, 2014).

O método mais comum para recolher os dados relacionados com os padrões de ataque ao
14 solo é o cálculo do ângulo entre o pé e o solo através de análise de imagens de vídeo (Hiroshi
Hasegawa, 2007) (Mark E. Kasmer, 2013). No caso em que a recolha de dados foi feita através
16 de imagens, foram colocadas câmaras de alta velocidade em certos pontos do percurso da corrida,
pontos esses escolhidos por serem, normalmente, os pontos onde os atletas costumam alterar o
18 seu movimento. Neste tipo de recolha, os dados são adquiridos somente em certos pontos da
corrida, o que não é idealmente o melhor procedimento pois um corredor pode não alterar o seu
20 movimento ao passar nos pontos de observação mas isso não significa que entre esses pontos, este
não sofra alterações do movimento sem que as câmaras sejam capazes de captar essa mudança.
22 Isto deve-se ao facto da recolha de amostras não se dar de uma forma contínua, o que leva a que
a comparação entre dados possa muitas vezes induzir o atleta em erro uma vez que, apesar de
24 poder comparar os seus dados nos pontos em que a recolha foi efetuada, o movimento durante os
quilómetros em que não foram instaladas câmaras perde-se e não é observado. Contudo, mesmo
26 não sendo um método ideal, é, de facto, um dos principais processos de observação ainda usados

atualmente. Uma vez que todo o equipamento necessário para a recolha de dados com este método de observação é externo ao corredor, este é também um dos métodos mais usados, apesar de ser igualmente um dos primordiais, pois não obriga o corredor ao sacrifício de usar um objeto agarrado ao seu corpo, que no caso de atletas de alto rendimento pode influenciar o seu foco uma vez que, por esse objeto não fazer parte do seu corpo, pode tornar-se desconfortável. Apesar deste método ser muito usado para a recolha de dados, é necessário que sejam reunidas as condições necessárias para o aplicar, que não são fáceis de proporcionar. Os principais preparativos e processos para que a recolha por este método seja possível são:

- O percurso que o corredor vai efetuar tem de ser conhecido previamente,
- Todo o equipamento de recolha de imagens tem um custo extremamente elevado
- O equipamento tem de ser instalado em locais pré-selecionados
- Os dados recolhidos têm de ser processados para que sejam recolhidos as *frames* em que o pé contacta com o solo

Posto isto, a observação da técnica de corrida está ao alcance de muito poucos corredores. O facto de ser necessário este tipo de preparação para que se efetue esta observação leva a que os corredores amadores sejam automaticamente excluídos deste processo uma vez que exige uma capacidade financeira muito elevada e a contratação de profissionais especializados na área.

Devido às características necessárias à utilização deste tipo de observação, dispositivos têm vindo a ser desenvolvidos para que o processo de obtenção de amostras seja não só facilitado mas também melhorado. Atualmente há dispositivos, mais conhecidos por *wearables*, capazes de medir tempos de contacto com o solo, a parte do pé em contacto com o solo, a simetria do movimento dos pés, o número de passos dados, o tempo em que os pés não estão em contacto com o chão (*flight time*), entre outros.

3.1 Dispositivos de monitorização

Atualmente existem dispositivos capazes de adquirir dados sobre parâmetros que são de extrema importância para a observação da mecânica e cinemática do movimento dos membros inferiores. Estes dispositivos são *wearables* capazes de facilitar e sobretudo melhorar a forma como a observação da cinemática é efetuada. Dando uma grande alternativa, mais completa e economicamente mais acessível, ao método descrito inicialmente neste capítulo.

Comparativamente ao método de análise de imagens de vídeo, os *wearables* dirigidos para a área da observação da dinâmica e cinemática do movimento dos membros inferiores apresentam melhorias e vantagens substanciais como:

- 2 • **Recolha contínua de amostras** – Ao contrário do método de análise de imagens, que recolhe dados somente nos pontos predefinidos, os *wearables* captam amostras de modo sistemático.
- 4 • **Menor custo monetário** – Comparativamente ao método de análise de imagens, se for tido em conta todo o equipamento necessário e preparativos para que seja possível a recolha de dados, os *wearables* oferecem uma melhor solução a um custo quase sempre mais económico.
- 6 • **Novos dados** – A maioria dos *wearables* não se limitam a observar o momento de contacto do membro inferior com o solo, o objetivo deste tipo de dispositivos é adquirir dados de todo o movimento do pé do corredor (desde o momento de contacto até ao momento em que este deixa de o contactar, mais conhecido como *toe off*).
- 8 • **Pós-aquisição** – Os *wearables* recolhem os dados e, normalmente com o complemento de uma aplicação (*web*, *mobile* ou *desktop*), devolvem ao utilizador uma junção de informação tratada e de fácil interpretação. O método de análise de imagens de vídeo requer que haja um pós-processamento das imagens recolhidas para que possam ser isoladas aquelas em que é captada a informação pretendida.

18 Apesar das vantagens apresentadas em cima, este tipo de dispositivos tem também desvantagens. O facto de o utilizador ter de usar um objeto exterior preso ao seu corpo, torna-o muitas vezes desconfortável, apesar de essa ser uma grande preocupação das empresas que desenvolvem *wearables*, estes dispositivos nunca serão impercetíveis para o utilizador. Este facto torna o método de observação de imagens de vídeo mais confortável uma vez que o utilizador terá apenas de correr, sem qualquer tipo de adereço que cause desconforto.

24 Através de uma pesquisa efetuada no âmbito da elaboração do estado da arte desta dissertação, foram encontrados alguns dispositivos que podem ser concorrentes com os desenvolvidos pela empresa *Kinematix Sense*, S.A. Os dispositivos encontrados podem ser agregados em dois grupos tendo em conta o seu principal objetivo.

28 **3.1.1 Dispositivos Médicos**

30 Estes dispositivos são agregados no mesmo grupo uma vez que são concebidos especificamente para o acompanhamento e tratamento de pacientes que sofrem de uma condição específica. Têm como objetivo adquirir dados sobre o paciente para que possam ser observados pelos profissionais de saúde que o acompanham com o objetivo deste fazer um diagnóstico mais completo e com base em mais informação. Os dispositivos apresentados foram escolhidos por, apesar de terem um fim médico, medirem parâmetros idênticos em relação ao movimento do utilizador.

3.1.1.1 ActiGraph GT9X Link

- 2 Segundo as especificações disponibilizadas pela empresa que desenvolveu o dispositivo, este tem como principais objetivos monitorizar o paciente, não só durante o dia, adquirindo



**Figura 8 - Dispositivo ActiGraph
GT9X Link**

- 4 informação sobre o seu movimento, rotação e posição do corpo, mas também durante a noite, onde monitoriza a qualidade do sono. Para cumprir estas especificações o dispositivo é equipado
6 com uma unidade de medições inerciais (*Inertial Measurement Unit – IMU*) e com BLE (*Bluetooth Low Energy*) sendo assim capaz de suportar comunicação *wireless* com um *heart rate*
8 *sensor* e fazer *upload* dos dados adquiridos para a *cloud*, permitindo às equipas médicas fazer a monitorização do doente em tempo real através de qualquer *web browser*. O *ActiGraph GT9X*
10 *Link* vem ainda equipado com um LCD que pode ser programado para mostrar a hora atual ou para dar ao utilizador o *feedback* em tempo real dos dados adquiridos (passos, calorias, entre
12 outros).

- 14 A IMU é constituída por um giroscópio de 3 eixos, um magnetómetro de 3 eixos e um acelerómetro secundário de 3 eixos, que são capazes de medir dados de movimento com nove componentes complementando assim os dados adquiridos pelo acelerómetro primário de 3 eixos.
16 O conjunto destes componentes permite então ao dispositivo ser capaz de analisar a marcha, inclinação ou deteção de queda do utilizador o que é de grande utilidade na investigação e
18 tratamento de doenças como *Parkinson*, artrite, reabilitação e condições relacionadas com o envelhecimento.

3.1.1.2 Physilog 4

2 *Physilog 4* recolhe dados para que possam ser usados na deteção de anomalias de



Figura 9 - Dispositivo Physilog 4

movimento ou de performance. Este dispositivo é constituído por um acelerómetro de 3 eixos,
4 um giroscópio de 3 eixos, um magnetómetro de 3 eixos e um barómetro sendo assim capaz de
medir dados com dez componentes. Suplementarmente a estes sensores, o dispositivo tem ainda
6 um canal de comunicação extra que lhe permite integrar um dos seguintes módulos:

- 8 • **Módulo GPS** – adquire informação sobre a localização do utilizador (latitude, longitude, altitude e hora).
- 10 • **Droplet** – este módulo consiste num sensor de pequenas dimensões que pode ser adicionado ao dispositivo para monitorizar extremidades do corpo. Podendo ser adicionados até seis *droplets* o dispositivo pode, por exemplo, monitorizar o movimento dos cinco dedos de um pianista enquanto toca piano.
- 12
- 14
- 16 • **ECG** – é composto por dois eléctrodos que permitem efetuar um eletrocardiograma do utilizador sincronizado com o resto dos sensores.
- 18 • **Módulo Bluetooth** - módulo usado para fazer *stream* dos dados adquiridos pelos sensores para um PC ou *android* para que possam ser analisados em tempo real.



Figura 10 - Módulo Droplet conectado com Physilog 4

3.1.2 Dispositivos Fitness

2 Os dispositivos apresentados neste grupo foram escolhidos por serem alguns dos mais
populares mas também por poderem ser concorrentes ao dispositivo desenvolvido pela empresa
4 com que esta dissertação tem colaboração – *Kinematix Sense*.

3.1.2.1 WimU



Figura 11 - Dispositivo WimU

6 O dispositivo promete a monitorização da atividade física do utilizador gravando parâmetros
como a aceleração, velocidade, distância, ritmo cardíaco, impacto, entre outros, através dos seus
8 componentes (GPS, acelerómetro, giroscópio, medidor de batimentos cardíacos e barómetro). Os
parâmetros são recolhidos pelo dispositivo e posteriormente descarregados para o *software*
10 disponibilizado pelo fabricante (*Quiko / Wizee*). Este *software* integra uma ferramenta de edição
de vídeo que permite ao utilizador juntar o vídeo captado durante a prática de exercício físico com
12 o posicionamento do dispositivo em relação ao chão e os parâmetros recolhidos, é mais uma
ferramenta que pode trazer valor para o utilizador mas que, na maioria dos casos, não será
14 aproveitada pois requer perda de tempo na edição do vídeo e combinação dos dados.

O dispositivo oferece ainda a hipótese de mostrar os dados recolhidos em tempo real para
16 que possam ser observados enquanto o utilizador efetua a atividade física.

3.1.2.2 RPM²



Figura 12 - Dispositivo RPM2

2 Este dispositivo é constituído por duas palmilhas dotadas de sensores de pressão e tem como
principal objetivo a observação da equivalência bilateral, isto é, as diferenças entre os membros
4 durante a prática de exercício físico. É também capaz de recolher dados como *ground contact*
time (GCT), *flight time* (intervalo de tempo em que nenhum dos pés toca no solo), cadência ou
6 força de impacto e transmiti-los em tempo real para a aplicação móvel para que o utilizador os
possa observar. Promete recolher informação durante a prática de corrida ou ciclismo. O sistema
8 de recarregamento das palmilhas é, como podemos ver na Figura 12, sem fios tendo o utilizador
somente de as pousar em cima da plataforma para que estes sejam carregados por indução.



Figura 13 - Ecrãs da aplicação do dispositivo RPM2

A aplicação contempla ainda um conjunto de exercícios pré-definidos para que o grau de simetria ou equivalência bilateral seja calculada e comparada com valores anteriores para que o utilizador tenha a perceção da sua evolução. Como podemos ver na Figura 13 o dispositivo é capaz de medir em que quadrante do pé foi exercida mais pressão sendo assim possível calcular o nível de simetria. Recolhe ainda informação relativa ao tempo em que o sensor esteve sobre algum tipo de pressão (equivalente ao tempo em que cada quadrante do pé esteve em contacto com o solo).

3.1.2.3 MOOV



Figura 14 - Dispositivo MOOV

O MOOV oferece ao utilizador o acompanhamento durante a prática de variados tipos de exercício físico como a corrida, marcha, ciclismo, *cardio boxing* ou natação. Os dados recolhidos pelo dispositivo passam pela cadência, distância, velocidade, elevação e calorias. O dispositivo pode também integrar a captação da posição do utilizador, se usado em colaboração com um *smartphone*, ou o número de batimentos cardíacos, se usado em conjunto com um *heart rate sensor*. Durante a prática do exercício é também prometido ao utilizador o acompanhamento de um treinador personalizado que dá indicações auditivas à medida que o praticante efetua a modalidade escolhida.

3.1.2.4 TUNE



2 TUNE é um dispositivo desenvolvido pela empresa Kinematix Sense, S.A. O *wearable*
4 consiste numa palmilha instrumentada e um dispositivo responsável por ler e enviar a informação
6 recolhida na palmilha. Cada palmilha é constituída por um conjunto de quatro sensores de pressão
8 que recolhem os dados relativos aos passos do corredor. Esses dados, são então transmitidos para
o TUNE, que se encontra ligado à palmilha, a um ritmo extremamente elevado (cerca de 1000
vezes por segundo) para que seja garantido que todos os momentos do movimento são captados.
De seguida, o TUNE fica responsável por transmitir esses dados (através de BLE) para o
smartphone que os interpretará com a ajuda de uma aplicação móvel.

10

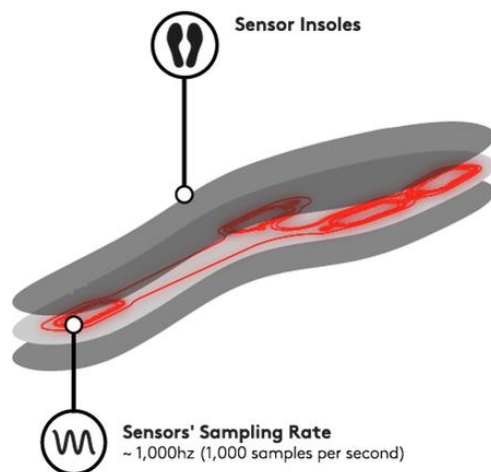


Figura 15 - Constituição da palmilha

Este produto promete fornecer dados relacionados com o movimento durante a prática de corrida, essencialmente focado nos pés. Os dados são apresentados ao utilizador em tempo real e incluem:

- *Heel Contact Time* (HCT) – tempo de contacto do calcanhar com o solo.
- *Ground Contact Time* (GCT) – tempo total em que o pé está em contacto com o solo.
- *Heel Strike* (HS) – percentagem de passos em que o calcanhar foi o primeiro a contactar com o solo.
- Número de Passos
- Cadência
- Velocidade
- Distância
- Caminho percorrido
- Tamanho da passada
- Simetria

Depois de efetuada a corrida, os dados são analisados pela aplicação e são tidos em conta para a geração de um plano de treino. Esse plano de treino é um dos fatores diferenciadores deste dispositivo. Com o aumento do número de corridas efetuadas por um corredor, a aplicação gera um plano de treino personalizado para que o utilizador melhore a sua performance e técnica de corrida. O principal objetivo do TUNE é o acompanhamento do corredor ao longo do tempo orientando-o, motivando-o e oferecendo uma experiência personalizada que todos os corredores devem ter. Posto isto, a aplicação é tida como o centro de todo o sistema uma vez que é esta que analisa e apresenta ao utilizador os resultados obtidos através da análise dos dados recolhidos pelo TUNE.

Features	TUNE	Running Watches	Activity Trackers	Apps	Heart Rate Monitor	Shoe Wearables
Heel-contact Time	✓					
Ground-contact Time	✓					✓
Footstrike Analysis	✓					✓
Symmetry	✓					Few
Technique Evolution	✓					
Exercise Plan Based on Running Profile	✓					
Cadence	✓	✓				✓
Step Length	✓					✓
Speed	✓	✓		✓	✓	✓
Distance	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Steps	✓	✓	✓			✓
Pace	✓	✓		✓	✓	✓
Splits	✓	✓		✓		
Time	✓	✓		✓	✓	
Map of Runs	✓	✓		✓		
Placement on the body	Feet	Wrist	Wrist	Arm	Chest	Feet
Measurements inside the shoe	Yes	No	No	No	No	Few

Tabela 1 - Comparação de funcionalidades entre wearables

Como podemos observar na Tabela 1⁽³⁾, o TUNE contém as funcionalidades de quase todos os outros wearables agregadas num só dispositivo. Para além disso, este é capaz de oferecer novas funcionalidades essenciais à evolução do corredor. Um dos parâmetros mais inovadores relativamente aos outros *wearables* é a recolha de dados relacionados com o HCT, que têm uma grande importância na avaliação do estado físico do atleta. Consegue ainda analisar a simetria entre os membros, o que poucos dispositivos atualmente no mercado conseguem.

³ <https://www.kickstarter.com/projects/1773571244/tune-your-running-technique/description>

Capítulo 4

2 Implementação do protótipo da aplicação

4 Neste capítulo é apresentada a implementação da solução para o problema abordado que
consiste no desenvolvimento de um protótipo de uma aplicação que comunique com os
6 dispositivos desenvolvidos pela empresa *Kinematix Sense*, S.A. (TUNE). Nas secções seguintes
são apresentados os requisitos desta aplicação, as tecnologias e APIs externas utilizadas e as
8 interfaces gráficas desenvolvidas.

4.1 Especificação de Requisitos

10 A *Kinematix Sense*, S.A. tem como objetivo o estudo do movimento cinemático e mecânico
dos seus clientes. Como já foi referido anteriormente, o foco atual da empresa é o
12 desenvolvimento de um sistema de acompanhamento e orientação para corredores. Para fazer face
às necessidades dos corredores foi desenvolvido um *wearable* de pequenas dimensões,
14 confortável e de fácil utilização – o TUNE. O dispositivo está encarregue de recolher dados e
transmiti-los, através de BLE, para um dispositivo móvel dotado desta tecnologia. Com o avanço
16 tecnológico de hoje em dia, apesar da empresa já ter desenvolvido uma aplicação para
smartphone, é cada vez mais urgente a criação de ferramentas confortáveis para o utilizador. Com
18 isto, a hipótese de um corredor poder efetuar o seu treino com um dispositivo das dimensões e
conforto de um *smartwatch* é tida como fulcral e prioritária.

20 O protótipo desenvolvido tem que permitir não só a comunicação com os dispositivos TUNE
mas também a apresentação do estado deles em tempo real ao utilizador. Além disso tem de ser
22 capaz de sincronizar toda a informação recolhida com o *smartphone* e a *cloud*.

Para que toda a informação recolhida esteja presente no ecrã de um dispositivo tão pequeno,
24 é necessário que a interface de comunicação com o utilizador seja bem pensada, garantindo que
a informação e as funcionalidades estão facilmente acessíveis.

26 Como a aplicação pode ser conectada com dois dispositivos (que constituem um sistema
completo TUNE), é necessário que nela, o utilizador possa definir quais os dispositivos que serão
28 utilizados naquele momento.

Para que o utilizador possa fazer uma análise da sua corrida, é também requerido que a aplicação mostre um pequeno relatório final. Esse relatório contem a interpretação dos dados recolhidos bem como o percurso percorrido pelo utilizador durante o seu treino.

A correta interpretação dos dados relacionados com a biomecânica do movimento durante a prática de corrida pode prever e evitar situações de risco para o atleta bem como uma melhoria em termos de técnica e *performance*.

4.2 Tecnologias utilizadas

Tendo em conta os requisitos do sistema, é imposto que o desenvolvimento seja feito em *Android Wear*. Esta condição é imposta uma vez que, atualmente, só existe um *smartwatch* capaz de recolher posições de GPS de forma autónoma. Esta particularidade deve-se ao facto de o “*Sony Smartwatch 3*” ser o único *smartwatch* dotado de uma antena GPS integrada. Todos os outros *smartwatches* são capazes de recolher coordenadas de GPS somente com a ajuda do *smartphone* ao qual estão emparelhados. Como já foi referido anteriormente, esta é uma tendência que está a ser combatida pelas marcas sendo que a *Motorola* já tem um dispositivo anunciado com esta funcionalidade incluída (“*Moto 360 Sport*”).

Todo o desenvolvimento foi feito através do IDE (*Integrated development environment*) *Android Studio*. Esta ferramenta é a mais popular na comunidade de programadores para desenvolvimento de aplicações *Android* uma vez que é totalmente grátis e é a ferramenta primária para o desenvolvimento de aplicações deste tipo. Este IDE oferece ainda ferramentas de auxílio ao programador como um editor gráfico de interfaces, um compilador, entre muitas outras.

4.2.1 APIs externas

Para a realização deste protótipo foram usadas várias APIs externas que já se encontravam desenvolvidas. Todas as APIs são essenciais ao correto funcionamento da aplicação para que esta possa cumprir todos os requisitos.

4.2.1.1 TUNE API

Para o emparelhamento e comunicação entre o TUNE e o *smartwatch* foi utilizada uma API externa desenvolvida pela empresa Kinematix Sense, S.A. que serve de interface à comunicação com o dispositivo. Os métodos da API usados foram os seguintes:

- **startConnection(String, String, Service, ConnectionListener, ConnectionChangeListener, int)** – método que inicia a conexão com os dispositivos. Este método recebe duas *Strings*, contendo o endereço MAC de cada

dispositivo para que o BLE saiba quais os dispositivos se conectar, um *Service* e dois *Listeners* para que os eventos enviados pelos dispositivos sejam ouvidos. Recebe ainda um *int* contendo a causa de conexão. Quando a conexão tem um resultado a devolver (*Connected* ou *Connection Failed*) o método `onConnectionStateChanges(String, int)` é chamado contendo o resultado da conexão.

- **startDownload(DownloadDataListener)** – adiciona um *listener* que recebe os dados dos dispositivos. Este método só é chamado depois da conexão ser estabelecida.
- **stopDownload()** – remove o *listener* para que os dados enviados pelos sensores deixem de ser recebidos.
- **stopConnection(ConnectionListener, int)** – método que desconecta os dispositivos. Recebe um *ConnectionListener* para que deixe de receber a informação da conexão e recebe um *int* contendo a causa de desconexão.

4.2.1.2 GOOGLE APIs

Alguns métodos desta API requerem a conexão à *GoogleApiClient*, outros são armazenados e enviados na mesma ordem de armazenamento no momento em que a conexão é estabelecida. Para que a conexão à *GoogleApiClient* seja estabelecida e controlada, são usados os seguintes métodos:

- **connect()** – conecta o cliente com o *Google Play services*. Se a conexão for bem sucedida, o método `onConnected(Bundle)` é chamado e os dados retidos são enviados na mesma ordem de chegada.
- **isConnected()** – devolve um *boolean* contendo o estado da conexão.
- **disconnect()** - desconecta o cliente.

Para que a sincronização dos ficheiros adquiridos pela aplicação do *smartwatch* com o *smartphone* seja possível, é utilizada uma API específica que possibilita a comunicação entre o *smartwatch* e o *handheld* (*smartphone* que se encontra emparelhado com o *smartwatch*). A utilização da API *Wearable.API* resume-se aos seguintes métodos:

- **putDataItem(GoogleApiClient, PutDataRequest)** – cria um *DataItem* no *Google Play Services* que é atualizado em todos os dispositivos ligados.

A API *FusedLocationApi* é usada para a aquisição de posições de GPS. Os métodos usados foram os seguintes:

- **requestLocationUpdates(GoogleApiClient, LocationRequest, LocationListener)** – solicita dados de localização. Recebe um *GoogleApiClient* que

deve estar conectado, um *LocationRequest* definindo os parâmetros do pedido e um *LocationListener* definindo o *listener* que recebe as posições requeridas.

Uma vez que é dada ao utilizador a opção de visualizar o percurso feito em cada corrida, é também usada a API externa *Google Maps*. Esta API é usada para tornar possível a visualização do percurso efetuado pelo utilizador demarcado sobre o mapa real, para que o caminho seja facilmente identificado e seja dada uma perceção realista. Para este efeito, o *smartphone* recolhe amostras de GPS a cada 10 segundos. Cada amostra de GPS recolhida é guardada num *array* de objetos *LatLong* que consiste num par contendo a latitude e a longitude da posição atual. Os métodos utilizados no protótipo construído são os seguintes:

- **setOnMapLongClickListener(*onMapLongClickListener*)** – define a forma como o utilizador pode sair da atividade de visualização do mapa (*Long click*).
- **addMarker(*LatLong*, *String*)** – recebe um objeto *LatLong* com a posição onde o marcador será posicionado e uma *String* contendo o título do marcador.
- **animateCamera(*CameraUpdate*)** – posiciona o mapa no meio de todas as posições recolhidas, isto é, de forma a que o caminho fique todo visível.
- **setMapType(*int*)** – recebe o tipo de mapa que é apresentado ao utilizador. O mapa apresentado é o *default* (ruas desenhadas sem imagens de satélite Figura 31).
- **addPolyline(*PolylineOptions*)** – recebe as propriedades da linha que liga as amostras de GPS entre si para formar o caminho.

4.3 Arquitetura do sistema

2 O sistema é constituído por vários componentes que comunicam entre si através de vários
métodos. Os componentes consistem num sistema TUNE (par de palmilhas + par de dispositivos
4 TUNE), um *smartphone* (pode ser usado ou não), um *smartwatch* e a *cloud*.

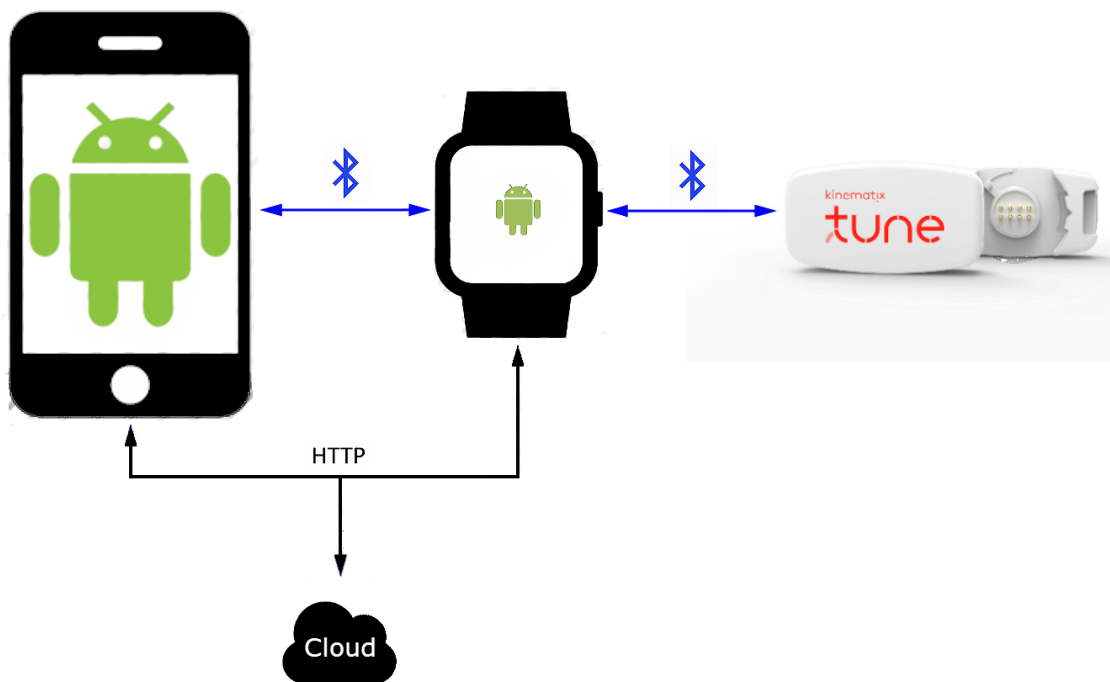


Figura 16 - Arquitetura do sistema e comunicação entre dispositivos

6 A Figura 16 mostra a arquitetura geral do sistema e as comunicações entre componentes.
Este esquema é focado no uso do *smartwatch* como dispositivo de aquisição de dados, não sendo
8 analisado o caso em que o corredor usa o *smartphone* para a prática do seu exercício (*smartwatch*
não é necessário).

10 As comunicações entre os dispositivos TUNE e o relógio são efetuadas sempre através de
BLE (setas azuis). A comunicação com a *cloud* é sempre feita através de *wi-fi* por pedidos *http*
12 (setas pretas).

14 O protótipo da aplicação para *smartwatch* implementado nesta dissertação, tem como
objetivo substituir o papel que o *smartphone* tem aquando da aquisição de dados dos dispositivos.

16 A comunicação feita entre os dispositivos e o *smartwatch* e o *smartwatch* e o *smartphone* é
toda feita através de BLE para que a vida da bateria do relógio seja maximizada. Sendo que o
smartphone tem um papel dispensável no sistema (é esse o grande objetivo do protótipo), este é
18 indispensável para a instalação da aplicação no *smartwatch*. Esta é uma restrição atual

proveniente do funcionamento do sistema operativo *Android Wear* que não permite a instalação de aplicações diretamente no relógio. Sendo assim, para proceder à instalação da aplicação no relógio, é necessário que seja instalado um .apk, constituído por um lado *mobile* e um lado *wear*, no *smartphone* que irá automaticamente instalar a aplicação no *smartwatch*. A utilização em simultâneo do *smartphone* e do *smartwatch* implica a que as coordenadas GPS sejam pedidas, através de BLE ao *smartphone* em vez de serem extraídas diretamente da antena GPS integrada no relógio. Esta gestão da proveniência das amostras de GPS é feita pela API da *Google* usada para o efeito (*FusedLocationApi*) tendo o programador um papel passivo. Uma vez emparelhado o *smartwatch* com o *smartphone* todos os pedidos de amostras GPS são automaticamente direcionadas através do *smartphone* para que a bateria do relógio seja prolongada.

As ligações à *cloud* são essenciais para que as corridas sejam enviadas para a base de dados que auxilia todo o sistema de recolha de corridas e registos. O envio de corridas para a *cloud* é feito através de um pedido http a um *web service* que envia uma resposta, dependendo do resultado do pedido. Este pedido http é feito com a seguinte estrutura:

```
• data = { appruns: [{id: "id1", timestamp: 14511515, files: {all: "zipped_data_encoded_b64, zip=true"}}]}
```

Esta estrutura consiste num objeto JSON e um objeto codificado em Base64 (ficheiro .zip contendo os ficheiros recolhidos). A resposta a este pedido é:

```
• Response: {error: "Error code"}
```

O campo "*error code*" contem o código de erro (999 em caso de sucesso) do pedido recebido pela *cloud*. Apesar do *web service* suportar o envio de múltiplas corridas em simultâneo, a aplicação faz um pedido *http* para cada corrida e espera o resultado antes de enviar o seguinte pedido.

A obtenção de dados a partir dos dispositivos TUNE são geridos pela aplicação do *smartwatch*. A aplicação assenta todo o seu funcionamento num serviço que implementa várias interfaces com o intuito de receber nos seus *listeners* os eventos que vão sendo enviados por parte dos sensores e também por parte do GPS. Todas as atividades comunicam com o serviço através de um *LocalBroadcastManager*.

Quando o corredor acaba a utilização da aplicação, um serviço é lançado em *background* para que o envio de corridas, se existentes, sejam enviadas persistentemente até ao sucesso. Este serviço é executado em *background* de uma em uma hora e consiste na verificação de uma conexão válida de internet e, caso seja encontrada, no envio das corridas para a *cloud*. Este serviço também efetua a limpeza dos ficheiros que são considerados lixo, ou seja, ficheiros de corridas que não tenham *reports*. O *report* de uma corrida é um simples ficheiro contendo somente a duração da corrida que é criado quando o utilizador indica que quer guardar aquela corrida em

específico. Muitas vezes são criados ficheiros sem utilidade porque, aquando do início da aplicação e consequentemente da tentativa de conexão aos dispositivos, é criado um ficheiro de *log* contendo os eventos relacionados com essa mesma atividade. No caso de o utilizador voltar a fechar a aplicação ou mudar de dispositivos, esse ficheiro de log não terá qualquer utilidade. São este tipo de ficheiros que o serviço que corre em *background* trata de eliminar.

Os dados adquiridos pelo *smartwatch* são guardados em ficheiros .txt na memória interna do relógio até serem enviados para a *cloud*. São guardados cinco ficheiros para cada corrida efetuada:

- Log – eventos de conexão ou perda de conexão dos dispositivos
- LeftDevice – dados adquiridos do pé esquerdo
- RightDevice – dados adquiridos do pé direito
- GPS – posições adquiridas por GPS
- Report – duração da corrida

Estes são os ficheiros enviados para a *cloud*, semelhantes aos enviados pelo *smartphone*. Caso o corredor efetue uma corrida em que não seja encontrado GPS, por exemplo, o ficheiro não é criado e não é enviado para a *cloud*. Neste caso, os dados relacionados com o GPS não serão guardados.

É ainda usada a memória partilhada do *smartwatch* para guardar alguns parâmetros relevantes de execução para execução. Quando o utilizador define pela primeira vez ou muda os dispositivos a que se conecta, estes ficam guardados na memória partilhada para que a aplicação, na próxima execução, se tente ligar automaticamente a esses mesmos dispositivos. Relativamente aos dispositivos, a informação guardada na memória partilhada inclui:

- Nome do dispositivo (*friendly name*) – nome que é apresentado ao utilizador
- Endereço do dispositivo (*MAC address*)



Figura 17 Componentes de Software

Na Figura 17 podemos observar alguns dos componentes de *software* essenciais ao correto uso da aplicação. Os dispositivos TUNE são constituídos por uma unidade BLE como referido anteriormente que permitem a comunicação com o *smartwatch* através da utilização da API desenvolvida pela empresa *Kinematix Sense* (TUNE API). A comunicação entre o *smartwatch* e o *smartphone* é efetuada através da API disponibilizada pela *Google* especificamente para este efeito (GoogleClient API). A aquisição de coordenadas é feita também através de uma API disponibilizada pela *Google*, *GoogleLocation API*. Existe ainda a comunicação entre o *smartwatch* e a *cloud* que é feita através de pedidos *http* (descritos anteriormente) que interagem com *webservices* disponibilizados pela empresa *Kinematix Sense*.

4.4 Interfaces gráficas

4.4.1 Ecrã de definição de dispositivos



Figura 18 - Ecrã de primeira utilização

Este ecrã é apresentado ao utilizador quando este abre a aplicação pela primeira vez naquele relógio específico. Aqui o utilizador pode definir os dispositivos que irá usar para que a aplicação saiba a quais TUNEs se ligar. Se o utilizador optar por não definir os dispositivos clicando na opção “Done”, este ecrã irá ser apresentado de novo quando a aplicação for novamente iniciada até que os dois dispositivos sejam definidos. Quando a aplicação é lançada, é feita a verificação se existem dispositivos na memória partilhada do relógio. Se os dispositivos já estiverem definidos, este ecrã não será apresentado ao utilizador. Se o utilizador estiver pronto para definir os dispositivos então terá de carregar em cada um e defini-los no “Ecrã de procura de dispositivos” explicado mais à frente.

Este ecrã serve para que o utilizador que não tem os dois dispositivos definidos seja desde logo alertado e direccionado para o efetuar. Se o utilizador desejar utilizar a aplicação sem os TUNEs, esta perde grande parte do seu valor uma vez que ficará restringida à aquisição de posições GPS e ao cálculo de todos os valores inerentes à aquisição de dados através dos TUNEs será perdida.

4.4.2 Ecrã principal



Figura 19 - Ecrã principal

Este ecrã é o primeiro a ser apresentado ao utilizador no caso de os dispositivos já terem sido definidos. Ao abrir esta vista, a aplicação tenta conectar os dispositivos definidos na memória partilhada automaticamente. Quando os dispositivos estão prontos a ser utilizados, isto é, conectados com o relógio via BLE, a *icon* da bateria de cada um dos TUNEs será modificado para dar a informação de qual é o nível da mesma. Os *icons* da bateria (canto superior direito) podem tomar cinco estados:

- 100% a 75% - preenchidos a verde;
- 74% a 50% - metade verdes;
- 49% a 35% - metade amarelos;
- < 35% - um terço vermelhos;
- Desconectados – ponto de interrogação.

Estes estados permitem que o utilizador obtenha o *feedback* necessário para saber se tem bateria suficiente para efetuar uma corrida ou não e ainda saber se os dispositivos se encontram conectados.

Ainda neste ecrã o utilizador tem a informação sobre o GPS (canto superior esquerdo). Caso o GPS esteja pronto a receber posições, o *icon* fica branco. Se o GPS ainda estiver a procura de rede para obter a localização do dispositivo, o *icon* mantém-se cinzento.

O botão “RUN” serve, como o próprio nome indica, para iniciar uma corrida. O utilizador, ao clicar neste botão, informa a aplicação de que está pronto para correr e quer iniciar o seu treino. Antes de direcionar o utilizador para o “Ecrã de corrida”, é verificado se o GPS e os dispositivos se encontram prontos para adquirir dados. Caso algum destes dispositivos ainda não estiver conectado por algum motivo, é apresentado ao utilizador um ecrã de confirmação com a opção de continuar sabendo que as conexões ainda não estão estabelecidas ou de voltar atrás. Se o utilizador escolher continuar mesmo assim, a aplicação iniciará o cronómetro e continuará a tentar estabelecer as conexões.

4.4.3 Ecrã de definições



Figura 20 - Menu de definições

O ecrã presente na Figura 20 é onde o utilizador pode redefinir os dispositivos. Este ecrã situa-se “ao lado” do ecrã principal tendo o utilizador de arrastar o ecrã para a esquerda (*swipe left*) quando se encontra no “Ecrã principal” para chegar a este menu. Quando o utilizador tem a intenção de trocar de dispositivos e clica em “*Paired Devices*” este é de imediato redirecionado para o “Ecrã de definição de dispositivos” descrito anteriormente. Sendo que o relógio se encontra a tentar efetuar a conexão com os dispositivos, iniciada aquando da apresentação do ecrã principal, no momento em que o utilizador escolhe a opção “*Paired Devices*” é feita uma gestão da conexão. Esta gestão tem dois possíveis estados:

- Ligação já estabelecida

- Ligação a ser estabelecida

2 No caso em que a ligação aos dispositivos já se encontra estabelecida, é enviada uma
mensagem para o serviço (através de um *LocalBroadcastManager*) para que este efetue a
4 desconexão imediata aos mesmos. Este estado é tratado desta forma uma vez que, tendo o
utilizador a hipótese de redefinir os dispositivos, a conexão anterior terá de ser necessariamente
6 interrompida antes que a aplicação possa efetuar a nova ligação aos novos dispositivos. Quando
a conexão ainda se encontra a ser estabelecida é enviada ao serviço uma mensagem para que este
8 não se volte a conectar se a conexão não for bem sucedida ou para se desconectar logo depois da
conexão ser estabelecida. Este estado é tratado da forma descrita em cima uma vez que é
10 impossível interromper a tentativa de conexão. Por isso, o sistema tem de esperar pelo resultado
desta para dar a instrução desejada.

12 Caso hajam corridas no *smartwatch* que não tenham sido enviadas para a *cloud*, este ecrã
mostra mais uma opção, “*Upload Runs*” (Figura 21). Esta opção só é mostrada ao utilizador se
14 realmente existirem ficheiros na memória interna por enviar. Esta verificação é feita na criação
da atividade garantindo assim a sua coerência.



Figura 21 - Menu de definições com *Upload Runs*

4.4.4 Ecrã de procura de dispositivos



Figura 22 - Ecrã de procura de dispositivos

2 Este ecrã é apresentado ao utilizador quando este pretende definir os dispositivos. Quando
esta atividade é iniciada, o *smartwatch* procura dispositivos que se encontram em modo
4 *advertising* para que saiba quais são os que estão ao seu alcance e disponíveis para iniciar uma
ligação. Os dispositivos disponíveis são então apresentados ao utilizador sendo que este, para os
6 definir, terá de clicar em cima do dispositivo pretendido. Para que os dispositivos encontrados
sejam mostrados ao utilizador, esta atividade é implementada como um *listener* que recebe os
8 eventos *onDeviceFound(BluetoothDevice)*. Com a chegada de cada evento, é verificado se o
endereço do dispositivo já se encontra nos dispositivos definidos e, se não se encontrar, é
10 adicionado à lista de dispositivos encontrados. Os dispositivos já definidos não são apresentados
na lista uma vez que se o utilizador escolhesse um deles estaria a efetuar um passo redundante. A
12 aplicação faz o *startDiscover()* que dura até o utilizador sair da atividade, ou seja, sempre que o
utilizador se encontrar neste ecrã, o relógio está a tentar encontrar dispositivos disponíveis.

4.4.5 Ecrã de corrida

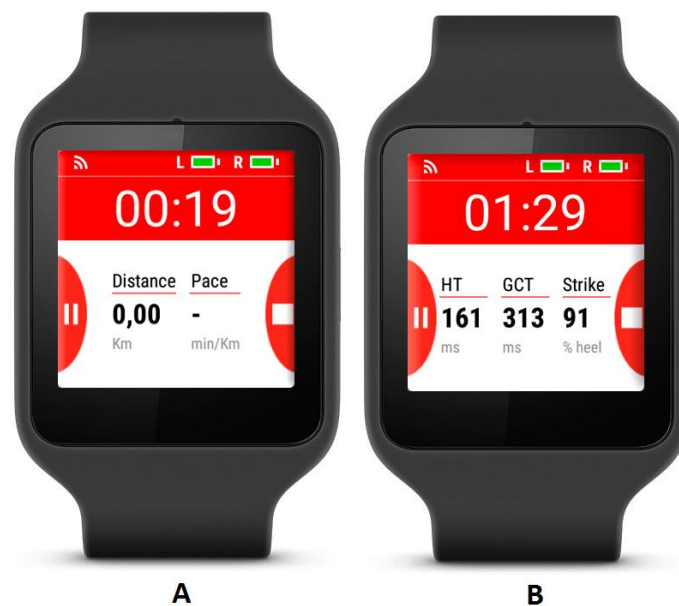


Figura 23 - Ecrã de corrida

2 Este é o ecrã apresentado assim que o utilizador inicia uma corrida. Aqui estão presentes
todas as informações relativas ao estado dos sensores e à informação recolhida pelos mesmos.
4 Este ecrã tem duas variantes, como podemos observar na Figura 23. Na primeira variante (A) são
apresentados os valores relacionados com os dados adquiridos por GPS (distancia percorrida e
6 ritmo). Na segunda variante (B) podem ser observados os dados adquiridos pelos dispositivos
TUNE (tempo de contacto do calcanhar, tempo total de contacto com o solo e percentagem de
8 ataques ao chão com o calcanhar). As duas variantes são comutáveis entre si através de um clique
em qualquer parte do ecrã. É ainda dada a hipótese ao utilizador de pausar ou parar a corrida,
10 sendo para isso necessário que este faça deslizar o botão pretendido na direção contrária (*swipe
right – pause; swipe left - stop*). Inicialmente, estas duas opções eram mostradas num ecrã somente
12 com esse intuito seguindo o *standard* do sistema operativo *android wear* que consiste em ter um
ecrã somente com um botão para cada ação. No entanto, foi constatado que seria mais útil ter
14 essas opções acessíveis no ecrã principal e ao alcance de um simples gesto. Com este intuito foi
desenvolvida a presente solução em que o corredor terá somente de fazer o *slide* da opção que
16 quer. Assim não é necessário efetuar mais do que um gesto e a função pretendida é alcançada em
menos tempo, tempo esse importante uma vez que entrará para as contas do cálculo do ritmo por
18 exemplo.

Os valores apresentados são atualizados de forma diferente ao longo do percurso.
20 Inicialmente, até o corredor efetuar os seus primeiros 500 metros, os valores são atualizados de
cinco em cinco amostras recolhidas. Depois de efetuados os primeiros 500 metros, todos os
22 valores são atualizados de 500 em 500 metros. Esta atualização é feita deste modo para que o

utilizador consiga ter um *feedback* imediato nos primeiros 500 metros e consiga obter valores relevantes depois de correr 500 metros. Se o relógio atualizasse os valores de pouco em pouco tempo, o utilizador seria bombardeado com mudança de informação constante o que faria com que não tivesse tempo para avaliar a sua variação.

A notificação lançada é mostrada ao utilizador da seguinte forma:

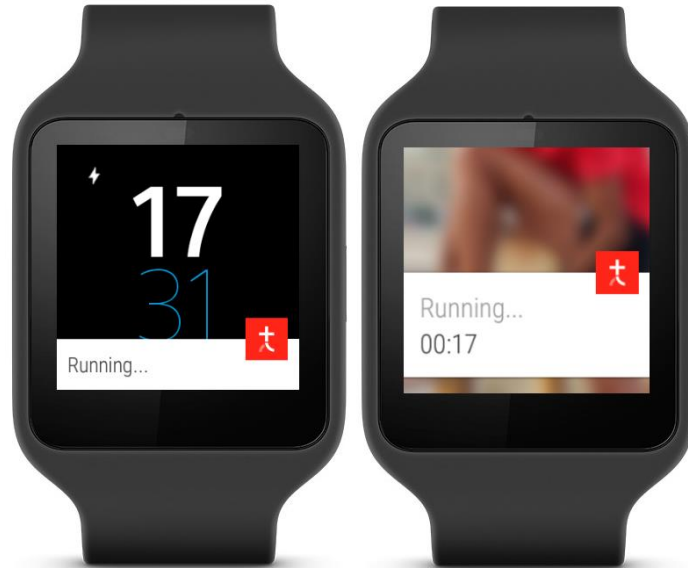


Figura 24 - Notificação de corrida em estado "Running"

No ecrã do lado esquerdo é mostrada uma notificação ao utilizador para que este saiba o estado da corrida. Quando o utilizador abre a notificação através de um “*swipe up*” é de imediato conduzido para o ecrã do lado direito para que possa ver o cronómetro da corrida. Aqui, se o utilizador clicar em cima da notificação, este é redirecionado para o “Ecrã de corrida” recuperando assim o estado da aplicação. Se a aplicação for minimizada enquanto esta em modo de pausa, a notificação mostra o estado ao utilizador da seguinte forma:

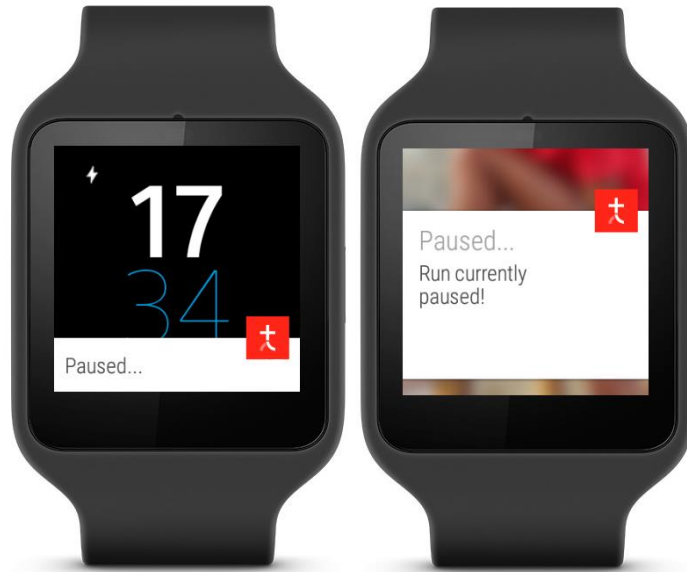


Figura 25 - Notificação de corrida em estado "Paused"

2 **4.4.6 Ecrã de corrida em notificação**

4 O utilizador, ao efetuar uma corrida, pode colocar o relógio em *standby*. Este estado
6 alcançado pelo relógio tem de ser previsto e tratado pela aplicação. Quando o utilizador
8 “adormece” o relógio é lançada uma notificação contendo o estado da corrida (“Running” ou
 “Paused”) que permite à aplicação continuar a correr em *background* uma vez que se baseia num
 serviço. Neste estado o serviço continua a adquirir dados quer dos dispositivos como também do
 GPS (se disponíveis).

10 **4.4.7 Ecrã de Relatório**

12 Quando o utilizador acaba a sua corrida, é direcionado para a página de relatório. Aqui pode
14 ser feita uma primeira análise aos resultados dos dados obtidos durante a corrida. É apresentado
16 ao utilizador as médias dos dados recolhidos durante toda a corrida para que este possa proceder
 à sua análise. O relatório apresentado não é muito detalhado (divisões por quilometro, por
 exemplo) pois a análise mais aprofundada destes dados não é feita no relógio. Tendo em conta as
 dimensões do ecrã e que o objetivo do *smartwatch* não é a apresentação de relatórios e atividades
 muito detalhadas, é dado ao utilizador a hipótese de fazer uma análise simples que pode ser

2 aprofundada posteriormente com o envio das corridas para a *cloud* (em plataforma *web* ou *smartphone*).

4 Esta página consiste num *fragment* que contém um *cardscrollview* integrado num *BoxInsetLayout*. Com esta estrutura, é apresentado ao utilizador o relatório numa só página em que este pode fazer *scroll* para poder ver o relatório todo.

6 O relatório encontra-se dividido em duas partes sendo a primeira relativa a todos os dados relacionados à corrida e a segunda parte contendo dados relativos à simetria do corredor (dados
8 provenientes dos dispositivos TUNE).



Figura 26 - Ecrã de relatório

10 Na Figura 26 podemos observar os dados apresentados ao utilizador na primeira parte do relatório.



Figura 27 - Ecrã de Relatório (valores de simetria)

Na Figura 27 é apresentada a segunda parte do ecrã de relatório contendo os valores referentes à simetria do corredor durante a corrida. Quanto mais próximos os valores de cada pé, mais simétrico o corredor é.

4.4.8 Ecrã de salvar corrida

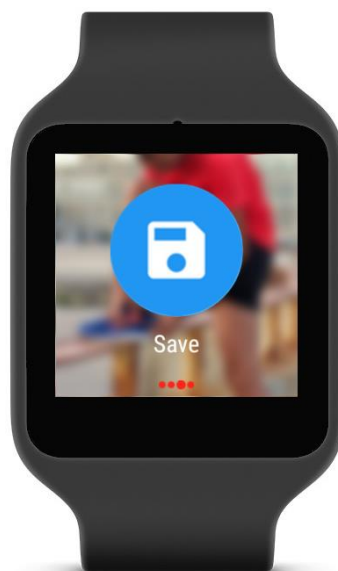


Figura 28 - Ecrã de salvar corrida

Este ecrã encontra-se ao lado direito do “Ecrã de Relatório” e é alcançado através de um *swipe left* a partir deste ou de um *swipe right* a partir do “Ecrã de descartar corrida”. O único objetivo deste ecrã é dar a opção ao utilizador de guardar a corrida que acabou de efetuar. Quando

o utilizador clica nesta opção, é despoletada uma *DelayedConfirmationView* para dar a opção ao
2 utilizador de cancelar a ação antes que esta seja concluída. Se o utilizador clicar novamente no
botão “Save” antes de o temporizador acabar, a opção é cancelada. O *feedback* do tempo que o
4 utilizador tem para cancelar a ação é dado através desta *DelayedConfirmationView* que desenha
uma borda em torno do botão que vai sendo preenchida com o passar do tempo. Acabado o tempo
6 do *timer*, a aplicação limita-se a redirecionar o utilizador para o “Ecrã principal”. Aqui não é
necessária nenhuma ação adicional para guardar a corrida uma vez que todos os ficheiros
8 relacionados com a mesma já foram criados e encontram-se armazenados na memória do
smartwatch. Adicionalmente e para que não sejam perdidos dados relacionados com nenhuma
10 corrida, os ficheiros são enviados para o *handheld* através da *Wearable.API* para que sejam
também armazenados do lado do *smartphone* até serem enviados para a *cloud*. Como referido
12 anteriormente, este envio é feito mesmo que o *smartwatch* não se encontro emparelhado no
momento de envio. Quando estes voltam a estabelecer uma conexão, os dados enviados serão
14 todos recebidos do lado do *smartphone*. Esta funcionalidade foi criada para facilitar uma futura
alternativa ao envio de dados. Neste momento os dados são enviados através de *wi-fi* a partir do
16 *smartwatch*, com esta funcionalidade é possível a criação de uma alternativa que consiste no envio
por BLE para o *smartphone* (menor consumo de energia) e posteriormente através de *wi-fi*, do
18 *smartphone* para a *cloud*. Deste modo a vida da bateria do *smartwatch* será estendida.

4.4.9 Ecrã de descartar corrida

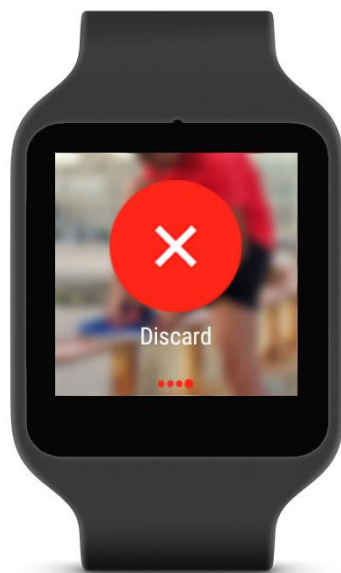


Figura 29 - Ecrã de descartar corrida

20 Neste ecrã é apresentada ao utilizador a opção de descartar a corrida efetuada. Quando o
utilizador clica nesta opção, é despoletada uma atividade de confirmação para que este confirme
22 que é mesmo sua intenção descartar essa corrida. Esta atividade de confirmação é necessária uma

vez que, tratando-se de uma ação irreversível, é necessário o sistema ter a certeza que é esta a vontade do utilizador. Com esta atividade complementar, a aplicação consegue despistar qualquer ação involuntária por parte do utilizador uma vez que basta um simples clique para o “*Discard*” ser ativado. Quando o utilizador confirma que a sua intenção é mesmo remover a corrida, todos os ficheiros relativos à corrida são apagados. A aplicação abre o diretório onde são guardadas as corridas e procura e apaga ficheiro com o nome igual ao da corrida que pretende remover. Desta forma, quando a aplicação for verificar se existem corridas para ser enviadas para a *cloud*, não encontrará nenhum ficheiro relativo a esta corrida.

4.4.10 Ecrã de visualização de percurso

10 Neste ecrã (Figura 30), o utilizador pode escolher ver o mapa contendo o percurso que efetuou durante a corrida.

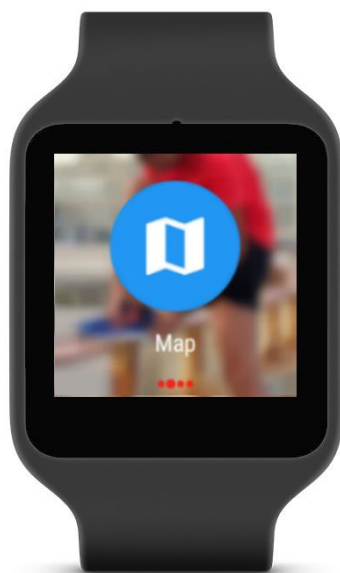


Figura 30 - Ecrã de visualização de percurso

Na Figura 31 podemos ver um exemplo de um mapa contendo o percurso efetuado por um
2 corredor. Os pontos adquiridos pelo GPS são guardados num *array* quando são adquiridos e,
quando chega o tempo de desenhar o percurso efetuado, os pontos são passados à API
4 (*GoogleMap*) e todos os pontos são unidos aos seus vizinhos, formando assim o caminho que
podemos observar através da linha vermelha. Adicionalmente é colocado um *Marker* no ponto
6 inicial e final da corrida.

8

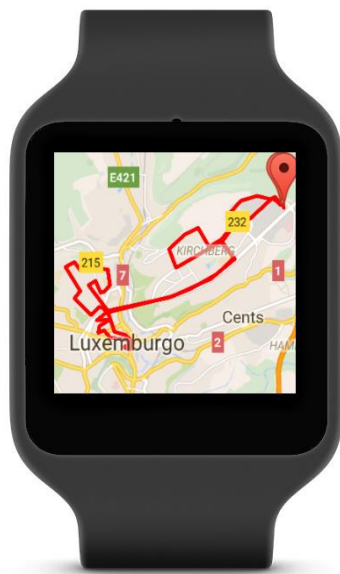


Figura 31 - Mapa e percurso

10

2 **Capítulo 5**

Experiências e Resultados

4 Este capítulo documenta a experiência conduzida no seguimento do desenvolvimento do
protótipo da aplicação, incluindo a descrição da experiência, os seus objetivos, resultados obtidos
6 e conclusões. Apesar da experiência ter sido feita já na fase final do projeto, os resultados e
conclusões são de extrema importância para a continuação do desenvolvimento da aplicação.

8 **5.1 Experiência**

A experiência conduzida foi efetuada em dois grupos distintos:

- 10 (1) Grupo de utilizadores familiarizados com o OS do *smartwatch*;
- (2) Grupo de utilizadores sem experiência no SO do *smartwatch*.

12 Estes dois grupos foram escolhidos desta forma uma vez que, sendo a aplicação
desenvolvida especificamente para o SO do *smartwatch*, esta contém funcionalidades que
14 procuram seguir os *standards* do sistema operativo (exemplo de modo de navegação com *swipes*).

O objetivo desta experiência é aferir o nível de intuição da interface gráfica
16 desenvolvida. Para isso foram escolhidos grupos de potenciais utilizadores com e sem
experiência no SO do *smartwatch*. Apesar do grupo ser considerado sem experiência no
18 SO, os utilizadores estão familiarizados com as novas tecnologias e o SO *Android*. Os
utilizadores escolhidos pertencem à faixa etária dos 20 aos 30 anos e foram agrupados,
20 como referido anteriormente, em dois grupos de cinco (cinco com experiência e cinco
sem experiência).

A experiência consistiu em pedir aos utilizadores que efetuassem uma série de passos que simulam a utilização da aplicação em condições normais, completando um ciclo de funcionamento, enquanto eram cronometrados. Os passos pedidos aos utilizadores foram os seguintes:

1. Iniciar uma corrida, visualizar os dois grupos de informação disponíveis em modo de corrida (comutáveis através de um clique no ecrã), pausar a corrida e termina-la de seguida;
2. Ir à página de definições e redefinir os dispositivos;
3. Iniciar uma corrida, parar a corrida, gravar a corrida e fazer o seu *upload*.

5.2 Resultados e conclusões

Depois de efetuadas as 3 experiências em cada utilizador de cada grupo, é possível identificar ligeiras diferenças.

No que diz respeito à experiência número 1, os utilizadores do grupo 1 obtiveram uma média de aproximadamente 31 segundos comparativamente a uns substancialmente superiores 45 segundos no grupo 2. Esta discrepância deve-se ao facto de os utilizadores do grupo 1 já estarem ambientados ao conceito trazido pelo SO de fazer *swipes* para efetuar as tarefas. O passo em que os utilizadores tiveram bastante dificuldade, no caso do grupo 2 e de um utilizador do grupo 1, foi o de pausar a corrida. A maior parte dos utilizadores não conseguiu decifrar a forma de fazer *pause* uma vez que tentaram clicar no botão em vez de fazer *swipe*. O que já não se passou no botão *stop* uma vez que, já descoberta a forma de efetuar o *pause*, tiveram somente de replicar o passo anterior. Assim, podemos aferir que os botões de *pause* e *stop* serão um problema para os utilizadores menos experientes no SO. Esta dificuldade poderá ser ultrapassada desenvolvendo uma solução que pode passar por efetuar um pequeno tutorial situado na página das definições para educar o utilizador e assim dar a perceber o conceito.

Na experiência número 2 não existiram diferenças substanciais entre os dois grupos, tendo sido a diferença das médias somente de 2 segundos (grupo 1 – 15s, grupo 2 – 17s). Perante os resultados podemos concluir que a interface desenvolvida é intuitiva e não requer qualquer experiência prévia do utilizador sobre o funcionamento do SO. O facto de, na parte central inferior do “Ecrã principal” estar contido uma espécie de paginador que indica a página atual e o número de páginas existentes, leva a que os utilizadores façam o *swipe* intuitivamente para proceder à mudança de página.

Por fim, a última experiência levada a cabo demonstrou que todo o tipo de utilizadores, experientes e não experientes, é capaz de utilizar o protótipo da aplicação de forma eficaz. Apesar de o utilizador já ter o conhecimento das experiências anteriores (o que leva a que já estejam familiarizados com o modo de efetuar *stop*) esta experiência mostra que a diferença de tempos de

2 execução dos passos sugeridos não é preocupante. Os utilizadores demoraram em média 45 segundos a completar os passos propostos, sendo que, a operação de envio de corridas para a *cloud* demora cerca de 12 segundos.

4 Com a experiência conduzida, podemos concluir que, num modo geral a interface desenvolvida cumpre bem a sua função e é relativamente intuitiva para um utilizador comum.
6 Será importante resolver a questão dos botões de *pause* e *stop*, passos esses onde os utilizadores encontraram algumas dificuldades aquando da primeira utilização do protótipo.

8

2 **Capítulo 6**

Conclusões e Trabalho futuro

4 **6.1 Conclusões**

6 Para que o desenvolvimento do trabalho realizado fosse feito de forma a ter em conta as
necessidades dos utilizadores, foi fundamental o estudo do conhecimento que estes esperam de
uma aplicação desta natureza. Para isso foi aprofundada a temática da técnica de corrida. Foi
8 criado um protótipo de uma aplicação para *Android Wear* que cumpre as funcionalidades
propostas no início desta dissertação e serve como uma boa base para o desenvolvimento de uma
10 aplicação final. Durante o processo de desenvolvimento foram estudadas várias interfaces para
dispositivos de pequenas dimensões até ter sido atingido um resultado satisfatório.

12 O protótipo desenvolvido, quando usado corretamente, ajuda a fazer uma análise mais
aprofundada da técnica de corrida e também do perigo de lesões. Com o uso do protótipo o
14 utilizador pode ainda efetuar a sua atividade física de forma mais confortável uma vez que este
substitui o papel do *smartphone* durante o exercício.

16 O trabalho desenvolvido foi feito baseado na ideia de que, com a evolução do mercado dos
smartwatches, as marcas lançarão relógios cada vez mais autónomos. Esta é uma vantagem para
18 o protótipo desenvolvido uma vez que, para cumprir as funcionalidades prometidas, tem de ser
utilizado num dispositivo dotado de uma antena de GPS integrada.

20 Um dos grandes desafios no desenvolvimento do protótipo foi a construção de uma interface
user friendly uma vez que o ecrã onde a informação é mostrada tem uma dimensão extremamente
22 pequena. Este problema foi ultrapassado e a solução encontrada promete cumprir todos os
requisitos de forma agradável e de fácil acesso. No entanto, como o protótipo foi desenvolvido

com base num *smartwatch* com forma quadrada, a solução encontrada só é funcional em relógios com a mesma forma.

6.2 Desenvolvimentos futuros

O próximo grande passo a dar seria a modificação da interface de forma a esta ser funcional também em *smartwatches* redondos. A implementação de uma interface redonda não se avizinha difícil uma vez que o sistema já contempla esta especificidade. O trabalho requerido para a adaptação da interface existente consiste em redimensionar, reposicionar e talvez reorganizar a informação contida no ecrã por forma a ser visível num ecrã redondo.

Uma outra funcionalidade a ser implementada seria a integração com um sensor de batimentos cardíacos. Sendo que muitos dos *smartwatches* mais recentes já são lançados com um sensor deste tipo, esta será uma funcionalidade a implementar aquando do aparecimento de um dispositivo com esta característica juntamente com a antena de GPS.

Outro ponto importante no desenvolvimento seria a integração da aplicação de *Android Wear* com a aplicação de *Android* já desenvolvida pela empresa *Kinematix Sense*. Esta integração permitiria a implementação de comunicação entre a aplicação *android* e a aplicação *wear*. Com esta comunicação será possível a sincronização entre as duas aplicações possibilitando, por exemplo, a automática importação das definições como as unidades de medida. Na integração está também contemplada a sincronização de contas que possibilita o envio de corridas para as contas que se encontram com o *log in* efetuado e não para contas *standard*, como se encontra neste momento o protótipo.

Referências

- 2 A. Ogueta-Alday, J. R.-M.-L. (2014). Rearfoot striking runners are more economical than midfoot strikers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 580-585.
- 4 Adam Kłodowski, M. E. (29 de 07 de 2015). Merge of motion analysis, multibody dynamics and finite element method for the subject-specific analysis of cartilage loading patterns during gait: differences between rotation and moment-driven models of human knee joint. *Multibody System Dynamics*. doi:10.1007/s11044-015-9470-y
- 6
- 8 Brandon D. Rooney, T. R. (09 de 2013). Joint contact loading in forefoot and rearfoot strike patterns during running. *Journal of Biomechanics*, 46, 2201-2206. doi:10.1016/j.jbiomech.2013.06.022
- 10
- Carles Gomez, J. O. (2012). *Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology* (Vol. 12). doi:10.3390/s120911734
- 12
- Chang, X.-W. (2008). *Introduction to GPS*.
- 14 Cheng Xu, K. L. (2015). *Shimmering Smartwatches: Exploring the Smartwatch Design Space*. ACM Press. doi:10.1145/2677199.2680599
- 16 D.E. Lieberman, M. V. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 463, 531-535. doi:10.1038/nature08723
- 18 Hiroshi Hasegawa, T. Y. (2007). Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21, 888–893.
- 20 Obtido de http://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2007/08000/Foot_Strike_Patterns_of_Runners_At_the_15_Km_Point.40.aspx
- 22
- Mark E. Kasmer, X.-c. L. (2013). Foot-strike pattern and performance in a marathon. *International journal of sports physiology and performance*, 286–292.
- 24
- Marlène Giandolini, S. P.-B. (04 de 05 de 2015). Foot strike pattern and impact continuous measurements during a trail running race: proof of concept in a world-class athlete. *Footwear Science*, 7, 127-137. doi:10.1080/19424280.2015.1026944
- 26
- 28 Matheus Oliveira de Almeida, B. T. (02 de 2015). Is the rearfoot pattern the most frequently foot strike pattern among recreational shod distance runners? *Physical Therapy in Sport*, 16, 29-33. doi:10.1016/j.ptsp.2014.02.005
- 30

2 Peter Larson, E. H. (2011). Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-
distance road race. *Journal of Sports Sciences*, 29, 1665-1673. doi:10.1080/02640414.2011.610347

4 S. Edwards, J. S. (2014). Alterations to landing technique and patellar tendon loading in response
to fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 330-340. doi:
6 10.1249/MSS.0b013e3182a42e8e

8 Anexo A

Exemplo de ficheiros adquiridos através do protótipo da aplicação desenvolvida
10 (incompletos devido ao seu tamanho):

12 Report:

2734000

14 GPS:

GPSTimestamp	PhoneTimestamp	Latitude	Longitude	Speed	Distance
Accuracy	Altitude				
1432659047	1432659047	41.1688167136546	-8.6879433877847	0.0	0.0
30.0	18.6389770507812				
1432659048	1432659048	41.1688188929494	-8.68798982352827		
14.4534700592369	3.90441620982757	3.90441620982757	30.0	18.6283569335938	
1432659049	1432659049	41.1688188929494	-8.68798982352827	0.0	
3.90441620982757	3.90441620982757	30.0	18.604736328125		
1432659050	1432659050	41.1688235029962	-8.68797364645515		
5.54693806146592	5.35533495175526	5.35533495175526	30.0	15.9483642578125	
1432659051	1432659051	41.1688228743534	-8.68795185350691		
6.95124499243218	7.18553980986022	7.18553980986022	30.0	15.5252685546875	

	1432659052	1432659052	41.1688214494299	-8.6879470758221
2	1.55680676446261		7.6165845736808	30.0 15.96240234375
	1432659053	1432659053	41.168821700887	-8.68795202114497
4	1.44649988354988		8.0325364772675	30.0 14.0830078125
	1432659054	1432659054	41.1688225390773	-8.68795101531659
6	0.407225155605223		8.15819552833855	30.0 13.46533203125
	1432659055	1432659055	41.1688235868152	-8.68794213049923
8	2.81710665958285		8.91283733825486	30.0 13.2074584960938
	1432659165	1432659165	41.1686761072289	-8.6879801005206
10	0.546824561318643		25.5986280280847	30.0 19.8731689453125
	1432659166	1432659166	41.1686643306549	-8.68801530451392
12	11.1737913065214		28.8295173479188	30.0 25.3103637695312
	1432659167	1432659167	41.1686574994038	-8.68804941885982
14	10.5786296197328		31.7912280545347	30.0 26.670654296875
	1432659168	1432659168	41.1686481116723	-8.6880837008438
16	10.518878864319		34.8512751635382	30.0 29.1409301757812
	1432659169	1432659169	41.1686412804212	-8.68811429479037
18	9.33038786592683		37.528479701502	10.0 26.2118530273438
	1432659170	1432659170	41.1686616484459	-8.68814136833762
20	11.1708650883207		40.734545804302	10.0 26.6407470703125
	1432659171	1432659171	41.168692200483	-8.68816659786616
22	14.2480028081919		44.7339919656525	10.0 32.0107421875
	1432659172	1432659172	41.1687232973437	-8.68819023483311
24	14.6889028764117		48.7166757562325	10.0 32.9576416015625
	1432659173	1432659173	41.1687446292873	-8.68821789511357
26	11.3669417046542		52.0334230886359	10.0 32.8186645507812
	1432659174	1432659174	41.1687667994212	-8.68825335056399
28	13.5932250633293		55.8954848673226	10.0 33.5264892578125
	1432659175	1432659175	41.1687831860419	-8.68829299696599
30	13.5286696760833		59.6878227174804	10.0 32.6502685546875
	1432659176	1432659176	41.1687901430215	-8.68833566085313
32	14.0386153017676		63.3506182332998	10.0 33.1163330078125

	1432659177	1432659177	41.1687916936736	-8.68837631308351
2	13.1235661628822		66.7665222428596	10.0 32.4373779296875
	1432659178	1432659178	41.1687923642259	-8.68841554039036
4	12.2481945062184		70.059343827966	10.0 31.5626220703125
	1432659179	1432659179	41.1687828926753	-8.68845568970655
6	12.1544519732015		73.5890776405871	10.0 31.2415161132812
	1432659180	1432659180	41.168771577106	-8.68850480765913
8	15.502634647975		77.8983925212535	10.0 30.539306640625
	1432659181	1432659181	41.1687620636459	-8.68856876158033
10	21.3471172825813		83.3684489730466	10.0 30.9765014648438
	1432659182	1432659182	41.1687420728069	-8.68864486926113
12	24.5982087721088		90.130312054553	10.0 30.1380004882812

14 **RightDevice:**

	DeviceTimestamp	PhoneTimestamp	GCT	HST	FFT	Steps	HT
16	HSteps						
	68549 1432659047	701 2 463	1	238	1		
18	18100 1432659065	775 67 498	1	277	1		
	19106 1432659066	609 27 363	1	246	1		
20	19917 1432659067	428 18 153	1	275	1		
	20893 1432659068	750 0 750	1	0	0		
22	22077 1432659069	755 18 273	1	482	1		
	23248 1432659070	752 50 468	1	284	1		
24	24522 1432659071	557 0 557	1	0	0		
	25473 1432659072	558 26 237	1	321	1		
26	26077 1432659073	246 0 246	1	0	0		
	26829 1432659074	277 0 189	1	76	0		
28	27858 1432659075	570 2 311	1	259	1		
	28794 1432659076	535 13 275	1	260	1		
30	29679 1432659077	544 1 244	1	300	1		
	50889 1432659098	1115 49 661	1	454	1		
32	53856 1432659101	604 17 345	1	259	1		
	54844 1432659102	599 13 322	1	277	1		
34	55829 1432659103	600 15 341	1	259	1		
	56826 1432659104	608 20 356	1	252	1		
36	57841 1432659105	615 20 367	1	248	1		

	58897	1432659106	645	19	401	1	244	1
2	104826	1432659152	768	1	237	1	531	1
	114419	1432659161	508	19	143	1	365	1
4	115031	1432659162	284	0	70	1	85	0
	116409	1432659164	244	0	244	2	0	0
6	117077	1432659164	210	0	210	1	0	0
	118407	1432659165	206	0	125	2	67	0
8	119117	1432659166	221	0	221	1	0	0
	120513	1432659167	223	0	195	2	9	0
10	121198	1432659168	215	0	215	1	0	0
	122563	1432659169	212	0	181	2	19	0
12	123242	1432659170	217	0	217	1	0	0
	124589	1432659171	215	0	215	2	0	0
14	125249	1432659172	212	0	212	1	0	0
	125921	1432659173	203	0	203	1	0	0
16	127299	1432659174	210	0	187	2	11	0
	127953	1432659175	224	0	224	1	0	0
18	129325	1432659176	220	0	220	2	0	0
	129995	1432659177	214	0	214	1	0	0
20	131350	1432659178	216	0	216	2	0	0
	132033	1432659179	220	0	220	1	0	0
22	133422	1432659180	211	0	211	2	0	0
	134115	1432659181	217	0	217	1	0	0
24	135509	1432659182	224	0	224	2	0	0
	136186	1432659183	216	0	216	1	0	0
26	137576	1432659184	220	0	220	2	0	0
	138265	1432659185	226	0	226	1	0	0
28	138947	1432659186	227	0	227	1	0	0
	140321	1432659187	227	0	227	2	0	0
30	141003	1432659188	218	0	218	1	0	0
	142350	1432659189	223	0	223	2	0	0
32	143020	1432659190	211	0	211	1	0	0
	144400	1432659191	229	0	229	2	0	0
34	145083	1432659192	219	0	219	1	0	0
	146445	1432659193	224	0	224	2	0	0
36	147115	1432659194	223	0	175	1	14	0
	148451	1432659195	225	0	225	2	0	0
38	149127	1432659196	238	1	53	1	185	1
	150521	1432659197	222	0	196	2	9	0

	151216	1432659198	231	0	179	1	44	0
2	152581	1432659199	224	0	182	2	38	0
	153265	1432659200	228	0	174	1	45	0
4	153945	1432659201	229	0	229	1	0	0
	155300	1432659202	217	0	133	2	81	0
6	155959	1432659203	225	0	225	1	0	0
	157324	1432659204	232	0	207	2	17	0
8	158008	1432659205	222	1	41	1	181	1
	159350	1432659206	220	1	48	2	172	2
10	160031	1432659207	237	0	237	1	0	0
	161395	1432659208	232	0	138	2	94	1
12	162079	1432659209	226	0	164	1	42	0
	163531	1432659210	259	0	223	2	20	0
14	171464	1432659218	247	0	55	1	84	0
	172151	1432659219	242	0	242	1	0	0