



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Faculdade de Engenharia

# **Aplicação móvel e plataforma *Web* para suporte à estimação do gasto energético em atividade física**

**Ivan Miguel Serrano Pires**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia Informática**  
(2.º Ciclo de Estudos)

Orientador: Prof. Doutor Nuno M. Garcia

**Covilhã, Junho de 2012**



## Dedicatória

Dedico esta dissertação de mestrado aos meus pais, José e Helena, à minha família, aos meus colegas e ao meu orientador, Prof. Dr. Nuno M. Garcia, por todo o apoio, dedicação, força, incentivo, companheirismo e amizade durante o decorrer da mesma. Por último, mas não menos importantes, quero dedicar também esta dissertação aos meus amigos, em especial a uma amiga, Daniela, que, apesar de tudo, sempre me deu todo o apoio no decorrer da realização da mesma. Sem eles nada disto teria sido possível.



## Resumo

Esta dissertação descreve os trabalhos de investigação realizados na construção de uma plataforma informática para motivação para a realização de exercício físico, com recurso a técnicas de medição de energia dispendida no decurso do exercício, medição de distância percorrida e medição do tempo de salto de um indivíduo. Estas características encontram-se implementadas numa aplicação móvel, implementada sobre um telefone do tipo *Smartphone* e usando os sensores deste dispositivo, enquanto que outra parte da plataforma, uma aplicação usando tecnologias *Web*, gere o registo e as atividades dos utilizadores. Esta dissertação descreve ainda os trabalhos de validação das aplicações implementadas, e apresenta as conclusões sobre estes trabalhos.

## Palavras-Chave

Plataforma para motivação para a realização de exercício físico, Aplicação móvel de medição de dispêndio calórico, Aplicação móvel para cálculo do tempo de salto, Validação de resultados em aplicações móveis, Recolha de dados em *Smartphone*, Uso de acelerómetro e de GPS num *Smartphone*.



## **Abstract**

This dissertation describes the research work performed for the design and implementation of a physical exercise motivation platform, using energy expenditure techniques, measurement of the travelled distance, and the time of flight of a jump. These measurements are implemented in an application designed for a Smartphone, using the sensors available in many of these devices. The platform is also composed of an application using Web technologies, that records and manages the users and their activities. This dissertation describes also the validation procedures for the results given by the applications, and presents the relevant conclusions.

## **Keywords**

Physical exercise motivation platform, Mobile application to measure caloric expenditure, Mobile application to measure the time of a jump, Validation process for mobile applications results, Using an accelerometer and a GPS sensors in a Smartphone.





## Agradecimentos

No decorrer desta dissertação foram várias as pessoas que se mostraram disponíveis para ajudar e dar todo o apoio necessário com o seu conhecimento para a realização desta dissertação. Além disso, muitas pessoas mesmo que sem conhecimento nunca deixaram de dar o seu apoio e incentivo para a realização de toda a investigação e implementação desta dissertação, não podendo deixar de manifestar o meu mais sincero agradecimento.

Em especial, quero agradecer ao orientador desta dissertação de mestrado, Prof. Doutor Nuno M. Garcia, por toda a ajuda prestada e todo o apoio e incentivo concedido desde o início da realização desta dissertação, mostrando-se sempre disponível a ajudar em todas as partes desta dissertação. Mesmo em momentos em que eu não sabia como fazer, ele mostrou-se sempre disponível tanto para auxiliar na realização da investigação e implementação da solução final desta dissertação, tentando sempre motivar-me para a realização desta área que no início me era desconhecida, mas que foi uma excelente experiência. Sem a sua ajuda esta dissertação nunca teria atingido o fim, sendo ele uma das pessoas fundamentais na realização desta dissertação.

No decorrer da realização desta dissertação existiram outras pessoas que se disponibilizaram, como a autora de uma investigação nesta área realizada na Universidade da Beira Interior, Virginie Felizardo, pela ajuda e esclarecimento de dúvidas sobre a sua investigação que forneceu.

Surgiram algumas dificuldades aquando da análise de dados estatísticos, aos quais houve diversas pessoas que se mostraram disponíveis para ajudar, aos quais demonstro o meu agradecimento, em especial, por se encontrarem fora do âmbito do projeto e mesmo assim quiseram tentar ajudar e mostraram-se interessados para perceber os objetivos do projeto, são eles:

- Professores da Universidade Lusófona com os quais o meu orientador entrou em contacto para nos ajudarem a descobrir a melhor solução para minimização dos erros experimentais do algoritmo implementado;
- Professores da Universidade da Beira Interior com os quais o meu orientador entrou em contacto para nos ajudarem a descobrir outra hipótese de minimização do erro experimental;
- Prof. Doutora Maria Cristina Canavarro Teixeira, da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco, que mesmo a recolha e processamento de sinais fisiológicos utilizando acelerómetros não fosse a área dela, mostrou-se muito interessada em saber os objetivos desta dissertação e ajudar na análise dos dados recolhidos com o seu conhecimento em análise estatística. Quero também agradecer pelo seu apoio e motivação dados na realização desta dissertação, em que existiram dúvidas que ela conseguiu esclarecer.

Quero igualmente agradecer aos meus amigos que aturaram toda a minha pressão durante a realização desta dissertação e mesmo, assim, estiveram sempre presentes para dar todo o seu apoio.

Por fim, embora não menos importante, quero agradecer aos meus pais e à minha família por terem estado sempre presentes, mesmo nos momentos mais difíceis.

# Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1.	INTRODUÇÃO	1
1.2.	ÂMBITO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	2
1.3.	OBJETIVOS DE INVESTIGAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO	3
1.4.	TECNOLOGIAS E MATERIAL UTILIZADO	6
1.5.	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	7
<b>2</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b>	<b>9</b>
2.1.	GASTO ENERGÉTICO	9
2.1.1	<i>Revisão Bibliográfica</i>	9
2.1.2	<i>Classificação das soluções de estimação de dispêndio energético</i>	14
2.2.	DISTÂNCIA PERCORRIDA	16
2.2.1	<i>Revisão Bibliográfica</i>	16
2.2.2	<i>Classificação das soluções de cálculo da distância percorrida</i>	17
2.3.	TEMPO DE VOO DE UM SALTO	18
2.3.1	<i>Revisão Bibliográfica</i>	18
<b>3</b>	<b>DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO</b>	<b>21</b>
3.1.	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	21
3.2.	PROPOSTA DA SOLUÇÃO	22
3.3.	ANÁLISE DE REQUISITOS	24
3.3.1	<i>Requisitos funcionais</i>	24
3.3.2	<i>Requisitos não funcionais</i>	26
3.4.	MODELAÇÃO DA SOLUÇÃO	28
3.4.1	<i>Arquitetura da Solução</i>	28
3.4.2	<i>Casos de Utilização</i>	29
3.4.3	<i>Sequência</i>	30
3.4.4	<i>Componentes</i>	30
3.4.5	<i>Base de dados</i>	31
3.5.	DESENVOLVIMENTO	32
3.5.1	<i>Ferramentas e Tecnologias Escolhidas</i>	32
3.5.2	<i>Metodologia de desenvolvimento e testes às aplicações</i>	33
3.6.	IMPLEMENTAÇÃO	34
3.7.	INSTALAÇÃO	35
3.8.	NOTA CONCLUSIVA	35
<b>4</b>	<b>VALIDAÇÃO DE RESULTADOS</b>	<b>37</b>
4.1.	VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DE ESTIMAÇÃO DO DISPÊNDIO ENERGÉTICO	37
4.1.1	<i>Análise dos resultados obtidos em investigações anteriores</i>	37
4.1.2	<i>Adaptação dos resultados obtidos em investigações anteriores</i>	38
4.1.3	<i>Discussão dos Resultados</i>	40
4.2.	VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE CÁLCULO DO TEMPO DE VOO DOS SALTOS	41
4.2.1	<i>Método experimental</i>	41
4.2.2	<i>Apresentação do algoritmo criado</i>	46
4.2.3	<i>Discussão dos resultados</i>	47
4.3.	NOTA CONCLUSIVA	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>49</b>
5.1.	CONCLUSÃO	49
5.2.	TRABALHO FUTURO	51
<b>ANEXOS</b>		<b>53</b>
	ANEXO I - DIAGRAMAS UML	53

ANEXO II - CÓDIGO DE IMPLEMENTAÇÃO.....	65
ANEXO III - ANÁLISE DOS ERROS OBTIDOS NO CÁLCULO DO TEMPO DE VOO DE UM SALTO.....	69
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>85</b>

## Lista de Figuras

FIGURA 4.1 - GRÁFICO QUE REPRESENTA OS VALORES DOS VECTORES MAGNITUDE DAS SAÍDAS X, Y E Z DO (SUBTRAINDO O VALOR DOS VECTORES MAGNITUDE OBTIDOS A PARTIR DAS SAÍDAS (X, Y E Z) DO SENSOR DE GRAVIDADE) RECOLHIDOS DURANTE UM SALTO PELO <i>SMARTPHONE</i> .....	42
FIGURA 4.2 - GRÁFICO QUE REPRESENTA OS VALORES DOS VECTORES MAGNITUDE DAS SAÍDAS X, Y E Z DO (SUBTRAINDO O VALOR DOS VECTORES MAGNITUDE OBTIDOS A PARTIR DAS SAÍDAS (X, Y E Z) DO SENSOR DE GRAVIDADE) RECOLHIDOS DURANTE UM SALTO PELO <i>SMARTPHONE</i> , COM AS FASES DE UM SALTO IDENTIFICADAS.....	42
FIGURA 4.3 - GRÁFICO QUE REPRESENTA OS VALORES DOS VECTORES MAGNITUDE DAS SAÍDAS X, Y E Z DO (SUBTRAINDO O VALOR DOS VECTORES MAGNITUDE OBTIDOS A PARTIR DAS SAÍDAS (X, Y E Z) DO SENSOR DE GRAVIDADE) RECOLHIDOS DURANTE UM SALTO PELO <i>SMARTPHONE</i> , COM IDENTIFICAÇÃO DO INTERVALO DE TEMPO QUE CORRESPONDE AO TEMPO DE VOO DE UM SALTO .....	42
FIGURA 4.5 - COMPARAÇÃO DOS ERROS, OBTIDOS NO CÁLCULO DO TEMPO DE VOO POR PARTE DO ALGORITMO IMPLEMENTADO NO <i>SMARTPHONE</i> , E AJUSTAMENTO APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS PARA MINIMIZAR OS ERROS EM CASOS FUTUROS .....	45
FIGURA I.1 - DIAGRAMA DE CASOS DE UTILIZAÇÃO DE UM UTILIZADOR COMUM NA PLATAFORMA <i>WEB</i> .....	54
FIGURA I.2 - DIAGRAMA DE CASOS DE UTILIZAÇÃO DE UM ADMINISTRADOR NA PLATAFORMA <i>WEB</i> .....	54
FIGURA I.3 - DIAGRAMA DE CASOS DE UTILIZAÇÃO REFERENTE À GESTÃO DE CLIENTES POR PARTE DE UM ADMINISTRADOR .....	55
FIGURA I.4 - DIAGRAMA DE CASOS DE UTILIZAÇÃO REFERENTE À GESTÃO DE ADMINISTRADORES POR PARTE DE UM ADMINISTRADOR .....	56
FIGURA I.5 - DIAGRAMA DE CASOS DE UTILIZAÇÃO PARA A APLICAÇÃO MÓVEL.....	57
FIGURA I.6 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA RELATIVO À AUTENTICAÇÃO COM SUCESSO.....	59
FIGURA I.7 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA RELATIVO À AUTENTICAÇÃO SEM SUCESSO, DEVIDO AOS DADOS DE AUTENTICAÇÃO ESTAREM INCORRETOS .....	59
FIGURA I.8 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA RELATIVO À VISUALIZAÇÃO DOS TEMPOS DE VOO DOS SALTOS JÁ REALIZADOS (COM SALTOS JÁ REALIZADOS) .....	59
FIGURA I.9 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA RELATIVO À VISUALIZAÇÃO DE UMA MENSAGEM EM COMO O UTILIZADOR NUNCA SALTOU .....	60
FIGURA I.10 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA RELATIVO AO CÁLCULO DO TEMPO DE VOO DE UM SALTO, EM QUE O MESMO É CALCULADO E ARMAZENADO COM SUCESSO .....	60
FIGURA I.11 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA RELATIVO AO CALCULO DO TEMPO DE VOO DE UM SALTO, EM QUE O SALTO É INVALIDADO .....	60
FIGURA I.12 - DIAGRAMA DE COMPONENTES DA PLATAFORMA <i>WEB</i> .....	61
FIGURA I.13 - DIAGRAMA DE COMPONENTES DA APLICAÇÃO MÓVEL .....	62
FIGURA I.14 - MODELO RELACIONAL .....	63
FIGURA I.15 - DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO .....	64



## Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - ANÁLISE DE ALGUMAS APLICAÇÕES EXISTENTES PARA O CÁLCULO DO DISPÊNDIO CALÓRICO .....	16
TABELA 2.2 - ANÁLISE DE ALGUMAS APLICAÇÕES EXISTENTES PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA .....	18
TABELA III.1 - ANÁLISE DOS TEMPOS DE VOO DOS SALTOS DAS SESENTA EXPERIÊNCIAS REALIZADAS.....	70
TABELA III.2 - ANÁLISE DOS TEMPOS DE VOO DOS SALTOS EFECTUADOS PARA FAZER A VALIDAÇÃO .....	83





## Lista de Acrónimos

CSS	<i>Cascade Style Sheet</i>
G	Equivalente de Gravidade Padrão
GE	Gasto Energético
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MET	Equivalente Metabólico
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SSL	<i>Secure Sockets Layer</i>
UBI	Universidade da Beira Interior
XML	<i>eXtensive Markup Language</i>



# 1 Introdução

## 1.1. Introdução

Atualmente a tendência para o aumento da sedentariedade nos países ditos desenvolvidos é crescente, estando as pessoas a permanecer mais tempo em casa ou no trabalho, deslocando-se para todos os locais de transportes públicos ou automóvel, descuidando a realização de atividade física [1]. A atividade física é importante para a redução do risco de várias doenças, beneficiando as pessoas, melhorando o metabolismo da glicose, reduzindo a gordura corporal e diminuindo a pressão arterial [1].

De igual forma, é cada vez maior o número de pessoas que tem um *Smartphone* [2, 3], sendo que estes dispositivos já contêm em si um conjunto de potencialidades de computação e comunicação significativos. Mais ainda, os *Smartphones* atuais estão equipados com diversos sensores que, entre outras coisas, podem ser usados para estimar o gasto energético resultante da atividade física do seu utilizador [4-11].

Num mundo cada vez mais tecnológico, as pessoas sofrem cada vez de mais doenças devido por exemplo, ao aumento da pressão do dia-a-dia. Mais ainda, o aumento da presença da tecnologia na vida de um utilizador tem também como consequência o aumento da tensão (*stress*) do utilizador, uma vez que o mantém em contínuo contato com o mundo, por exemplo através de uma ligação constante à Internet [12], o expõe às constantes solicitações de comunicação, quer sejam, por exemplo, *emails* ou atualizações das redes sociais.

O exercício físico regular é um agente recomendado de combate à tensão de um utilizador, com efeitos benéficos a outros níveis, por exemplo, no controlo de doenças crónicas como a obesidade ou a diabetes [1, 13, 14]. A promoção do exercício físico pode ser conseguida com o recurso a uma aplicação móvel que monitorize a atividade física do utilizador, fazendo com que o utilizador apesar ter estar sujeito às pressões do dia-a-dia, possa realizar atividade física e melhorar o seu estado geral de saúde.

A arquitetura de uma solução para este problema deve integrar uma avaliação dos parâmetros de atividade do utilizador. Para tal, as recentes gerações de dispositivos móveis do tipo *Smartphone* disponibilizam diferentes tipos de sensores como por exemplo o acelerómetro ou o receptor de GPS (*Global Positioning System*). O receptor de GPS pode ser usado para medir a distância percorrida, embora esta medição só possa ser feita em locais ao ar livre, onde o sinal dos satélites de GPS é recebido com fiabilidade. Por outro lado, o sensor de acelerometria do *Smartphone* pode devolver valores não fiáveis, uma vez que, de uma medição para a seguinte, o *Smartphone* pode estar colocado em diferentes posições ou em diferentes locais do corpo do utilizador. Há já investigação realizada nesta área, e que será devidamente referida mais adiante, por exemplo, a respeito da utilização de acelerómetros

na estimação do dispêndio calórico. Este trabalho de investigação integra alguns dos resultados anteriormente publicados para construção de uma solução integrada para estimação do gasto energético da atividade física.

Assim, esta dissertação relata o trabalho de investigação cujo objectivo é o estudo e proposta de uma solução para o problema de medir e registar os valores de dispêndio energético de um indivíduo, por forma a permitir a definição, registo e verificação de obtenção de objetivos diários de dispêndio calórico que levem ao estímulo da atividade física. Para tal, a solução proposta consiste na construção de uma plataforma tecnológica, usando tecnologias móveis e estáticas comunicando sobre a Internet que permitam a implementação do cálculo e registo do gasto energético [8, 9] durante as atividades diárias de um indivíduo, de modo a estimulá-lo a realizar atividade física. Complementarmente, é ainda proposto um exercício de saltos, no qual o utilizador, com recurso ao *Smartphone*, pode medir e ver a evolução dos tempos dos seus salto, podendo os mesmos ir melhorando com os treinos. A relevância dos saltos no contexto do estímulo à atividade física é abordada no Capítulo 2.

Os trabalhos de investigação e desenvolvimento da solução decorreram no *Assisted Living Computing and Telecommunications Laboratory*, um grupo de investigação do grupo de *Network Architectures and Protocols* do pólo do Instituto de Telecomunicações na Universidade da Beira Interior, na Covilhã.

Depois desta breve introdução, o Capítulo 1 apresenta também o âmbito e descrição do problema desta dissertação, os objectivos e metodologias da investigação, as tecnologias usadas nos trabalhos da dissertação, e termina com a apresentação da organização dos restantes capítulos da dissertação.

## 1.2. Âmbito e Descrição do Problema

Generalizando, é seguro dizer que o estilo de vida da maioria das pessoas é cada vez mais sedentário. O número e diversidade das atividades que facilitam o sedentarismo, como por exemplo, a oferta de conteúdos disponíveis nos computadores, na televisão e para as consolas de jogos, competem pelo tempo livre das pessoas, em oposição a outras atividades mais saudáveis, como por exemplo, caminhadas ou exercício físico mais formal. Como resultado destes e de outros comportamentos, a obesidade, a diabetes e outras doenças associadas a comportamentos sedentários têm aumentado nos países ditos desenvolvidos, sendo causadoras de aumento na despesa nos sistemas de saúde públicos [13, 14].

Neste contexto, o problema estudado nesta dissertação consiste em, usando algumas das tecnologias que também fomentam o sedentarismo, promover o aumento e diversidade da atividade física de uma pessoa, de forma continuada no tempo. O uso de tecnologias disponíveis de forma generalizada permite aumentar a expectativa do grau de adopção da solução.

Para tal, propõe-se a construção de uma plataforma tecnológica que, usando um *Smartphone* como dispositivo sensor e de interface com a solução, e das tecnologias Internet

de modo a estimular a prática de exercício físico do seu utilizador, promovendo melhores hábitos comportamentais e tentando melhorar a saúde do utilizador. Para estimular a prática de exercício físico do seu utilizador devem ser propostos objetivos diários de gasto energético mínimo (em calorias) de modo a que o utilizador aumente o seu nível de atividade física, estimulado com a vontade de o utilizador terminar o seu objetivo diário com sucesso. No seguimento, foi proposto identificar a distância percorrida e os tempos de voo dos saltos do utilizador de modo a estimulá-lo a realizar mais exercício físico tentando sempre que os seus saltos demorem mais tempo, pois quanto maior for o seu tempo de salto, maior será o seu gasto energético.

Na secção seguinte irão ser apresentados os objetivos de investigação e implementação da aplicação desta dissertação.

### 1.3. Objetivos de Investigação e Implementação

O trabalho de investigação descrito nesta dissertação de mestrado é composto por três fases principais, são elas:

- Investigação das aplicações semelhantes existentes no mercado;
- Investigação com recurso aos sensores do *Smartphone* e aos sensores ligados aos dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* sobre como implementar e estruturar os algoritmos para a aplicação a desenvolver;
- Modelar e implementar as aplicações resultantes desta dissertação (aplicação móvel e plataforma *Web*).

O recurso aos sensores tem como intuito de, na aplicação final, serem implementadas três funcionalidades fulcrais, que são objecto principal desta dissertação, que são: o cálculo do cálculo da energia gasta por um individuo, o cálculo dos tempos de voo de dos saltos do utilizador e o cálculo da distância percorrida pelo utilizador.

Durante a investigação sobre as aplicações existentes no mercado foram encontradas algumas aplicação que realizam funções semelhantes, mas neste dissertação vai ser implementado um novo algoritmo e uma nova forma de cálculo do gasto energético e, adicionalmente, iremos calcular a distância percorrida. Por exemplo, temos aplicações que calculam cada uma das funcionalidades em separado, embora haja algumas que calculam a distância percorrida e o gasto energético do utilizador, até ao momento não existe nenhuma no mercado que calcule o tempo de voo de um salto.

No caso do cálculo energético, irão ser verificados todos os métodos de cálculo existentes, por exemplo o cálculo com recurso aos MET's (equivalentes metabólicos) de atividade física do individuo ou utilizando uma fórmula pré-validada, utilizando os dados retirados do acelerómetro do *Smartphone*, como descrito em [8].

No caso do cálculo da distância percorrida, irão ser utilizados os dados recolhidos a partir do receptor de GPS integrado no *Smartphone*. Este método é utilizado em diversas aplicações.

No caso do cálculo do tempo de voo de um salto, não existe nenhuma aplicação desenvolvida e as investigações sobre o mesmo são escassas, sendo assim é um pouco mais complicado de implementar.

Terminada esta fase, passar-se-á para a fase seguinte, onde recorreremos a análises de um dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* com sensores ligados a ele, de modo a comparar os dados recolhidos pelo mesmo com os dados recolhidos pelos sensores do *Smartphone*.

Na segunda fase, proceder-se-á à adaptação da fórmula apresentada em [8], para o cálculo do gasto energético de um individuo, realizando as seguintes ações:

- Usando o dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch* com um acelerómetro triaxial ligado ao mesmo, realizar o número de experiências necessárias de modo a calcular o valor de 1G, analisando os diferente eixos;
- Como a fórmula recebe valores do vector de magnitude em milivolts e os dados obtidos pelo acelerómetro do *Smartphone* são em unidades diferentes ( $m/s^2$ ) e já lhe retiramos o valor da gravidade, como explicado anteriormente, usando o valor de 1G calculado anteriormente deve-se adaptar a fórmula.

No caso do cálculo da distância percorrida, testámos o receptor de GPS embutido no *Smartphone*, verificamos que os dados recolhidos são mais corretos se forem recolhidos em ambientes ao ar livre, que também são igualmente ótimos para melhorar a saúde das pessoas.

No caso do cálculo do tempo de voo de um salto, foram realizadas as seguintes ações:

- Construir uma aplicação que recolha os valores obtidos a partir dos sensores do *Smartphone* e guarde num ficheiro de texto;
- Realizar algumas experiências iniciais, recolhendo os valores do acelerómetro do *Smartphone*, retirando o valor da gravidade, e os valores do sensor de pressão e do acelerómetro triaxial ligado a um dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch*, tentando identificar as relações entre eles;
- Estabelecer um padrão e definir as regras de invalidação dos saltos na aplicação a desenvolver, caso haja movimentações com o *Smartphone* não reconhecidas aquando da realização dos saltos;
- Criar o algoritmo de detecção dos picos dos dados recolhidos a partir dos sensores do *Smartphone*, as regras de invalidação de um salto e o algoritmo de cálculo do mesmo;
- Ajustar a aplicação desenvolvida anteriormente para o *Smartphone*, para calcular o tempo de voo de um salto, embora com erro, tendo em conta as experiências iniciais e investigações realizadas;

- Realizar sessenta experiências iniciais, recolhendo os valores do acelerómetro do *Smartphone*, retirando o valor da gravidade, e os valores do sensor de pressão e do acelerómetro triaxial ligado a um dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch*;
- Calcular o valor do erro de cálculo do tempo de voo de um salto, obtido a partir do algoritmo até então implementado para as sessenta experiências realizadas e verificar qual é o número mínimo de experiências necessárias para termos um nível de confiança de 95% e tentarmos diminuir a dispersão dos erros dos dados obtidos;
- Analisar diferentes hipóteses para minimizar os valores dos erros;
- Escolher a melhor forma de minimizar os erros obtidos e ajustar o algoritmo implementado na aplicação.

Após esta investigação, o último objetivo do trabalho desta dissertação é realizar a modelação e implementação de duas aplicações, a trabalharem em conjunto, são elas: uma plataforma *Web* e uma aplicação móvel.

A plataforma *Web* será uma plataforma onde os utilizador podem gerir os seus dados pessoais e de atividade física. A plataforma deve ter dois tipos de utilizadores com diferentes privilégios, são eles: os administradores e os utilizadores comuns.

Os administradores podem alterar os dados de todos os utilizadores, alterar o peso de todos os utilizadores, gerir os objetivos de todos os utilizadores e até mesmo impedir o acesso a outros utilizadores. Todos os utilizadores devem poder ver os seus tempos de saltos, gerir os seus próprios objectivos, se os cumpriu ou não, pode alterar os seus dados de utilizador, atualizar e ver os seus pesos diários e alterar a sua palavra-chave de acesso. Os utilizadores comuns podem auto-registar-se. Um administrador pode adicionar novos administradores e utilizadores comuns. Todos os utilizadores após se registarem ou serem adicionados, recebem um e-mail de confirmação e vão ter que aceder ao mesmo para ativar o seu acesso. Na primeira vez que o utilizador se autentica terá que alterar a sua palavra-chave de acesso.

A aplicação móvel possibilita, ao utilizador comum, auto-registar-se. Na mesma, após o utilizador se autenticar, o utilizador deverá poder alterar a sua palavra-chave de acesso, alterar os seus dados pessoais, calcular o tempo de voo de um salto e adicioná-lo à base de dados, atualizar o seu peso e gerir os seus objectivos. Igualmente, após se autenticar, caso o utilizador tenha ativo, na aplicação no *Smartphone*, o cálculo da distância e do gasto energético, o mesmo será calculado e, caso o utilizador tenha alguma objetivo ativo, o mesmo será armazenado na base de dados. O utilizador deve poder ativar e desativar os serviços na aplicação, bem como definir os tempos de sincronismo dos dados a mostrar ao utilizador e na base de dados, entre outras coisas.

Na secção seguinte, são apresentadas as tecnologias e materiais utilizados para o desenvolvimento desta dissertação.

## 1.4. Tecnologias e Material Utilizado

Na realização desta dissertação foi privilegiada a utilização de linguagens de programação *open-source*.

Então, para o desenvolvimento da plataforma *Web* para gestão foi optado pela utilização da linguagem de programação PHP (*Hypertext Preprocessor*) que é utilizada bastantes mecanismos de segurança e é uma das mais utilizadas na programação para a Internet [15] com utilização de HTML (*HyperText Markup Language*) e CSS (*Cascade Style Sheet*) [16] para formatação de todos os elementos da plataforma *Web*. Mas, assim, a plataforma ficaria algo estático, então para isso recorreremos à biblioteca de JavaScript denominada de jQuery [17] para animar as páginas. Como qualquer aplicação tivemos que escolher um SGBD (Sistema de Gestão de Base de Dados) para armazenamento dos dados, então optámos por um SGBD grátis, para o qual escolhemos o MySQL [15] que já está embutido com vários sistemas de segurança, permitindo a utilização de rotinas, procedimentos e funções a executar do lado do SGBD.

Para a criação da aplicação móvel foi igualmente escolhida uma plataforma de desenvolvimento de código aberto (*open-source*) e pretendia-se que a aplicação tivesse acesso a dados de alguns sensores para efetuar as operações de cálculo da energia gasta pelo utilizador, bem como o cálculo da sua distância percorrida e o cálculo do tempo de voo de um salto. Então, tendo em conta as plataformas de desenvolvimento (*open-source*) disponíveis no mercado e como se necessitava de recurso ao acelerómetro do equipamento e receptor de GPS, optou-se pelo desenvolvimento para Android (R) [18] que tem um grupo de desenvolvimento vasto e as suas versões e plataformas de desenvolvimento encontram-se em constante evolução e melhoramento e, além disso, é o sistema operativo mais instalado atualmente na maioria dos *Smartphones* vendidos, tendo grande adesão do público em geral [2]. Esta plataforma de desenvolvimento incorpora ferramentas mais básicas [19-21] ou mais trabalhadas, isto é, mais adequadas ao desenvolvimento profissional, podendo construir-se aplicações bastante elaboradas [22-25], apresentando os dados ao utilizador de uma forma agradável e mais optimizada. A utilização de equipamentos com o sistema operativo Android tem aumentado nos dias de hoje e como tal o próprio sistema operativo tem sofrido constantes evoluções.

Assim, para o desenvolvimento e investigação foi utilizado um *Smartphone* com sistema operativo Android 2.3.4 (com recurso ao receptor de GPS, acelerómetro e sensor de gravidade) e um dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* com os sensores de pressão e um acelerómetro triaxial ligados ao mesmo. O dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* [26] é um dispositivo receptor de sinais de sensores que envia os mesmos por Bluetooth para um computador, de modo a realizar a análise dos mesmos para o fim que se necessita, utilizando para isso o *Microsoft Office Excel*.

Para tal foi utilizado um computador para recolha dos dados dos sensores e programação da plataforma *Web* e da aplicação móvel. No caso da plataforma *Web*, o



computador de testes deverá ter instalado um servidor Apache, com suporte à linguagem PHP e com o protocolo SSL (*Secure Sockets Layer*) para maior segurança no acesso ao mesmo, e um servidor *MySQL* para armazenamento permanente dos dados.

Na secção seguinte, será apresentada a organização da dissertação.

## 1.5. Organização da Dissertação

A presente dissertação de mestrado está organizada da seguinte forma:

- **Capítulo 2:** Capítulo onde será apresentada a investigação realizada por outros autores e aplicações existentes no mercado, referentes ao cálculo do dispêndio energético, a distância percorrida e o cálculo do tempo de voo de um salto;
- **Capítulo 3:** Capítulo onde será apresentada toda a descrição da solução, bem como a análise dos seus requisitos, a modelação das aplicações relativas a esta solução. Neste capítulo serão também apresentados os métodos de desenvolvimento, a implementação e a instalação da solução resultante desta dissertação.
- **Capítulo 4:** Capítulo onde serão abordadas todas as atividades de validação das partes integrantes desta solução (cálculo do dispêndio energético e cálculo do tempo de voo de um salto);
- **Capítulo 5:** Capítulo onde serão apresentadas as conclusões do estudo presente nesta dissertação;
- No final, serão apresentados os anexos de suporte à investigação realizada e as referências bibliográficas, de onde foi retirada investigação por base desta dissertação.



## 2 Estado da Arte

Neste capítulo irão ser apresentadas as investigações e aplicações publicadas anteriormente no âmbito desta dissertação.

Esta dissertação consiste principalmente nas investigações sobre o cálculo energético (em calorias), tendo como partes assessórias, com possibilidade de análise conjunta, o cálculo da distância percorrida (em metros) pelo indivíduo e o tempo de voo dos saltos do mesmo. A aplicação final irá ter em conta estes três temas, incluindo a criação de objetivos para ajudar a estimular a prática de atividade física por parte do utilizador.

No caso do cálculo do gasto energético (em calorias) de um indivíduo, existem já diversas investigações e várias implementações de aplicações para este cálculo, como será descrito na secção 2.1. O mesmo sucede com o cálculo da distância percorrida, já existem diversas investigações e implementações e diversas hipóteses para realizar o cálculo, utilizando um *Smartphone*, como será descrito na secção 2.2. No caso do cálculo do tempo de voo de um salto e embora existam algumas investigações relativas ao tempo de voo de um salto utilizando um acelerómetro triaxial, não foi encontrada nenhuma aplicação que realize esta função de forma autónoma usando um *Smartphone*, como será descrito na secção 2.3.

### 2.1. Gasto Energético

Nesta secção será feita uma revisão da literatura, analisando diferentes perspectivas e análises de resultados de diferentes autores (secção 2.1.1) no cálculo do gasto energético. Por fim, esta secção terminará com uma análise de algumas aplicações consideradas mais relevantes para o tema, resumindo as características mais relevantes das mesmas para o estudo e comparando algumas das características entre elas (secção 2.1.2).

#### 2.1.1 Revisão Bibliográfica

O gasto energético tem sido bastante discutido por vários autores, sendo que existem várias formas para cálculo do gasto energético utilizando sensores de acelerometria já estudadas. Do mesmo modo que já foram efetuados diversos estudos, encontram-se disponíveis várias aplicações para *Smartphone*, mas diversas lojas on-line de aplicações para os mesmos, que realizam o cálculo estimado do gasto energético do indivíduo, aquando a realização das suas tarefas e com a utilização dessa aplicação no *Smartphone*.

Aquando a realização das suas tarefas diárias, tendo em conta o peso, o sexo, a altura, a idade e o estilo de vida, o utilizador irá ter que consumir determinada quantidade de calorias para ter energia para o desempenho das suas tarefas diárias [13, 14]. A quantidade de calorias ingerida por cada indivíduo depende apenas do tipo de alimentação

[13, 14]. Caso se consuma mais calorias do que as gastas durante a atividade física diária, o utilizador irá sofrer um aumento no seu peso. Verificou-se que, segundo algumas investigações (referidas anteriormente) e algumas aplicações desenvolvidas para este efeito disponíveis no mercado, a referência à unidade de medida “calorias” é usada em muitos dos casos, sendo que cientificamente a unidade de medida é designada por quilocalorias [13].

O gasto energético será tanto maior quanto maior for o nível de atividade do utilizador, podendo, assim, com recurso a um acelerómetro triaxial identificar o nível de atividade física do mesmo, podendo caracterizar o seu estilo de vida e promover com que ele tenha um estilo de vida melhor.

Esta é uma área já muito estudada com a validação de vários tipos de acelerómetros utilizados e existem várias aplicações já desenvolvidas tendo em conta vários métodos de análise. Nas validações são utilizados vários métodos de cálculo do gasto energético, seja segundo os MET's ou utilizando uma equação previamente validada que realiza a estimação do gasto energético de um indivíduo utilizando os dados do acelerómetro. Os MET's definem os níveis de intensidade da atividade física que está a ser realizada em determinado momento pelo indivíduo. Os diferentes níveis de intensidade física podem ser em corrida (a mais ou menos velocidade), em marcha, a andar (mais devagar ou mais depressa) ou a realizar outros exercícios físicos, bem como a atividade física realizada por um indivíduo sedentário. Isso está validado com vários níveis de amplitude dos MET's, tendo em conta a idade, o peso, a altura, o género e os hábitos de atividade física diária [27-29].

A região de África ou outras regiões em desenvolvimento no mundo são mais afectadas por problemas de obesidade, diabetes e acidentes cardiovasculares devido ao facto de a sua população ter um estilo de vida mais sedentário e uma alimentação menos equilibrada que nos países desenvolvidos [30]. Nessas regiões foi feito um estudo tendo em conta a estatura física e hábitos das pessoas utilizando sensores de acelerometria, entre outras técnicas de modo a determinar o gasto energético de população nos meios urbanos ou rurais, comparando os mesmos e criando uma equação de estimação de gasto energético, correlacionando os dados com um intervalo de confiança de 95% [30]. Assim, constatou-se que os sensores de acelerometria são relativamente satisfatórios na monitorização de atividade física, criando padrões para estimação do gasto energético de modo a auxiliar a população a realizar uma prevenção [30] e pode até mesmo, em certos casos, ajudar a curar ou combater certas doenças controlando o gasto energético da pessoa [31-33].

Os sensores de acelerometria são utilizados em vários estudos sobre estimação do gasto energético [34-36], tanto em atividades sedentárias como em atividade física em indivíduos adultos [37] ou indivíduos jovens [38, 39], sendo que utilizando os MET's [40], para definição das intensidades de atividade, e os dados recolhidos do acelerómetro, que após tratados e correlacionados geram uma equação para o cálculo estimativo do gasto energético, que tanto pode ser expresso em quilojoules como em quilocalorias, embora nesta dissertação

esteja a ser mais focado o gasto energético em quilocalorias. Geralmente, são obtidos valores mais elevados de gasto energético nos jovens e menores em indivíduos adultos.

Comparando a utilização de acelerómetros para estimação do gasto energético com a relação entre volume de oxigénio consumido e o ritmo cardíaco do indivíduo, na maior parte dos casos, o valor do gasto energético é estimado inferiormente aquando da utilização de acelerómetros [41, 42], sendo maior em alguns dos casos, tendo em conta o método de estimação utilizado.

Noutro caso, foram realizadas experiências com o acelerómetro Tritrac para estimar o gasto energético diário, comparando o valor estimado pelo acelerómetro com o valor estimado por calorimetria, sendo que o valor estimado a partir dos dados do acelerómetro é mais uma vez subestimado [43-47].

Os dados das variáveis dos acelerómetros são recebidos num dispositivo com capacidade de processamento, sendo que a cada valor das variáveis X, Y e Z de um acelerómetro triaxial é calculado o vector magnitude (VM) segundo a equação 2.1.1.1.

$$VM = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2.1.1.1)$$

De modo a obter os dados mais adequados à realidade, é, usualmente, removido, aos vectores magnitude calculados a cada instante, o valor do vector magnitude da gravidade terrestre, considerando que o acelerómetro se encontra numa posição estática no corpo do indivíduo [48]. Todas as atividades realizadas por uma pessoa serão realizadas sempre da mesma forma, sendo possível identificar os tipos de atividade física, segundo padrões obtidos a partir dos dados recebidos do acelerómetro. Já existem investigações desses padrões que foram definidos por vários autores, por forma a identificar as atividades do utilizador utilizando sensores de acelerometria [48-56], podendo a partir daí realizar-se todas as análises segundo a atividade realizada pelo utilizador.

O estilo de vida do das pessoas, bem como o seu estado físico, influencia o tipo de alimentação que o um individuo deve ingerir. Os alimento é que nos fornecem energia para executar todas as atividades do dia-a-dia com sucesso, sendo que essa energia é fornecida pela calorias presentes nos alimentos ingeridos. A obesidade é um doa problemas nos dias de hoje, assim um utilizador deve ingerir aproximadamente a mesma quantidade de calorias quanto as que consome realizando as suas atividades diárias de modo a prevenir a obesidade [13, 14]. Por exemplo, um individuo sedentário necessita ingerir menos alimentos, ou ingerir alimentos com um valor calórico mais baixo, existindo aplicações que ajuda o utilizador a controlar os níveis de calorias ingeridas com recurso a aplicações.

Os sensores mais utilizados para a estimação de gasto energético são os acelerómetros triaxiais com os quais podemos detectar vários tipos de atividade do individuo que está a utilizar esse acelerómetro e calcular o gasto energético em cada uma das atividades [1, 8-11, 28, 32, 34, 43, 46, 47, 57-76]. Os acelerómetros são utilizados para estimar o gasto energético, pois os dados do acelerómetro são aplicados a um

modelo/equação previamente criada com recurso a outro dispositivo validador, podendo existir falhas na recolha dos dados, isto é, num dos instantes de tempo os valores das saídas do acelerómetro não serem recebidos corretamente, pois os dados utilizados para estimação do gasto energético correspondem à média dos valores dos vectores magnitude obtidos a partir das saídas do acelerómetro, durante um determinado intervalo de tempo, [40]. O gasto energético, assim, é calculado tendo em conta a atividade realizada em determinado período de tempo e não um gasto energético instantâneo [59]. Independentemente da análise a realizar é calculado o gasto energético do individuo por atividade (utilizando uma equação previamente validada com dados de um dispositivo validador, por exemplo, o Cosmed k4b<sup>2</sup>). Essa equação pode ser adaptada para ser utilizada de modo mais fácil, analisando um grupo de pessoas com diferentes características, de modo a obter uma equação geral para o cálculo do gasto energético em atividade física. Para tal, identificam-se os níveis de atividade, segundo os dados dos vectores magnitude das saídas do acelerómetro e utilizando as tabelas de MET's, validadas por outros autores para auxiliarem no cálculo dos valores do gasto energético e utilizando uma equação que utiliza os valores relativos aos equivalentes metabólicos, presentes nas tabelas, os dados relativos às características dos indivíduos (peso, idade, altura, entre outras), e os valores médios dos vectores magnitude obtidos a partir dos dados das saídas do acelerómetro, possibilitando, assim, o cálculo do gasto energético durante um determinado período de tempo. Estes dados, após tratados e relacionados, possibilitam a criação de uma equação geral válida para indivíduos de determinadas características, sem ser necessários recorrer às tabelas de MET's, como é o caso do estudo presente em [8, 9].

Atualmente, existem diversos estudos e aplicações já desenvolvidas para estimação do gasto energético de um individuo, seja utilizando um *Smartphone* [77] ou utilizando outros dispositivos mecânicos com recursos a acelerómetro, utilizados em ginásios [13, 14] (para monitorização do dispêndio energético durante a realização de determinada atividade) ou para controlo do gasto energético, no caso de a pessoa estar a realizar uma dieta. Os nutricionistas, por vezes quando aconselham o utente a realizar exercício físico com o fim de emagrecer, fornecem à pessoa ou aconselham a comprar um dispositivo que mede as calorias que a pessoa gasta na realização das suas atividades, de modo a saber a quantidade calórica a ingerir.

Os resultados dos estudos variam de acordo com os indivíduos que participaram nos testes, dependendo da sua idade, género, peso, entre outros factores, bem como da frequência na recolha dos dados por parte do acelerómetro utilizado, sendo que estes factores influenciam os cálculos dos resultados de gasto energético [78].

Em [79] é descrito o projeto *TraiNutri*, que inclui uma parte de detecção do gasto energético de um individuo, utilizando um *Smartphone* com sistema operativo Android, designada por *Activity Level Estimator*, abordada na dissertação de mestrado descrita em [7], na qual está a ser utilizado um cálculo do gasto energético diferenciado por níveis de atividade, onde os mesmos são identificados consoante os níveis de aceleração recolhidos

pelo acelerómetro do *Smartphone* [80]. Um acelerómetro vai determinar se a atividade é de determinado tipo, tendo em conta a análise dos dados recolhidos, sendo que quanto mais elevada for a aceleração, mais elevado será o nível de atividade física que está a ser realizada, sendo conjugados estes dados com os MET's, dos quais existem tabelas predefinidas que permite identificar mais facilmente o gasto energético, tendo em conta o nível de atividade e o tempo em que a mesma está a ser realizada.

Neste âmbito também já existem mais investigações sobre como calcular o gasto energético utilizando um *Smartphone*, e monitorização da atividade física de um praticante de desporto [81], sendo que não existe só uma perspectiva de cálculo do gasto energético que seja utilizado por todas as investigações. As abordagens são distintas, consequentemente os resultados também variam, dependendo igualmente do dispositivo validador utilizado.

Como os níveis de obesidade estão cada vez mais elevados a partir das camadas mais jovens, foram realizados estudos com vários acelerómetros para verificar os níveis de atividade e o gasto energético diários de um jovem, cruzando os dados com dispositivos já validados e técnicas já comprovadas. Assim, num estudo com o acelerómetro triaxial Tracmotor2 [82], constatou-se que a correlação entre o cálculo energético obtido a partir dados recolhidos a partir do acelerómetros e os valores recolhidos pelo dispositivo validador é baixa, sendo que o gasto energético está a ser estimado abaixo do valor real, mas mesmo assim considera-se que o Tracmotor2 é um dispositivo razoavelmente aceitável para a estimação do gasto energético de um jovem [82]. Num estudo realizado com o Caltrac [83] constatou-se que o mesmo não é um bom dispositivo que deva ser utilizado para estimação do gasto energético, pois os valores obtidos pelo mesmo são significativamente mais elevados que o real.

Muitas das vezes a precisão na estimação do gasto energético utilizando acelerómetros varia de acordo com o posição em que o acelerómetro é colocado junto ao corpo da pessoa [82], sendo que se o acelerómetro for colocado na zona da cintura a sua precisão será maior do que em outros casos.

De acordo com todos os estudos apresentados até aqui, todos concordam que o gasto energético é aproximadamente igual a 300 kcal/h (quilocalorias por hora) em corrida, sendo que estes valores são aproximadamente iguais aos obtidos na investigação [8, 9], referida a seguir. De igual modo, esta dissertação centra-se na investigação realizada na UBI, pela Virginie Felizardo, na sua dissertação de mestrado [8, 9], em que efetuou diversos estudos de cálculo do gasto energético, de modo a encontrar uma equação que seja estatisticamente válida para utilizando os sensores de acelerometria se obterem valores próximos dos do validador utilizado, Cosmed  $k4b^2$ . Ao valor de gasto energético obtido pela equação (equação 2.1.1.2), que foi encontrada após diversos testes, após aplicada aos dados recolhidos do dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch* com um acelerómetro triaxial ligado ao mesmo, verificou-se que o mesmo tinha um desfasamento do valor real obtido pelo validador. Então, foi utilizado o sensor de electromiografia de modo a minimizar o erro, criando-se outra equação (equação 2.1.1.3) à qual além dos dados do vector magnitude obtidos do

acelerómetro a um determinado intervalo de tempo, seriam também aplicados os dados do sensor de electromiografia, sendo utilizados valores médios durante um determinado espaço de tempo, embora no âmbito desta dissertação o mesmo não seja possível de ser aplicado, pois um Smartphone não inclui sensor de electromiografia. Sendo assim, as equações obtidas, com um intervalo de confiança de 95%, na investigação são:

$$GE \left( \frac{kcal}{h} \right) = 0,031VM + 74,65 \quad (2.1.1.2)$$

$$GE \left( \frac{kcal}{h} \right) = 58,8496 + 0,0299VM + 0,0437RMSEmg \quad (2.1.1.3)$$

Esta será a investigação onde mais se centra a implementação desta dissertação, sendo que foi aplicada a equação apresentada acima, que utiliza somente os dados do vector magnitude do acelerómetro triaxial (equação 2.1.1.2).

Seguidamente, na secção 2.1.2, serão apresentadas algumas aplicações móveis já desenvolvidas sobre este tema, sendo que será feita uma classificação das mesmas segundo as suas funcionalidades.

## 2.1.2 Classificação das soluções de estimacão de dispêndio energético

Existem várias aplicações nas diversas lojas online de aplicações para iPhone (R), iPad (R) e Android que realizam a estimacão do gasto energético, sendo utilizados valores pré-calculados, fornecendo o utilizador o tempo que esteve a andar, a correr, a andar de bicicleta, entre outras coisas, sendo assim apresentado o valor do gasto energético com base nos dados inseridos.

Com essas aplicações, o utilizador pode facilmente controlar as calorias que gastou e em alguns casos, há aplicações que calculam as calorias dos alimentos ingeridos pelo utilizador.

Existem diversas aplicações como por exemplo a aplicação *Fatsecret* [84] e *MyFitnessPal* [85] que necessitam de constante ligação à Internet para aceder a uma base de dados, a qual armazena os dados do utilizador e quando o utilizador fornecer o tempo que esteve em corrida, em bicicleta, a descansar, a dormir ou outras atividades, as aplicações irão estimar a quantidade de calorias que o mesmo gastou. Estas aplicações incluem uma parte que serve para o cálculo das calorias presentes nos alimentos que o utilizador ingeriu. Estas aplicações estão disponíveis tanto para plataformas móveis, tanto para Smartphones com sistema operativo Android como para iPhone, como também disponibilizam uma plataforma *Web*. As plataformas *Web* é disponibilizadas têm com registo gratuito e permitem ao utilizador uma monitorização e gestão dos seus dados, que vai além das aplicações móveis. Existe uma aplicação semelhante somente desenvolvida para iPhone que de acordo com os dados inseridos pelo utilizador apresenta qual o dispêndio calórico estimado que o utilizador



realizou durante os tempos e atividades que especificou, essa aplicação denomina-se de *Calories Burned* [86] e não necessita de qualquer acesso à Internet.

No caso das aplicações para iPhone, existe uma aplicação que além de calcular o gasto energético (em calorias), calcula também os índices metabólicos real e basal, utilizando o coeficiente de exercício físico, baseado no tempo em que a aplicação é utilizada. Essa aplicação denomina-se de *Fitness Oracle* [87].

No caso das aplicações para Android, presentes no Google Play (loja de aplicações online para Android), o seu funcionamento é muito semelhante ao das aplicações para iPhone, como por exemplo *Calories Burned Calculator* [88].

Existem mais aplicações que não utilizam sensores, sendo que as apresentadas anteriormente são as que revelam maior relevância nas lojas de aplicações online das diversas plataformas.

Tanto para iPhone como para iPad, ou até mesmo para Android, existem diversas aplicações que com recurso aos sensores embutidos nos equipamentos calculam o gasto energético (em calorias) de um indivíduo durante as suas atividades diárias.

No caso do iPhone e do iPad, temos as aplicações *Shake It Run Time* [89] e *iPedometerFit* [90] que calculam o número de calorias despendidas durante as suas atividades, bem como o número de passos que o mesmo realizou.

No caso do Android existem diversas aplicações que não necessitam de acesso à Internet e calculam as calorias gastas por um indivíduo durante atividade física, sendo que existem aplicações gratuitas, como o *Free Pedometer & Step Counter* [91], que realiza o cálculo das calorias consoante os dados recolhidos do acelerómetro, calculando também os passos e a distância percorrida, ou aplicações pagas como o *calorie fitness* [92], que mostra um painel com as calorias gastas diferenciando-as por atividades realizadas, esta aplicação inclui uma versão grátis com menos opções.

Neste âmbito de uso de sensores para cálculo das calorias gastas diferenciando-as por níveis de intensidade de atividade, existe a aplicação *Activity Level Estimator* elaborada no âmbito da dissertação de mestrado referida em [7], em que a mesma também possui acesso a uma plataforma *Web*, de modo a o utilizador poder controlar mais facilmente o seu gasto calórico diário.

Na tabela 2.1, será apresentada uma comparação entre as características principais das aplicações apresentadas acima, que realizam o cálculo do dispêndio calórico.

	Plataforma(s)	Usa sensores	Acede à Internet	Solicita tipo de atividade	Acede a uma base de dados remota	Diferencia tipos de atividade
<i>Fatsecret</i>	Android iPhone iPad	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>MyFitnessPal</i>	Android iPhone iPad	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Calories Burned</i>	iPhone iPad	Não	Não	Sim	Não	Sim
<i>Fitness Oracle</i>	iPhone iPad	Não	Não	Sim	Não	Sim
<i>Calories Burned Calculator</i>	Android	Não	Não	Sim	Não	Sim
<i>Shake It Run Time</i>	iPhone iPad	Sim	Não	Não	Não	Não
<i>iPedometerFit</i>	iPhone iPad	Sim	Não	Não	Não	Não
<i>Free Pedometer &amp; Step Counter</i>	Android	Sim	Não	Não	Não	Não
<i>calorie fitness</i>	Android	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<i>calorie fitness free</i>	Android	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<i>Activity Level Estimator</i>	Android	Sim	Sim	Não	Sim	Sim

Tabela 2.1 - Análise de algumas aplicações existentes para o cálculo do dispêndio calórico

Seguidamente, na secção 2.2, serão apresentadas as aplicações existentes que calculam a distância percorrida, sendo que algumas delas, calculam simultaneamente calculam também os gasto energético, embora não tivessem sido referidas nesta secção.

## 2.2. Distância Percorrida

Nesta secção será feita uma revisão da literatura, analisando diferentes perspectivas e análises de resultados de diferentes autores (secção 2.2.1) no cálculo da distância percorrida. Por fim, esta secção terminará com uma análise de algumas aplicações consideradas mais relevantes, comprando as funcionalidades das mesmas (secção 2.2.2).

### 2.2.1 Revisão Bibliográfica

A distância percorrida pode ser calculada recorrendo ao receptor de GPS [93-96] ou ao acelerómetro [97, 98]. O receptor de GPS tem alguns problemas, devido a em alguns locais o sinal de satélites ser muito baixo e a precisão ser muito baixa aquando o cálculo da distância entre os dois pontos durante um curto espaço de tempo. Mas, o cálculo da distância percorrida usando o acelerómetro é um pouco complicado e pouco exato devido às diferentes acelerações corporais, que podem variar de pessoa para pessoa ou do estado de fadiga do mesmo [98]. Então o ideal é a integração dos dois, isto é, utilizar o receptor de GPS para o cálculo de distância em ambientes onde seja possível ter sinal de GPS e utilizar o

acelerómetro com um algoritmo otimizado para cálculo da distância em ambientes onde não é possível utilizar o receptor de GPS [99, 100].

Existem já algumas aplicações no mercado para cálculo da distância percorrida, que na maioria calculam igualmente as calorias gastas pelo indivíduo.

## 2.2.2 Classificação das soluções de cálculo da distância percorrida

Existem diversas aplicações desenvolvidas para o cálculo da distância percorrida por um indivíduo, tanto para iPhone como para iPad e até mesmo para Android. As aplicações desenvolvidas fazem uso do acelerómetro ou do receptor de GPS para cálculo da distância percorrida.

No caso das aplicações para iPhone, a aplicação mais relevante neste conceito é a aplicação *Go! Running Buddy* [101], que dá a opção ao utilizador de calcular a distância percorrida com recurso ao acelerómetro ou ao receptor de GPS, sendo que aconselha o uso do acelerómetro para estimação da distância, devido ao seu menor consumo de bateria no dispositivo, não tem a limitação do ambiente onde estamos para a recepção de sinal de satélites e obtêm as velocidades de andamento com alta fiabilidade, adaptando-se aos diferentes tipos de atividades.

No caso das aplicações existentes para Android, existe a aplicação *Calorie Tracker w/ Speedometer* [102], onde a distância percorrida é calculada utilizando o GPS, bem como o cálculo da velocidade a que o utilizador se desloca. Esta aplicação possibilita também o cálculo das calorias gastas consoante a atividade que o utilizador indica que está a realizar e o seu peso.

A aplicação para Android denominada de *Pace Keeper* [103] permite ao utilizador criar objetivos e utilizar a aplicação como se fosse um jogo, incentivando-o a andar, podendo a qualquer momento o utilizador verificar o progresso do seu objetivo.

No mercado, existem mais aplicações que realizam o cálculo da distância percorrida e o cálculo das calorias, utilizando o acelerómetro e o receptor de sinal de GPS, como por exemplo *Garmin Fit™* [104] (que permite sincronização de dados nas redes sociais) e o *RunKeeper* [105] (que usa só o GPS, mesmo para estimação do gasto calórico).

As aplicações apresentadas para Android, não necessitam de acesso à Internet e os dados são somente armazenados enquanto a aplicação se encontra em funcionamento, existindo a aplicação *Fit+* [106], que armazena de forma definitiva durante 12 dias os dados da atividade física do utilizador.

Na tabela 2.2, será apresentada uma comparação entre as características principais das aplicações apresentadas acima para cálculo da distância percorrida.

	Plataforma(s)	Usa sensores de acelerometria	Usa receptor de GPS	Acende à Internet	Calcula calorias gastas	Armazena dados de forma estática
<i>Go! Running Buddy</i>	iPhone iPad	Sim	Sim	Não	Sim	Não
<i>Calorie Tracker w/Speedometer</i>	Android	Não	Sim	Não	Sim	Não
<i>Pace Keeper</i>	Android	Não	Sim	Não	Não	Não
<i>Garmin Fit™</i>	Android	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
<i>RunKeeper</i>	Android	Não	Sim	Não	Sim	Não
<i>Fit+</i>	Android	Sim	Sim	Não	Sim	Sim (durante 12 dias)

Tabela 2.2 - Análise de algumas aplicações existentes para o cálculo da distância percorrida

Seguidamente, na secção 2.3, vai ser apresentada a análise do cálculo do tempo de voo de um salto, sobre o qual não existem aplicações implementadas até aos dias de hoje, mas irá ser analisada todas as investigações do tempo de voo de um salto e as suas fases.

## 2.3. Tempo de Voo de um Salto

Nesta secção será feita a revisão de literatura de investigações de outros autores relativo ao salto na vertical e quais as suas componentes que significam tempo de voo (secção 2.3.1). Neste caso, devido à inexistência de aplicações, só serão apresentadas investigações de outros autores, sendo apresentadas as investigações realizadas no âmbito desta dissertação, em relação ao cálculo do tempo de voo de um salto e o algoritmo implementado no capítulo 4.

### 2.3.1 Revisão Bibliográfica

Sobre o cálculo do tempo de voo de um salto não há muitos trabalhos realizados e não existem, no mercado aplicações desenvolvidas para realizar este cálculo, seja para *Smartphone* ou outros equipamentos que realizem o cálculo de forma fácil e automática.

Neste campo foram realizados trabalhos para detectar as atividades do utilizador seja em andamento, em corrida ou a saltar [6], estabelecendo-se padrões sobre os dados recolhidos a partir do acelerómetro com as atividades a serem realizadas pelo utilizador.

Apesar dos poucos trabalhos na área, vários investigadores tentam avaliar os modelos dos tempos de voo dos saltos, recorrendo a plataformas de salto, com pessoas de várias idades, e ao uso de sensores de acelerometria de modo a identificar padrões de aceleração para os saltos [107-117], embora em alguns casos seja necessário minimizar os efeitos da orientação do acelerómetro, eliminando o efeito da gravidade, tentando, assim, minimizar o ruído dos dados [118].

De acordo com [112], um salto é constituído por três fases de execução, onde em cada uma delas o utilizador realiza atividades diferentes, são elas:

- **Fase 1:** Fase de preparação para o salto, que engloba a flexão e impulso das pernas para realizar o salto;
- **Fase 2:** Fase de voo, que é o tempo em que o utilizador se encontra suspenso no ar;
- **Fase 3:** Fase de aterragem, que engloba todas as atividades de regresso à posição inicial (com os pés no chão).

Para serem detectadas estas fases recorrendo aos sensores de acelerometria, deve-se ter em conta (não considerando os valores da gravidade), os pontos mais elevados de aceleração das mesmas, utilizando para isso um algoritmo de detecção de picos [119, 120]. Caso não se minimize o ruído e a gravidade e se utilizem os dados originais do acelerómetro, temos que:

- Durante a fase 1, os valores dos vectores magnitude dos valores das saídas do acelerómetro terão valores acima do valores da gravidade terrestre ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );
- Durante a fase 2, os valores dos vectores magnitude dos valores das saídas do acelerómetro terão valores abaixo do valores da gravidade terrestre;
- E durante a fase 3, os valores dos vectores magnitude dos valores das saídas do acelerómetro terão valores de novo acima da gravidade terrestre.

Embora existam estas investigações, os autores não são consensuais sobre o início e fim de cada uma das fases, então, para a realização desta dissertação, o cálculo do tempo de voo de um salto necessita de maior investigação no terreno de modo a verificar qual a melhor opção para o cálculo do mesmo e qual é o início de cada uma das fases, sendo que os saltos influencia em parte o cálculo do dispêndio energético de um indivíduo, pois os valores recolhidos das saídas do acelerómetro são mais elevados e o utilizador realizou maior esforço durante o salto, não existindo até ao momento soluções desenvolvidas para o cálculo do tempo de voo de um salto de forma automática, utilizando somente um dispositivo, seja *Smartphone* ou outro dispositivo qualquer.



## 3 Descrição da Solução

Neste capítulo vai ser descrito o problema que levou ao desenvolvimento desta dissertação, bem como a solução proposta. Para tal, será realizado um levantamento e análise dos requisitos funcionais e não funcionais da solução proposta e é apresentada a modelação da aplicação, que inclui a apresentação da arquitetura da solução, bem como dos seus componentes e respectivos diagramas de análise. Por fim, serão apresentados alguns aspectos do desenvolvimento da solução, tais como ferramentas de desenvolvimento e a metodologia de desenvolvimento escolhida e testes realizados às aplicações desenvolvidas. Por fim, este capítulo irá terminar com a análise da implementação e instalação da aplicação.

### 3.1. Descrição do Problema

O problema proposto para a realização desta dissertação consiste no cálculo do gasto energético de um indivíduo utilizando sensores de acelerometria.

Nos dias de hoje, a população gasta cada vez menos calorias, embora por sua vez consuma muitas calorias na ingestão de alimentos. Os alimentos, sobretudo os alimentos já prontos ou pré-processados também são cada vez mais calóricos, o que contribui para o agravar do problema de desequilíbrio energético [13, 14].

A população em geral desloca-se menos de modo saudável (andar ou correr) e desloca-se cada vez mais de automóvel, não gastando tantas calorias. Assim, a obesidade é um dos problemas nos dias de hoje que mais preocupa [13, 14, 30, 45, 63, 83].

Assim, o problema proposto nesta dissertação é incentivar a prática de exercício físico por parte da população com recurso à tecnologia e dispositivos utilizados pela maioria das pessoas no dia-a-dia.

Então, o problema centra-se em utilizando sensores presentes em *Smartphones* ajudar o seu utilizador a melhorar a qualidade de vida. Para tal, utilizar-se-á sensores de acelerometria para o cálculo de gasto energético (em calorias) e o receptor de GPS do dispositivo para medir a distância que o mesmo utilizador percorreu, podendo-se, assim, aferir que se a distância percorrida for muito elevada e o gasto energético for baixo, o utilizador não se deslocou muito a pé. Para que o utilizador seja levado a praticar mais atividade física, podem ser-lhe propostos, por administradores ou por ele mesmo, objetivos mínimos de gasto energético diário de modo a que eles tenham vontade de completar os seus objetivos com sucesso, sabendo que se o fizerem terão melhor qualidade de vida, pedindo diariamente ao utilizador o valor do seu peso para que o utilizador possa verificar a sua evolução

Como parte adicional ao problema anteriormente apresentado, coloca-se o desafio ao utilizador de, utilizando o *Smartphone*, calcular os seus tempos de voo durante os seus saltos,

sendo que para o saltos há diversos factores que influenciam, como o seu peso, a altura, a idade, o género, o estilo de vida e o seu nível de fadiga no momento do salto, sendo apresentada a evolução dos tempos de voo dos saltos, de modo a incentivar o utilizador a saltar, com o objetivo de ir demorando sempre mais tempo no salto, o que pode ou não indicar que saltou mais alto.

No caso da estimação do gasto energético em atividade física, a sua validação já se encontra realizada no trabalho descrito em [8, 9]. No caso do cálculo da distância percorrida, será utilizado, unicamente, o receptor de GPS, medindo a distância percorrida entre dois pontos geográficos durante um determinado intervalo de tempo definido pelo utilizador. No caso do cálculo do tempo de voo de um salto, foi realizada, no âmbito desta dissertação, a validação do mesmo com recurso a um sensor de pressão e acelerómetro triaxial ligados ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch*, comparando com resultados obtidos no cálculo do tempo de voo de um salto com os dados com os dados obtido a partir do acelerómetro do *Smartphone*.

Então, o problema propõe a criação de uma aplicação para *Smartphone*, que efetue os cálculos e visualização de alguns dados recolhidos no mesmo, e a criação de uma plataforma *Web* de gestão de todos os dados do utilizador e visualização mais detalhada dos dados recolhidos a partir dos sensores do *Smartphone*, após o tratamento dos mesmos, como descrito na secção seguinte.

### 3.2. Proposta da Solução

Tendo em conta o problema proposto na secção 3.1, propõe-se a criação de duas aplicações, são elas: uma plataforma *Web*, para gestão de todos os dados, tanto do utilizador como da atividade realizada e objetivos, e uma aplicação móvel que efetue as atividades de gestão básicas, efetue o cálculo do tempo de um salto e realize toda a recolha dos dados relativos à atividade física do utilizador.

A plataforma *Web* proposta acede a uma base de dados, onde serão armazenados os dados dos utilizadores, e poderemos ver detalhes da atividade física diária. Nesta mesma plataforma, o utilizador poderá criar ou serem-lhe associados objetivos de gasto energético diário, de modo a o mesmo ter um mínimo para cumprir para ter um estilo de vida saudável. Para além destes dados o utilizador poderá ver a evolução dos seus tempos de salto e a evolução do sucesso do seu objetivo criado, verificando se está a cumprir o objetivo ou se necessita realizar mais atividade física e mais intensa. Aqui, o utilizador poderá também atualizar o seu peso e, no caso de ser administrador gerir todas as opções a que os outros utilizadores têm acesso ou mesmo gerir todos os dados relativos aos outros utilizadores.

A aplicação móvel criada, parte do trabalho realizado em [7-9], para realizar os cálculos de gasto energético e da distância percorrida num dado período de tempo e o tempo de um salto, comunicando através de uma rede de dados com um servidor central,



armazenando os dados regularmente de modo a serem analisados e visualizados na plataforma *Web*.

A parte da aplicação que realiza o cálculo do tempo de voo de um salto usando os sensores de acelerometria do *Smartphone* é inovadora, sendo que não foi encontrada até esta data nenhuma aplicação do tipo em nenhuma das lojas on-line de aplicações para *Smartphones*. Então foi realizado um estudo com recurso a outros sensores ligados ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch* [26], comparando e relacionando os mesmos com os valores obtidos a partir dos sensores do *Smartphone*. Deste modo, foi criado um algoritmo para o cálculo do tempo de voo de um salto, utilizando os sensores do *Smartphone* e fazendo a integração com a aplicação de apoio. O algoritmo criado foi validado usando outros diversos sensores referidos, comparando os resultados obtidos, por forma a ter um nível de confiança de, pelo menos, 95%.

Durante as experiências foi verificado que há vários factores que influenciam os erros de cálculo como a colocação dos sensores e a colocação do *Smartphone*, em relação ao utilizador. Além destes problemas, temos a presença de gravidade (removida com o sensor de gravidade) e a rotação do dispositivo aquando do salto (que também será compensada, aquando a remoção da gravidade), bem como outros factores externos. Adicionalmente, no cálculo do tempo de voo de um salto, temos presença de ruído que se acentua com a idade, o peso, a altura e o sexo da pessoa em questão. O algoritmo apresenta valores de tempo de voo de um salto maiores quanto maior for a idade, o peso ou estado de fadiga do utilizador que está a realizar o salto, devido ao ruído obtido a partir das saídas do acelerómetro. Então, após a realização das experiências necessárias, utilizar-se-á o método dos mínimos quadrados para minimizar os erros, visto ser muito difícil ter total controlo de todas as variáveis no mundo real, tentando assim minimizar os seus efeitos.

Assim, quando o utilizador utiliza a aplicação móvel criada irá ser calculada a distância percorrida pelo utilizador, utilizando o receptor de GPS embutido no *Smartphone*, e a energia gasta pelo utilizador, tendo que para isso proceder-se à adaptação da fórmula presente na dissertação de mestrado descrita em [8] para se ajustar aos dados recolhidos a partir do *Smartphone*.

Os dados referentes à criação e validação do algoritmo para cálculo do tempo de voo, bem como a adaptação da validação (já realizada) do cálculo de dispêndio energético para os dados obtidos a partir dos sensores do *Smartphone*, serão descritas no capítulo 4.

Assim, com estas aplicações a interagirem entre si pretende-se melhorar a condição física e a saúde do utilizador com recurso à tecnologia, incentivando o utilizador com objetivos para a prática de exercício físico, utilizando equipamentos que ele utiliza no seu dia-a-dia.

Na secção seguinte, secção 3.3, serão apresentados os requisitos da solução a ser construída como produto final desta dissertação.

### 3.3. Análise de Requisitos

No planeamento das aplicações a realizar, foi realizado levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais da solução para o problema proposto. Os requisitos funcionais (secção 3.3.1) são aqueles com que o utilizador interage diretamente e realizam todas as ações da solução, sendo necessários ao bom funcionamento da solução de acordo com os objetivos estipulados. Os requisitos não funcionais (secção 3.3.2) são aqueles que servem de suporte aos requisitos funcionais da solução.

#### 3.3.1 Requisitos funcionais

A solução será constituída por duas aplicações distintas, são elas:

- Aplicação que é constituída por um plataforma *Web*, onde o utilizador pode realizar diversas ações, como por exemplo, gestão de todos os seus dados, objetivos de treino e é na mesma que visualiza os dados analisados referentes à sua atividade física e aos tempos de voo dos seus saltos. No caso de ser administrador, pode gerir os dados dos outros utilizadores nesta plataforma;
- Aplicação móvel desenvolvida para *Smartphones* com o sistema operativo Android, que permite efetuar uma pequena gestão sobre os seus dados, fazer a recolha dos dados relativos à atividade física realizada e realizar o cálculo do tempo de voo dos saltos.

Por sua vez, na solução são contemplados dois tipos de utilizadores, são eles:

- Administradores, que têm permissões de gerir outros utilizadores, podendo criar alterar, remover ou editar privilégios, entre outras ações;
- Utilizadores comuns, que não tem privilégios de administração sobre outros utilizadores, podendo somente gerir os seus dados.

No acesso à plataforma *Web* é feita a diferenciação dos utilizadores, pois é aí que vão ser realizadas as opções de administração, os mesmo não sucede na aplicação móvel onde todos os utilizadores têm acesso às mesmas opções, com exceção se um administrador lhe retirou algum dos privilégios em alguma das ações possíveis por definição.

Os requisitos funcionais da plataforma *Web* para um utilizador comum são:

- Possibilidade de se registar como utilizador sem privilégios de administração;
- Possibilidade de se autenticar;
- Possibilidade de recuperar a sua palavra-chave de acesso;
- Ativar o seu registo;
- Possibilidade de pedido de ajuda;
- Possibilidade de escolha da língua;
- Solicitar reenvio do email de ativação;
- Alterar dados pessoais;

- Alterar palavra-chave;
- Terminar ligação no dispositivo móvel;
- Ver os seus próprios tempos de voo dos saltos realizados;
- Criar objetivos de gasto energético para si mesmo;
- Corrigir objetivo se for no dia da criação e foi criado por ele;
- Terminar objetivo se não for o dia da criação;
- Ver objetivo ativo e detalhes do mesmo;
- Ver histórico de objetivos e detalhes dos mesmos;
- Ver último peso inserido;
- Atualizar peso diário;
- Ver ou corrigir pesos inseridos anteriormente.

Os requisitos funcionais da plataforma *Web* para um utilizador com privilégios de administração, são os mesmos que os de um utilizador comum com acréscimo dos seguintes:

- Criar objetivos de gastos energético para outros utilizadores (administradores ou utilizadores comum);
- Corrigir objetivos de outros utilizadores, se for no dia da criação e foi criado por ele;
- Ver os tempos de voo dos saltos realizados pelos outros utilizadores;
- Ver o objetivo ativo e os seus detalhes de outros utilizadores;
- Terminar objetivos de outros utilizadores se não for o dia da criação;
- Ver histórico de objetivos e detalhes dos mesmos, de outros utilizadores;
- Ver último peso inserido dos outros utilizadores;
- Atualizar peso diário dos outros utilizadores;
- Ver ou corrigir pesos inseridos anteriormente e outros utilizadores;
- Criar outros utilizadores (utilizadores comuns ou administradores);
- Alterar dados pessoais de outros utilizadores;
- Ver detalhes de outros utilizadores;
- Bloquear ou desbloquear outros utilizadores;
- Alterar privilégios dos outros utilizadores.

Os requisitos funcionais da aplicação móvel são comuns a todos os tipos de utilizadores e são os seguintes:

- Possibilidade de se registar como utilizador sem privilégios de administração;
- Possibilidade de configurar os tempos de sincronização com a Internet, ou com os serviços da aplicação, ou tempos durante as ações de medição do tempo de voo de um salto;
- Possibilidade de ativar ou desativar o som na aplicação;
- Possibilidade de reportar erros da aplicação;
- Possibilidade de escolha de linguagem;
- Possibilidade de se autenticar;

- Ativar o seu registo;
- Solicitar reenvio do email de ativação;
- Alterar dados pessoais;
- Alterar palavra-chave;
- Ver o seu último peso inserido;
- Atualizar o seu peso;
- Ver detalhes do objetivo ativo;
- Criar novo objetivo de gasto energético;
- Terminar objetivo ativo;
- Solicitar cálculo do tempo de voo de um salto;
- Apresentar tempo de voo do último salto;
- Apresentar a diferença entre os tempos de voo dos últimos dois saltos.

Seguidamente, na secção 3.3.2, serão apresentados os requisitos não funcionais das aplicações.

### 3.3.2 Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais da solução são distintos para as duas aplicações desenvolvidas (plataforma Web e aplicação móvel).

Os requisitos não funcionais da plataforma Web são:

- Menus horizontais de fácil interação;
- Fácil configuração das definições de língua;
- Apresentação do gráfico com evolução dos tempos de voo dos saltos;
- Formulários de fácil interação com o utilizador e botões fáceis de selecionar;
- Apresentação dos dados de forma clara e concisa;
- Envio do email de pedido de ajuda para todos os administradores registados na aplicação;
- Enviar email de ativação do registo com uma cifra (*hash*) do nome de utilizador como chave de ativação e uma hiperligação de fácil ativação;
- Na primeira autenticação o utilizador é obrigado a alterar a sua palavra-chave de acesso;
- Apresentar se o utilizador tem alguma ligação ativa num dispositivo móvel;
- Apresentar mensagem de erro caso o utilizador não tenha permissões para aceder a determinada página;
- Apresentar mensagens de erro no preenchimento de formulário de forma perceptível ao utilizador;
- Só se pode corrigir o objetivo se foi criado no dia em que o queremos corrigir e o utilizador autenticado seja o utilizador que o criou;
- Validar se é possível criar um objetivo e apresentar as mensagens de erro;

- Não se pode terminar o objetivo no mesmo dia em que foi criado;
- Apresentar as datas dos pesos em falta, aquando a atualização do peso num formulário de fácil inserção;
- O utilizador é informado que diariamente deve inserir o peso, caso tenha um objetivo ativo;
- Apresentar mensagens dos motivos das falhas na autenticação (por exemplo, utilizador bloqueado);
- Reenviar o email com os dados de ativação caso seja solicitado pelo utilizador aquando a falha de autenticação;
- Fácil percepção do utilizador quanto a forma de realizar as operações e rápida autoaprendizagem.

Os requisitos não funcionais da aplicação móvel são:

- Botões de fácil interação com os dedos;
- Formulários de fácil interação;
- Ativação dos serviços aquando necessário;
- Terminar os serviços ao terminar sessão na aplicação ou ao sair da mesma;
- Fácil alteração dos tempos da aplicação num painel de preferências que deve ser acessível pelo menu da aplicação;
- Desativar ou ativar o som diretamente no menu;
- Escolher a linguagem no painel de preferências com botões de escolha múltipla;
- Possibilidade de permutar entre o inglês ou o português;
- Alteração da linguagem somente quando se muda de atividade (por exemplo, autenticar-se, terminar sessão, entre outras);
- Quando o utilizador ainda não está ativo apresentar opções e solicitar código de ativação;
- Apresentar mensagens de erros durante a autenticação;
- Apresentar mensagens de erro de invalidação do salto;
- Apresentar gráfico com os dados relativos à aceleração, recolhidos durante o salto;
- Apresentação dos dados de forma clara e concisa;
- Quando ocorre uma exceção na aplicação, permitir ao utilizador de forma fácil reportar o problema, por SMS e por email com fácil escolha da operadora, para o mesmo ser corrigido numa atualização da aplicações posterior, e terminar todos os serviços da aplicação a correr e terminar a mesma;
- Não se pode terminar o objetivo no mesmo dia em que foi criado;
- Permitir ao utilizador guardar o tempo de voo na base de dados;
- Necessita de constante ligação à Internet;

- No caso de perder a ligacão à Internet e tiver autenticado, a aplicacão irá realizar o cálculo do gasto energético e da distância percorrida, sendo o mesmo sincronizado ao recuperar ligacão;
- Se na criaçã de um novo objetivo falhar por falta de inserçã do peso, possibilitar ao utilizador permutar de forma fácil para a janela de atualizaçã do seu peso;
- Reenviar o email com os dados de ativaçã, caso seja solicitado pelo utilizador aquando a falha de autenticaçã;
- Fácil percepçã do utilizador quanto a forma de realizar as operações;
- Mostrar de forma fácil se o utilizador tem o seu peso atualizado ou não;
- O utilizador é obrigado a inserir o peso diário caso tenha um objetivo ativo.

Seguidamente, na secçã 3.4, irá ser apresentada a modelaçã das aplicações construídas no decorrer desta dissertaçã.

### 3.4. Modelaçã da Soluçã

Nesta secçã irão ser apresentadas as atividades de modelaçã realizadas para a soluçã descrita na secçã 3.2. Começãdo por definir a arquitetura de funcionamento da mesma (secçã 3.4.1). Na secçã 3.4.2, serão apresentados os diagramas de casos de uso relativos aos requisitos definidos para as aplicações na secçã 3.3. Na secçã 3.4.3, serão apresentados os diagramas de seqüência relativos às ações de uma parte da aplicacão. Seguidamente, na secçã 3.4.4, serão apresentados os diagramas de componentes da soluçã. Terminando esta secçã com a modelaçã do esquema de base de dados utilizado como suporte a todas as funcionalidades da soluçã (secçã 3.4.5).

#### 3.4.1 Arquitetura da Soluçã

A arquitetura da soluçã é constituída por duas aplicações (plataforma *Web* e aplicacão móvel) que interagem entre si através de uma rede de dados.

A plataforma *Web* tem uma arquitetura de três camadas, são elas: a camada de apresentaçã, a camada de lógica aplicacional e a camada de armazenamento de dados.

A camada de apresentaçã da plataforma *Web* são as páginas apresentadas ao utilizador, isto é, será o browser escolhido pelo utilizador para aceder à plataforma *Web*, onde será executado somente o código do cliente (JavaScript) e recebe dados HTML, apresentando os dados recebidos da camada de lógica aplicacional.

A camada de lógica aplicacional da plataforma *Web* é a camada sobre a qual se executará toda a lógica da aplicacão que será constituída por um servidor *Web* com suporte a PHP, que contém todas páginas relativas à plataforma *Web*, que serão pedidas pelo cliente (*browser*), sendo que esse acesso será feito de forma segura (SSL). É nesta camada que está

toda a lógica da aplicação e que se realiza o tratamento dos dados armazenados na camada de armazenamento de dados.

A camada de armazenamento de dados, tal como o nome indica, é a camada que armazena os dados de forma permanente e é constituída por um SGBD MySQL.

A plataforma *Web* será disponibilizada para todo o mundo através da Internet e é através da Internet que as duas aplicações vão interagir entre si.

A aplicação móvel terá uma arquitetura igualmente de três camadas, com uma interação entre elas semelhante à plataforma *Web*, são elas: a aplicação móvel (camada de apresentação), um servidor *Web* para acesso aos dados (camada de lógica aplicacional) e a camada de armazenamento de dados.

A camada de armazenamento de dados da aplicação será a mesma que utilizada na plataforma *Web*, pois o SGBD será comum às duas aplicações.

A camada de lógica aplicacional da aplicação móvel será constituída pelo menos servidor *Web* com suporte a PHP, embora aceda a ficheiros específicos para a aplicação móvel, os quais irá fazer chamadas à camada de armazenamento de dados, devolvendo os dados em formato JSON (*JavaScript Object Notation*) para a aplicação móvel.

A camada de apresentação da aplicação móvel é a aplicação instalada no *Smartphone* que irá receber os dados e apresentá-los ao utilizador de uma forma gráfica e agradável ao utilizador. Esta aplicação efetua também algum tratamento de dados, por exemplo no caso do cálculo do tempo de voo de um salto, em que é a aplicação que efetua todo o processamento dos dados dos sensores e calcula o tempo de voo de um salto. Por sua vez, a aplicação móvel está dividida em várias camadas, como por exemplo temos a camada de visualização e a camada de serviços. A aplicação é constituída por serviços a correr em segundo plano que interagem com a camada de apresentação, por exemplo o serviço de acesso à rede de dados, o serviço de acesso ao receptor de GPS ou o serviço de acesso ao acelerómetro e ao sensor de gravidade. Os serviços aqui referidos são os serviços implementados por defeito na plataforma de desenvolvimento, tendo sido criados os serviços de cálculo de gasto energético (com recurso aos serviços de acesso ao acelerómetro e ao sensor de gravidade) e o serviço de cálculo da distância percorrida (com acesso aos dados recebidos do serviço de acesso ao receptor de GPS), sendo que estes serviços vão interagir com a camada de visualização de dados.

Assim, podemos concluir que a aplicação funciona com utilização da Internet, de modo a apresentar e armazenar os dados referentes à atividade física dos utilizadores e os dados dos mesmos.

### 3.4.2 Casos de Utilização

Os diagramas de casos de utilização, mostram de forma gráfica as ações que os diferentes tipo de utilizadores podem realizar nas aplicações presentes na solução, correspondentes aos requisitos anteriormente definidos na secção 3.3.

Como referido anteriormente, existem utilizadores com diferentes privilégios na solução criada no âmbito desta dissertação, então os diagramas de casos de utilização elaborados representam isso mesmo.

A solução desta dissertação é composta por duas aplicações que interagem entre si, são elas: a plataforma *Web* e a aplicação móvel elaborada.

A plataforma *Web* é a única que apresenta opções diferentes dependendo do tipo de utilizador que se autentica, sendo que essas opções serão representadas nos diagramas de casos de utilização.

A aplicação móvel, por sua vez, apresenta as mesmas opções para todos os utilizadores, pois não realiza opções de gestão de alto-nível de outros utilizadores.

Os diagramas de casos de utilização estão presentes no anexo I.

Seguidamente, na secção 3.4.3, serão apresentados os diagramas de sequência de uma parte da aplicação para podermos ter uma melhor noção do funcionamento da solução.

### 3.4.3 Sequência

Nesta secção serão apresentados os diagramas de sequência referentes ao tempo de voo de um salto, bem como a autenticação. Os diagramas de sequência representam a troca de mensagens entre os diversos utilizadores e o sistema, representando a interação entre os mesmos.

Os diagramas de sequência serão apresentados no anexo I, sendo que relativamente aos diagramas de autenticação serão apresentados o diagrama de autenticação com sucesso e um diagrama de autenticação incorreta, não sendo apresentados os diagramas para o caso de o utilizador estar bloqueado ou ainda não se encontrar ativo. No caso do tempo de voo de um salto, serão apresentados todos os diagramas referentes a esta parte da aplicação.

Os diagramas apresentados serão diferenciados pelas duas aplicações elaboradas no âmbito desta dissertação.

Na secção seguinte serão apresentados os diagramas de componentes que demonstram a composição da solução em termos de *software*.

### 3.4.4 Componentes

Os diagramas de componentes representam os componentes de *software* implementados nas aplicações a serem desenvolvidas no âmbito desta dissertação, dividindo as aplicações por funcionalidades, em que cada uma delas realiza uma tarefa distinta. Os diagramas de componentes são relativos a cada uma das aplicações desenvolvidas, sendo cada uma delas descrita por um diagrama de componentes.

Os diagramas de componentes desenvolvidos para esta solução serão apresentados no anexo I, sendo que cada um deles divide as duas aplicações desenvolvidas em pequenos módulos de *software* que interagem entre si.



Na secção seguinte será apresentada a modelação da base de dados, de acordo com as necessidades da modelação apresentada até aqui, pois a base de dados deve ser funcional e cobrir todas as funcionalidades propostas.

### 3.4.5 Base de dados

Nesta secção são ser definidas as entidades e apresentado o modelo da base de dados a utilizar para que esta aplicação funcione. A base de dados deve ser adequada às funcionalidades a que nos propomos que a solução apresentada como resultado desta dissertação realize.

A base de dados será comum às duas aplicações e será a partir dela que será realizada a integração dos dados entre as duas aplicações. A base de dados implementada deve suprir todas as necessidades para as funcionalidades a serem realizadas, então tendo em conta os requisitos apresentados na secção 3.3, a base de dados será constituída pelas seguintes entidades, são elas:

- **Utilizador:** Entidade que armazena os dados relativos ao utilizador, como nome, morada, nome de utilizador, entre outros;
- **Privilegio:** Entidade que armazena todos os privilégios possíveis nas aplicações desenvolvidas;
- **Privilegio\_Utilizador:** Entidade que relaciona os privilégios com os utilizadores;
- **Tipo\_Utilizador:** Entidade que armazena os tipos possíveis dos utilizadores na aplicação;
- **País:** Entidade que armazena os países que têm utilizadores inseridos na base de dados;
- **Distrito:** Entidade que armazena os distritos dos países que têm utilizadores inseridos na base de dados;
- **Concelho:** Entidade que armazena os concelhos dos distritos que têm utilizadores inseridos na base de dados;
- **Localidade:** Entidade que armazena as localidades dos concelhos que têm utilizadores inseridos na base de dados;
- **Peso:** Entidade que armazena os pesos dos utilizadores;
- **Objetivo:** Entidade que armazena os dados relativos aos objetivos associados aos utilizadores;
- **Tempo\_Voo:** Entidade que armazena os dados relativos aos tempos de voo dos saltos dos utilizadores.

As entidades apresentadas acima, encontram-se representadas, bem como representadas as suas relações no modelo relacional apresentado no anexo I.

Como o SGBD MySQL já tem suporte a criação de rotinas, procedimentos e funções, foram criadas algumas para otimizar o processamento dos dados e desenvolvimento da aplicação, diminuindo o processamento do lado do servidor *Web* e obrigado a um maior processamento por parte do servidor de base de dados.

A base de dados modelada cobre todas as aplicações e é bastante escalonáveis, sendo possível adicionar, por exemplo, novos privilégios e adaptá-los à aplicação de forma rápida, para o caso de adição de novas funcionalidades às aplicações desenvolvidas num trabalho futuro.

Na secção seguinte, secção 3.5, serão apresentados alguns aspectos do desenvolvimento das aplicações no âmbito desta dissertação.

## 3.5. Desenvolvimento

Nesta secção serão apresentadas as ferramentas e tecnologias escolhidas para o desenvolvimento e implementação da aplicação desenvolvida no âmbito desta dissertação (secção 3.5.1), bem como a sua metodologia de desenvolvimento e os resultados dos testes às aplicações construídas (secção 3.5.2).

### 3.5.1 Ferramentas e Tecnologias Escolhidas

Para a implementação da solução final desta dissertação privilegiou-se a utilização de ferramentas e tecnologias gratuitas ou de código aberto (*open-source*), embora pretendendo que as aplicações desenvolvidas sejam seguras.

Para a colocação da aplicação em funcionamento foi utilizado um servidor Apache, com suporte à linguagem de programação PHP, com utilização do protocolo seguro (SSL). As suas aplicações desenvolvidas têm por base a comunicação com a Internet, sendo este servidor utilizado nas comunicações. O SGBD escolhido para o desenvolvimento das aplicações resultantes desta dissertação foi o *MySQL* [15] que já está embutido com vários sistemas de segurança, permitindo a utilização de rotinas, procedimentos e funções do lado do mesmo e, além disso, é grátis.

Então, para o desenvolvimento da plataforma *Web* para gestão foi optado pela utilização da linguagem de programação *PHP* que é utiliza bastantes mecanismos de segurança e é uma das mais utilizadas na programação para a Internet [15] com utilização de HTML e CSS [16] para formatação de todos os elementos da plataforma *Web*. Mas, assim, a plataforma ficaria algo estático, então para isso recorreremos à biblioteca de JavaScript denominada de jQuery [17] para animar as páginas e o utilizador realizar as ações de forma mais agradável.

Para a criação da aplicação móvel foi igualmente escolhida uma plataforma de desenvolvimento *open-source*. Como se queria que a aplicação tivesse acesso a sensores para

efetuar as operações de cálculo do dispêndio energético durante a atividade física realizada pelo utilizador, bem como o cálculo da sua distância percorrida e o cálculo do tempo de voo de um salto. Então, tendo em conta a escolha de plataformas *open-source*, como se necessitava de recurso ao acelerómetro do equipamento e receptor de GPS, optou-se pelo desenvolvimento para Android [18] que tem um grupo de desenvolvimento vasto, devido a ser *open-source*, em constante melhoramento e é o sistema operativo mais vendido atualmente nos *Smartphones*, tendo grande adesão do público em geral [2]. Esta plataforma está embutida por ferramentas mais básicas [19-21] ou mais trabalhadas, podendo construir-se aplicações bastante elaboradas [22-25], apresentando os dados ao utilizador de uma forma agradável e mais otimizada. A utilização de equipamentos com o sistema operativo Android tem aumentado nos dias de hoje, como tal o próprio sistema operativo tem sofrido constantes evoluções.

Assim, para o desenvolvimento e investigação foi utilizado um *Smartphone* com sistema operativo Android 2.3.4 (com recurso ao receptor de GPS, acelerómetro e sensor de gravidade) e um dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch* [26] com os sensores de pressão e acelerómetro ligados ao mesmo. O dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch* é um dispositivo receptor de sinais de sensores que envia os mesmos por Bluetooth para um computador, de modo a realizar a análise dos mesmos para o fim que se necessita, utilizando para isso um *software* de processamento e análise dos dados.

Na secção seguinte irá ser apresentado o método de desenvolvimento utilizado no decorrer da construção das aplicações.

### 3.5.2 Metodologia de desenvolvimento e testes às aplicações

As aplicações desta dissertação foram desenvolvidas de forma incremental e testadas durante o seu desenvolvimento todas as partes durante o seu desenvolvimento.

A plataforma *Web* foi realizado o levantamento dos requisitos que seriam necessário ao desenvolvimento da aplicação tendo em conta os objetivos que foram propostos, sendo que se definiu a base de dados e as funcionalidades da plataforma foram desenvolvidas e testadas de durante todo o tempo de execução, de modo a tentar minimizar a existência de erros na aplicação. Durante o desenvolvimento, quando eram detectados erros, os mesmos eram corrigidos de modo a não se propagarem para o resto da evolução.

O mesmo sucedeu com a aplicação móvel, quem que a mesmo foi planeada a interface inicial e as restantes funcionalidades foram acrescentadas e testadas durante todo o desenvolvimento.

Assim, podemos aferir que foi adoptada uma metodologia de desenvolvimento incremental, em que as aplicações eram realizadas e testadas ao mesmo tempo, como se fossem subdividida em módulos distintos, mas que funcionaram sempre como um só.

No final de todo o desenvolvimento, foi disponibilizada a aplicação a um público alvo de modo a obter o *feedback* do mesmo, o qual propôs algumas alterações de melhor visualização dos dados que já se encontram implementadas.

Na secção seguinte, secção 3.6, serão apresentadas algumas partes da implementação das aplicações desenvolvidas.

### 3.6. Implementação

Nesta secção pretende-se apresentar como foi realizada a implementação as aplicações, pelas quais é constituída a solução desta dissertação.

A plataforma *Web* foi implementada da seguinte forma:

- Foram implementadas as tabelas, procedimentos, funções e rotinas de acordo com as necessidades das funcionalidades da plataforma;
- Foi implementada a plataforma *Web* que acede aos dados presentes na base de dados, de entre os quais contém os dados relativos à atividade física do utilizador.

Não existem detalhes de implementação da plataforma *Web* que necessitem de investigação, sendo que esta parte da solução só realiza a gestão de todos os dados do utilizador e da sua atividade física, embora após toda a implementação é que se implementaram os privilégios do utilizador, que servem essencialmente para proibir o utilizador de aceder a determinadas aplicações. Os privilégios são configurados pelos administradores.

A aplicação móvel foi implementada da seguinte forma:

- Visto a ser utilizada a mesma base de dados que na plataforma *Web*, começou-se pela implementação da interface gráfica do utilizador interface gráfica do utilizador (GUI), para a qual se privilegiou pela simplicidade;
- Seguidamente implementaram-se todas as funcionalidades com recurso a novas interfaces, designadas de *Activities* no sistema operativo Android. Nesta aplicação após autenticado o utilizador terá um cabeçalho estático, o qual só será alterado quando o utilizador terminar sessão;
- Foram criados *scripts* para aceder à base de dados a partir de pedidos HTTP realizados ao servidor *Web*, para realizar todas as operações durante a execução da aplicação;
- Por fim, foram implementados *Services* para o cálculo da distância percorrida e para a estimação do gasto energético do utilizador (ver anexo II);
- Os *Services* implementados são acedidos pela *Activity* principal, de quando o utilizador está autenticado por *Threads* a serem executadas em segundo plano;

- As funcionalidades da aplicação só estão disponíveis quando se tem acesso à Internet, embora se o utilizador perder a ligação à Internet e tiver autenticado, será apresentada uma interface que permite ao utilizador verificar os valores do cálculo do dispêndio energético e a distância percorrida, não permitindo ao utilizador terminar sessão até o mesmo voltar a ter acesso à Internet;
- Por fim, foi implementada uma interface que permite ao utilizado em quando ocorre uma exceção, o utilizador poderá reportar o erro para que o mesmo seja corrigido.

A implementação das aplicações foi descrita como acima, na próxima secção (secção 3.7) serão apresentados os dados referentes à instalação da aplicação.

### 3.7. Instalação

As aplicações elaboradas no âmbito desta dissertação necessitam de ser instaladas para se proceder a sua execução. A instalação tem em conta diversos os diversos componentes de *hardware* necessários para a execução do mesmo.

No caso da aplicação móvel, a mesma só pode ser executada em dispositivos com sistema operativo Android com a versão igual ou superior à 2.3. O dispositivo deve ter uma constante ligação à Internet para poder aceder às funcionalidades da aplicação.

Tanto para a aplicação móvel como para a aplicação *Web* devem ser disponibilizados os ficheiros num servidor Apache com suporte à linguagem de programação PHP e com o módulo de SSL ativo para ter mais segurança. Aquando da instalação devem ser configuradas nos respectivos ficheiros XML disponibilizados no pacote que é disponibilizado com a plataforma *Web*. No caso da aplicação Android a mesma deve ser adaptada para o novo endereço do servidor, acedendo ao código-fonte da mesma e alterando o ficheiro XML.

A arquitetura da aplicação em termos de instalação de *hardware* está demonstrada no diagrama de instalação presente no anexo I.

Terminando-se, assim, a instalação da aplicação e configuração da aplicação, estando a mesma pronta a ser utilizada.

### 3.8. Nota Conclusiva

Nesta secção foi abordado o problema a que esta dissertação se propõe, o qual inclui a criação de uma solução que permita ao utilizador controlar o seu dispêndio energético, a distância percorrida e o cálculo do tempo de voo de um salto. As aplicações devem ser de fácil utilização de modo a que um utilizador com poucos conhecimentos de tecnologia consiga aceder à aplicação e melhorar o seu estado de saúde. A aplicação disponibiliza ao utilizador também a definição de objetivos para o mesmo ser estimulado a realizar exercício físico.

A solução foi implementada de acordo com os requisitos definidos no âmbito desta dissertação, contemplando-os todos, embora esta aplicação tenha a condicionante de ter que ter acesso constante à Internet.

## 4 Validação de resultados

Neste capítulo irão ser apresentadas as atividades de ajustamento de validação realizada em [8] para o cálculo do dispêndio energético (secção 4.1), sendo os valores obtidos, a partir dos sensores utilizados, na validação adaptados para os valores obtidos pelo acelerómetro (em conjugação com o sensor de gravidade) do *Smartphone* com sistema operativo Android utilizado. Serão igualmente apresentadas as atividades de validação do cálculo do tempo de voo de um salto (secção 4.2), sendo que neste caso foi realizada toda a recolha dos dados e validação dos mesmos, sendo utilizado o mesmo Smartphone que para o cálculo do dispêndio energético e um receptor de sinais fisiológicos (*bioPLUXresearch*) com os sensores de pressão e um acelerómetro triaxial, de modo a validar os dados recolhidos.

### 4.1. Validação dos resultados de estimação do dispêndio energético

Nesta secção irão ser analisados os resultados obtidos na investigação referida em [8], a qual serve de suporte à realização desta dissertação (secção 4.1.1). Seguidamente, verificou-se que os dados obtidos a partir do acelerómetro do *Smartphone* estão em unidades de medida diferentes das unidades de medida obtidos a partir do acelerómetro triaxial ligado ao dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch* (secção 4.1.2). No final desta secção irão ser apresentados os resultados obtidos (secção 4.1.3).

#### 4.1.1 Análise dos resultados obtidos em investigações anteriores

No âmbito desta dissertação de mestrado utilizou-se a validação realizada em [8, 9], que consiste na estimação do cálculo do dispêndio energético utilizando um acelerómetro triaxial, a qual após realizados diversos testes com o dispositivo Cosmed  $k4b^2$  e com o dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch*, tendo sido criado um modelo de dados que represente a generalidade os dados de estimação do gasto energético, com um nível de confiança de 95%, da população que participou nos testes, tendo sido recolhidos os dados das características das pessoas, tendo resultado na equação 4.1.1.1. No âmbito da validação realizada foi criado um modelo de dados que realiza a estimação do gasto energético da atividade física durante uma hora. Assim, elaborou-se um modelo em que usando um acelerómetro triaxial pode ser estimado o dispêndio energético realizado por um indivíduo saudável. Embora, no âmbito da validação fosse criado igualmente um modelo de estimação de gasto energético recorrendo aos dados do acelerómetro triaxial e ao sensor de electromiografia, o mesmo não é possível ser utilizado no âmbito desta dissertação, sendo utilizado o modelo que utiliza somente os dados do acelerómetro triaxial.

$$GE \left( \frac{kcal}{h} \right) = 0,031VM + 74,65 \quad (4.1.1.1)$$

Este modelo foi criado com os testes realizados em indivíduos saudáveis com hábitos de atividade física, mas verificou-se que o mesmo também estaria apto para ser adaptado a indivíduos sedentários, pois foi verificado no Capítulo 2 que todos os autores obtêm valores muito aproximados entre eles, sendo que o utilizador após adaptação e retirar a gravidade verificou-se que o valor obtido para a estimação do gasto energético durante uma hora é, aproximadamente, 122 kcal (como pode ser verificado na equação 4.1.2.3) caso não realize qualquer atividade física, sendo que esse valor está muito aproximado do real [10, 11, 35, 42, 43, 69, 70].

No caso da equação 4.1.1.1, os resultados do gasto energético são obtidos em quilocalorias por hora, aplicando-lhe o valor médio dos vectores magnitude (VM) obtidos a partir dos dados das variáveis de cada uma das saídas (X, Y e Z) do acelerómetro utilizado. Os dados obtidos a partir das saídas do acelerómetro ligado ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch* são obtidos em milivolts (mV). Então, o vector magnitude (VM), a ser aplicado na equação, é obtido a partir da média dos dados dos vectores magnitude (VM) de todos os dados recolhidos do acelerómetro ligado ao dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* durante uma hora de atividade física do indivíduo. Os valores são recolhidos durante uma hora, pois a fórmula está adaptada para obter valores de gasto energético em quilocalorias por hora, significando isto que serão os valores durante uma hora de atividade física. Os valores do acelerómetro ligado ao dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* são obtidos com uma frequência de 1kHz, isto é, cada conjunto de valores das variáveis X, Y e Z é obtido a cada milissegundo. O valor a ser aplicado na fórmula é sempre o valor médio dos valores dos vectores magnitude (VM) obtidos durante uma hora.

Por sua vez, os dados obtidos a partir do acelerómetro do *Smartphone* com sistema operativo Android utilizado estão em unidades de medida diferentes, enquanto os valores das saídas do acelerómetro ligado ao dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* são obtidas em milivolts (mV), os valores das saídas do acelerómetro embutido no *Smartphone* estão em metros por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).

Então, na secção 4.1.2 serão realizadas as atividades de adaptação da equação 4.1.1.1 para as unidades de medida adequadas do vector de magnitude (VM) (valor médio de todos os vectores magnitude (VM) durante uma hora) a ser utilizado na equação 4.1.1.1.

## 4.1.2 Adaptação dos resultados obtidos em investigações anteriores

Devido ao facto de as unidades de medida serem diferentes nos dois dispositivos utilizados (acelerómetro do *Smartphone* com sistema operativo Android e acelerómetro ligado ao receptor de sinais *bioPLUXresearch*) e a equação 4.1.1.1 foi obtida a partir dos dados



relativos ao acelerómetro ligado ao receptor de sinais *bioPLUXresearch*, logo em milivolts (mV), procedeu-se à adaptação da fórmula de modo a poder ser aplicada aos dados obtidos a partir do acelerómetro do *Smartphone* com sistema operativo Android, em metros por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ), após lhe ter sido retirado o valor da aceleração da gravidade (obtida a partir do sensor de gravidade do dispositivo), compensando-se, assim, a existência de alterações na orientação do dispositivo.

Como o valor do vector magnitude (VM) a ser aplicado na equação 4.1.1.1 é referente aos valores obtidos a partir do acelerómetro ligado ao receptor de sinais *bioPLUXresearch*, procedeu-se à investigação de qual seria o valor de 1G para se proceder ao ajuste da equação.

Para a obtenção do valor de 1G com o acelerómetro, ligado ao receptor de sinais *bioPLUXresearch*, foram realizadas 70 experiências para cada um dos eixos de rotação (X, Y e Z) do acelerómetro, de modo a obter o valor máximo do vector magnitude calculado com base nas saídas X, Y e Z do acelerómetro. Então, após as experiências verificou-se que o valor do vector magnitude máximo para 1G é de 1528,01734 mV.

Assim, sabendo o valor de 1G e sabendo que o valor da aceleração da gravidade terrestre corresponde a  $9,81m/s^2$ , já podemos proceder ao ajuste da equação 4.1.1.1 para os dados obtidos a partir do acelerómetro do *Smartphone* com sistema operativo Android.

Então, começou-se por verificar que o valor do vector magnitude (VM) obtido a partir do Smartphone não considera o valor da gravidade e os valores obtidos não estão nas unidades para as quais a equação 4.1.1.1 foi obtida, então para a mesma poder ser aplicada de forma fácil e direta aos valores do *Smartphone* procedeu-se às adaptações descritas a seguir. Considera-se que o valor do vector magnitude (VM) seja o valor obtido pelo acelerómetro do Smartphone, de modo a poder-se aplicar a equação após adaptada às unidades dos dados obtidos com o mesmo. Então, temos que começar por lhe somar o valor de 1G, ao valor do vector magnitude apresentado na equação, obtendo a equação 4.1.2.1.

$$GE \left( \frac{kcal}{h} \right) = 0,031 \times (VM + 1528,01734) + 74,65 \quad (4.1.2.1)$$

Assim, na equação 4.1.2.1, embora ainda não seja possível a aplicação direta dos valores do *Smartphone*, já temos o valor da gravidade (que não está presente nos dados obtidos a partir do *Smartphone*) a ser compensado na equação.

Com os valores do vector magnitude (VM) da equação 4.1.2.1, se pressupõe que são os valores obtidos pelo Smartphone e estão em metros por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ), e sabendo que o valor para 1G é 1528,01734 mV e que o valor da gravidade terrestre é  $9,81 m/s^2$ , pode-se concluir que,

$$1m/s^2 = \frac{1528,01734}{9,81} mV \quad (4.1.2.2)$$

Então, segundo a equação 4.1.2.2, podemos converter o valor do vector magnitude (VM) obtido a partir do *Smartphone*, antes de o mesmo ser aplicado na equação 4.1.2.1, obtendo a equação 4.1.2.3 ajustada para esta alteração.

$$GE \left( \frac{kcal}{h} \right) = 0,031 \times \left( \frac{VM \times 1528,01734}{9,81} + 1528,01734 \right) + 74,65 \quad (4.1.2.3)$$

A partir da equação 4.1.2.3, procedeu-se à sua resolução e arredondamento a duas casas decimais, resultando a equação 4.1.2.4.

$$GE \left( \frac{kcal}{h} \right) = 4,83VM + 122,02 \quad (4.1.2.4)$$

Os dados obtidos serão os resultantes para o gasto energético durante uma hora de atividade física, devendo-se proceder à adaptação das mesmo consoante o intervalo de tempo que se queira considerar, como será descrito na secção 4.1.3.

### 4.1.3 Discussão dos Resultados

O cálculo do gasto energético durante um determinado tempo de atividade física foi criado com base na equação apresentada na dissertação de mestrado [8], sendo que o valor médio do vector magnitude (VM) a ser aplicado na equação 4.1.2.4 é o valor de todos os vectores magnitude, obtidos a partir das saídas do acelerómetro do *Smartphone*, durante uma hora de atividade física.

Mas, no caso da aplicação desenvolvida no âmbito desta dissertação, pretende-se apresentar a estimação do dispêndio energético ao utilizador, durante determinado tempo, a realizar atividade física, utilizando um *Smartphone*. O valor do dispêndio energético deve ser estimado de 10 em 10 segundos (aproximadamente), pois utilizando o *Smartphone* não existe forma de controlar a frequência de recolha de dados, pois varia de acordo com a capacidade de processamento do dispositivo.

Como a frequência do acelerómetro do *Smartphone* é difícil de controlar, pois depende das capacidades de processamento do equipamento, será utilizada a opção de recolha de dados mais rápida, que equivale a aproximadamente de 10 em 10 milissegundos, que corresponde à opção *Sensor.DELAY\_FASTEST* [18-25].

Então, sendo assim, optou-se por realizar a adaptação da fórmula a cada segundo, sendo a mesma depois adaptada em tempo de execução ao intervalo de tempo pretendido, obtendo-se a equação 4.1.3.1.

$$GE \left( \frac{kcal}{s} \right) = \frac{4,83VM + 122,02}{3600} \quad (4.1.3.1)$$

Segundo a equação 4.1.2.4, podemos concluir que um utilizador gasta aproximadamente 122,02 kcal durante uma hora, caso tenha um estilo de vida sedentário e esteja a realizar qualquer atividade física, por exemplo quando está a dormir ou sentado a ver televisão.

A equação 4.1.3.1, pode assim ser aplicada a qualquer intervalo de tempo personalizável pelo utilizador.

Na secção 4.2, proceder-se-á à validação do cálculo do tempo de um salto, recorrendo a sensores de acelerometria, apresentado o algoritmo criado para a aplicação desenvolvida.

## **4.2. Validação dos resultados da aplicação de cálculo do tempo de voo dos saltos**

Nesta secção irão ser apresentadas as análises e experiências realizadas para a criação do algoritmo aplicado na aplicação de cálculo do tempo de voo dos saltos (secção 4.2.1), bem como a apresentação do algoritmo final (secção 4.2.2). No final desta secção serão apresentados os resultados obtidos (secção 4.2.3).

### **4.2.1 Método experimental**

A descoberta de um método para o cálculo do tempo de voo não é um processo fácil. Inicialmente, criou-se uma aplicação que efetuasse a recolha dos dados das saídas do acelerómetro do *Smartphone* para um ficheiro durante o salto e tendo em conta as investigações de outros autores tentou-se identificar o início e o fim das três fases de um salto (fase de preparação, fase de voo e fase de aterragem).

A aplicação de testes desenvolvida realiza a recolha dos dados do acelerómetro e do sensor de gravidade do acelerómetro, subtraindo os valores das saídas do sensor de gravidade aos valores das saídas do acelerómetro, de modo a minimizar o ruído e os efeitos da orientação, guardando os valores das saídas alteradas num ficheiro de texto que foi posteriormente analisado, calculando o vector magnitude (VM) dos valores dessas saídas.

Com essa aplicação de testes, realizaram-se diversas experiências com várias pessoas, de modo a verificar se existia algum padrão nos gráficos desenhados a partir dos vectores magnitude, calculados a cada instante a partir dos dados das saídas (X, Y e Z) do acelerómetro (subtraindo o valor dos vectores magnitude obtidos a partir das saídas (X, Y e Z) do sensor de gravidade) do *Smartphone*, obtendo-se gráficos semelhantes ao da figura 4.1.

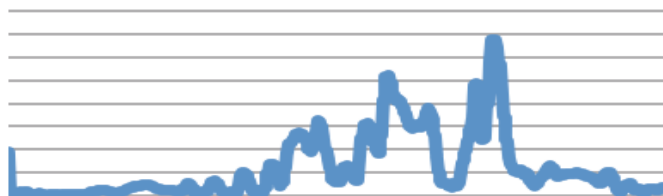


Figura 4.1 - Gráfico que representa os valores dos vetores magnitude das saídas X, Y e Z do (subtraindo o valor dos vetores magnitude obtidos a partir das saídas (X, Y e Z) do sensor de gravidade) recolhidos durante um salto pelo *Smartphone*

Mas, com estes dados era impossível identificar, com clareza, o espaço de tempo correspondente ao tempo de voo de um salto, pressupondo-se, a partir das investigações de outros autores [112], que as três fases de um salto são as apresentadas na figura 4.2. As três fases de um salto são:

- **Fase 1:** Fase de preparação para o salto, que engloba a flexão e impulso das pernas para realizar o salto;
- **Fase 2:** Fase de voo, que é o tempo em que o utilizador se encontra suspenso no ar;
- **Fase 3:** Fase de aterragem, que engloba todas as atividades de regresso à posição inicial (com os pés no chão).



Figura 4.2 - Gráfico que representa os valores dos vetores magnitude das saídas X, Y e Z do (subtraindo o valor dos vetores magnitude obtidos a partir das saídas (X, Y e Z) do sensor de gravidade) recolhidos durante um salto pelo *Smartphone*, com as fases de um salto identificadas

Da figura 4.2, pode-se concluir que o tempo de voo de um salto, corresponde ao intervalo de tempo representado na figura 4.3.

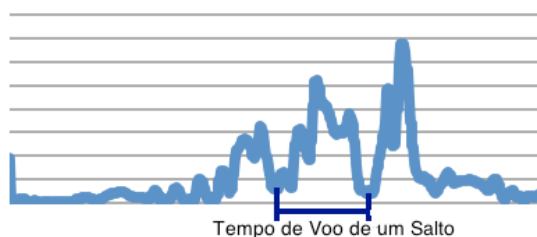


Figura 4.3 - Gráfico que representa os valores dos vetores magnitude das saídas X, Y e Z do (subtraindo o valor dos vetores magnitude obtidos a partir das saídas (X, Y e Z) do sensor de gravidade) recolhidos durante um salto pelo *Smartphone*, com identificação do intervalo de tempo que corresponde ao tempo de voo de um salto

Após esta análise, foi criado um algoritmo que detecte os picos e calcule de forma automática, após a recolha dos dados do acelerómetro do Smartphone, o tempo de voo entre aqueles dois pontos. Assim, podemos concluir que o tempo de voo que um salto, tendo em conta estas análises, corresponde ao instante de tempo entre os dois mínimos entre os três pontos máximos do gráfico da figura 4.3.

Para uma verificação mais correta e se efetuar a validação do tempo de salto e criação do algoritmo final, foi utilizado um sensor de pressão ligado ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch*, colocado na parte inferior do pé do indivíduo que realiza o salto. Ao mesmo dispositivo de recolha de dados, ligou-se um acelerómetro triaxial, de modo a estabelecer uma comparação entre os dados dos vectores magnitude calculados a partir das saídas do acelerómetro do Smartphone e os dados das saídas do acelerómetro triaxial.

Assim, foram realizadas sessenta experiências com o sensor de pressão e o acelerómetro triaxial ligado ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch* a ser utilizado simultaneamente com o algoritmo previamente elaborado na aplicação do Smartphone. O tempo de voo de um salto corresponde ao instante de tempo em que o sensor de pressão apresenta valores iguais a 0 ou muito próximos de 0. Assim, verificou-se que o tempo de voo calculado a partir do algoritmo previamente implementado contém alguns erros de cálculo, embora esses erros também se devam à localização do Smartphone em relação ao utilizador. Essa comparação é visível na figura 4(a) e 4(b), onde podemos ver que as diferenças de aceleração influenciam o tempo de salto.

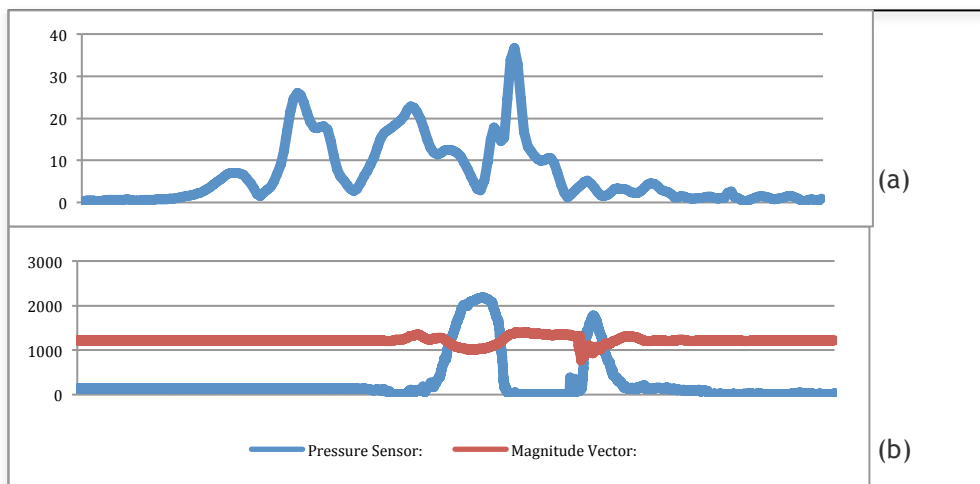


Figura 4.4 - Gráfico do tempo de um salto com os dados obtidos pelo Smartphone (a) e dados do sensor de pressão e acelerómetro triaxial ligado ao dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch* (b)

Como, no acelerómetro triaxial ligado ao dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch* não está a ser compensado o valor da gravidade e como os tempos de recolha de dados são diferentes, vão existir erros no cálculo do tempo de voo por parte do algoritmo pré-implementado.

Da figura 4.4, podem-se retirar as seguintes conclusões:

- O tempo de voo de um salto ocorre quando no caso do acelerómetro ligado ao dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch* a aceleração está abaixo valor intermédio, isto é, está abaixo do valor de 1G, pois é nesse instante de tempo que a aceleração é igual ou próxima de 0;
- No caso do *Smartphone* como estamos a compensar o valor da aceleração, corresponde ao ponto entre os dois pontos mínimos, embora necessite de algum ajuste, pois apresenta erros experimentais [121, 122], presentes no anexo III.

Nas experiências realizadas verificou-se um erro médio de 10,54% na comparação dos dados de tempo de voo obtidos na aplicação com o algoritmo pré-implementado e como o desvio padrão é muito elevado (8,9%), verifica-se que existe uma grande dispersão na variação dos erros não podendo retirar nenhuma conclusão destas experiências.

Então, para a realização das experiências pretende-se que se consiga aferir que, com um intervalo de confiança de 95%, o algoritmo implementado esteja correto. Então utilizou-se o teste *t-student* [123-130] para verificar, tendo em conta os erros obtidos, qual seria o número mínimo de experiências necessário de modo a obtermos resultados com aquele intervalo de confiança.

Então, aplicando o teste *t-student*, pretende-se estimar o verdadeiro valor da média,  $\mu$ , através de um intervalo de confiança de 95%, de modo a descobrir qual deverá ser a dimensão da amostra de experiências de saltos (visto que cada salto produz um erro de medição por parte do algoritmo implementado no *Smartphone*, isto é, o valor do tempo de voo de um salto obtido pelo algoritmo implementado no *Smartphone* é diferente do valor obtido pelo sensor de pressão ligado ao dispositivo de recolha de sinais *bioPLUXresearch*, sendo essa diferença considerada como um erro, pois considera-se que o valor obtido pelo sensor de pressão será mais correto que o obtido pelo algoritmo do *Smartphone*) que deve observar-se para garantir que a amplitude do intervalo obtido é inferior a 1,5%.

Assim, pretende-se determinar o valor menor de N (número de experiências necessário), segundo a equação 4.2.1.1.

$$2 \times t_{(1-\frac{\alpha}{2}; N-1)} \times \frac{\delta}{\sqrt{N}} < 1,5\% \quad (4.2.1.1)$$

Então, aplicando, na equação 4.2.1.1, o valor do desvio padrão ( $\delta$ ), com o valor de 8,9%, obtido a partir dos erros de medições obtidos nas sessenta experiências realizadas e o valor de *t* para um intervalo de confiança de 95%, correspondente a 1,96, obtemos a equação 4.2.1.2.

$$\frac{2 \times 1,96 \times 8,9\%}{\sqrt{N}} < 1,5\% \quad (4.2.1.2)$$

Por fim, a equação 4.2.1.2 será resolvida de modo a obter o valor de N (número de experiências necessário) para termos um intervalo de confiança de 95%, obtendo-se o resultado da equação 4.2.1.3.

$$N > \left( \frac{2 \times 1,96 \times 8,9\%}{1,5\%} \right)^2 \approx 540,5415 \text{ experiências} \quad (4.2.1.3)$$

Assim, verificou-se que, recorrendo aos erros obtidos e ao desvio padrão verificado na comparação dos erros das sessenta experiências realizadas, segundo a equação 4.2.1.3, o número de experiências a realizar, de modo a tentar minimizar o erro e termos um intervalo de confiança de 95% nas experiências realizadas, seria de, no mínimo, 540,5415 experiências (aproximadamente).

Então, seguidamente foram realizadas 550 experiências, obtendo verificando-se que a dispersão dos dados continua a ser muito elevada e o erro médio continua elevado (11,45%), assim como o erro máximo obtido também foi muito elevado, embora existam casos em que o erro é igual a 0%.

Então, segundo vários autores [131-141], o erro pode ser diminuído utilizando o método dos mínimos quadrados, aplicado aos dados experimentais e assim, dar um resultado mais fiável ao utilizador.

Assim, nesta fase experimental, foram analisados os dados dos tempos de voo de saltos, obtidos tanto pelo algoritmo da aplicação no Smartphone como os dados relativos aos dados do sensor de pressão ligado ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch*, tendo sido efetuada a regressão linear dos dados obtidos e criada a recta/equação de ajustamento e minimização do erro apresentada na figura 4.5, segundo os dados apresentados no anexo III.

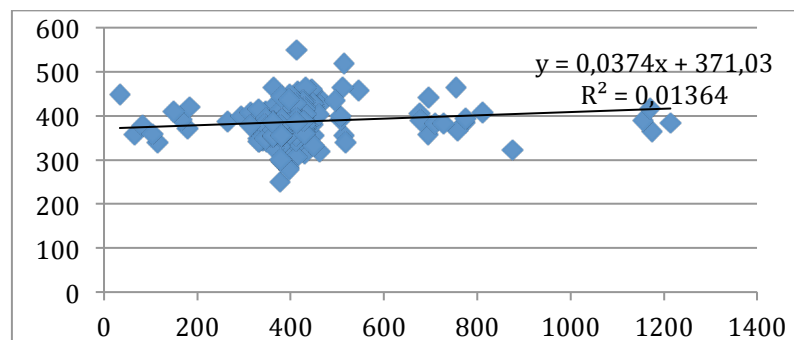


Figura 4.5 - Comparação dos erros, obtidos no cálculo do tempo de voo por parte do algoritmo implementado no *Smartphone*, e ajustamento aplicação do método dos mínimos quadrados para minimizar os erros em casos futuros

Então, da aplicação do método dos mínimos quadrados com o objetivo de diminuir o erro experimental, resultou a equação 4.2.1.4, presente no gráfico da figura 5, que ao ser aplicada aos valores obtidos pelo algoritmo de cálculo do tempo de voo de um salto obtido a partir do algoritmo do *Smartphone*, a qual irá otimizar o mesmo, apresentando um valor do tempo de voo de um salto mais fiável, podendo-se dizer que com um intervalo de confiança

de 95% será um valor muito aproximado do real, isto é, do valor obtido a partir do sensor de pressão.

$$\text{Tempo de Voo Final} = 0,0374 \times \text{Tempo de Voo do Algoritmo} + 371,03 \quad (4.2.1.4)$$

O algoritmo previamente implementado na aplicação de testes apresentava alguns erros como descrito anteriormente, então ao valor obtido por esse algoritmo será aplicada a equação 4.2.1.4 de modo a apresentar um tempo de voo de um salto muito aproximado do real, mas disto dependem vários factores que não conseguimos controlar totalmente, como a movimentação do *Smartphone* durante o salto, o sensor de pressão movimentar-se do local onde foi colocado e não receber os dados corretamente e até as vibrações do local e a variação de peso, altura, estilo de vida e género, podem influenciar o cálculo e provocar erros.

Apesar de todas estas condicionantes, após a aplicação da equação 4.2.1.1 aos valores obtidos pelo algoritmo do *Smartphone*, o erro médio diminuiu de 11,45%, como referido anteriormente, para um erro médio de 5,99%, mais aceitável que o anterior, concluindo as experiências com sucesso.

Assim, após toda esta análise foi criado o algoritmo final, com algumas regras de validação dos padrões de acelerómetro de um salto, apresentado na secção 4.2.2.

## 4.2.2 Apresentação do algoritmo criado

Toda a análise da secção anterior (secção 4.2.1) foi realizada com o intuito de melhorar os resultados do algoritmo e criar um algoritmo que obtenha os resultados próximos da realidade.

Então, o algoritmo final implementado realiza as seguintes operações:

1. O utilizador deve acionar o cálculo do tempo de voo de um salto;
2. Receber os valores das saídas do acelerómetro do *Smartphone* (após retirar o valor da gravidade com recurso ao sensor de gravidade), calcular os vectores magnitude de todos os valores das saídas do acelerómetro e armazena-los numa estrutura de dados, associando o valor do vector magnitude dessas saídas do acelerómetro ao instante de tempo em que as mesmas foram recolhidas;
3. Validar se o utilizador esteve parado até parar a colecta de dados, isto é, se o utilizador não saltou e invalidar o salto;
4. Validar se o valor do vector magnitude dos valores das saídas do acelerómetro recolhidas no último instante é superior ao valor do vector magnitude das saídas recolhidas do acelerómetro no instante inicial e se assim for invalidar o salto;
5. Validar se o valor do vector magnitude dos valores das saídas recolhidas no último instante é superior a 1 e se assim for invalidar o salto;



6. Seguidamente, calcular, recursivamente, os picos mais elevados recolhidos pelo acelerómetro. Entenda-se por pico, quando o valor do vector magnitude das saídas do acelerómetro em determinado instante de tempo é superior ao valor do vector magnitude das saídas do acelerómetro recolhidos no instante anterior e no instante imediatamente a seguir;
7. O passo 6 é executado até à interação em que restam somente três picos ou na interação imediatamente anterior a restarem menos de três picos;
8. Seguidamente, é calculada a média dos picos e serão descartados todos os picos abaixo da média;
9. Caso resultem menos de três picos após o passo 8, o salto será invalidado;
10. Caso a validação do passo 9 seja concluída com sucesso, os três picos mais elevados irão ser ordenados segundo o instante de tempo em que ocorreram e será procurado nos dados iniciais, qual o instante de tempo do valor mínimo ocorrido entre o primeiro e o segundo pico (que será o inicio do tempo de voo do salto) e o instante de tempo do valor mínimo ocorrido entre o segundo e o terceiro pico (que será o final do tempo de voo do salto);
11. Seguidamente, será calculada a diferença entre os instante de tempo recolhidos no passo 10, obtendo-se, assim, o tempo de voo do salto obtido pelo algoritmo;
12. Por fim, para otimização do algoritmo será aplicada, ao valor do tempo de voo do salto obtido, a equação 4.2.1.1.
13. É apresentado o valor após aplicada a equação 4.2.1.1 ao utilizador, sendo esse o tempo de voo final obtido pelo algoritmo.

Seguidamente, será apresentada a discussão dos resultados, na secção 4.2.3, obtidos por este algoritmo.

### 4.2.3 Discussão dos resultados

Esta investigação passou por diversas fases, das quais resultaram resultados que iam melhorando com o avanço das investigações.

Inicialmente verificou-se que o tempo de voo de um salto seria o tempo entre os dois instantes de tempo, correspondentes aos dois pontos mínimos entre os três picos máximos de maior intensidade dos vectores magnitude (calculado a partir do algoritmo pré-implementado), isto é, corresponde ao intervalo de tempo entre o instante de tempo onde o vector magnitude atinge o valor mínimo entre o primeiro e o segundo picos máximos e o instante de tempo onde o vector magnitude atinge o valor mínimo entre o segundo e o terceiro picos máximos.

Mas neste caso verificou-se, validando com o sensor de pressão ligado ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch*, que o algoritmo estava a obter erros de estimação, nas sessenta experiências iniciais realizadas, sendo que o valor médio dos erros igual a 10,54%. Destas experiências não podemos concluir muito sobre as mesmas, pois existe uma grande

dispersão nos erros ao comparar os resultados do tempo de voo de um salto obtidos a partir do algoritmo do Smartphone e os obtidos a partir da análise dos dados relativos ao sensor de pressão.

Então, efetuaram-se os cálculos sobre a qual seria o número mínimo de experiências que seriam necessárias para obter resultados com um intervalo de confiança de 95%, verificando-se que o valor mínimo necessário seria de, aproximadamente, 541 experiências.

Seguidamente, foram realizadas 550 experiências com recurso os mesmos dispositivos utilizados para as experiências realizadas anteriormente. O erro médio manteve-se elevado, sendo o seu valor de 11,45% e a dispersão dos dados continua elevada.

Apesar de se verificar uma grande dispersão, efetuou-se um teste de modo a melhorar os valores do algoritmo (obtido pelo algoritmo inicial), fazendo a regressão linear dos dados dos erros obtidos nas medições do algoritmo no Smartphone, que aplicando-lhe o método dos mínimos quadrados se obtém uma equação, que ao ser aplicada ao valor obtido a partir do algoritmo, obtêm-se dados mais fiáveis, pois o erro médio, após aplicar essa equação (apresentada na secção 4.2.3) aos valores do tempo de voo obtidos durante as 550 experiências realizadas, passou para 5,99%.

Assim, o erro diminuiu e apresenta um grau de fiabilidade do algoritmo elevado, sendo que o algoritmo pode ser considerado correto nas medições do tempo de voo de um salto. Um erro médio de 5,99% é um erro que aumenta a relevância do estudo e torna o estudo mais credível para o público-alvo.

Assim, a aplicação pode ter uma elevada adesão, pois os seus resultados aproximam-se do real.

### **4.3. Nota Conclusiva**

No decorrer desta análise foram realizadas várias experiências das quais se constatou que, devido a serem dados experimentais, a ocorrência dos erros é aleatória e verificou-se em ambos os casos uma dispersão dos erros elevada. Embora, a dispersão seja elevada, e segundo várias investigações, optou-se por adaptar o método dos mínimos quadrados e efetuando-se regressão linear dos dados, obtendo-se, assim, valores com erros mais baixos.

Pode-se concluir que a validação do cálculo do tempo de voo de um salto realizado pela aplicação do *Smartphone* foi realizada com sucesso, obtendo resultados credíveis.

## 5 Conclusões

### 5.1. Conclusão

Esta dissertação tem como principal objetivo a criação de uma solução constituída por uma plataforma *Web*, para gestão de todos os dados dos utilizadores e uma aplicação para *Smartphone* com sistema operativo Android para a estimação do dispêndio energético e da distância percorrida durante a realização de atividade física, utilizando o *Smartphone*. Como complemento, a aplicação móvel propõe um exercício de cálculo do tempo de voo de um salto, de modo a incentivar o utilizador a realizar saltos, apresentando a evolução entre os tempos de voo dos saltos realizados.

A solução construída no âmbito desta dissertação pretende, utilizando o modelo para estimação do gasto energético em atividade física, construído e realizado no estudo [8, 9], com a utilização de um acelerómetro triaxial, criada para a utilização de fins pessoais ou por aconselhamento de um profissional de saúde que informa o utilizador que deve realizar determinado gasto energético em atividade física diariamente. Com esta solução o utilizador pode diminuir o risco de acidentes cardiovasculares, obesidade, entre outros. Além de diminuir o risco de várias doenças diminuindo o sedentarismo da população e promovendo a realização de atividade física, permite o controlo de peso do utilizador.

A estimação do dispêndio energético é um tema muito investigado, no caso dos resultados obtidos na investigação [8, 9] realizada com o dispositivo validador Cosmed k4b<sup>2</sup>, tendo sido feitas várias experiências com utilização do acelerómetro triaxial e o dispositivo validado, criando-se o modelo que foi adaptado para as unidades de medida do acelerómetro do *Smartphone*, ao qual de modo a diminuir os problemas com a variação da orientação do mesmo durante o a atividade física, removeu-se a gravidade (utilizando o sensor de gravidade), tendo que se proceder igualmente a essa adaptação no modelo validado anteriormente.

Embora tenha sido referido na investigação [8, 9] que o modelo só foi testado verificou-se segundo vários autores que o modelo está aproximado à realidade obtida por outros investigadores.

Para o calculo do dispêndio energético poder ser calculado utilizando o modelo validado com os valores médios dos vectores magnitude obtidos a partir das saídas do acelerómetro do *Smartphone*, procedeu-se à adaptação da equação para as unidades de medida para os mesmos e adaptando a equação para ser utilizada sem considerar os valores da gravidade no vector magnitude considerado na equação.

Os valores dos vectores magnitude da gravidade real (obtida a partir do sensor de gravidade do *Smartphone*) são removidos aos vectores magnitude do acelerómetro, de modo a

diminuir os problemas com a orientação do *Smartphone* durante a realização de atividade física.

O cálculo da distância percorrida durante a utilização da aplicação móvel é calculada utilizando o receptor de sinal de GPS, devendo o exercício físico ser realizado ao ar livre, de modo a otimizar a recepção de dados de satélites.

O cálculo do tempo de voo de um salto foi criado um algoritmo para o cálculo do mesmo com recurso ao sensor de pressão e ao acelerómetro triaxial, ligados ao dispositivo receptor de sinais *bioPLUXresearch*, e ao acelerómetro do *Smartphone*, tendo sido realizados diversos testes de modo a encontrar-se um padrão com os sensores de acelerometria para o cálculo do tempo de voo de um salto. O algoritmo criado apresentava erros, onde nas sessenta experiências iniciais realizadas, obteve-se um erro médio de cálculo do tempo de voo de um salto, utilizando o algoritmo pré-implementado no *Smartphone*, ao comparar com os valores do sensor de pressão com os valores obtidos pelo algoritmo, de 10,54%. Visto existir uma dispersão elevada, na comparação entre os valores dos dispositivos, investigou-se qual seria o número ideal de experiências para ter um nível de confiança de 95%, para aferir que o erro era mesma aquele, obtendo-se que se deveriam realizar, no mínimo, 541 experiências. Então, foram realizadas 550 experiências, tendo-se obtido um erro médio de 11,45% e a dispersão continuou elevada. Então, optou-se por realizar a regressão linear dos dados, aplicando o método dos mínimos quadrados, de modo a encontrar um modelo que aplicado aos valores obtidos pelo algoritmo minimizem o erro. Assim, após a aplicação do modelo/equação obtidos a partir da aplicação do método dos mínimos quadrados aos valores das 550 experiências realização, o valor do erro médio dessas 550 experiências diminuiu para 5,99%.

Assim, podemos afirmar que o modelo aplicado melhora o funcionamento do algoritmo e podemos afirmar que, com um nível de confiança de 95%, o erro médio obtido pelo pelos valores calculados pelo algoritmo é 5,99%, sendo que podemos dizer que o algoritmo foi criado com sucesso. Após se encontrar um padrão dos saltos, foram implementadas técnicas de invalidação de salto, verificando se o utilizador não salto depois de ter ativado a recolha e dados do tempo de voo de um salto na aplicação.

Assim, podemos concluir que esta dissertação cumpriu os objetivos a que se propôs com sucesso, calculando as calorias e a distância percorrida de forma fácil, aquando da utilização da aplicação móvel. No caso do cálculo do tempo de voo de um salto, a sua utilização também é fácil, estando o algoritmo a apresentar valores muito próximos do real.

A plataforma *Web* construída permite ao utilizador realizar toda a gestão bem como atualizar o seu peso, caso tenha algum objetivo de gasto energético ativo, visualizando de forma fácil a evolução do seu objetivo e se o mesmo foi cumprido.

No caso de ocorrência de erros, a aplicação notifica o utilizador de forma fácil para comunicar os erros, que são corrigidos numa atualização posterior.

A solução apresentada para esta dissertação privilegia a simplicidade de utilização, sendo que um utilizador com poucos conhecimentos tecnológicos consegue utilizá-la.

Para mais informações, mais dados, relativos à validação do tempo de voo de um salto e investigações para adaptação do modelo de estimação de gasto energético, bem como o código-fonte das aplicações desenvolvidas (plataforma *Web* e aplicação móvel para a plataforma Android), encontram-se disponíveis na MediaWiki do laboratório (*ALLab - Assisted Living Computing and Telecommunications Laboratory*), onde foi realizada a investigação, que pode ser visitada em <http://allab.it.ubi.pt/mediawiki>.

## 5.2. Trabalho Futuro

Nesta área não se esgotam as hipóteses de investigações de exercícios com recurso a sensores de acelerometria. Podendo ser realizados diversos trabalhos futuros de investigação das condicionantes para a estimação de gasto energético gasto de atividade física.

No âmbito desta dissertação, além de ser abordada a estimação do gasto energético, foi calculada a distância percorrida e o tempo de voo de um salto, podendo em trabalho futuro ser analisada a relação entre a distância percorrida e o gasto energético, bem como a relação entre o tempo de voo de um salto e o gasto energético.

As aplicações disponibilizadas podem-se acrescentar novas funcionalidade, como por exemplo a estimação da altura de um salto, aquando do calculo do tempo do mesmo. A parte do cálculo do tempo de saltos, pode ser implementada para vários saltos simultâneos, sem o utilizador ter que parar a colecta de dados do acelerómetro.

A aplicações pode ser sempre optimizada, em termos de desempenho nas suas funções, podendo-se adicionar mais línguas como opção para as aplicações desenvolvidas, visto agora só ter disponível o inglês e o português.

No âmbito do cálculo do tempo de voo de um salto, bem como do cálculo da distância percorrida e da estimação do dispêndio energético durante atividade física, podem ser realizadas mais investigações, podendo mais investigações com recurso a outros sensores disponíveis no *Smartphone*.

Esta área de investigação pode estar sempre em constante evolução, dependendo das abordagens realizadas pelos investigadores e a realidade de testes criada.



# Anexos

Nos anexos serão apresentados todos os diagramas e informações de suporte aos dados apresentados nesta dissertação.

## Anexo I - Diagramas UML

- Diagramas de Casos de Utilização
  - **Aplicação *Web***
    - A aplicação *Web* é utilizada por vários tipos de utilizadores (administradores e utilizadores comuns), sendo que as atividades realizadas pelos utilizadores comuns, podem ser realizadas igualmente pelos administradores.
    - Na figura I.1 será apresentado o diagrama de casos de utilização de um utilizador comum.
    - Na figura I.2 será apresentado o diagrama de casos de utilização de um administrador.
    - A figura I.2 ramifica-se em dois grande conjuntos de ações de um administrador, que corresponde à gestão de clientes e gestão de administradores, em que os seus diagramas de casos de utilização são apresentados nas figuras I.3 e I.4, respectivamente.
  - **Aplicação para Smartphone**
    - A aplicação para Smartphone não realiza diferenciação por tipos de utilizadores.
    - Na figura I.5 será apresentado o diagrama de casos de utilização referente à aplicação para *Smartphone*.

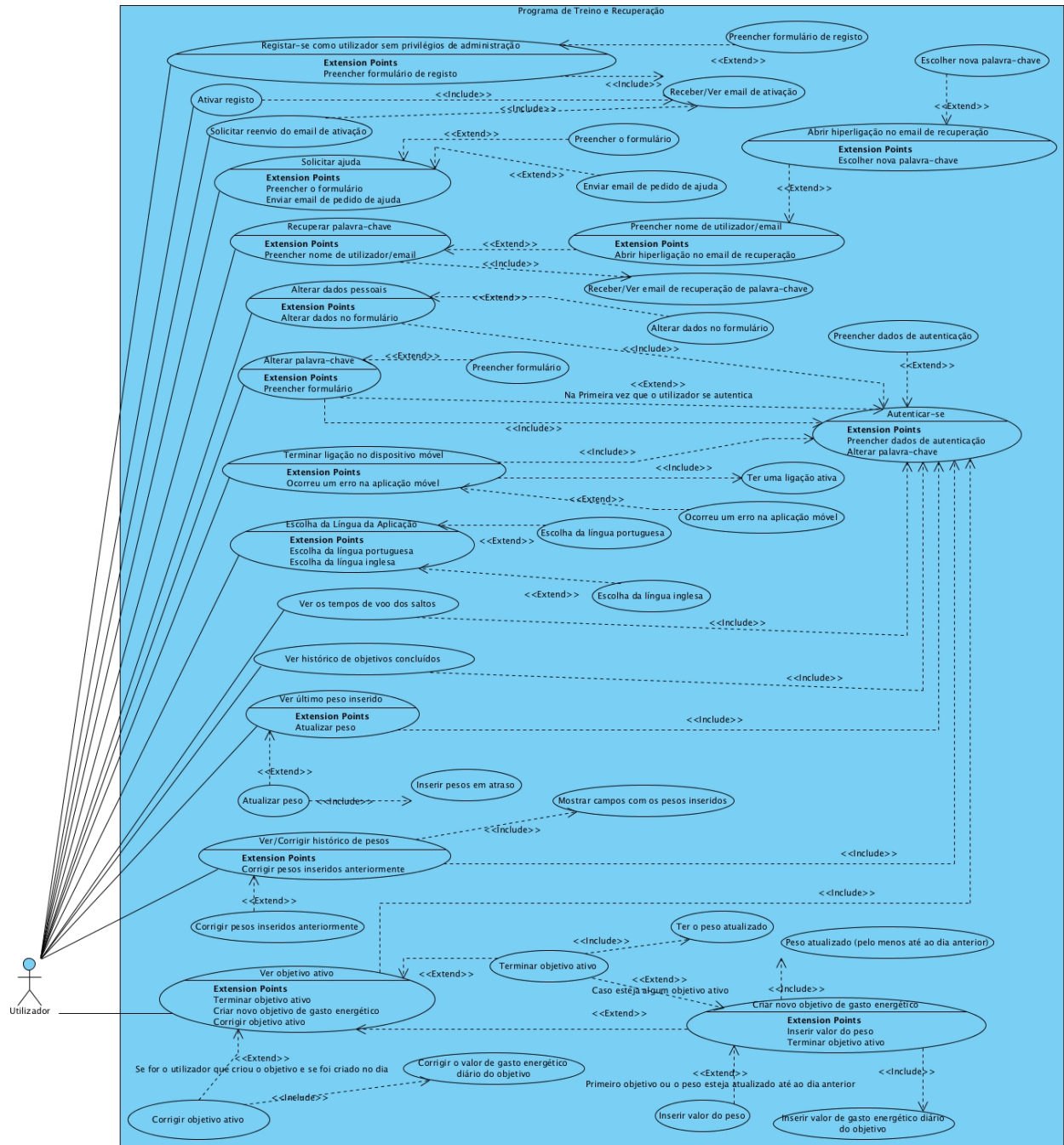


Figura I.1 - Diagrama de Casos de Utilização de um utilizador comum na plataforma Web

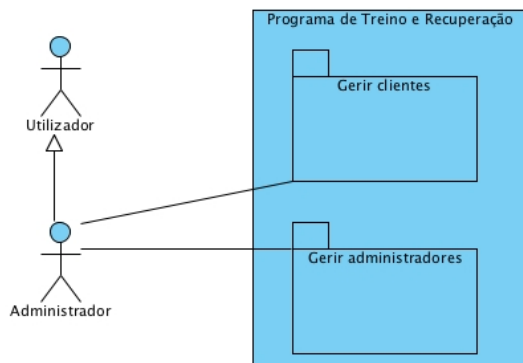


Figura I.2 - Diagrama de Casos de Utilização de um administrador na plataforma Web



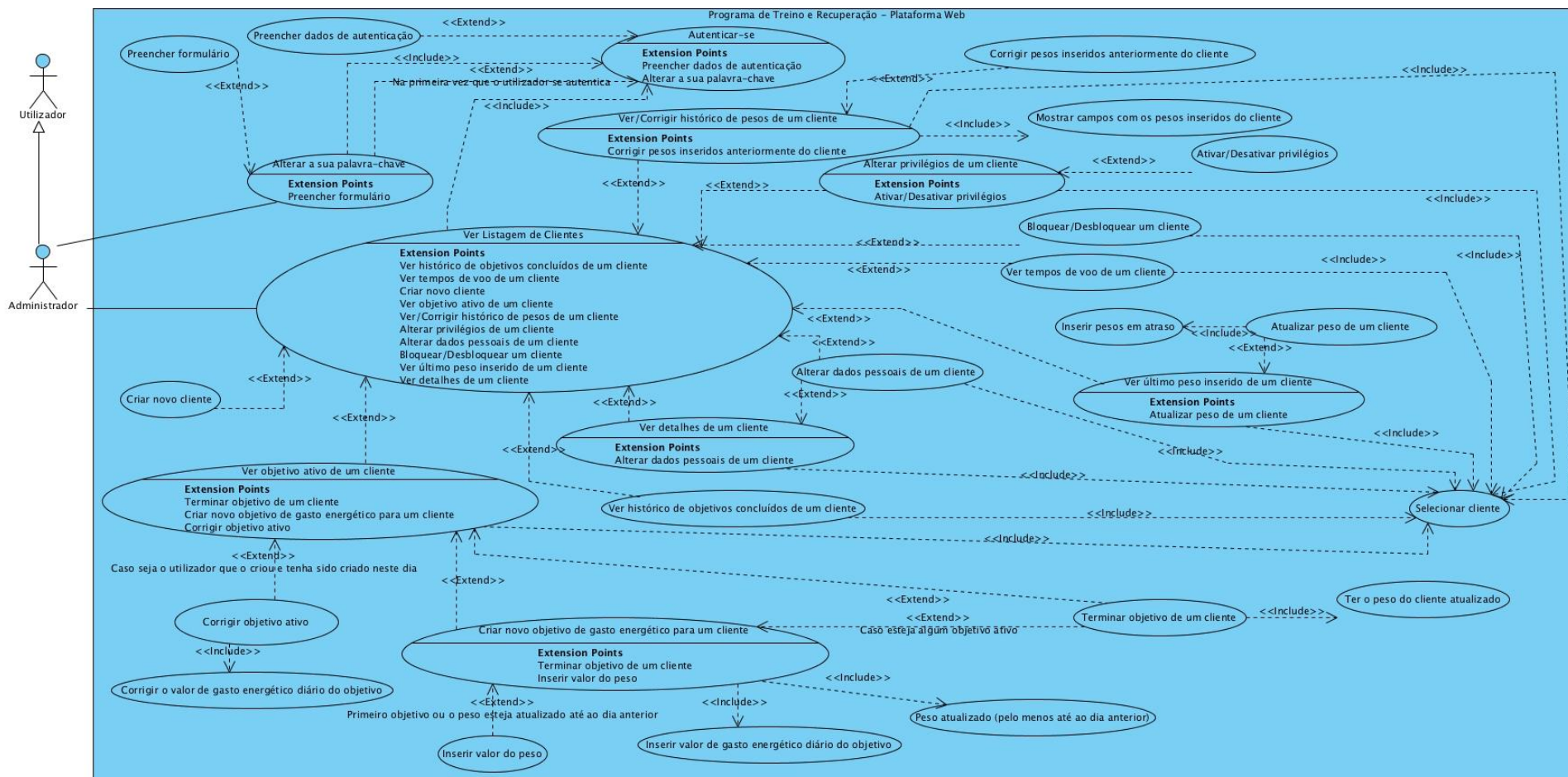


Figura I.3 - Diagrama de casos de utilização referente à gestão de clientes por parte de um administrador

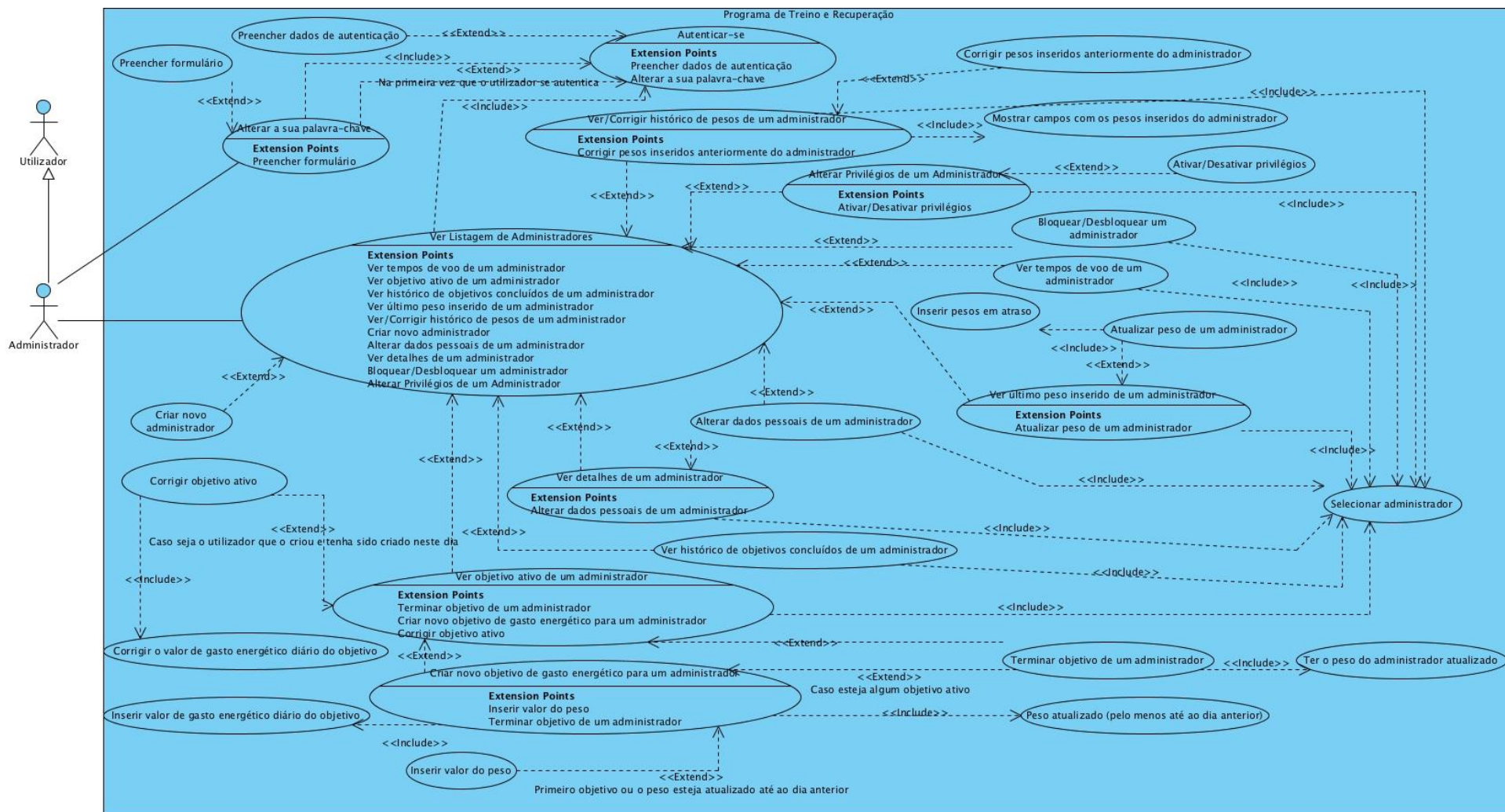


Figura I.4 - Diagrama de casos de utilização referente à gestão de administradores por parte de um administrador

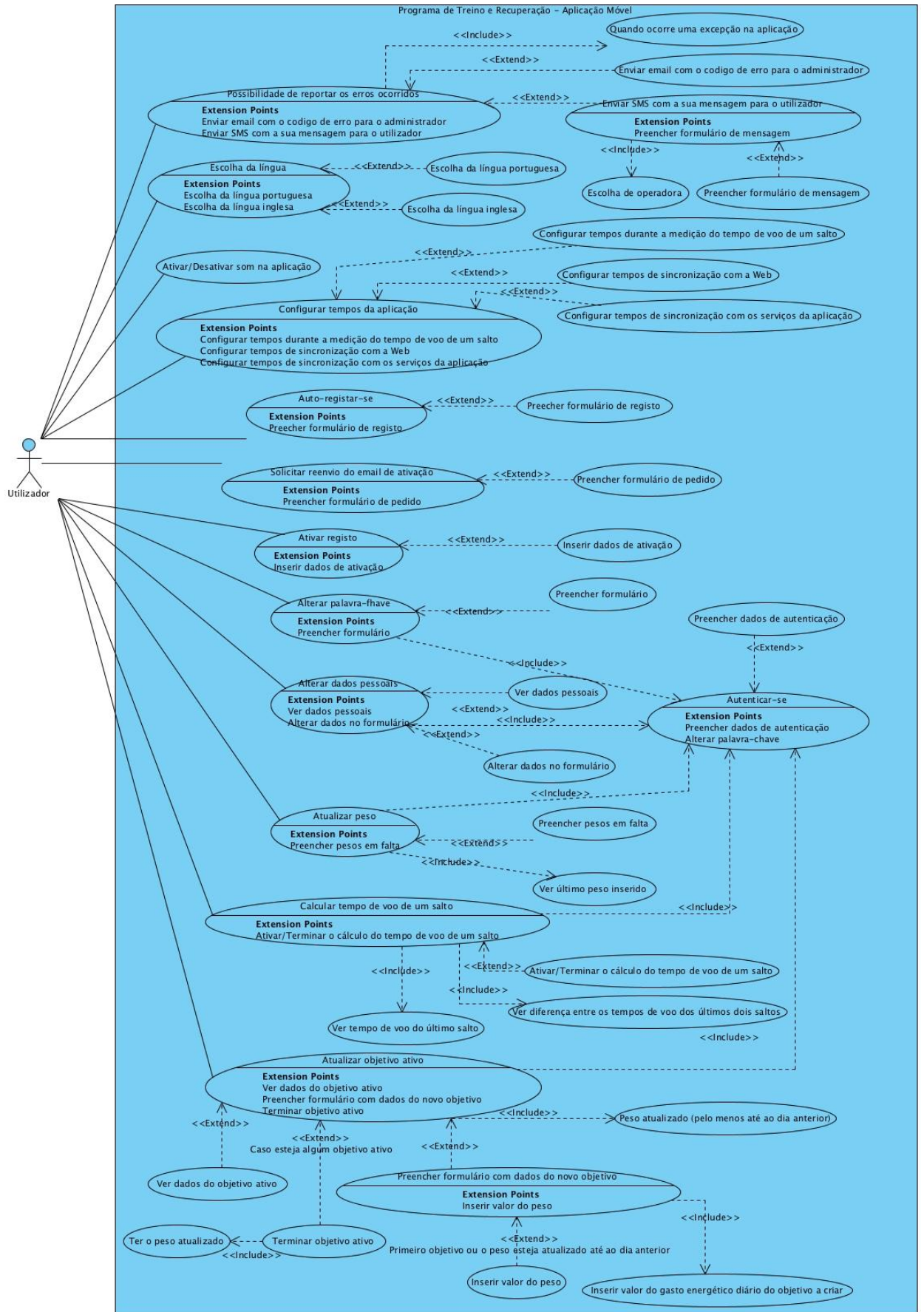


Figura I.5 - Diagrama de casos de utilização para a aplicação móvel

- Diagramas de Sequência
  - **Plataforma *Web***
    - Os diagramas de casos de sequência referentes ao processo de autenticação são iguais aos das duas aplicações elaboradas, tanto para a plataforma *Web* como para a aplicação para Smartphone. Na figura I.6, vai ser apresentado o diagrama de sequência referente ao processo de autenticação com sucesso. Na figura I.7, vai ser apresentado o diagrama de sequência relativo ao processo de autenticação em que o utilizador insere os seus dados incorretamente. Não serão apresentados mais diagramas relativos à autenticação, por exemplo se o utilizador está bloqueado ou não ativo, pois o processo será semelhante.
    - Os diagramas de sequência a apresentar são os diagramas de sequência referentes à apresentação dos dados dos tempos de voo dos saltos realizados anteriormente pelo utilizador que se encontram armazenados na base de dados. Na figura I.8, vai ser apresentado o diagrama de sequência para o caso de o utilizador já ter realizado saltos anteriormente e, na figura I.9, será apresentado o diagrama de sequência referente ao caso de o utilizador nunca ter realizado saltos.
  - **Aplicação Móvel**
    - Os diagramas de casos de sequência referentes ao processo de autenticação são iguais aos das duas aplicações elaboradas, tanto para a plataforma *Web* como para a aplicação para Smartphone. Na figura I.6, vai ser apresentado o diagrama de sequência referente ao processo de autenticação com sucesso. Na figura I.7, vai ser apresentado o diagrama de sequência relativo ao processo de autenticação em que o utilizador insere os seus dados incorretamente. Não serão apresentados mais diagramas relativos à autenticação, por exemplo se o utilizador está bloqueado ou não ativo, pois o processo será semelhante.
    - Os diagramas de sequência a apresentar são os diagramas de sequência referentes ao processo de cálculo do tempo de voo de um salto, utilizando o Smartphone. Na figura I.10, será apresentado o diagrama de sequência relativo ao processo de cálculo e armazenamento do tempo de voo de um salto do utilizador e, na figura I.11, apresenta-se o diagrama de sequência relativo ao caso do cálculo do tempo de voo de um salto, onde o mesmo é invalidado.

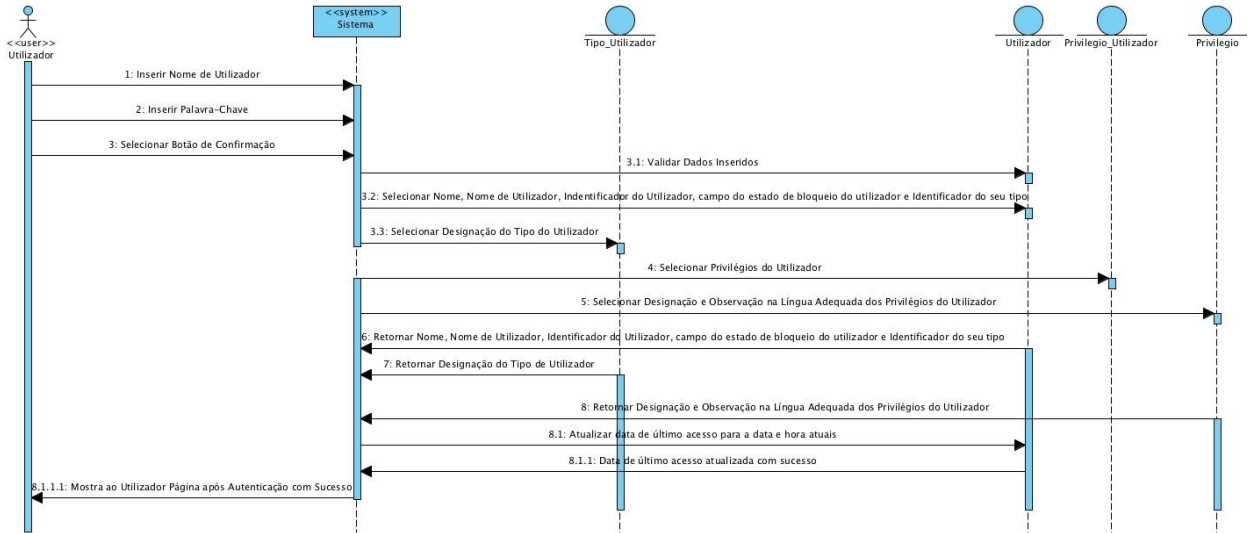


Figura I.6 - Diagrama de sequência relativo à autenticação com sucesso

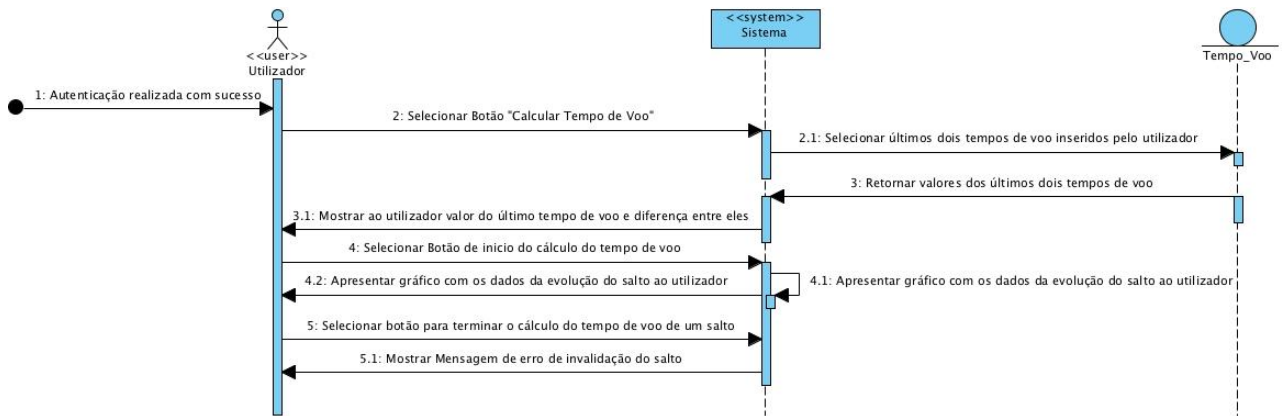


Figura I.7 - Diagrama de sequência relativo à autenticação sem sucesso, devido aos dados de autenticação estarem incorretos

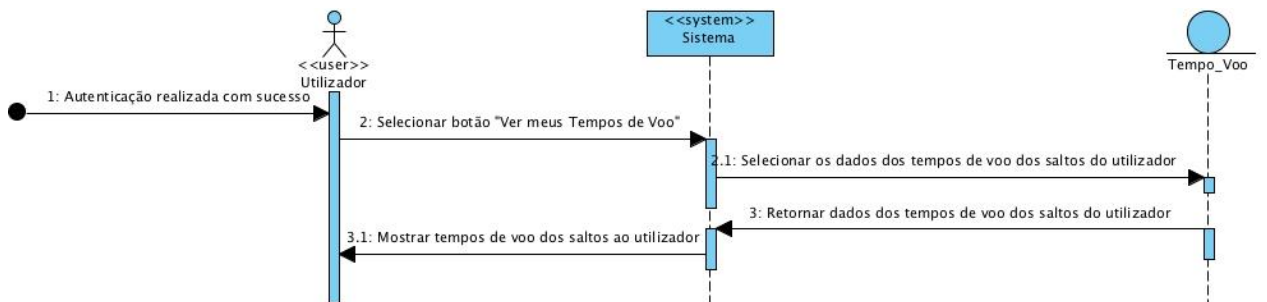


Figura I.8 - Diagrama de sequência relativo à visualização dos tempos de voo dos saltos já realizados (com saltos já realizados)

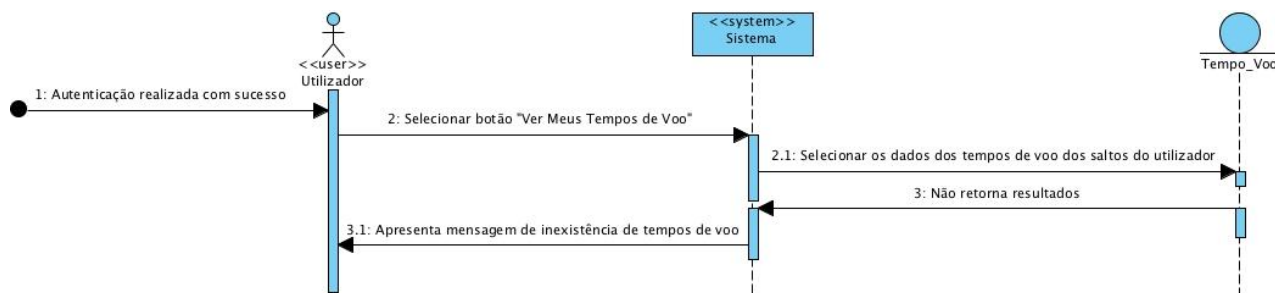


Figura I.9 - Diagrama de seqüência relativo à visualização de uma mensagem em como o utilizador nunca saltou

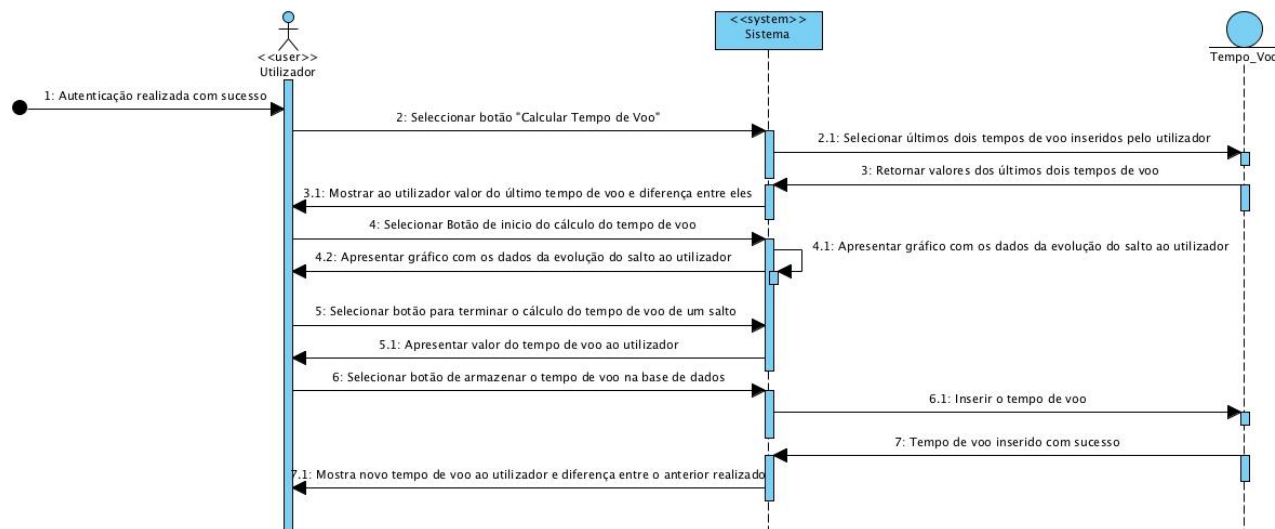


Figura I.10 - Diagrama de seqüência relativo ao cálculo do tempo de voo de um salto, em que o mesmo é calculado e armazenado com sucesso

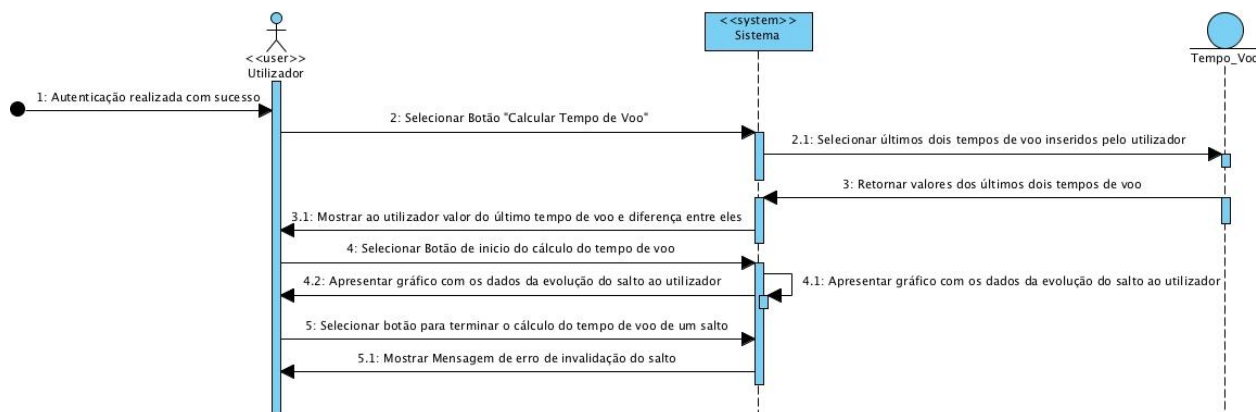


Figura I.11 - Diagrama de seqüência relativo ao calculo do tempo de voo de um salto, em que o salto é invalidado

- Diagramas de Componentes

- **Plataformas *Web***

- A plataforma *Web* apresenta encontra-se dividida em diversos módulos, como o módulo de autenticação, módulo de gestão dos tempos de voo, módulo de gestão de clientes, módulo de gestão de administradores, entre outros, apresentados na figura I.12.

- **Aplicação Móvel**

- A aplicação móvel subdivide-se em diversos módulos, tais como o módulo de autenticação, alterar a palavra-chave de acesso, alterar os dados pessoais, entre outros, apresentados na figura I.13.

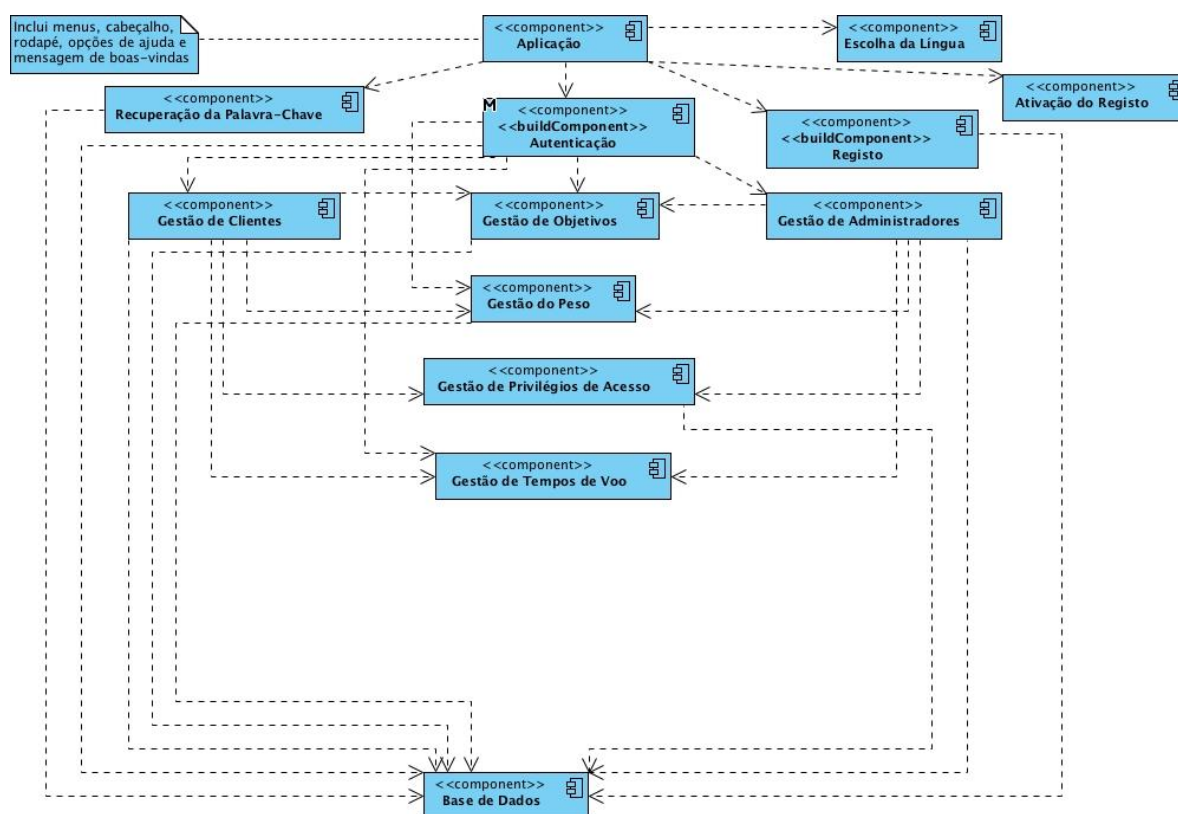


Figura I.12 - Diagrama de Componentes da plataforma *Web*

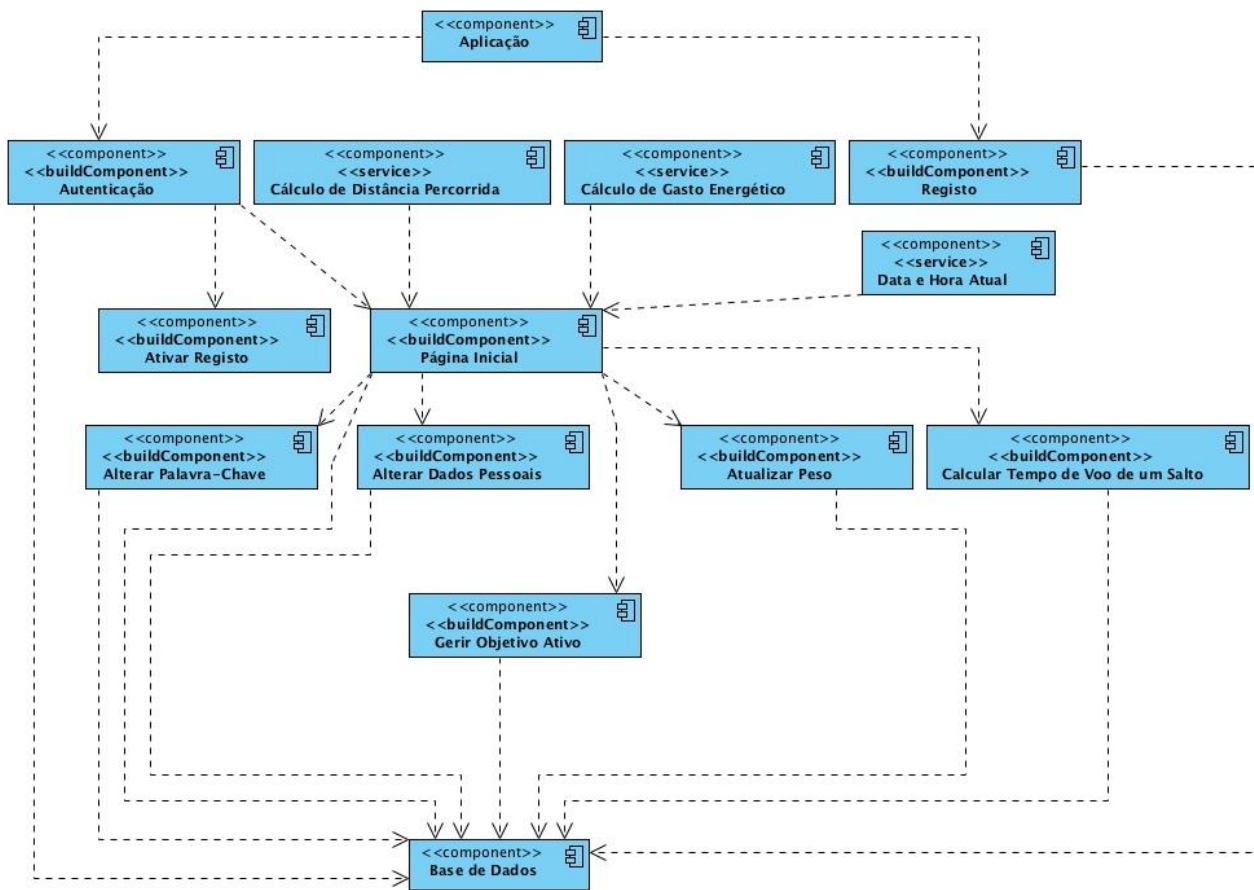


Figura I.13 - Diagrama de Componentes da aplicação móvel



- Modelo Relacional

- O modelo de base de dados é comum às duas aplicações visando permitir ao utilizador realizar todas as suas ações e armazenar os seus dados de forma estática. Esse modelo é apresentado na figura I.14.

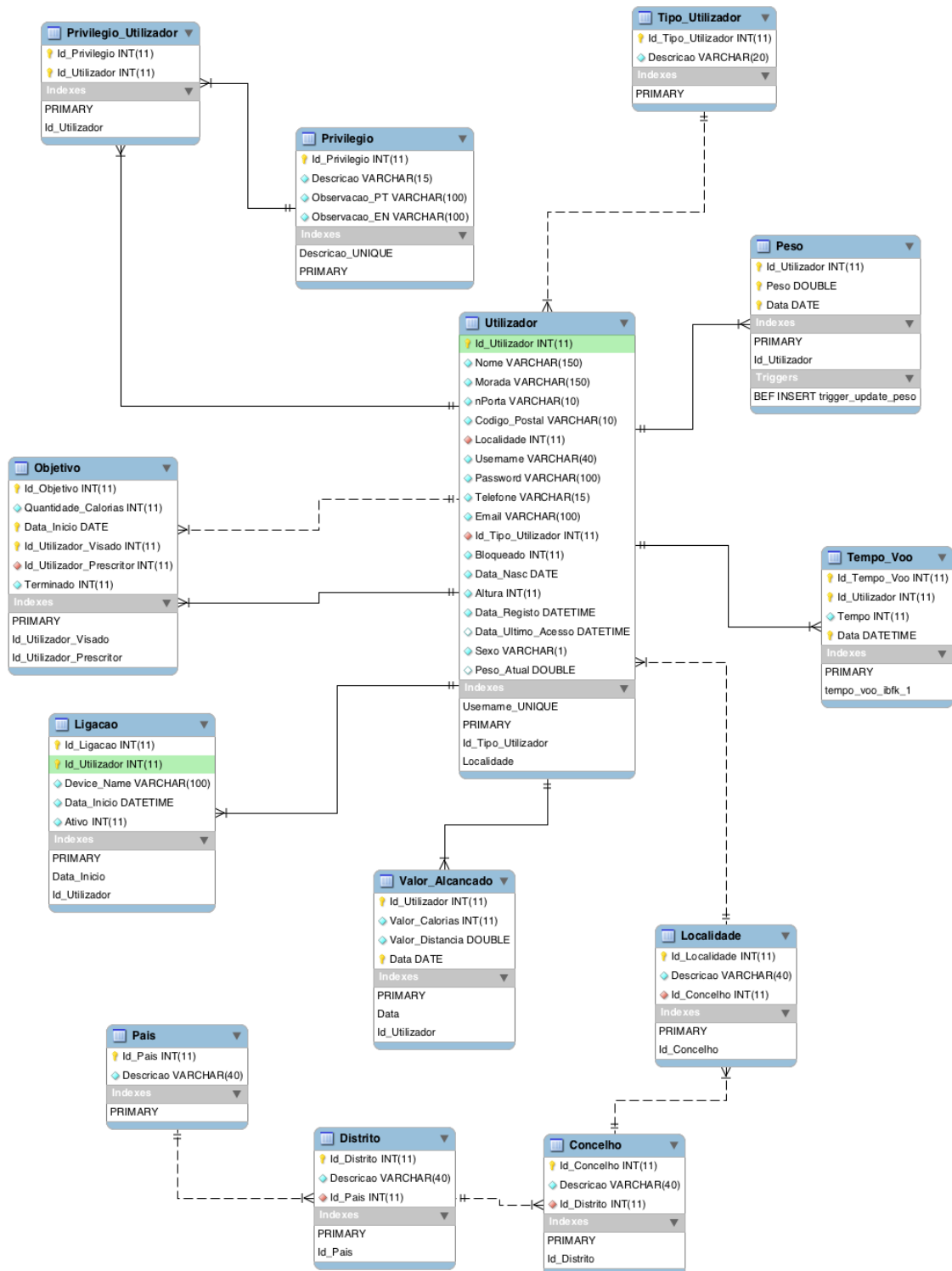


Figura I.14 - Modelo Relacional

- Diagrama de Instalação

Na figura I.15, será apresentado o diagrama de instalação da solução, referindo os principais componentes de *hardware* necessários à execução das aplicações disponibilizadas como produto final desta dissertação.

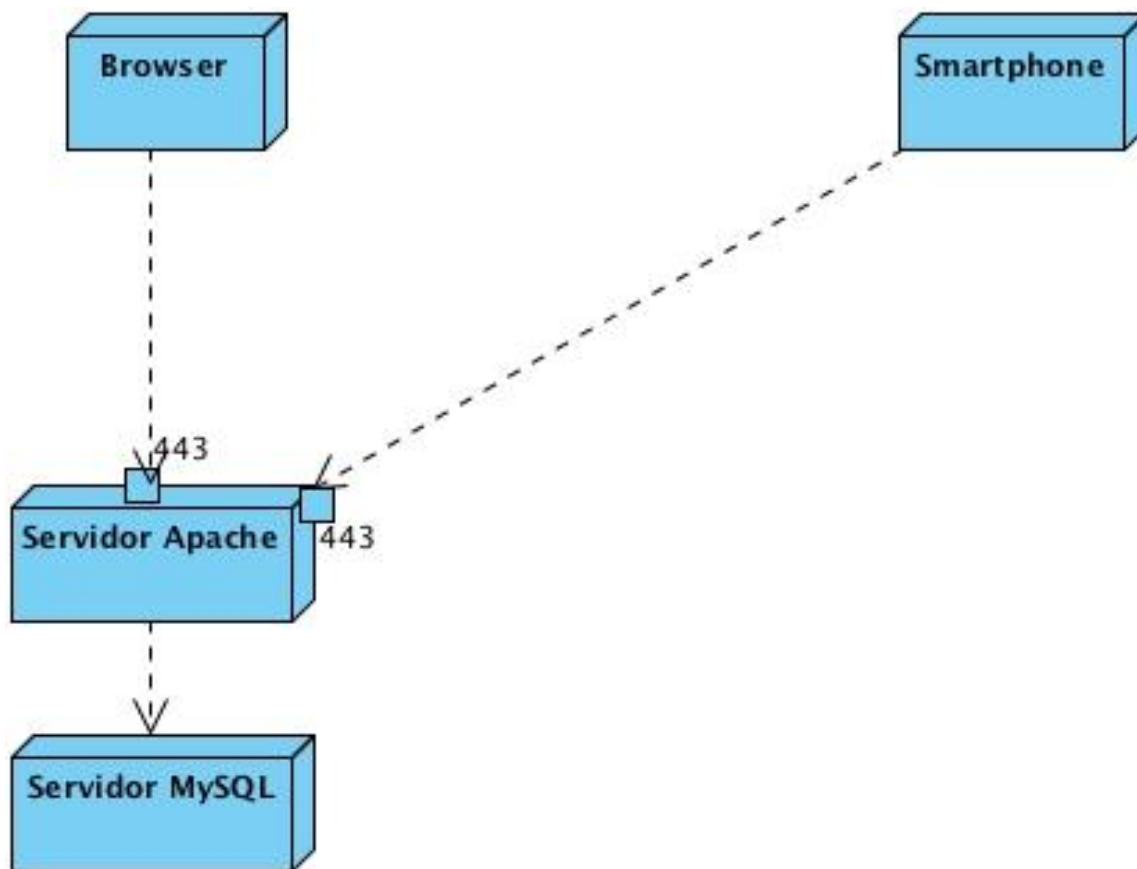


Figura I.15 - Diagrama de Instalação

## Anexo II - Código de Implementaco

No decorrer da implementaco da aplicacão móvel, foram implementados os servicos de cálculo da distância percorrida e de cálculo do dispêndio energético do utilizador que estão apresentados a seguir.

```

public class DistanceLocationService extends Service implements LocationListener,
    GpsStatus.Listener {

    public static final String BROADCAST_ACTION =
"com.programa_treino_recuperacao.Distance";
    private LocationManager locationManager;
    private Location lastLocation = null;
    private float distance = 0;
    private boolean isGPSFix = false;
    private boolean isSupported = true;
    private Intent intent;
    private Timer timer = new Timer();
    private static final long UPDATE_INTERVAL = 3000;

    public void onCreate() {
        intent = new Intent(BROADCAST_ACTION);

        timer.scheduleAtFixedRate( new TimerTask() {
            public void run() {
                DisplayDistanceStatus();
            }
        }, 0, UPDATE_INTERVAL);

        locationManager = (LocationManager)
getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);

        if (locationManager.isProviderEnabled(LocationManager.GPS_PROVIDER)) {
            locationManager.addGpsStatusListener(this);
            locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.GPS_PROVIDER,
1000, 0, this);
        }

        private void DisplayDistanceStatus() {
            intent.putExtra("distance", distance);
            distance = 0;
            intent.putExtra("state", isGPSFix);
            intent.putExtra("supported", isSupported);
            sendBroadcast(intent);
        }

        public static boolean isRunning() {
            return true;
        }

        public void onLocationChanged(Location location) {
            if(lastLocation==null) {
                lastLocation=location;
            }
            else {
                float[] results = new float[1];
                Location.distanceBetween(lastLocation.getLatitude(),
lastLocation.getLongitude(), location.getLatitude(), location.getLongitude(), results);
                lastLocation = location;
                distance += results[0];
            }
        }
    }
}

```

```

public void onProviderDisabled(String provider) {
    isSupported = false;
}

public void onProviderEnabled(String provider) {
    isSupported = true;
}

public void onStatusChanged(String provider, int status, Bundle extras) {
}

@Override
public void onDestroy() {
    locationManager.removeGpsStatusListener(this);
    locationManager.removeUpdates(this);
}

@Override
public IBinder onBind(Intent arg0) {
    return null;
}

public void onGpsStatusChanged(int event) {
    switch (event) {
        case GpsStatus.GPS_EVENT_SATELLITE_STATUS:
            GpsStatus xGpsStatus = locationManager.getGpsStatus(null) ;
            Iterable<GpsSatellite> iSatellites = xGpsStatus.getSatellites() ;
            Iterator<GpsSatellite> it = iSatellites.iterator() ;

            int iSats = 0 ;

            while (it.hasNext()) {
                iSats++ ;
                it.next() ;
            }

            if(iSats==0) {
                isGPSFix=false;
            } else {
                isGPSFix=true;
            }
            break;
        case GpsStatus.GPS_EVENT_FIRST_FIX:
            isGPSFix = true;
            break;
    }
}
}
}

```

```

public class CaloricExpenditureService extends Service implements SensorEventListener {

    public static final String BROADCAST_ACTION =
"com.programa_treino_recuperacao.CaloricExpenditure";
    private SensorManager sensorManager = null;
    private float[] accelerometerValues = null;
    private float[] gravityValues = null;
    private long firstTime = 0;
    private Vector<Float> values = new Vector<Float>();
    private boolean isSupported = true;
    private Intent intent;
    private Timer timer = new Timer();
    private float calories = 0;
    private static final long UPDATE_INTERVAL = 15000;
}

```

```

public void onCreate() {
    intent = new Intent(BROADCAST_ACTION);

    timer.scheduleAtFixedRate(new TimerTask() {
        public void run() {
            DisplayCaloricStatus();
        }
    }, 0, UPDATE_INTERVAL);

    sensorManager = (SensorManager) getSystemService(SENSOR_SERVICE);

    isSupported = sensorManager.registerListener(this,
    sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER),
    SensorManager.SENSOR_DELAY_FASTEST);

    if(isSupported) {
        isSupported = sensorManager.registerListener(this,
    sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GRAVITY),
    SensorManager.SENSOR_DELAY_FASTEST);

        if(!isSupported) {
            sensorManager.unregisterListener(this,
    sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER));
            sensorManager.unregisterListener(this,
    sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GRAVITY));
        }
    }
    else {
        sensorManager.unregisterListener(this,
    sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER));
    }
}

private void DisplayCaloricStatus() {
    intent.putExtra("calories", calories);
    intent.putExtra("supported", isSupported);
    calories = 0;
    sendBroadcast(intent);
}

public static boolean isRunning() {
    return true;
}

public void onDestroy() {
    super.onDestroy();
    sensorManager.unregisterListener(this,
    sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER));
    sensorManager.unregisterListener(this,
    sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GRAVITY));
}

public void onAccuracyChanged(Sensor sensor, int accuracy) {
}

```

```

public void onSensorChanged(SensorEvent event) {
    synchronized (this) {
        if(event.sensor.getType()==Sensor.TYPE_ACCELEROMETER) {
            accelerometerValues = event.values.clone();

            Date date = new Date();
            long milliseconds = date.getTime();

            if(accelerometerValues!=null && gravityValues!=null) {
                float valueX =
                    accelerometerValues[SensorManager.DATA_X]-gravityValues[SensorManager.DATA_X];
                float valueY =
                    accelerometerValues[SensorManager.DATA_Y]-gravityValues[SensorManager.DATA_Y];
                float valueZ =
                    accelerometerValues[SensorManager.DATA_Z]-gravityValues[SensorManager.DATA_Z];
                float acceleration = (float)
                    Math.sqrt((valueX*valueX)+(valueY*valueY)+(valueZ*valueZ));

                if(firstTime==0) {
                    firstTime=milliseconds;
                }
                else {
                    if(milliseconds-firstTime<10000) {
                        values.add(acceleration);
                    }
                    else {
                        float soma = 0;

                        for(int i=0; i<values.size();
                            i++) {
                            soma += values.get(i);
                        }

                        float media = soma/values.size();
                        long time = milliseconds-
                            firstTime;

                        calories +=
                            ((0.031*((media/SensorManager.GRAVITY_EARTH)*1528.01734)+1528.01734)+74.65)/3600)*(
                            time/1000);

                        firstTime=milliseconds;
                        values.clear();
                        values.add(acceleration);
                    }
                }
            }
        }
        if(event.sensor.getType()==Sensor.TYPE_GRAVITY) {
            gravityValues = event.values.clone();
        }
    }
}

public IBinder onBind(Intent arg0) {
    return null;
}
}

```

### Anexo III - Análise dos erros obtidos no cálculo do tempo de voo de um salto

- Análise dos erros obtidos com as sessenta experiências em conjunção dos tempos obtidos a partir do algoritmo pré-implementado do Smartphone e os tempos obtidos pelo sensor de pressão ligado ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch*, presente na tabela III.1

Número do Salto:	Tempo de Voo (Android) (em ms):	Tempo de Voo ( <i>bioPLUXresearch</i> ) (em ms):	Erro (em %):	Módulo Erro (em %):
1	429	381	12,5984	12,5984
2	459	386	18,9119	18,9119
3	415	348	19,2529	19,2529
4	383	384	-0,2604	0,2604
5	410	354	15,8192	15,8192
6	415	388	6,9588	6,9588
7	398	355	12,1127	12,1127
8	398	355	12,1127	12,1127
9	431	322	33,8509	33,8509
10	348	365	-4,6575	4,6575
11	370	329	12,4620	12,4620
12	362	355	1,9718	1,9718
13	395	352	12,2159	12,2159
14	380	336	13,0952	13,0952
15	379	332	14,1566	14,1566
16	363	330	10,0000	10,0000
17	363	330	10,0000	10,0000
18	356	334	6,5868	6,5868
19	347	337	2,9674	2,9674
20	332	341	-2,6393	2,6393
21	395	349	13,1805	13,1805
22	380	330	15,1515	15,1515
23	365	333	9,6096	9,6096
24	347	344	0,8721	0,8721
25	363	340	6,7647	6,7647
26	348	356	-2,2472	2,2472
27	381	353	7,9320	7,9320
28	363	360	0,8333	0,8333
29	366	322	13,6646	13,6646
30	379	333	13,8138	13,8138
31	396	361	9,6953	9,6953
32	363	354	2,5424	2,5424
33	314	338	-7,1006	7,1006
34	398	353	12,7479	12,7479

35	379	292	29,7945	29,7945
36	348	348	0,0000	0,0000
37	434	360	20,5556	20,5556
38	383	362	5,8011	5,8011
39	381	342	11,4035	11,4035
40	381	349	9,1691	9,1691
41	380	337	12,7596	12,7596
42	347	335	3,5821	3,5821
43	564	372	51,6129	51,6129
44	431	355	21,4085	21,4085
45	363	348	4,3103	4,3103
46	398	371	7,2776	7,2776
47	375	348	7,7586	7,7586
48	357	328	8,8415	8,8415
49	396	340	16,4706	16,4706
50	347	352	-1,4205	1,4205
51	380	310	22,5806	22,5806
52	380	353	7,6487	7,6487
53	398	361	10,2493	10,2493
54	395	395	0,0000	0,0000
55	367	356	3,0899	3,0899
56	381	337	13,0564	13,0564
57	383	362	5,8011	5,8011
58	412	360	14,4444	14,4444
59	380	394	-3,5533	3,5533
60	362	366	-1,0929	1,0929

Tabela III.1 - Análise dos tempos de voo dos saltos das sessenta experiências realizadas

- Análise dos erros obtidos com as 550 experiências em conjunção dos tempos obtidos a partir do algoritmo pré-implementado do Smartphone e os tempos obtidos pelo sensor de pressão ligado ao dispositivo de recolha de dados *bioPLUXresearch*, para posterior aplicação do método dos mínimos quadrados, presente na tabela III.2

Número do Salto:	Idade:	Peso (em kg):	Altura (em cm):	Género :	Tempo de Voo (Android) (em ms):	Tempo de Voo (bioPLUXresearch) (em ms):	Ajustamento no sentido dos mínimos quadrados (em ms):
1	31	70	175	M	429	455	387,0977616
2	31	70	175	M	429	442	387,0977616
3	31	70	175	M	421	383	386,7982096
4	31	70	175	M	420	397	386,7607656
5	31	70	175	M	403	384	386,1242176
6	31	70	175	M	378	359	385,1881176
7	31	70	175	M	364	383	384,6639016



8	31	70	175	M	429	364	387,0977616
9	31	70	175	M	380	386	385,2630056
10	31	70	175	M	397	346	385,8995536
11	31	70	175	M	412	362	386,4612136
12	31	70	175	M	366	367	384,7387896
13	31	70	175	M	396	370	385,8621096
14	31	70	175	M	380	386	385,2630056
15	31	70	175	M	514	354	390,2805016
16	31	70	175	M	332	342	383,4656936
17	31	70	175	M	397	368	385,8995536
18	31	70	175	M	365	365	384,7013456
19	31	70	175	M	379	360	385,2255616
20	31	70	175	M	396	358	385,8621096
21	31	70	175	M	518	338	390,4302776
22	31	70	175	M	366	381	384,7387896
23	31	70	175	M	265	386	380,9569456
24	31	70	175	M	395	391	385,8246656
25	31	70	175	M	397	382	385,8995536
26	31	70	175	M	381	367	385,3004496
27	31	70	175	M	365	373	384,7013456
28	31	70	175	M	1174	365	414,9935416
29	31	70	175	M	398	400	385,9369976
30	31	70	175	M	416	393	386,6109896
31	31	70	175	M	294	400	382,0428216
32	31	70	175	M	694	358	397,0204216
33	31	70	175	M	178	371	377,6993176
34	31	70	175	M	676	406	396,3464296
35	31	70	175	M	435	414	387,3224256
36	31	70	175	M	679	390	396,4587616
37	31	70	175	M	447	394	387,7717536
38	31	70	175	M	1156	389	414,3195496
39	31	70	175	M	412	372	386,4612136
40	31	70	175	M	365	379	384,7013456
41	31	70	175	M	1170	417	414,8437656
42	31	70	175	M	444	407	387,6594216
43	31	70	175	M	448	409	387,8091976
44	31	70	175	M	710	382	397,6195256
45	31	70	175	M	431	407	387,1726496
46	31	70	175	M	330	393	383,3908056
47	31	70	175	M	774	385	400,0159416
48	31	70	175	M	412	362	386,4612136
49	31	70	175	M	506	392	389,9809496
50	31	70	175	M	412	378	386,4612136

51	22	78	170	M	514	518	390,2805016
52	22	78	170	M	433	428	387,2475376
53	22	78	170	M	431	393	387,1726496
54	22	78	170	M	416	418	386,6109896
55	22	78	170	M	417	419	386,6484336
56	22	78	170	M	365	369	384,7013456
57	22	78	170	M	448	433	387,8091976
58	22	78	170	M	413	549	386,4986576
59	22	78	170	M	430	433	387,1352056
60	22	78	170	M	414	402	386,5361016
61	22	78	170	M	449	356	387,8466416
62	22	78	170	M	431	432	387,1726496
63	22	78	170	M	755	464	399,3045056
64	22	78	170	M	414	408	386,5361016
65	22	78	170	M	448	439	387,8091976
66	22	78	170	M	464	437	388,4083016
67	22	78	170	M	332	376	383,4656936
68	22	78	170	M	446	457	387,7343096
69	22	78	170	M	429	399	387,0977616
70	22	78	170	M	430	367	387,1352056
71	22	78	170	M	430	396	387,1352056
72	22	78	170	M	430	314	387,1352056
73	22	78	170	M	430	393	387,1352056
74	22	78	170	M	431	368	387,1726496
75	22	78	170	M	413	355	386,4986576
76	22	78	170	M	430	400	387,1352056
77	22	78	170	M	875	322	403,7977856
78	22	78	170	M	429	380	387,0977616
79	22	78	170	M	447	395	387,7717536
80	22	78	170	M	398	416	385,9369976
81	22	78	170	M	380	352	385,2630056
82	22	78	170	M	415	394	386,5735456
83	22	78	170	M	431	430	387,1726496
84	22	78	170	M	430	423	387,1352056
85	22	78	170	M	430	420	387,1352056
86	22	78	170	M	430	426	387,1352056
87	22	78	170	M	447	380	387,7717536
88	22	78	170	M	430	446	387,1352056
89	22	78	170	M	462	424	388,3334136
90	22	78	170	M	430	448	387,1352056
91	22	78	170	M	413	392	386,4986576
92	22	78	170	M	445	388	387,6968656
93	22	78	170	M	446	431	387,7343096
94	22	78	170	M	413	431	386,4986576
95	22	78	170	M	430	435	387,1352056

96	22	78	170	M	429	439	387,0977616
97	22	78	170	M	430	405	387,1352056
98	22	78	170	M	448	423	387,8091976
99	22	78	170	M	445	460	387,6968656
100	22	78	170	M	811	408	401,4013696
101	22	78	170	M	430	437	387,1352056
102	22	78	170	M	429	398	387,0977616
103	22	78	170	M	398	395	385,9369976
104	22	78	170	M	423	383	386,8730976
105	22	78	170	M	430	430	387,1352056
106	22	78	170	M	449	423	387,8466416
107	22	78	170	M	382	379	385,3378936
108	22	78	170	M	415	415	386,5735456
109	22	78	170	M	415	414	386,5735456
110	22	78	170	M	415	381	386,5735456
111	22	78	170	M	432	421	387,2100936
112	22	78	170	M	416	409	386,6109896
113	22	78	170	M	432	417	387,2100936
114	22	78	170	M	431	425	387,1726496
115	22	78	170	M	414	386	386,5361016
116	22	78	170	M	429	427	387,0977616
117	22	78	170	M	431	428	387,1726496
118	22	78	170	M	446	422	387,7343096
119	22	78	170	M	415	455	386,5735456
120	22	78	170	M	431	414	387,1726496
121	22	78	170	M	696	441	397,0953096
122	23	58	152	F	381	371	385,3004496
123	23	58	152	F	364	366	384,6639016
124	23	58	152	F	381	296	385,3004496
125	23	58	152	F	413	377	386,4986576
126	22	48	153	F	381	436	385,3004496
127	22	48	153	F	416	420	386,6109896
128	22	48	153	F	508	399	390,0558376
129	22	48	153	F	66	357	373,5055896
130	22	48	153	F	380	400	385,2630056
131	22	48	153	F	382	416	385,3378936
132	22	48	153	F	314	408	382,7917016
133	22	48	153	F	546	458	391,4787096
134	22	48	153	F	346	410	383,9899096
135	22	48	153	F	34	447	372,3073816
136	22	48	153	F	364	464	384,6639016
137	22	48	153	F	447	429	387,7717536
138	22	48	153	F	430	433	387,1352056
139	22	48	153	F	512	464	390,2056136
140	22	78	170	M	433	377	387,2475376

141	22	78	170	M	407	363	386,2739936
142	22	78	170	M	432	463	387,2100936
143	22	78	170	M	414	389	386,5361016
144	22	78	170	M	416	376	386,6109896
145	22	78	170	M	431	392	387,1726496
146	22	78	170	M	429	406	387,0977616
147	22	78	170	M	433	373	387,2475376
148	22	78	170	M	414	404	386,5361016
149	22	78	170	M	416	396	386,6109896
150	22	78	170	M	417	366	386,6484336
151	22	78	170	M	431	410	387,1726496
152	22	78	170	M	431	413	387,1726496
153	22	78	170	M	415	411	386,5735456
154	22	78	170	M	431	354	387,1726496
155	22	78	170	M	398	353	385,9369976
156	22	78	170	M	431	414	387,1726496
157	22	78	170	M	413	348	386,4986576
158	22	78	170	M	413	375	386,4986576
159	22	78	170	M	398	359	385,9369976
160	22	78	170	M	415	394	386,5735456
161	22	78	170	M	417	408	386,6484336
162	22	78	170	M	381	328	385,3004496
163	22	78	170	M	427	434	387,0228736
164	22	78	170	M	432	399	387,2100936
165	22	78	170	M	415	430	386,5735456
166	22	78	170	M	381	376	385,3004496
167	22	78	170	M	382	342	385,3378936
168	22	78	170	M	415	378	386,5735456
169	22	78	170	M	399	369	385,9744416
170	22	78	170	M	431	366	387,1726496
171	22	78	170	M	398	348	385,9369976
172	22	78	170	M	415	418	386,5735456
173	22	78	170	M	382	368	385,3378936
174	22	78	170	M	415	408	386,5735456
175	22	78	170	M	381	335	385,3004496
176	22	78	170	M	398	383	385,9369976
177	22	78	170	M	366	368	384,7387896
178	22	78	170	M	397	364	385,8995536
179	22	78	170	M	383	320	385,3753376
180	22	78	170	M	398	384	385,9369976
181	22	78	170	M	413	379	386,4986576
182	22	78	170	M	396	380	385,8621096
183	22	78	170	M	398	356	385,9369976
184	22	78	170	M	397	377	385,8995536
185	22	78	170	M	413	400	386,4986576

Aplicação móvel e plataforma *Web* para suporte à estimação do gasto energético em atividade física

186	22	78	170	M	414	416	386,5361016
187	22	78	170	M	398	387	385,9369976
188	22	78	170	M	380	390	385,2630056
189	22	78	170	M	365	347	384,7013456
190	22	78	170	M	397	366	385,8995536
191	22	78	170	M	409	411	386,3488816
192	22	78	170	M	398	385	385,9369976
193	22	78	170	M	405	381	386,1991056
194	22	78	170	M	397	395	385,8995536
195	22	78	170	M	398	351	385,9369976
196	22	78	170	M	396	386	385,8621096
197	22	78	170	M	397	389	385,8995536
198	22	78	170	M	363	389	384,6264576
199	22	78	170	M	430	393	387,1352056
200	22	78	170	M	397	406	385,8995536
201	22	78	170	M	413	370	386,4986576
202	22	78	170	M	397	375	385,8995536
203	22	78	170	M	381	401	385,3004496
204	22	78	170	M	380	403	385,2630056
205	22	78	170	M	398	391	385,9369976
206	22	78	170	M	397	398	385,8995536
207	22	78	170	M	379	324	385,2255616
208	22	78	170	M	380	370	385,2630056
209	22	78	170	M	413	380	386,4986576
210	22	78	170	M	429	409	387,0977616
211	22	78	170	M	378	388	385,1881176
212	22	78	170	M	395	387	385,8246656
213	22	78	170	M	397	344	385,8995536
214	22	78	170	M	414	398	386,5361016
215	22	78	170	M	379	393	385,2255616
216	22	78	170	M	344	386	383,9150216
217	22	78	170	M	331	348	383,4282496
218	22	78	170	M	405	399	386,1991056
219	22	78	170	M	380	366	385,2630056
220	22	78	170	M	396	400	385,8621096
221	22	78	170	M	412	398	386,4612136
222	22	78	170	M	412	409	386,4612136
223	22	78	170	M	381	337	385,3004496
224	22	78	170	M	381	349	385,3004496
225	22	78	170	M	396	336	385,8621096
226	22	78	170	M	397	396	385,8995536
227	22	78	170	M	378	376	385,1881176
228	22	78	170	M	758	366	399,4168376
229	22	78	170	M	413	352	386,4986576
230	22	78	170	M	428	389	387,0603176

231	22	78	170	M	381	385	385,3004496
232	22	78	170	M	411	401	386,4237696
233	22	78	170	M	380	405	385,2630056
234	22	78	170	M	395	354	385,8246656
235	22	78	170	M	396	407	385,8621096
236	22	78	170	M	396	379	385,8621096
237	22	78	170	M	379	376	385,2255616
238	22	78	170	M	412	384	386,4612136
239	22	78	170	M	429	397	387,0977616
240	22	78	170	M	346	395	383,9899096
241	22	78	170	M	412	375	386,4612136
242	22	78	170	M	413	387	386,4986576
243	22	78	170	M	396	364	385,8621096
244	22	78	170	M	411	385	386,4237696
245	22	78	170	M	348	346	384,0647976
246	22	78	170	M	364	374	384,6639016
247	22	78	170	M	380	394	385,2630056
248	22	78	170	M	381	380	385,3004496
249	22	78	170	M	413	366	386,4986576
250	22	78	170	M	397	425	385,8995536
251	22	78	170	M	381	390	385,3004496
252	22	78	170	M	380	398	385,2630056
253	22	78	170	M	380	343	385,2630056
254	22	78	170	M	414	405	386,5361016
255	22	78	170	M	427	431	387,0228736
256	22	78	170	M	412	390	386,4612136
257	22	78	170	M	397	420	385,8995536
258	22	78	170	M	380	384	385,2630056
259	22	78	170	M	380	421	385,2630056
260	22	78	170	M	412	354	386,4612136
261	22	78	170	M	348	387	384,0647976
262	22	78	170	M	396	370	385,8621096
263	22	78	170	M	461	402	388,2959696
264	22	78	170	M	416	421	386,6109896
265	22	78	170	M	398	376	385,9369976
266	22	78	170	M	380	366	385,2630056
267	22	78	170	M	407	397	386,2739936
268	22	78	170	M	397	326	385,8995536
269	22	78	170	M	379	407	385,2255616
270	22	78	170	M	357	347	384,4017936
271	22	78	170	M	416	402	386,6109896
272	22	78	170	M	395	375	385,8246656
273	22	78	170	M	412	397	386,4612136
274	22	78	170	M	396	381	385,8621096
275	22	78	170	M	411	384	386,4237696

276	22	78	170	M	396	369	385,8621096
277	22	78	170	M	379	373	385,2255616
278	22	78	170	M	396	344	385,8621096
279	22	78	170	M	398	392	385,9369976
280	22	78	170	M	395	371	385,8246656
281	22	78	170	M	379	355	385,2255616
282	22	78	170	M	412	408	386,4612136
283	22	78	170	M	411	389	386,4237696
284	22	78	170	M	395	358	385,8246656
285	22	78	170	M	364	393	384,6639016
286	22	78	170	M	397	409	385,8995536
287	22	78	170	M	395	384	385,8246656
288	22	78	170	M	429	379	387,0977616
289	22	78	170	M	396	399	385,8621096
290	22	78	170	M	388	374	385,5625576
291	22	78	170	M	428	368	387,0603176
292	22	78	170	M	411	398	386,4237696
293	22	78	170	M	379	341	385,2255616
294	22	78	170	M	396	368	385,8621096
295	22	78	170	M	361	383	384,5515696
296	22	78	170	M	396	396	385,8621096
297	22	78	170	M	413	369	386,4986576
298	22	78	170	M	395	311	385,8246656
299	22	78	170	M	413	337	386,4986576
300	22	78	170	M	380	377	385,2630056
301	22	78	170	M	398	367	385,9369976
302	22	78	170	M	428	412	387,0603176
303	22	78	170	M	380	394	385,2630056
304	22	78	170	M	363	373	384,6264576
305	22	78	170	M	412	352	386,4612136
306	22	78	170	M	380	375	385,2630056
307	22	78	170	M	365	415	384,7013456
308	22	78	170	M	365	356	384,7013456
309	22	78	170	M	395	385	385,8246656
310	22	78	170	M	380	380	385,2630056
311	22	78	170	M	378	337	385,1881176
312	22	78	170	M	378	250	385,1881176
313	22	78	170	M	365	380	384,7013456
314	22	78	170	M	363	365	384,6264576
315	22	78	170	M	396	412	385,8621096
316	22	78	170	M	412	404	386,4612136
317	22	78	170	M	364	407	384,6639016
318	22	78	170	M	396	380	385,8621096
319	22	78	170	M	412	414	386,4612136
320	22	78	170	M	380	387	385,2630056

321	22	78	170	M	412	406	386,4612136
322	22	78	170	M	426	393	386,9854296
323	22	78	170	M	411	409	386,4237696
324	22	78	170	M	394	397	385,7872216
325	22	78	170	M	394	410	385,7872216
326	22	78	170	M	428	367	387,0603176
327	22	78	170	M	397	414	385,8995536
328	22	78	170	M	397	412	385,8995536
329	22	78	170	M	397	426	385,8995536
330	22	78	170	M	411	383	386,4237696
331	22	78	170	M	397	370	385,8995536
332	22	78	170	M	428	409	387,0603176
333	22	78	170	M	412	410	386,4612136
334	22	78	170	M	403	407	386,1242176
335	22	78	170	M	383	369	385,3753376
336	22	78	170	M	384	383	385,4127816
337	22	78	170	M	398	448	385,9369976
338	22	78	170	M	380	397	385,2630056
339	22	78	170	M	415	385	386,5735456
340	22	78	170	M	414	397	386,5361016
341	22	78	170	M	365	385	384,7013456
342	22	78	170	M	399	390	385,9744416
343	22	78	170	M	414	392	386,5361016
344	22	78	170	M	380	376	385,2630056
345	22	78	170	M	393	400	385,7497776
346	22	78	170	M	399	382	385,9744416
347	22	78	170	M	393	377	385,7497776
348	22	78	170	M	412	375	386,4612136
349	22	78	170	M	402	401	386,0867736
350	22	78	170	M	413	307	386,4986576
351	22	78	170	M	367	394	384,7762336
352	22	78	170	M	341	343	383,8026896
353	22	78	170	M	381	389	385,3004496
354	22	78	170	M	398	368	385,9369976
355	22	78	170	M	380	409	385,2630056
356	22	78	170	M	413	402	386,4986576
357	22	78	170	M	381	385	385,3004496
358	22	78	170	M	380	377	385,2630056
359	22	78	170	M	398	397	385,9369976
360	22	78	170	M	413	376	386,4986576
361	22	78	170	M	399	395	385,9744416
362	22	78	170	M	384	409	385,4127816
363	22	78	170	M	382	359	385,3378936
364	22	78	170	M	413	410	386,4986576
365	22	78	170	M	381	380	385,3004496



366	22	78	170	M	399	390	385,9744416
367	22	78	170	M	364	395	384,6639016
368	22	78	170	M	412	408	386,4612136
369	22	78	170	M	371	366	384,9260096
370	22	78	170	M	397	397	385,8995536
371	22	78	170	M	429	420	387,0977616
372	22	78	170	M	397	284	385,8995536
373	22	78	170	M	397	390	385,8995536
374	22	78	170	M	390	372	385,6374456
375	22	78	170	M	331	363	383,4282496
376	22	78	170	M	413	419	386,4986576
377	22	78	170	M	462	319	388,3334136
378	22	78	170	M	413	382	386,4986576
379	22	78	170	M	332	396	383,4656936
380	22	78	170	M	166	391	377,2499896
381	22	78	170	M	397	396	385,8995536
382	22	78	170	M	412	412	386,4612136
383	22	78	170	M	364	385	384,6639016
384	22	78	170	M	397	356	385,8995536
385	22	78	170	M	399	402	385,9744416
386	22	78	170	M	380	356	385,2630056
387	22	78	170	M	397	409	385,8995536
388	22	78	170	M	396	359	385,8621096
389	22	78	170	M	381	295	385,3004496
390	22	78	170	M	362	378	384,5890136
391	22	78	170	M	380	369	385,2630056
392	22	78	170	M	381	337	385,3004496
393	22	78	170	M	396	405	385,8621096
394	22	78	170	M	346	385	383,9899096
395	22	78	170	M	381	403	385,3004496
396	22	78	170	M	396	409	385,8621096
397	22	78	170	M	380	296	385,2630056
398	22	78	170	M	413	354	386,4986576
399	22	78	170	M	395	393	385,8246656
400	22	78	170	M	396	372	385,8621096
401	22	78	170	M	430	403	387,1352056
402	22	78	170	M	384	362	385,4127816
403	22	78	170	M	400	413	386,0118856
404	22	78	170	M	417	411	386,6484336
405	22	78	170	M	418	388	386,6858776
406	22	78	170	M	382	354	385,3378936
407	22	78	170	M	380	342	385,2630056
408	22	78	170	M	367	400	384,7762336
409	22	78	170	M	397	386	385,8995536
410	22	78	170	M	415	421	386,5735456

411	22	78	170	M	449	332	387,8466416
412	22	78	170	M	348	350	384,0647976
413	22	78	170	M	415	398	386,5735456
414	22	78	170	M	398	359	385,9369976
415	22	78	170	M	414	391	386,5361016
416	22	78	170	M	382	378	385,3378936
417	22	78	170	M	82	377	374,1046936
418	22	78	170	M	430	375	387,1352056
419	22	78	170	M	408	375	386,3114376
420	22	78	170	M	398	364	385,9369976
421	22	78	170	M	398	387	385,9369976
422	22	78	170	M	412	389	386,4612136
423	22	78	170	M	399	386	385,9744416
424	22	78	170	M	431	386	387,1726496
425	22	78	170	M	381	423	385,3004496
426	22	78	170	M	380	382	385,2630056
427	22	78	170	M	382	383	385,3378936
428	22	78	170	M	415	400	386,5735456
429	22	78	170	M	412	348	386,4612136
430	22	78	170	M	396	427	385,8621096
431	22	78	170	M	399	430	385,9744416
432	22	78	170	M	414	420	386,5361016
433	22	78	170	M	380	416	385,2630056
434	22	78	170	M	398	412	385,9369976
435	22	78	170	M	359	369	384,4766816
436	22	78	170	M	397	423	385,8995536
437	22	78	170	M	397	405	385,8995536
438	22	78	170	M	381	435	385,3004496
439	22	78	170	M	395	372	385,8246656
440	22	78	170	M	413	396	386,4986576
441	22	78	170	M	397	359	385,8995536
442	22	78	170	M	364	362	384,6639016
443	22	78	170	M	414	353	386,5361016
444	22	78	170	M	365	423	384,7013456
445	22	78	170	M	397	393	385,8995536
446	22	78	170	M	430	380	387,1352056
447	22	78	170	M	368	378	384,8136776
448	22	78	170	M	412	398	386,4612136
449	22	78	170	M	344	377	383,9150216
450	22	78	170	M	380	382	385,2630056
451	22	78	170	M	380	376	385,2630056
452	22	78	170	M	394	370	385,7872216
453	22	78	170	M	364	366	384,6639016
454	22	78	170	M	380	390	385,2630056
455	22	78	170	M	413	379	386,4986576

456	22	78	170	M	381	364	385,3004496
457	22	78	170	M	381	383	385,3004496
458	22	78	170	M	430	415	387,1352056
459	22	78	170	M	388	385	385,5625576
460	22	78	170	M	386	383	385,4876696
461	22	78	170	M	116	340	375,3777896
462	22	78	170	M	414	403	386,5361016
463	22	78	170	M	727	382	398,2560736
464	22	78	170	M	432	404	387,2100936
465	22	78	170	M	395	423	385,8246656
466	22	78	170	M	379	382	385,2255616
467	22	78	170	M	428	361	387,0603176
468	22	78	170	M	370	393	384,8885656
469	22	78	170	M	365	356	384,7013456
470	22	78	170	M	397	410	385,8995536
471	22	78	170	M	182	420	377,8490936
472	22	78	170	M	363	376	384,6264576
473	22	78	170	M	395	362	385,8246656
474	22	78	170	M	414	400	386,5361016
475	22	78	170	M	367	349	384,7762336
476	22	78	170	M	399	403	385,9744416
477	22	78	170	M	417	393	386,6484336
478	22	78	170	M	381	400	385,3004496
479	22	78	170	M	412	345	386,4612136
480	22	78	170	M	776	393	400,0908296
481	22	78	170	M	358	369	384,4392376
482	22	78	170	M	365	363	384,7013456
483	22	78	170	M	398	378	385,9369976
484	22	78	170	M	396	410	385,8621096
485	22	78	170	M	346	354	383,9899096
486	22	78	170	M	380	397	385,2630056
487	22	78	170	M	380	348	385,2630056
488	22	78	170	M	406	385	386,2365496
489	22	78	170	M	1214	383	416,4913016
490	22	78	170	M	378	371	385,1881176
491	22	78	170	M	413	384	386,4986576
492	22	78	170	M	411	360	386,4237696
493	22	78	170	M	412	382	386,4612136
494	22	78	170	M	379	351	385,2255616
495	22	78	170	M	381	377	385,3004496
496	22	78	170	M	397	371	385,8995536
497	22	78	170	M	148	410	376,5759976
498	22	78	170	M	396	411	385,8621096
499	22	78	170	M	394	364	385,7872216
500	22	78	170	M	412	354	386,4612136

501	22	78	170	M	396	277	385,8621096
502	22	78	170	M	412	386	386,4612136
503	22	78	170	M	412	386	386,4612136
504	22	78	170	M	379	411	385,2255616
505	22	78	170	M	380	391	385,2630056
506	22	78	170	M	380	443	385,2630056
507	22	78	170	M	331	415	383,4282496
508	22	78	170	M	362	386	384,5890136
509	22	78	170	M	379	364	385,2255616
510	22	78	170	M	348	342	384,0647976
511	22	78	170	M	412	397	386,4612136
512	22	78	170	M	495	434	389,5690656
513	22	78	170	M	394	356	385,7872216
514	22	78	170	M	411	429	386,4237696
515	22	78	170	M	380	380	385,2630056
516	22	78	170	M	429	360	387,0977616
517	22	78	170	M	397	383	385,8995536
518	22	78	170	M	377	330	385,1506736
519	22	78	170	M	397	384	385,8995536
520	22	78	170	M	363	388	384,6264576
521	22	78	170	M	364	328	384,6639016
522	22	78	170	M	360	352	384,5141256
523	22	78	170	M	105	359	374,9659056
524	22	78	170	M	413	394	386,4986576
525	22	78	170	M	379	378	385,2255616
526	22	78	170	M	428	388	387,0603176
527	22	78	170	M	379	352	385,2255616
528	22	78	170	M	380	357	385,2630056
529	22	78	170	M	347	393	384,0273536
530	22	78	170	M	380	358	385,2630056
531	22	78	170	M	379	301	385,2255616
532	22	78	170	M	379	374	385,2255616
533	22	78	170	M	379	370	385,2255616
534	22	78	170	M	345	381	383,9524656
535	22	78	170	M	381	391	385,3004496
536	22	78	170	M	345	360	383,9524656
537	22	78	170	M	380	362	385,2630056
538	22	78	170	M	348	374	384,0647976
539	22	78	170	M	396	437	385,8621096
540	22	78	170	M	331	341	383,4282496
541	22	78	170	M	346	349	383,9899096
542	22	78	170	M	364	367	384,6639016
543	22	78	170	M	379	379	385,2255616
544	22	78	170	M	362	353	384,5890136
545	22	78	170	M	380	355	385,2630056

546	22	78	170	M	413	385	386,4986576
547	22	78	170	M	313	377	382,7542576
548	22	78	170	M	364	355	384,6639016
549	22	78	170	M	362	385	384,5890136
550	22	78	170	M	380	354	385,2630056

Tabela III.2 - Análise dos tempos de voo dos saltos efectuados para fazer a validação



## Bibliografia

- [1] J. Hyun Choi, J. Lee, H. Tai Hwang, J. Pal Kim, J. Chan Park, and K. Shin, "Estimation of activity energy expenditure: accelerometer approach," *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, vol. 4, pp. 3830-3, 2005.
- [2] A. Alexander. (2012, 23 de maio de 2012). *Smartphone Usage Statistics 2012*. Available: <http://ansonalex.com/infographics/smartphone-usage-statistics-2012-infographic/>
- [3] E. Staff. (2011, 23 de maio de 2012). *IDC: smartphones now outnumber basic phones in Europe*. Available: <http://www.electronista.com/articles/11/09/08/idc.says.apple.google.help.smartphones.win.europe/>
- [4] S. L. Lau and K. David, "Movement recognition using the accelerometer in smartphones," in *Future Network and Mobile Summit, 2010*, Florence, 2010, pp. 1 - 9.
- [5] A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs, and L. Selavo, "Real time pothole detection using Android smartphones with accelerometers," in *Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops (DCOSS), 2011 International Conference on*, Barcelona, 2011, pp. 1 - 6.
- [6] S. Das, L. Green, B. Perez, and M. Murphy, "Detecting User Activities using the Accelerometer on Android Smartphones," July 30, 2010 2010.
- [7] J. Hausmann, "Activity Level Estimator," Master of Science degree in Information Systems, Department of Information Systems, University of Geneva,, Switzerland, 2010.
- [8] V. d. S. Felizardo, "Validação do acelerómetro xyzPlux para estimação do Gasto Energético com aquisição de diversos parâmetros fisiológicos," Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Departamento de Electromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2010.
- [9] V. Felizardo, P. D. Gaspar, N. M. Garcia, and V. Reis, "Acquisition of Multiple Physiological Parameters During Physical Exercise," *International Journal of E-Health and Medical Communications*, vol. 2, pp. 37-49, October-December 2011 2011.
- [10] S. E. Crouter, J. R. Churilla, and D. R. Bassett, Jr., "Estimating energy expenditure using accelerometers," *Eur J Appl Physiol*, vol. 98, pp. 601-12, Dec 2006.
- [11] S. E. Crouter, K. G. Clowers, and D. R. Bassett, "A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure," *Journal of Applied Physiology*, vol. 100, pp. 1324-1331, Apr 2006.
- [12] A. Mozes. (2012, 23 de maio de 2012). *Your smartphone may be stressing you out*. Available: [http://www.everydayhealth.com/emotional-health/0112/your-smartphone-may-be-stressing-you-out.aspx?xid=tw\\_everydayhealth\\_20120112\\_smartphone](http://www.everydayhealth.com/emotional-health/0112/your-smartphone-may-be-stressing-you-out.aspx?xid=tw_everydayhealth_20120112_smartphone)
- [13] I. d. Carmo, *Saber Emagrecer*. Lisboa: booklet, 2002.
- [14] F. Póvoas, *O Prazer de Emagrecer*, 12º ed. Alfragide: Caderno, 2010.
- [15] L. Welling and L. Thomson, *PHP and MySQL Web Development*, 4th ed. United States of America: Pearson Education, 2009.
- [16] B. Kennedy and C. Musciano, *HTML & XHTML: The Definitive Guide*, 6th ed. United States of America.: O'Reilly, 2006.
- [17] M. S. Silva, *jQuery: A biblioteca do Programador JavaScript*: novatec.
- [18] M. L. Murphy, *The Busy Coder's Guide to Android Development*, Version 3.6 ed. United States of America: CommonsWare, 2011.
- [19] M. L. Murphy, *Beginning Android 2*. United States of America: Apress, 2010.
- [20] C. Haseman, *Android Essentials*. Berkeley, CA: Apress, 2008.
- [21] W.-M. Lee, *Beginning Android™ Application Development*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2011.
- [22] S. Y. Hashimi, S. Komatineni, and D. MacLean, *Pro Android 2*. United States of America: Apress, 2010.
- [23] S. Komatineni, D. MacLean, and S. Y. Hashimi, *Pro Android 3*. United States of America: Apress, 2011.

- [24] R. Meier, *Professional Android™ Application Development*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2009.
- [25] R. Meier, *Professional Android™ 2 Application Development*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2010.
- [26] PLUX, *bioPlux research user manual*, version 1.2 ed. Lisboa: PLUX, 2010.
- [27] B. E. Ainsworth, W. L. Haskell, M. C. Whitt, M. L. Irwin, A. M. Swartz, S. J. Strath, W. L. O'Brien, D. R. Bassett, Jr., K. H. Schmitz, P. O. Emplainscourt, D. R. Jacobs, Jr., and A. S. Leon, "Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities," *Med Sci Sports Exerc*, vol. 32, pp. S498-504, Sep 2000.
- [28] K. Lyden, S. L. Kozey, J. W. Staudenmeyer, and P. S. Freedson, "A comprehensive evaluation of commonly used accelerometer energy expenditure and MET prediction equations," *European Journal of Applied Physiology*, vol. 111, pp. 187-201, Feb 2011.
- [29] D. L. Johannsen, J. P. DeLany, M. I. Frisard, M. A. Welsch, C. K. Rowley, X. B. Fang, S. M. Jazwinski, E. Ravussin, and L. H. A. Study, "Physical activity in aging: Comparison among young, aged, and nonagenarian individuals," *Journal of Applied Physiology*, vol. 105, pp. 495-501, Aug 2008.
- [30] F. K. Assah, U. Ekelund, S. Brage, K. Corder, A. Wright, J. C. Mbanya, and N. J. Wareham, "Predicting Physical Activity Energy Expenditure Using Accelerometry in Adults From Sub-Saharan Africa," *Obesity*, vol. 17, pp. 1588-1595, Aug 2009.
- [31] J. Y. Jung, K. A. Han, H. R. Kwon, H. J. Ahn, J. H. Lee, K. S. Park, and K. W. Min, "The usefulness of an accelerometer for monitoring total energy expenditure and its clinical application for predicting body weight changes in type 2 diabetic korean women," *Korean Diabetes J*, vol. 34, pp. 374-83, Dec 2010.
- [32] A. C. King, K. N. Parkinson, A. J. Adamson, L. Murray, H. Besson, J. J. Reilly, and L. Basterfield, "Correlates of objectively measured physical activity and sedentary behaviour in English children," *Eur J Public Health*, vol. 21, pp. 424-31, Aug 2011.
- [33] C.-Y. Lee and J.-J. Lee, "Estimation of Walking Behavior Using Accelerometers in Gait Rehabilitation," *International Journal of Human-friendly Welfare Robotic Systems*, vol. 3, pp. 32-36, Jun-2002 2002.
- [34] L. H. Colbert and D. A. Schoeller, "Expending our physical activity (measurement) budget wisely," *J Appl Physiol*, vol. 111, pp. 606-7, Aug 2011.
- [35] J. A. Levine, "Measurement of energy expenditure," *Public Health Nutrition*, vol. 8, 2007.
- [36] X. C. Li, Q. Li, Y. Jiang, and W. Chikaiwen, "Modeling and Simulation on Energy Expenditure of Human Body in Walking," *Proceedings of Second International Conference on Sports Science and Sports Engineering*, pp. 168-172, 2009.
- [37] H. Besson, S. Brage, R. W. Jakes, U. Ekelund, and N. J. Wareham, "Estimating physical activity energy expenditure, sedentary time, and physical activity intensity by self-report in adults," *Am J Clin Nutr*, vol. 91, pp. 106-14, Jan 2010.
- [38] K. H. Schmitz, M. Treuth, P. Hannan, R. McMurray, K. B. Ring, D. Catellier, and R. Pate, "Predicting energy expenditure from accelerometry counts in adolescent girls," *Med Sci Sports Exerc*, vol. 37, pp. 155-61, Jan 2005.
- [39] M. R. Puyau, A. L. Adolph, F. A. Vohra, I. Zakeri, and N. F. Butte, "Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 36, pp. 1625-1631, Sep 2004.
- [40] D. J. Catellier, P. J. Hannan, D. M. Murray, C. L. Addy, T. L. Conway, S. Yang, and J. C. Rice, "Imputation of missing data when measuring physical activity by accelerometry," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 37, pp. S555-S562, Nov 2005.
- [41] D. R. Bouchard and F. Trudeau, "Estimation of energy expenditure in a work environment: comparison of accelerometry and oxygen consumption/heart rate regression," *Ergonomics*, vol. 51, pp. 663-70, May 2008.
- [42] C. V. Bouten, K. R. Westerterp, M. Verduin, and J. D. Janssen, "Assessment of Energy-Expenditure for Physical-Activity Using a Triaxial Accelerometer," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 26, pp. 1516-1523, Dec 1994.
- [43] K. Y. Chen and M. Sun, "Improving energy expenditure estimation by using a triaxial accelerometer," *Journal of Applied Physiology*, vol. 83, pp. 2112-2122, Dec 1997.
- [44] P. M. V. Ilha, R. C. R. d. Silva, and E. L. Petroski, "Validade do Acelerômetro Tri-axial TRITRAC: Um Estudo de Revisão," *Rev. Bras. Cine. Des. Hum.*, vol. 7, pp. 75-81, 2005.



- [45] D. Jacobi, A. E. Perrin, N. Grosman, M. F. Dore, S. Normand, J. M. Oppert, and C. Simon, "Physical activity-related energy expenditure with the RT3 and TriTrac accelerometers in overweight adults," *Obesity (Silver Spring)*, vol. 15, pp. 950-6, Apr 2007.
- [46] N. Y. Leenders, W. M. Sherman, and H. N. Nagaraja, "Energy expenditure estimated by accelerometry and doubly labeled water: do they agree?," *Med Sci Sports Exerc*, vol. 38, pp. 2165-72, Dec 2006.
- [47] B. G. Steele, L. Holt, B. Belza, S. Ferris, S. Lakshminaryan, and D. M. Buchner, "Quantitating physical activity in COPD using a triaxial accelerometer," *Chest*, vol. 117, pp. 1359-1367, May 2000.
- [48] R. M. Enoka, *Neuromechanics of Human Movement*, 4th ed. United States of America: Human Kinetics, 2008.
- [49] A. Godfrey, R. Conway, D. Meagher, and O. L. G., "Direct measurement of human movement by accelerometry," *Med Eng Phys*, vol. 30, pp. 1364-86, Dec 2008.
- [50] J. Hamill and K. M. Knutzen, *Biomechanical Basis of Human Movement*, 3rd ed.: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- [51] V. Medved, *Measurement of human locomotion*. United States of America: CRC Press, 2001.
- [52] C. J. Payton and R. M. Bartlett, *Biomechanical Evaluation of Movement in Sport and Exercise: The British Association of Sport and Exercise Sciences Guidelines*. Abingdon, Oxon: Routledge, 2008.
- [53] M. Kovacs, "Speed Training: Linear Acceleration," *NSCA Hot Topic Series*.
- [54] N. Y. J. M. Leenders, T. E. Nelson, and W. M. Sherman, "Ability of Different Physical Activity Monitors to Detect Movement During Treadmill Walking," *Int J Sports Med*, vol. 24, pp. 43-50, 2003.
- [55] H. J. Luinge, "Inertial Sensing of Human Movement," Ph.D. thesis, University of Twente, Enschede, the Netherlands, 2002.
- [56] V. Rajaraman, B. S. Hau, L. A. Rocha, R. A. Dias, K. A. A. Makinwa, and R. Dekker, "A novel soi-mems "micro-swing" time-accelerometer operating in two time-based transduction modes for high sensitivity and extended range," in *Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference (TRANSDUCERS), 2011 16th International*, Beijing, 2011, pp. 2066 - 2069.
- [57] N. Garatachea, G. T. Luque, and J. G. Gallego, "Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults," *Nutricion Hospitalaria*, vol. 25, pp. 224-230, Mar-Apr 2010.
- [58] E. Haapalainen, P. Laurinen, P. Siirtola, J. Roning, H. Kinnunen, and H. Jurvelin, "Exercise energy expenditure estimation based on acceleration data using the linear mixed model," *Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration*, pp. 131-136, 2008.
- [59] S. Härtel, J.-P. Gnam, S. Löffler, and K. Bös, "Estimation of energy expenditure using accelerometers and activity-based energy models—validation of a new device," *European Review of Aging and Physical Activity*, vol. 8, pp. 109-114, 2010.
- [60] Y. Kawahara, N. Ryu, and T. Asami, "Monitoring Daily Energy Expenditure using a 3-Axis Accelerometer with a Low-Power Microprocessor," vol. 1, 2009.
- [61] T. Kim, Y. Kim, H. Yoon, and T. Shin, "A Preliminary Study on Estimation of Energy Expenditure at Different Locations of Acceleration Sensor during Submaximal Exercise," *Embc: 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vols 1-20*, pp. 4902-4905, 2009.
- [62] E. E. Kuffel, S. E. Crouter, J. D. Haas, E. A. Frongillo, and D. R. Bassett, Jr., "Validity of estimating minute-by-minute energy expenditure of continuous walking bouts by accelerometry," *Int J Behav Nutr Phys Act*, vol. 8, p. 92, 2011.
- [63] J. A. Levine and J. M. Miller, "The energy expenditure of using a "walk-and-work" desk for office workers with obesity," *British Journal of Sports Medicine*, vol. 41, Sep 2007.
- [64] A. M. Machado-Rodrigues, E. S. M. J. Coelho, J. Mota, E. Cyrino, S. P. Cumming, C. Riddoch, G. Beunen, and R. M. Malina, "Agreement in activity energy expenditure assessed by accelerometer and self-report in adolescents: variation by sex, age, and weight status," *J Sports Sci*, vol. 29, pp. 1503-14, Nov 2011.
- [65] T. M. Manini, "Commentaries on Viewpoint: Expending our physical activity (measurement) budget wisely," *J Appl Physiol*, vol. 111, p. 608; discussion 614, Aug 2011.

- [66] H. Manne, H. Timo, K. Lasse, M. Juha, and J. Jukka, "Applicability of triaxial accelerometer for energy expenditure calculation in weight lifting," *Perspective Technologies and Methods in MEMS Design*, pp. 24-27, 2006.
- [67] J. Neville, A. Wixted, D. Rowlands, and D. James, "Accelerometers: An underutilized resource in sports monitoring," in *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), 2010 Sixth International Conference on*, Brisbane, QLD, 2010, pp. 287-290.
- [68] A. Nilsson, S. Brage, C. Riddoch, S. A. Anderssen, L. B. Sardinha, N. Wedderkopp, L. B. Andersen, and U. Ekelund, "Comparison of equations for predicting energy expenditure from accelerometer counts in children," *Scand J Med Sci Sports*, vol. 18, pp. 643-50, Oct 2008.
- [69] D. R. Paul, M. Kramer, K. S. Stote, K. E. Spears, A. J. Moshfegh, D. J. Baer, and W. V. Rumpler, "Estimates of adherence and error analysis of physical activity data collected via accelerometry in a large study of free-living adults," *BMC Med Res Methodol*, vol. 8, p. 38, 2008.
- [70] P. D. Swan, W. C. Byrnes, and E. M. Haymes, "Energy expenditure estimates of the Caltrac accelerometer for running, race walking, and stepping," *Br J Sports Med*, vol. 31, pp. 235-9, Sep 1997.
- [71] D. Thompson, A. M. Batterham, D. Markovitch, N. C. Dixon, A. J. Lund, and J. P. Walhin, "Confusion and conflict in assessing the physical activity status of middle-aged men," *PLoS One*, vol. 4, p. e4337, 2009.
- [72] R. P. Troiano, "Translating accelerometer counts into energy expenditure: advancing the quest," *Journal of Applied Physiology*, vol. 100, pp. 1107-1108, Apr 2006.
- [73] H. Vathsangam, A. Emken, E. T. Schroeder, D. Spruijt-Metz, and G. S. Sukhatme, "Determining energy expenditure from treadmill walking using hip-worn inertial sensors: an experimental study," *IEEE Trans Biomed Eng*, vol. 58, pp. 2804-15, Oct 2011.
- [74] M. R. Westerterp, "Physical activity as determinant of daily energy expenditure," *Physiology & Behavior*, vol. 93, pp. 1039-1043, Mar 18 2008.
- [75] C. C. Yang and Y. L. Hsu, "A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring," *Sensors (Basel)*, vol. 10, pp. 7772-88, 2010.
- [76] T. K. Tso, "Estimates of energy expenditure using the RT3 accelerometer in patients with systemic lupus erythematosus," *Health*, vol. 02, pp. 603-608, 2010.
- [77] Y. Fujiki, "iPhone as a Physical Activity Measurement Platform," in *CHI 2010: Student Research Competition (Spotlight on Posters Days 1 & 2)*, Atlanta, Georgia, USA, 2010.
- [78] P. A. Hageman, J. F. Norman, K. L. Pfeifferkorn, N. J. Reiss, and K. A. Riesberg, "Comparison of Two Physical Activity Monitors During a 1-mile Walking Field Test," *Journal of Exercise Physiology online*, vol. 7, pp. 102-110, June 2004 2004.
- [79] T. A.-.-A.-.-T. a. N. s. s. platform. (2011, 8 de Junho de 2012). *TRAINUTRI AAL-2009-2-129 | AAL-010000-2010-3 | TRAINing and NUTRition senior social platform | Trainutri*. Available: <http://www.trainutri.com/>
- [80] P. Hendrick, M. L. Bell, P. J. Bagge, and S. Milosavljevic, "Can accelerometry be used to discriminate levels of activity?," *Ergonomics*, vol. 52, pp. 1019-25, Aug 2009.
- [81] L. K. S. Sunna, "Athlete Monitoring via Wireless Sensor on a Mobile Phone," Master of science in Electrical Engineering, Department of Computer Science and Electrical Engineering, Luleå University of Technology, 2010.
- [82] M. B. Hoos, G. Plasqui, W. J. Gerver, and K. R. Westerterp, "Physical activity level measured by doubly labeled water and accelerometry in children," *Eur J Appl Physiol*, vol. 89, pp. 624-6, Aug 2003.
- [83] R. K. Johnson, J. Russ, and M. I. Goran, "Physical activity related energy expenditure in children by doubly labeled water as compared with the Caltrac accelerometer," *International Journal of Obesity*, vol. 22, pp. 1046-1052, Nov 1998.
- [84] Fatsecret. (2012, 8 de Junho de 2012). *All Thingd Food and Diet - FatSecret*. Available: <http://www.fatsecret.com/>
- [85] MyFitnessPal. (2012, 8 de Junho de 2012). *Diet tools, calculators, and more | MyFitnessPal.com*. Available: <http://www.myfitnesspal.com/>
- [86] JohnRouda.com. (2012, 8 de Junho de 2012). *Mobile Apps for iPhone :: JohnRouda.com :: IT, Networking, Security, LAMP, Linux, Windows, Microsoft, Cisco*,

- CCNA, MCSE, MCDBA, SQL, Server, MySQL, PHP, Perl. Available: <http://www.johnrouda.com/apps/iphone/>
- [87] Π. Κατσαλούλης. (2011, 8 de Junho de 2012). *Fitness Oracle*. Available: <http://www.panayotis.com/mobile/ios/fitoracle/>
- [88] M. Patel. (2012, 8 de Junho de 2012). *Calories Burned Calculator - Aplicações Android no Google Play*. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.calories.burned.calculator&feature=search\\_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5jYWxvcmlscy5idXJuZWZuY2FsY3VsYXRvcjJd](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.calories.burned.calculator&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5jYWxvcmlscy5idXJuZWZuY2FsY3VsYXRvcjJd)
- [89] Mobilehead. (2010, 8 de Junho de 2012). *App Store - Shake It Run Time*. Available: <http://itunes.apple.com/pt/app/shake-it-run-time/id345271047?mt=8>
- [90] V. t. P. Ltd. (2010, 8 de Junho de 2012). *App Store - iPedometerFit*. Available: <http://itunes.apple.com/pt/app/ipedometerfit/id386264976?mt=8>
- [91] U. Cheddar. (2012, 8 de Junho de 2012). *Free Pedometer & Step Counter - Android Apps on Google Play*. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gzone.pedometer&feature=search\\_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5nem9uZS5wZWZWRvWV0ZlXlXQ..](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gzone.pedometer&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5nem9uZS5wZWZWRvWV0ZlXlXQ..)
- [92] JChoiDr. (2012, 8 de Junho de 2012). *calorie fitness - Android Apps on Google Play*. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=jinukchoi.CB&feature=search\\_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmppbnVrY2hvaS5DQjJd](https://play.google.com/store/apps/details?id=jinukchoi.CB&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmppbnVrY2hvaS5DQjJd)
- [93] J. A. Doust, G. V. Frisk, and H. Martell, "Using GPS at Sea to Determine the Range Between a Moving Ship and a Drifting Buoy to Centimeter-Level Accuracy," in *OCEANS '98*, Nice, 1998, pp. 1344 - 1347 vol.3.
- [94] A. J. Gray, D. Jenkins, M. H. Andrews, D. R. Taaffe, and M. L. Glover, "Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports," *J Sports Sci*, vol. 28, pp. 1319-25, Oct 2010.
- [95] D. Pépin, C. Adrados, C. Mann, and G. Janeau, "Assessing Real Daily Distance Traveled by Ungulates Using Differential Gps Locations," *Journal of Mammalogy*, vol. 85, pp. 774-780, 2004.
- [96] P. Terrier and Y. Schutz, "Variability of gait patterns during unconstrained walking assessed by satellite positioning (GPS)," *Eur J Appl Physiol*, vol. 90, pp. 554-61, Nov 2003.
- [97] H. Jeon, S. K. Kim, B. Jeon, and K. S. Park, "Distance Estimation from Acceleration for Quantitative Evaluation of Parkinson Tremor," in *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*, Boston, MA, 2011, pp. 393-396.
- [98] M. Patterson, D. McGrath, and B. Caulfield, "Using a tri-axial accelerometer to detect technique breakdown due to fatigue in distance runners: a preliminary perspective," in *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*, Boston, MA, 2011, pp. 6511-6514.
- [99] M. HOOSHMANDZADEH, "Principles of Using Integrating GPS and Triaxial Accelerometers in Surveying Displacement of Large Span Bridges," presented at the XXIII FIG Congress, Munich, Germany, 2006.
- [100] K. Sagawa, H. Inooka, and Y. Satoh, "Non-restricted measurement of walking distance," in *Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference on*, Nashville, TN, 2000, pp. 1847 - 1852 vol.3.
- [101] F. T. Rico. (2009, 8 de Junho de 2012). *Go! Running Buddy*. Available: <http://www.facebook.com/gorunningbuddy/info>
- [102] G. F. Developer. (2012, 8 de Junho de 2012). *Calorie Tracker w/ Speedometer - Android Apps on Google Play*. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=gpsFitness.runneraid&feature=search\\_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmdwcz0ZpdG5lc3MucnVubmVyYWlklI0](https://play.google.com/store/apps/details?id=gpsFitness.runneraid&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmdwcz0ZpdG5lc3MucnVubmVyYWlklI0)
- [103] AndroidMaster. (2012, 8 de Junho de 2012). *Pace Keeper - Android Apps on Google Play*. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=http://www.helocontrols.com&feature=search\\_result-?t=W251bGwsMSwxLDEslnd3dy5oZWxvY29udHJvbHMuY29tIi0](https://play.google.com/store/apps/details?id=http://www.helocontrols.com&feature=search_result-?t=W251bGwsMSwxLDEslnd3dy5oZWxvY29udHJvbHMuY29tIi0)
- [104] Garmin. (2012, 8 de Junho de 2012). *Garmin Fit™ - Android Apps on Google Play*. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.garmin.android.apps.fitness&fea>

- ture=search\_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5nYXJtaW4uYW5kcm9pZC5hcHBzLmZpdG5lc3MiXQ..
- [105] I. FitnessKeeper. (2012, 2012). *RunKeeper - Android Apps on Google Play*. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fitnesskeeper.runkeeper.pro&feature=search\\_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5maXRuZXNza2VlcGVyLnJ1bmtlZXBlci5wcm8iXQ..](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fitnesskeeper.runkeeper.pro&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5maXRuZXNza2VlcGVyLnJ1bmtlZXBlci5wcm8iXQ..)
- [106] R. Stokes. (2012, 8 de Junho de 2012). *Fit+ - Android Apps on Google Play*. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exercise.fitplus&feature=search\\_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5leGVyY2lzZS5maXRwbHVzIl0..](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exercise.fitplus&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEslmNvbS5leGVyY2lzZS5maXRwbHVzIl0..)
- [107] S. Favre, B. Najafi, and K. Aminian, "A System For Vertical Jump Evaluation Using Accelerometers and Gyroscope," presented at the DiSS: Symposium du Département Inter-facultaire de Sport et de Santé, Lausanne-Switzerland, 2005.
- [108] N. G. B. Júnior, L. Borges, J. A. Dias, M. D. Wentz, D. J. d. S. Mattos, R. Petry, and S. C. Domenech, "Validity of a new contact mat system for evaluating vertical jump," *Motriz, Rio Claro*, vol. 17, pp. 26-32, jan./mar. 2011 2011.
- [109] N. P. Linthorne, "Analysis of standing vertical jumps using a force platform," *American Journal of Physics*, vol. 69, pp. 1198-1204, Nov 2001.
- [110] K. R. Neely and C. J. Zebas, "Vertical Jump Kinetics in Young Children," presented at the 2003 Annual meeting, Ohio, 2003.
- [111] S. Palma, H. Silva, H. Gamboa, and P. Mil-Homens, "Standing jump loft time measurement - An acceleration based method," *Biosignals 2008: Proceedings of the First International Conference on Bio-Inspired Systems and Signal Processing, Vol II*, pp. 393-396, 2008.
- [112] L. Quagliarella, N. Sasanelli, G. Belgiovine, L. Moretti, and B. Moretti, "Evaluation of standing vertical jump by ankles acceleration measurement," *J Strength Cond Res*, vol. 24, pp. 1229-36, May 2010.
- [113] P. Sebert, L. Barthelemy, Y. Dietman, C. Douguet, and J. Boulay, "A simple device for measuring a vertical jump: description and results," *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, vol. 61, pp. 271-3, 1990.
- [114] P. Susana, G. Hugo, S. Hugo, and M.-H. Pedro, "Vertical Jump Flight Time Measurement: A New Method Based on Acceleration Signals," presented at the 12th Annual Congress of the ECSS, Jyväskylä, Finland, 2007.
- [115] L. A. Szmuchowski, J. C. Ferreira, R. G. d. S. Carvalho, T. M. Barroso, and R. M. Ferreira, "Reliability of a Flight Time Measurement Instrument During Vertical Jump," in *XXV ISBS Symposium 2007*, Ouro Preto - Brazil, 2007.
- [116] M. Williams, "Exploration of differences in vertical jump performance between typically developing children and those identified with DCD: A kinematic and kinetic analysis," Degree of Doctor of Philosophy, School of Exercise Science, Faculty of Health Sciences, Australia, 2008.
- [117] B. Requena, F. Requena, I. García, E. S.-S. d. Villarreal, and M. Pääsuke, "Reliability and validity of a wireless microelectromechanicals based system (Keimove™) for measuring vertical jumping performance," *Journal of Sports Science and Medicine*, vol. 11, pp. 115-122, 20 January 2012 2012.
- [118] D. Mizell, "Using gravity to estimate accelerometer orientation," *Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers, Proceedings*, pp. 252-253, 2003.
- [119] G. K. Palshikar, "Simple Algorithms for Peak Detection in Time-Series," presented at the Proc. 1st Int. Conf. Advanced Data Analysis, Business Analytics and Intelligence (ICADABAI2009), Ahmedabad, 2009.
- [120] J. Zhang, X. Zhou, H. Wang, A. Suffredini, L. Zhang, Y. Huang, and S. Wong, "Bayesian Peptide Peak Detection for High Resolution TOF Mass Spectrometry," *IEEE Trans Signal Process*, vol. 58, pp. 5883-5894, Nov 1 2010.
- [121] J. McKenzie, "Mean absolute percentage error and bias in economic forecasting," *Economics Letters*, vol. 113, pp. 259-262, Dec 2011.
- [122] A. F. Mills and B. H. Chang, "Error Analysis of Experiments: A Manual for Engineering Students," ed. Los Angeles, California: University of California, 2004.
- [123] A. G. Bluman, *Elementary Statistics: A Step by Step Approach*, Eight ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2009.
- [124] D. Curran-Everett, "Explorations in statistics: confidence intervals," *Adv Physiol Educ*, vol. 33, pp. 87-90, Jun 2009.

- [125] L. E. Daly, "Confidence limits made easy: Interval estimation using a substitution method," *American Journal of Epidemiology*, vol. 147, pp. 783-790, Apr 15 1998.
- [126] J. He, H. Zhao, and Q. Fu, "Sample Size Analysis for Confidence Interval Estimation of Performance Metrics in ATR Evaluation," in *Radar Conference, 2007 IEEE*, Boston, MA, 2007, pp. 585 - 589.
- [127] J. Levin, *Estatística aplicada a ciências humanas*. São Paulo: Harbra, 1987.
- [128] D. M. Levine, M. L. Berenson, and D. Stephan, *Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português*: LTC Editora.
- [129] B. Murteira, C. S. Ribeiro, J. S. Ribeiro, and C. Pimenta, *Introdução à Estatística* vol. 2ª. Aravaca, Madrid: McGraw-Hill, 2007.
- [130] K. R. Sundaram and A. Jose, "Teaching: Estimation of Minimum Sample Size and the Impact of Effect Size and Altering the Type - I & II Errors on IT, in Clinical Research," presented at the Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics, Ljubljana, Slovenia, 2010.
- [131] H. R. V. Carrillo, "Least squares for different experimental cases," *Revista Mexicana de Física*, vol. 53, pp. 597-602, 1989.
- [132] R. Custodio, J. C. d. Andrade, and F. Augusto, "O Ajuste de Funções Matemáticas a Dados Experimentais," *QUÍMICA NOVA*, vol. 20, pp. 219-225, 11/10/96 1997.
- [133] N. R. Draper and H. Smith, *Applied regression analysis*, Third ed. United States of America: Wiley Series in Probability and Statistics, 1998.
- [134] T. Fomby, "Scoring Measures for Prediction Problems," ed. Dallas: Southern Methodist University, 2008.
- [135] M. L. Johnson and L. M. Faunt, "Parameter estimation by least-squares methods," *Methods Enzymol*, vol. 210, pp. 1-37, 1992.
- [136] S. P. Malyshenko, "The Processing of Experimental Results by the Method of Least Squares," *JOURNAL OF ENGINEERING PHYSICS*, vol. 14, pp. 309-313, 1968.
- [137] S. Margulies, "Fitting Experimental Data Using the Method of Least Squares," *Review of Scientific Instruments*, vol. 39, p. 478, 1968.
- [138] M. Morduchow, "Method of Averages and Its Comparison with the Method of Least Squares," *Journal of Applied Physics*, vol. 25, pp. 1260-1263, 1954.
- [139] J. O. Rawlings, S. G. Pantula, and D. A. Dickey, *Applied Regression Analysis: A Research Tool*, Second ed.: Springer, 1998.
- [140] C. R. SELVAKUMAR. (1982, Approximations to Complementary Error Functions by Method of Least Squares. *PROCEEDINGS OF THE IEEE* 70.
- [141] A. D. Shine. (2006). *Fitting Experimental Data to Straight Lines (Including Error Analysis)*.