

Departamento de Ciências e Tecnologias de Informação

Sistema de Monitorização Biométrica e de Assistência Médica 4G

Nuno Gonçalo Matos Pardal

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
de Telecomunicações e Informática

Orientador:

Professor Pedro Joaquim Amaro Sebastião
ISCTE-IUL

Co-Orientador:

Professor Octavian Adrian Postolache
ISCTE-IUL

[Outubro, 2017]

Abstract

The aim of this thesis is to present an integrated biometric monitoring system for use in emergency medical situations. The system was developed using the Raspberry Pi microprocessor, biometric sensors for measuring heart rate and body temperature and an accelerometer for detecting patient falls. An application has been developed for Android smartphones in order to enable communication between a possible emergency team and the user. The application also allows the user to view their biometric data in real time and to register in a local database in order to store their personal data and the analysis of their biometric data. The description of the project and of all the technologies used in the realization of this project are contained in this thesis.

Keywords: Objective, Medical Assisting, Raspberry Pi, Biometric Sensors, Application, Android

Resumo

O objetivo desta tese é apresentar um sistema integrado de monitorização biométrica para utilização em situações de emergência médica. O sistema foi desenvolvido com recurso ao microprocessador Raspberry Pi, a sensores biométricos para medição do ritmo cardíaco e temperatura corporal e a um acelerómetro para deteção de quedas do paciente. Foi desenvolvida uma aplicação para *smartphones* Android de modo a possibilitar a comunicação entre uma possível equipa de emergência e o utilizador. A aplicação permite ainda que o utilizador possa visualizar os seus dados biométricos em tempo real e efetuar um registo numa base de dados local por forma a guardar os seus dados pessoais e a análise dos seus dados biométricos. A descrição do projeto e de todas as tecnologias utilizadas na realização deste projeto estão descritas nesta tese.

Palavras Chave: Objetivo, Assistência Médica, Raspberry Pi, Sensores Biométricos, Aplicação, Android

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha família por todo o apoio, esforço, dedicação, e carinho que me deram e que me possibilitaram frequentar um curso universitário. Sem eles nunca teria sido possível.

Quero agradecer igualmente a todos os colegas com quem tive o prazer de estudar ao longo da minha vida académica. Sem dúvida que todos foram muito importantes para que pudesse alcançar os meus objetivos académicos.

Um especial obrigado aos meus colegas e amigos Diogo Ferreira, Gonçalo Horta e João Matos por toda a disponibilidade e paciência com que sempre me ajudaram e por toda a motivação que me deram ao longo destes últimos anos.

Por fim, gostaria de expressar a minha gratidão a todos os professores com quem tive a oportunidade de aprender muito e em especial ao professor Dr. Pedro Joaquim Amaro Sebastião pela ajuda na realização desta tese.

Muito obrigado a todos!

Índice

Abstract	3
Resumo.....	5
Índice.....	9
Lista de Figuras	12
Lista de tabelas	16
Acrónimos	18
Capítulo 1.....	20
Introdução ao projeto	20
Trabalho relacionado.....	21
Motivação.....	22
Revisão Literária	23
Microcontroladores	23
Sensores.....	28
Capítulo 2.....	48
Desenvolvimento do Sistema de Sensores.....	48
Acelerómetro.....	49
Sensor ADXL345.....	50
Montagem eletrónica do sensor ADXL345.....	55
Programação do ADXL345.....	57
Sensor de Temperatura.....	59
Sensor DS18B20	60
Programação do sensor DS18B20.....	63
Sensor de Ritmo Cardíaco.....	65
Capítulo 3.....	68
Aplicação Móvel - BioMe.....	68
Descrição.....	69
Funcionamento	69
Visualização de dados biométricos	70
Sensor Heart Rate Monitor.....	71
Comunicação de emergência.....	72
Envio de localização.....	73

Outras Funcionalidades	73
Comunicação	74
Capitulo 4.....	76
Web Server e Base de Dados	76
Web Server – LAMP.....	77
Apache.....	78
MySQL.....	78
PHP	79
Capitulo 5.....	81
Resultados e Trabalho Futuro	81
Registos de temperatura	82
Ritmo Cardíaco	85
Deteção de quedas.....	90
Trabalho Futuro.....	91
Anexo	95
Anexo A - Manual de Utilização da Aplicação BioMe.....	96

Lista de Figuras

Figura 1. Microcontrolador- Arduino Uno

Figura 2. Microcontrolador- Arduino Uno I/O descrição

Figura 3. Microprocessador- Raspberry Pi

Figura 4. Microprocessador- Raspberry Pi I/O descrição

Figura 5. Diferentes modelos Raspberry Pi

Figura 6. Evolução dos sensores biométricos

Figura 7. Sensor de temperatura- LM35

Figura 8. Sensor de temperatura- DS18B20

Figura 9. Acelerómetro- MPU-6050

Figura 10. Acelerómetro- ADXL345

Figura 11. Sensor de ritmo cardíaco- Pulse Sensor

Figura 12. Sensor de ritmo cardíaco- Runtastic Heart Rate Combo Monitor

Figura 13. Adaptador Wireless- Raspberry Pi USB Wi-Fi Dongle

Figura 14. Wi-Fi logo

Figura 15. Bluetooth logo

Figura 16. Características das tecnologias móveis de comunicação

Figura 17. Android logo

Figura 18. IOS logo

Figura 19. Python logo

Figura 20. Diagrama de blocos do sensor ADXL345

Figura 21. ADXL345 I/O

Figura 22. Eixos de aceleração

Figura 23. Valores de output e direcção da gravidade

Figura 24a. Descer escadas

Figura 24b. Subir escadas

Figura 24c. Sentar

Figura 24d. Levantar

Figura 25. Variação das curvas de aceleração durante uma queda

Figura 26. Fluxograma do algoritmo de detecção Free-Fall

Figura 27. Esquema de ligação do sensor ADXL345

Figura 28. Esquema de configuração I2C para definir o 'address 0x53'

Figura 29. Montagem electrónica do ADXL345

Figura 30. Visualização do endereço do sensor ADXL345 no Raspberry Pi (address 0x53)

Figura 31. Script Python para detecção de quedas com o sensor ADXL345

Figura 32. Alarme lançado pelo programa `freefalldetection.py` após detetar uma queda com o sensor ADXL345

Figura 33. Diagrama de blocos do sensor DS18B20

Figura 34. DS18B20 pinout

Figura 35. Esquema de ligação do sensor DS18B20

Figura 36. Montagem eléctrica do DS18B20

Figura 37. Endereço do sensor DS18B20

Figura 38. Script Python para visualização da temperatura com o sensor DS18B20

Figura 39. Leituras de temperatura com o sensor DS18B20

Figura 40. BioMe logo

Figura 41. Ecrã de visualização dos dados biométricos na aplicação BioMe

Figura 42. Valor de temperatura inserido na base de dados

Figura 43. Sensor de medição do ritmo cardíaco - Heart Rate Combo Monitor

Figura 44. Valor de ritmo cardíaco inserido na base de dados

Figura 45. Ecrã 'Contacto' da aplicação BioMe

Figura 46. Coordenadas GPS inseridas na base de dados

Figura 47. Comunicação entre a aplicação e a base de dados

Figura 48. Comunicação entre a aplicação e o Web Server

Figura 49. Estrutura da base de dados

Figura 50. Temperatura medida - ambiente

Figura 51a. Colocação do sensor de temperatura na t-shirt de testes

Figura 50b. Colocação do sensor de temperatura na t-shirt de testes

Figura 51. Temperatura medida - pessoa

Figura 52. Ritmo Cardíaco – Repouso (homem)

Figura 53. Ritmo Cardíaco – Repouso (mulher)

Figura 54. Ritmo Cardíaco – Atividade Normal (homem)

Figura 55. Ritmo Cardíaco – Atividade Normal (mulher)

Figura 56. Ritmo Cardíaco – Atividade Física (homem)

Figura 57. Ritmo Cardíaco – Atividade Física (mulher)

Figura 58. Detecção de quedas – resultados

Figura 59. Ecrã de apresentação

Figura 60. Ecrã de login

Figura 61. Ecrã de registo

Figura 62. Ecrã de menu

Figura 63. Ecrã de visualização de dados

Figura 64. Ecrã de visualização de histórico

Figura 65. Ecrã de contacto

Figura 66. Ecrã de configurações

Lista de tabelas

Tabela 1. Pinout ADXL345

Tabela 2. Valores referência de ritmo cardíaco – Homem (repouso)

Tabela 3. Valores referência de ritmo cardíaco – Mulher (repouso)

Tabela 4. Regras de inserção dos campos de registo

Acrónimos

SoC - System-on-a-chip

RAM - Random Access Memory

PROM - Programmable read-only memory

IDE - Integrated Development Environment

GPIO - General purpose input/output

I2C – Inter-Integrated Circuit

SPI – Serial Peripheral Interface

MEMS - Micro Electro Mechanical Systems

Wi-Fi – Wireless Fidelity

WLAN - Wireless Local Area Network

ISM - Industrial, Scientific and Medical

FH-CDMA - Frequency Hopping - Code-Division Multiple Access

BTS - Base Transceiver Station

BSC - Base Station Controller

GSM - Global System for Mobile Communications

GPRS - General Packet Radio Service

EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution

HSCSD - High-Speed Circuit-Switched Data

WAP - Wireless Application Protocol

OS - Operating System

Bpm - Batidas por minuto

OSM - Organização Mundial de Saúde

GPS - Global Positioning System

http – HyperText Transfer Protocol

PHP - Hypertext Preprocessor

Capítulo 1

Introdução ao projeto

Trabalho relacionado

Hoje já existem sistemas no mercado para uso pessoal, que nos permitem monitorar facilmente nossos dados biométricos. O Sensor de frequência cardíaca inteligente Bluetooth Polar H7 desenvolvido pela Polar é colocado numa cinta à do peito e por Bluetooth envia dados para o nosso smartphone onde, através de uma aplicação, podemos ver os nossos batimentos cardíacos em tempo real ou verificar a história para análise futura.

O BodyMedia desenvolveu o primeiro dispositivo descartável de monitorização de saúde. A empresa, que faz braçadeiras de controlo de fitness, tomou os seus pequenos sensores e colocou-os num remendo de 3,5 polegadas de comprimento que se encaixa no braço do usuário. O dispositivo, que tem menos da metade do peso do monitor do BodyMedia, detecta movimento, suor, temperatura da pele e a taxa de calor que sai do corpo. Ele carrega os dados para um site ou aplicação onde podemos consultar calorias queimadas, níveis de atividade e padrões de sono.

No entanto, nenhum desses dispositivos tem o objetivo de interagir com uma equipa médica para controlar ou auxiliar o paciente, enquanto isso existem apenas dispositivos como o Tcare. Parece um relógio de pulso, funciona como um telefone e serve para pedir ajuda apenas com o toque de um botão. Este dispositivo comunica através da rede móvel com o Tcare Service Center. Basta pressionar o botão e estabelecer imediatamente a comunicação com uma enfermeira ou um assistente social.

Motivação

Uma das motivações para o desenvolvimento deste sistema prende-se com o facto de disponível nenhum produto no mercado com essas características. Este sistema permitirá que qualquer pessoa que o use, supervisione facilmente seu estado de saúde em tempo real através de um smartphone. Um aspecto que considero importante é a possibilidade de os dados também serem enviados para uma central (por exemplo, INEM) e, portanto, ser possível controlar o paciente de forma remota e, caso seja encontrada uma anomalia nos dados recebidos, entre imediatamente com o paciente para aconselhá-lo ou desencadear os mecanismos de resgate.

A nível pessoal, o gosto pelos sistemas eletrónicos e de telecomunicações, principalmente as redes móveis, tornam este um projeto emocionante e desafiador, sendo uma motivação para o desenvolvimento e implementação do mesmo.

Revisão Literária

Microcontroladores

Os microcontroladores são pequenos computadores (SoC) construídos num único circuito integrado onde está contido um núcleo de processamento, memória e alguns periféricos programáveis de entrada e saída. A memória de programação pode ser RAM, NOR flash ou PROM a qual, muitas vezes, é incluída no chip.

Os seus consumos de energia são relativamente baixos, normalmente na casa dos miliwatts e a grande maioria possui a habilidade para entrar em modo de espera (*Sleep* ou *Wait*) aguardando por uma interrupção ou evento externo, como por exemplo o acionamento de uma tecla, ou um sinal que chega via uma interface de dados. O consumo destes microcontroladores em modo de espera pode chegar na casa dos nanowatts, tornando-os ideais para aplicações onde a exigência de baixo consumo de energia é um fator decisivo para o sucesso do projeto

Arduino

O Arduino foi criado em Itália e foi desenvolvido, inicialmente, com o objetivo de ser um dispositivo prático, barato e de fácil programação, e a sua versatilidade para a criação dos mais variados projetos fez com que este microcontrolador se tornasse num dos mais utilizados pelos amantes do chamado “*Do It Yourself*”, ou ‘faça você mesmo’ na nossa tradução.



Figura 2. Microcontrolador- Arduino Uno

O Arduino é um pequeno computador que se pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos ligados a ele, interagindo com o ambiente por meio de hardware e software. Para programar o Arduino utilizamos o seu IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento), que é um software onde podemos escrever um código numa linguagem semelhante a C/C++ que será traduzida, após a compilação, num código compreensível pelo Arduino.

Este dispositivo adota o conceito de hardware livre, o que significa que qualquer um pode montar, modificar, melhorar e personalizar o Arduino, partindo do mesmo hardware básico. Para isso, o Arduino possui uma quantidade enorme de sensores e componentes que podemos utilizar por forma a adaptá-lo a diferentes projetos. Grande parte do material utilizado no Arduino está disponível em módulos, que são pequenas placas que contêm os sensores e outros componentes auxiliares como resistências, condensadores e leds.

Existem também os chamados *shields*, que são placas que encaixam no Arduino para expandir suas funcionalidades.

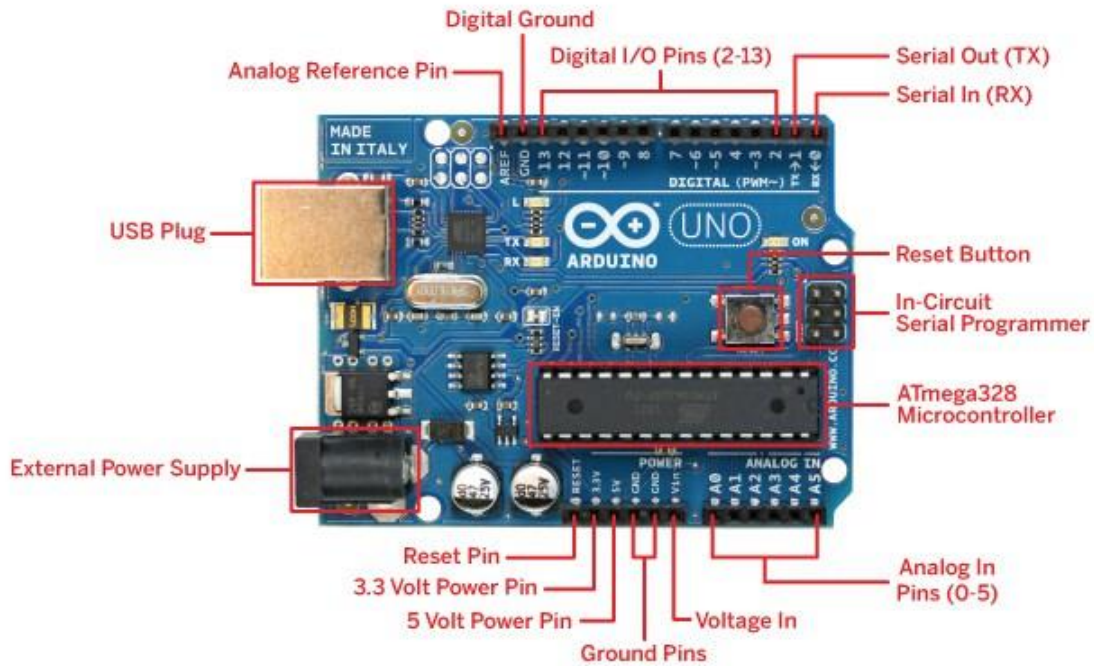


Figura 2. Microcontrolador- Arduino Uno I/O descrição

Raspberry

O Raspberry Pi é um poderoso microprocessador desenvolvido no Reino Unido pela Raspberry Pi Foundation com o objetivo de promover o ensino básico nos países subdesenvolvidos e fomentar nas crianças o gosto pela computação.



Figura 3. Microprocessador- Raspberry Pi

Este dispositivo funciona como um pequeno computador, possuindo diferentes tipos de inputs e outputs e que nos permitem conectar todo o tipo de componentes que utilizamos num computador normal desde entradas USB 2.0, HDMI, Ethernet, portas programáveis (GPIO), entre outras. O sistema operativo do Raspberry Pi é o Linux, ou mais precisamente o Fedora. Este sistema operativo suporta algumas linguagens de programação como Python, C e Pearl.

Estas características combinadas fazem deste dispositivo uma excelente opção para um projeto deste tipo, pois permite a ligação de vários sensores e a ligação a um servidor para uma troca de dados permanente. Graças ao seu baixo consumo energético (5V- 1A) permite a ligação de uma pequena bateria por forma a garantir a mobilidade do dispositivo.

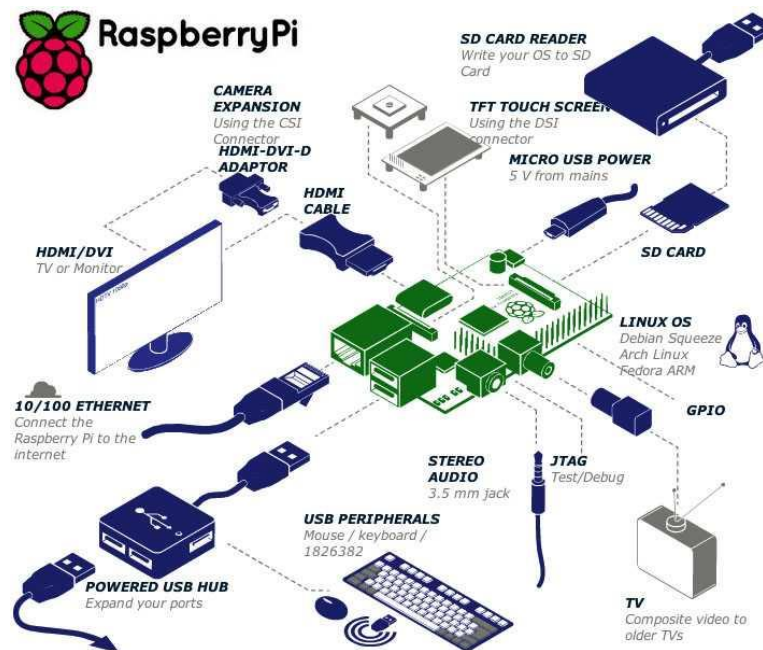


Figura 4. Microprocessador- Raspberry Pi I/O descrição

O Raspberry Pi tem garantido o seu sucesso junto da comunidade graças ao seu baixo custo e à sua versatilidade para o desenvolvimento de diferentes tipos de projetos, tendo sido lançados nestes anos diversas versões do mesmo.

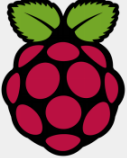
	Raspberry Pi 3 Model B	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi 2 Model B	Raspberry Pi Model B+
Introduction Date	2/29/2016	11/25/2015	2/2/2015	7/14/2014
SoC	BCM2837	BCM2835	BCM2836	BCM2835
CPU	Quad Cortex A53 @ 1.2GHz	ARM11 @ 1GHz	Quad Cortex A7 @ 900MHz	ARM11 @ 700MHz
Instruction set	ARMv8-A	ARMv6	ARMv7-A	ARMv6
GPU	400MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV
RAM	1GB SDRAM	512 MB SDRAM	1GB SDRAM	512MB SDRAM
Storage	micro-SD	micro-SD	micro-SD	micro-SD
Ethernet	10/100	none	10/100	10/100
Wireless	802.11n / Bluetooth 4.0	none	none	none
Video Output	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite
Audio Output	HDMI / Headphone	HDMI	HDMI / Headphone	HDMI / Headphone
GPIO	40	40	40	40
Price	\$35	\$5	\$35	\$35

Figura 5. Diferentes modelos Raspberry Pi

Escolha do microprocessador

Para o desenvolvimento deste projeto a escolha recaiu sobre o Raspberry pi. Apesar de ser bastante fácil programar o Arduino em projetos que envolvam o uso de sensores, este necessita das chamadas *shields* para expandir algumas das suas funcionalidades o que iria encarecer o projeto e tornar o microprocessador mais pesado, algo que não vai de encontro aos objetivos do projeto. Por sua vez, o Raspberry pi fornece um leque mais variado de outputs, um processador mais poderoso, uma memória RAM maior, interfaces I2C e SPI, tornando-se assim a escolha ideal.

Dentro dos modelos disponíveis, a escolha foi o Raspberry Pi 2 Model B, que de uma forma geral satisfaz todas as necessidades do projeto e permite ainda que as mesmas sejam expandidas futuramente caso seja desejado.

Sensores

Sensores Biométricos

Um sensor biométrico é um transdutor desenhado para captar sinais biológicos de uma pessoa. Estes sensores são amplamente utilizados para identificação de pessoas através da face, iris, voz, etc. Qualquer dispositivo biométrico requer o uso deste tipo de sensores.

A imagem seguinte ilustra a evolução que este tipo de sensores tem sofrido ao longo dos anos e as suas aplicações.

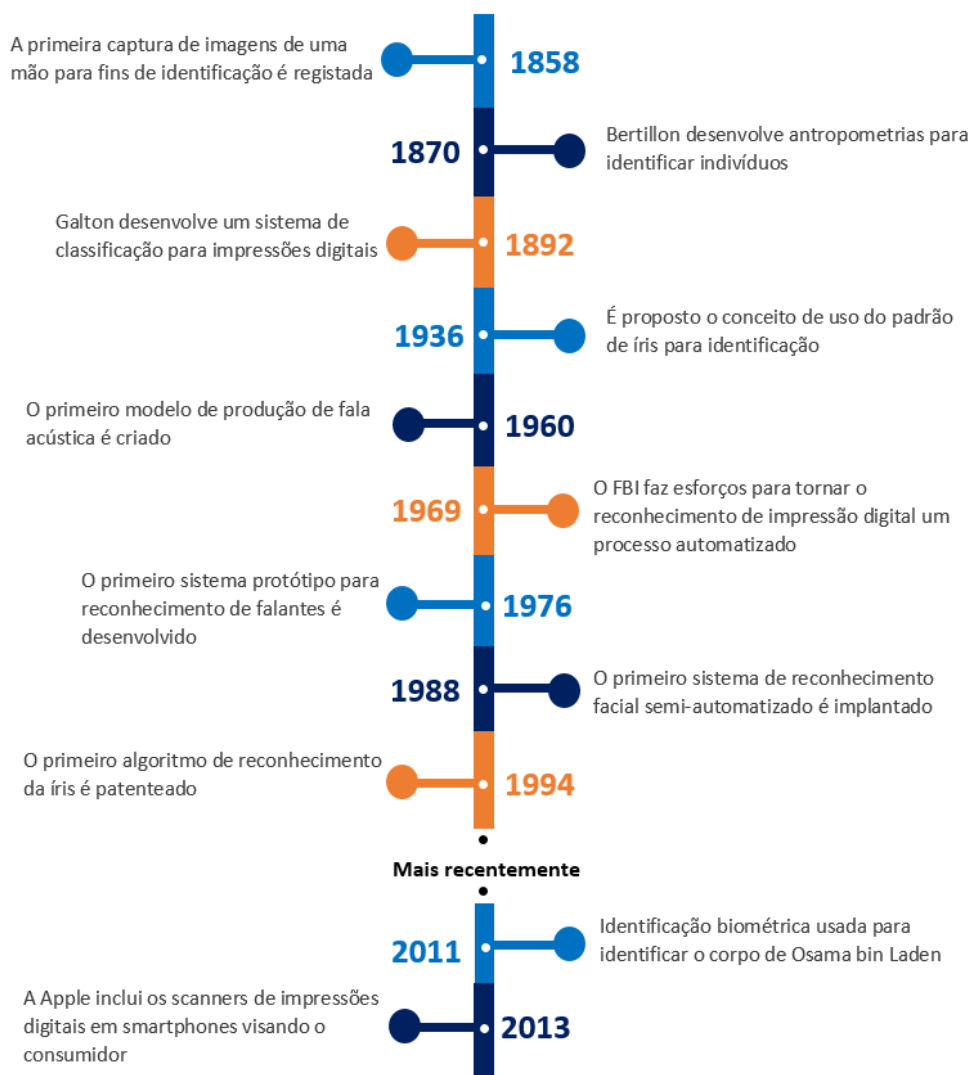


Figura 6. Evolução dos sensores biométricos

Sensores de temperatura

Os sensores de temperatura estão presentes em quase todas as áreas do nosso quotidiano, desde as nossas casas, carros, frigoríficos, aviões, escolas, hospitais, pequenos aparelhos eletrónicos, etc.

Os sensores de temperatura são normalmente compostos por transdutores. Os transdutores convertem uma grandeza em outra, no nosso caso uma temperatura num sinal elétrico que pode ser uma corrente ou uma tensão.

LM35

O sensor de temperatura LM35 é um circuito integrado com uma tensão de saída linearmente proporcional à temperatura medida em graus centígrados.

Opera com tensões entre 4V e 30V e mede temperaturas entre -55°C e 150°C com uma precisão de cerca de 0.5°C.

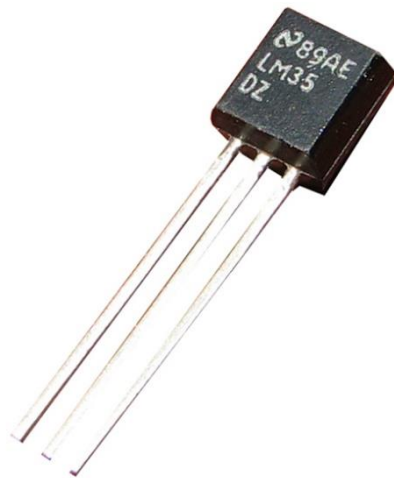


Figura 7. Sensor de temperatura- LM35

Este sensor é bastante popular graças ao seu baixo custo e à facilidade de utilização, no entanto o facto de ser um sensor analógico não o torna ideal para alguns projetos quando há necessidade de converter o sinal analógico em digital.

DS18B20

O DS18B20 é um sensor digital de temperatura bastante preciso ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ exatidão) e proporciona leituras de temperatura de até 12-bits.

O sensor requer uma alimentação entre 3.3V e 5.5V e é capaz de medir temperaturas entre -55°C e $+125^{\circ}\text{C}$ sem necessidade de recorrer a componentes externos.

Existem diferentes versões deste sensor com formatos alternativos para que possamos ter mais opções na hora de escolher qual o melhor para o nosso projeto.

Uma dessas versões é à prova de água e humidade alargando assim o género de projetos onde o podemos aplicar.



Figura 8. Sensor de temperatura- DS18B20

Outra característica interessante deste sensor é a sua capacidade para atuar utilizando apenas dois fios, uma vez que faz uso do protocolo 1-Wire, e desta forma é possível curto-circuitar a Data e VCC no microcontrolador utilizando apenas um pino para leitura de dados.

É possível ainda ligar vários destes sensores em paralelo e obter leituras individuais de temperatura de cada um.

Escolha do sensor de temperatura

Comparando os dois sensores, o DS18B20 é a escolha óbvia uma vez que é um sensor digital, o que nos permite trabalhar com ele sem necessitarmos do uso de um conversor de sinal AC.

Dentro dos diferentes tipos de sensores DS18B20 existentes, foi escolhido aquele que é à prova de água pois enquadra-se perfeitamente neste projeto possibilitando uma maior liberdade no manuseamento e colocação do sensor no corpo da pessoa.

Acelerómetro

Um acelerómetro serve para medir a aceleração de um corpo (normalmente o que está ligado a si) em relação à gravidade. Dependendo da complexidade do acelerómetro usado, que varia de acordo com o seu número de eixos, ele também pode medir a direção dessa força.

Existem dezenas de tipos de acelerómetros e apesar dos seus conceitos e objetivos serem os mesmos, eles podem detetar a aceleração de maneiras diferentes como por indução magnética, por piezoelectricidade ou ainda usando sensores óticos e térmicos.

MPU-6050

O MPU-6050 é um sensor de IMU de seis eixos, o que significa que ele fornece seis valores como saída. Três valores do acelerômetro e três do giroscópio. O MPU 6050 é um sensor baseado na tecnologia MEMS (*Micro Electro Mechanical Systems*).

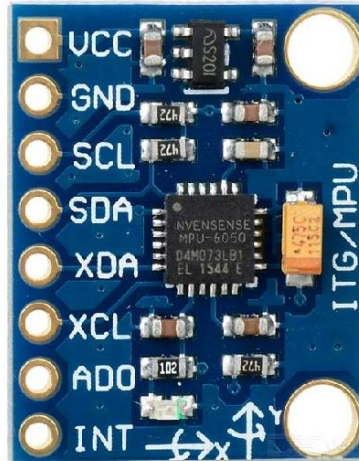


Figura 9. Acelerómetro- MPU-6050

Tanto o acelerômetro como o giroscópio são incorporados dentro de um único chip. Este chip usa o protocolo I2C (*Inter-Integrated Circuit*) para comunicação.

É muito preciso, pois contém um conversor analógico-digital de 16 bits para cada canal.

ADXL345

O ADXL345 é um pequeno acelerómetro de 3 eixos e de alta resolução (13-bits). A sua saída é digital e é possível garantir o acesso com a interface SPI ou ainda com I2C e a sua tensão de alimentação está entre os 2V e os 3.6V. O dispositivo é adequado para medição estática da aceleração da gravidade em aplicações que seja necessário medir a inclinação, bem como medição da aceleração dinâmica resultante do movimento ou choque.

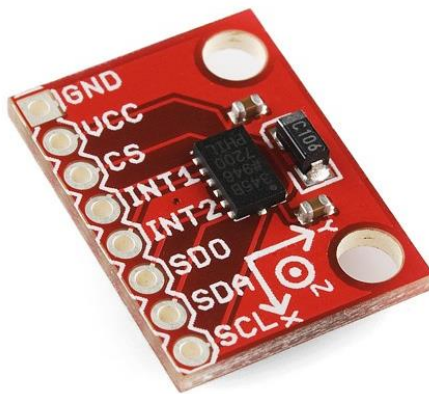


Figura 10. Acelerómetro- ADXL345

Dispõe de algumas funcionalidades especiais que nos permitem detetar períodos de catividade e inatividade, detetar se o valor num eixo for superior a um valor definido, deteção de toques, sendo capaz de detetar a ocorrência de toques individuais ou duplos e por fim, é capaz de detetar a ocorrência de uma queda (função *free-fall*)

Funções definidas:

- *Single Tap*
- *Double Tap*
- *Activity*
- *Inactivity*
- *Free-Fall*

Escolha do acelerómetro

Qualquer um destes sensores seria uma boa opção para este projeto, pois o seu funcionamento é idêntico e ambos mantêm um custo e consumo baixo, contudo o ADXL345 já possui algumas funções definidas, como o *Free-fall*, o que facilita a programação do sensor.

Sensor de Ritmo cardíaco

Os sensores de ritmo cardíaco são cada vez mais usados nas atividades diárias, sendo maioritariamente utilizados na área da medicina, têm também já uma presença forte na monitorização da nossa atividade física.

Estes sensores funcionam através da deteção da variação do volume do nosso sangue. Quando o sangue é bombeado através do nosso corpo, e é comprimido para dentro dos tecidos capilares, o volume dos tecidos aumenta ligeiramente. Depois, entre batimentos cardíacos, o volume diminui. A mudança de efeitos de volume afeta a quantidade de luz que passa através do nosso corpo. Essa variação é muito pequena, mas podemos percebê-la através de nossos circuitos eletrônicos.

Pulse sensor

É um sensor *plug and play open source* desenhado para ser usado em projetos de estudantes, artistas, atletas e *developers* que querem incorporar de forma fácil e barata informação sobre o ritmo cardíaco. O sensor encaixa-se na ponta do dedo ou no lóbulo da orelha e conecta-se diretamente ao microprocessador com alguns cabos. Combina essencialmente um sensor de frequência cardíaca ótica simples com circuitos de amplificação e cancelamento de ruído, tornando rápido e fácil obter leituras da pulsação. Além disso, necessita de apenas 4mA e 5V para funcionar sendo por isso ótimo para aplicações móveis.



Figura 11. Sensor de ritmo cardíaco- Pulse Sensor

Runtastic Heart Rate Combo Monitor

Este sensor cardíaco foi desenhado para funcionar conjuntamente com as aplicações desenvolvidas pela Runtastic de uma forma prática e eficiente. Ele utiliza a tecnologia Bluetooth para transferir os dados para os dispositivos. Foi criado para auxiliar na monitorização da atividade física e o seu formato permite uma utilização bastante confortável, pois este é fixado numa fita que podemos colocar à volta do peito.

Funciona com recurso a uma bateria e mantém um consumo de energia bastante reduzido.



Figura 12. Sensor de ritmo cardíaco- Runtastic Heart Rate Combo Monitor

Escolha do sensor de ritmo cardíaco

Existe uma enorme variedade deste tipo de sensores, sendo que o conforto e a zona onde podemos alojar o mesmo foi o factor com maior peso nesta escolha.

Nesse sentido o Runtastic Heart Rate Combo Monitor é naturalmente a melhor escolha, por ser possível utilizá-lo de forma bastante confortável junto ao peito e por dispensar qualquer cabelagem para o seu funcionamento.

Outro dos fatores que foi tido em conta foi o facto de este funcionar com a tecnologia Bluetooth fazendo com que seja possível explorar uma nova tecnologia neste projeto e uma nova forma de conexão entre o sensor e o recetor de dados.

Adaptador Wireless

Raspberry Pi USB Wi-Fi Dongle

Para permitir a comunicação wireless com o Raspberry pi foi utilizado este adaptador Wi-Fi. É um dispositivo oficial do Raspberry de fácil utilização e bastante simples de configurar.



Figura 13. Adaptador Wireless- Raspberry Pi USB Wi-Fi Dongle

Comunicação

Rede wireless

Wi-Fi



Figura 14. Wi-Fi logo

O termo Wi-Fi significa *Wireless Fidelity* (fidelidade sem fio) e foi registrado pela empresa Wi-Fi Alliance. Após ter se tornado tão popular, o termo passou a ser usado para falar de qualquer tecnologia WLAN (*Wireless Local Area Network* – Rede de área local sem-fio).

Dessa forma, chamamos popularmente de Internet Wi-Fi qualquer internet sem fio, que permite a conexão entre diversos dispositivos sem fio.

A internet Wi-Fi funciona através de ondas de rádio comuns, assim como a TV e o próprio rádio. Através dessas ondas, são transmitidas as informações de internet por meio de um

adaptador, o *router*. Este roteador recebe os sinais, decodifica-os e os emite a partir de uma antena.

Para recebermos esses sinais, o aparelho que utilizará a internet (o computador, por exemplo), deve estar dentro de um determinado raio, conhecido como *hotspot*. A distância do *hotspot* varia de acordo com o *router* e a antena, podendo funcionar desde em pequenos ambientes internos, até em grandes locais externos, dependendo do padrão de rede utilizado.

O Wi-Fi utiliza normalmente duas frequências 2,4GHz e 5GHz.

- **Compatibilidade** – A internet Wi-Fi permite que computadores, smartphones, e outros dispositivos transmitam dados entre si, sem a necessidade de fios ou cabos.
- **Mobilidade** – Não precisamos de estar conectados com cabos, ou seja, temos liberdade para nos movimentarmos.
- **Acessibilidade** – A internet Wi-Fi chega onde fios e cabos não chegam. Por exemplo: na periferia, na zona rural, e outras regiões de difícil acesso.
- **Custo baixo** – São rapidamente instaladas e possuem um baixo custo de manutenção.

Contudo existem obviamente algumas desvantagens do uso desta tecnologia face a outras como por exemplo a Ethernet. A mais importante é talvez a maior vulnerabilidade a ataques por não possuir ligações físicas.

Bluetooth



Figura 15. Bluetooth logo

O Bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fio desenvolvida pela empresa de telecomunicações Ericsson, em 1994.

Como outras tecnologias sem fio, o Bluetooth utiliza frequências de rádio para transmitir dados. Bluetooth opera a 2,45 GHz dentro do espectro de radiofrequências. Wi-Fi, o padrão sem fio tradicional para redes, difere-se da tecnologia Bluetooth, pois requer maior energia, funciona em distâncias maiores. Com a tecnologia sem fio Bluetooth, o sinal é fraco, destina-se a conservar a energia e é portátil. Uma grande vantagem do Bluetooth é

que as conexões são automáticas, há pouca configuração necessária e uma interferência é mínima entre os dispositivos por causa de uma tecnologia que rompe os dados e os transmite em várias frequências. Através do Bluetooth, fica muito mais fácil para dois diferentes dispositivos se conectarem e transferirem arquivos.

Os dispositivos Bluetooth que estão ao alcance um do outro criam o que tem sido chamado de uma rede pessoal ou piconet. Esta rede em miniatura pode variar de distância, chegando a abranger até uma sala inteira. A maioria dos dispositivos Bluetooth só tem uma gama de alcance entre 10 a 100 metros.

Existem três classes diferentes de Bluetooth, cada uma com potência e alcance diferentes:

- Classe 1: alcance de 100 metros / potência máxima de 100 mW.
- Classe 2: alcance de 10 metros / potência máxima de 2,5 mW.
- Classe 3: alcance de 1 metro / potência máxima de 1 mW.

Como a faixa ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) é aberta, isto é, pode ser utilizada por qualquer sistema de comunicação, é necessário garantir que o sinal do Bluetooth não sofra interferência. O esquema de comunicação *FH-CDMA* (*Frequency Hopping — Code-Division Multiple Access*), utilizado pelo Bluetooth, permite tal proteção, pois faz a frequência ser dividida em vários canais.

O dispositivo que estabelece a conexão muda de um canal para outro de maneira bastante rápida. Esse procedimento é chamado "salto de frequência" (*frequency hopping*) e permite que a largura de banda da frequência seja muito pequena, diminuindo sensivelmente as chances de interferência. No Bluetooth, pode-se utilizar até 79 frequências (ou 23, dependendo do país) dentro da faixa ISM, cada uma "espaçada" da outra por intervalos de 1 MHz.

Celular networks

A rede celular é o coração de qualquer sistema telefónico. Uma rede celular deve preencher diversos requisitos e não só permitir que se iniciem chamadas de e para telefones móveis assim como assegurar a comunicação enquanto o telemóvel se move de uma célula para outra como também garantir o funcionamento de outras operações como o acesso à rede, pagamentos dos serviços, segurança, entre outros. Para sustentar o preenchimento de todos estes requisitos a rede celular possui diversos elementos, sendo que cada um tem uma função própria dentro da rede.

Dentro dos diversos elementos que compõem a rede celular, a *BTS (Base Transceiver Station)* acaba por ser o elemento de maior importância.

A função da *BTS* é prover a conexão de rádio para a estação móvel (telemóvel). É composta basicamente de rádios transmissores e recetores *TRX*, processador de sinal, equipamentos de controle, antenas e *Feeder Cables*. Pode-se dizer que uma *BTS* é uma célula dentro da estrutura geográfica da rede.

Base Station Controller (BSC)

A *BSC* é a controladora das *BTS*'s, e sua função é alocar um canal para a duração da chamada, monitorar as chamadas visando qualidade e potência transmitida pela *BTS* ou a estação móvel, e garantir o handover para outra célula, quando requerido.

A *BSC* controla uma ou mais áreas de localização dependendo de sua capacidade. É, portanto, comum encontrarmos redes em que o número de *BSC*'s seja grande.

Tecnologias de comunicação móvel

Ao longo de mais de 30 anos, foram muitas as tecnologias que acompanharam as redes celulares. A constante evolução tecnológica e a vontade de satisfazer novas necessidades tem levado ao aparecimento de novas tecnologias móveis de comunicação.

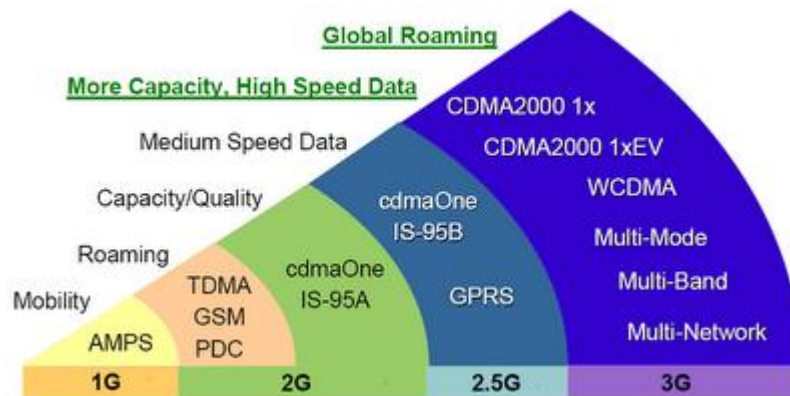


Figura 16. Características das tecnologias móveis de comunicação

1G

Os sistemas móveis de comunicação de voz de primeira geração foram introduzidos em 1980. Este tipo de sistemas permitiam a transferência de dados (voz apenas) através de ondas cuja forma variava de forma contínua. Este tipo de sistemas tinha grandes limitações, por se tratar de sistemas analógicos. Os sistemas celulares de primeira geração não suportam qualquer tipo de encriptação da informação (problemas de segurança), a qualidade de som é fraca e a velocidade de transferência rondava os 9.6 Kbps.

2G

Os sistemas de segunda geração (2G) apareceram por volta de 1990, no sentido de colmatar as limitações dos sistemas móveis de comunicação de primeira geração (1G). Os sistemas 2G são completamente digitais e têm como principais características a segurança, robustez/fiabilidade, utilização eficiente do espectro e suporte a serviços de transmissão de dados de baixo débito. A tecnologia móvel mais popular 2G é o GSM (*Global System for Mobile Communications*). As redes 2G utilizam frequências de operação de 900MHz, 1800MHz e 1900MHz.

2.5G

A tecnologia móvel 2.5G serviu de transição entre os sistemas de segunda geração (2G) e os sistemas de terceira geração (3G). Nos sistemas 2.5G foram introduzidos alguns serviços, que são hoje bastante populares, como por exemplo serviço de mensagens curtas.

Utiliza GPRS (*General Packet Radio Service*) – Serviço de Rádio de Pacote Geral, com um sistema de transmissão de dados sem fio para celulares que enviam e recebem mensagens curtas.

Utiliza o padrão EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*): sistema de conexão, precursor do 3G.

Padrão HSCSD (*High-Speed Circuit-Switched Data*) – especificação para transferir dados sobre redes GSM com sinais e canais de voz digitais.

Conta também com o WAP (*Wireless Application Protocol*) – Protocolo de Acesso Sem Fio – sistema de internet móvel básico para qualquer aparelho celular, permitindo o simples acesso do conteúdo em páginas originais.

3G

A partir de 1991 entraram em operação as redes 3G (terceira geração) com tecnologia UMTS baseada no sistema Europeu, e com frequência de operação na faixa de 2.1GHz.

A tecnologia móvel 3G tem por objetivo o suporte a uma ampla gama de serviços, que vão desde o suporte a aplicações multimédia (vídeo, áudio, dados) ao acesso a vários serviços disponíveis na Internet (WWW, correio eletrónico, comércio eletrónico, etc.). Existem um conjunto de tecnologias que se enquadram nos sistemas 3G e das quais se destacam o UMTS, WCDMA, EV-DO e HSPA. Além do aumento da velocidade, foi mantida ainda total compatibilidade com as redes 2G.

4G

A tecnologia 4G é a sucessora do 2G e 3G. Funciona com a tecnologia LTE (*Long Term Evolution*) - que é uma tecnologia de transmissão de dados baseada na tecnologia WCDMA e GSM, porém, já que atualmente a transmissão de dados é bem mais comum que a transmissão de voz, a tecnologia 4G dá prioridade a dados de internet, mas, claro, não descarta a ideia de que ainda podemos fazer ligações por voz.

Além de ser mais barata e com uma cobertura bem mais estruturada, a tecnologia LTE a 700MHz pode sustentar de 300 a 400 acessos simultâneos na rede de tráfego de dados, o que é praticamente o dobro da quantidade que as tecnologias 3G suportam.

É um tipo de conexão de maior qualidade que o 3G, pois pode chegar a uma velocidade de internet de até 100 megabits por segundo e estão associadas desde logo um conjunto de vantagens que equipará a experiência de utilização dos serviços móveis às das comunicações fixas em fibra: maior velocidade, maior largura de banda, melhor cobertura e maior qualidade de rede. Através do 4G, os utilizadores terão a oportunidade de usufruir de maiores débitos de transferência de dados, assim como de uma maior eficiência e performance no acesso a serviços disponíveis na Internet.

Sistema Operativo Móvel

Android

O Android é um sistema operativo móvel desenvolvido pela Google baseado em Linux e um dos mais utilizados no mundo, possuindo a maior percentagem das vendas mundiais de SO móveis.

O funcionamento do Android é idêntico a outros sistemas operacionais (como Windows, Mac OS, Ubuntu, entre outros), cuja função é gerenciar todos os processos dos aplicativos e do hardware de um computador para que funcionem perfeitamente. O código do sistema operacional é disponibilizado pelo Google sob licença



Figura 17. Android logo

de código aberto, apesar de a maior parte dos dispositivos ser lançada com uma combinação de software livre e software privado

O Android é muito popular entre empresas de tecnologia que buscam um software pronto, de baixo custo e personalizável para dispositivos de alta tecnologia. A natureza do software de código aberto do sistema operacional tem encorajado uma grande comunidade de programadores a colaborar no desenvolvimento de projetos feitos pela própria comunidade que adicionam recursos para usuários mais avançados, ou trazem o Android para dispositivos que inicialmente não foram lançados com a plataforma.

Para que os programadores possam criar novas aplicações android estes devem utilizar o software de desenvolvimento Android (SDK). O Android SDK inclui projetos de exemplo com código-fonte, ferramentas de desenvolvimento, emuladores e bibliotecas necessárias para criar as aplicações Android. Sempre que o Google lança uma nova versão do Android, um SDK correspondente também é lançado. Para poder desenvolver aplicativos com os recursos mais recentes, os programadores devem instalar o SDK de cada versão da plataforma. Embora as ferramentas do SDK possam ser usadas por linha de comando, o método mais comum é usar um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE).

Nesse sentido, o Android Studio é a ferramenta oficial do Google para desenvolvimento Android e o IDE mais utilizado por quem pretende criar aplicações para esta plataforma. O Android Studio vem com todos os pacotes para desenvolvimento na plataforma Android, incluindo o SDK, as ferramentas e os emuladores e fornece uma interface gráfica que permite aos desenvolvedores executar tarefas de desenvolvimento mais rapidamente.

IOS

iOS é a sigla para iPhone *operating system* – sistema operacional do iPhone, em tradução livre para o português. Trata-se, como o próprio nome indica, de um sistema operacional móvel da Apple. Desenvolvido, essencialmente, para o iPhone e todos os outros produtos da marca (iPod touch, iPad e Apple TV), a Apple não permite que o iOS seja utilizado por hardware de terceiros, não sendo por isso, ao contrário do Android, um sistema *open-source*.



Figura 18. IOS logo

O facto de ser exclusivamente desenvolvido para os seus dispositivos torna este sistema operativo perfeitamente otimizado fazendo com que seja bastante fluido e com uma ótima performance e, sendo o IOS um sistema mais fechado comparativamente ao Android, também a sua segurança é melhor. Isto porque não é possível instalar qualquer aplicação no nosso iPhone ou iPad sem que esta tenha sido aprovada pela Apple.

O sistema operacional foi apresentado, oficialmente, em janeiro de 2007. Com um número significativo de vendas e uma boa aceitação do público, a multinacional passou a investir no aperfeiçoamento do sistema e desde então, anualmente, são lançadas novas versões e atualizações.

O desenvolvimento de aplicações para o iOS é feito com recurso à ferramenta de desenvolvimento Xcode IDE também ela propriedade da Apple. Uma grande desvantagem do uso desta ferramenta é que ela só está disponível para computadores Apple.

Escolha do sistema operativo

Sendo o Android um software muito mais aberto e personalizável a decisão recaiu sobre este. O facto de ser atualmente o SO mais utilizado é outra das vantagens, pois permite que um maior número de pessoas possa utilizar a aplicação desenvolvida.

O facto de as aplicações iOS só poderem ser desenvolvidas com recurso a um computador da marca Apple foi outro dos fatores que pesaram na decisão.

Linguagem de programação - Python



Figura 19. Python logo

O Python é uma linguagem de programação orientada a objetos e de alto nível com uma sintaxe simples e fácil de aprender.

O Python existe há mais de 20 anos, e já muitos programas foram escritos em Python ao longo destes anos e, sendo uma linguagem de programação de código aberto, grande parte desse código está disponível para qualquer pessoa.

A extensa biblioteca de ferramentas de análise de dados, *frameworks* e instrumentos de teste do Python tornam o seu ecossistema um dos maiores de qualquer comunidade de programação.

Um dos maiores benefícios do Python é que tanto a biblioteca padrão como o intérprete estão disponíveis gratuitamente. Não há exclusividade, pois o Python e todas as ferramentas necessárias estão disponíveis em todas as plataformas principais. Portanto, é uma opção sedutora para desenvolvedores que não querem se preocupar em pagar altos custos de desenvolvimento.

Capítulo 2

Desenvolvimento do Sistema de Sensores

Acelerómetro

A fase do envelhecimento é caracterizada pelas alterações fisiológicas progressivas no organismo, diminuindo a capacidade de adaptação do idoso às atividades funcionais, afetando principalmente o equilíbrio, o que resulta em maiores riscos de queda nesta idade. Esta situação representa um problema grave de saúde pública e com grande impacto social na vida dos idosos, uma vez que leva à perda de confiança, baixa autoestima, isolamento social e depressão.

As quedas são o mais frequente e sério problema de acidente doméstico registado em idosos e que pode resultar em hospitalização, dependência de locomoção e até à morte.

30% dos idosos acima de 65 anos sofrem quedas pelo menos uma vez por ano e os riscos aumentam consideravelmente em idosos acima de 75 anos, de acordo com um estudo realizado em comunidades americanas.

Um trabalho de mestrado realizado na Universidade de Beja sobre este tema indica que quanto ao historial de quedas e fraturas no ano de 2011:

- 41.9% dos idosos sofreram pelo menos uma queda;
- Das 55 quedas ocorridas, 21.8% resultaram em fratura.

Relativamente ao historial de quedas e fraturas ao longo de todo o ciclo vital:

- 48.4% dos idosos apresentam antecedentes de fratura
- 86.7% destas foram consequência de queda.

Os resultados identificados remetem para a necessidade de implementação de um método de prevenção e intervenção capaz de ser uma real mais valia neste tipo de problemas.

É nesse contexto que a utilização de um acelerómetro, no sistema desenvolvido, se insere. Este dispositivo pretende ser um agente capaz de detectar a ocorrência de uma queda, por forma a notificar de imediato uma equipa médica e, por sua vez a permitir um rápido auxílio à vítima.

Sensor ADXL345

A figura 20 mostra o diagrama de blocos do sensor ADXL345.

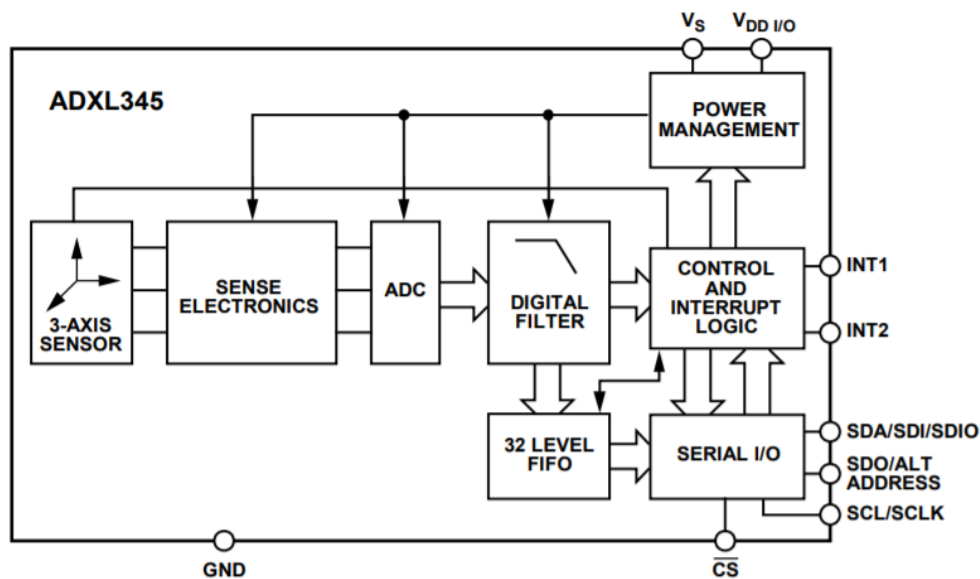


Figura 20. Diagrama de blocos do sensor ADXL345

O ADXL345 possui dois pinos programáveis destinados a definir as interrupções que queremos implementar (INT1 e INT2) de um total de oito funções de interrupção disponíveis. Cada interrupção pode ser ativada ou desativada de forma independente. Todas as funções podem ser usadas simultaneamente, a única característica limitante é que algumas funções podem precisar de partilhar os pinos de interrupção.

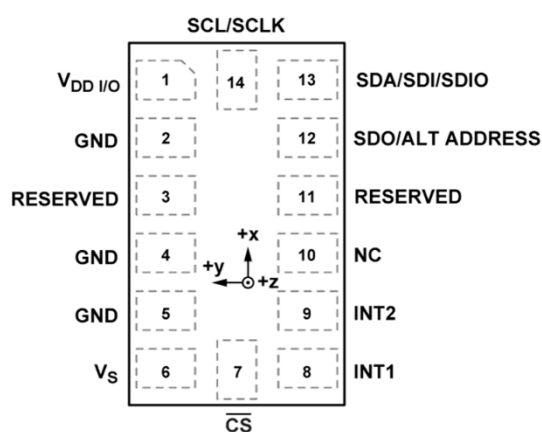


Figura 21. ADXL345 I/O

Como referido no capítulo anterior, uma das funções que está disponível neste sensor é a deteção de quedas-livres (*Free-Fall Function*). Esta função permite definir um valor

para a aceleração, e um período de tempo. Quando esse valor de aceleração é atingido durante um intervalo de tempo menor do que o definido a interrupção é lançada.

A deteção de quedas analisa sobretudo características na mudança de aceleração que ocorrem quando um humano está a cair.

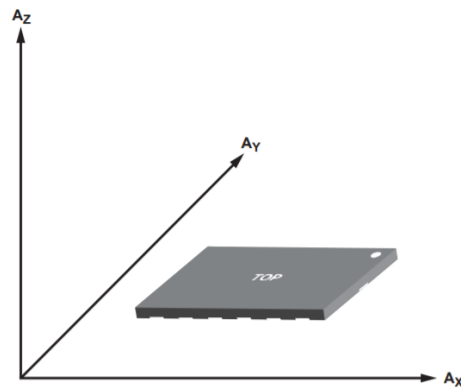


Figura 22. Eixos de aceleração

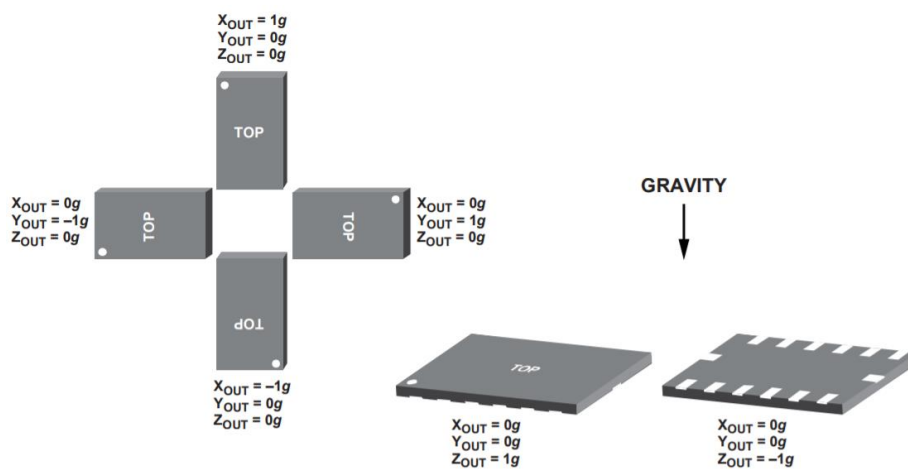


Figura 23. Valores de output e direcção da gravidade

As figuras seguintes ilustram as mudanças na aceleração que ocorrem quando estamos a (24a) descer escadas; (24b) subir escadas; (24c) sentar-se; (24d) levantar-se de uma cadeira.

A linha vermelha representa a aceleração no eixo Y (vertical) e o seu valor é -1 g quando se encontra em equilíbrio.

As linhas preta e amarela ilustram respetivamente a aceleração no eixo X (frente) e Z (lateralmente) e o seu valor é 0 g quando estão em equilíbrio.

A linha verde representa a magnitude da soma dos vectores e é 1g quando está em equilíbrio.

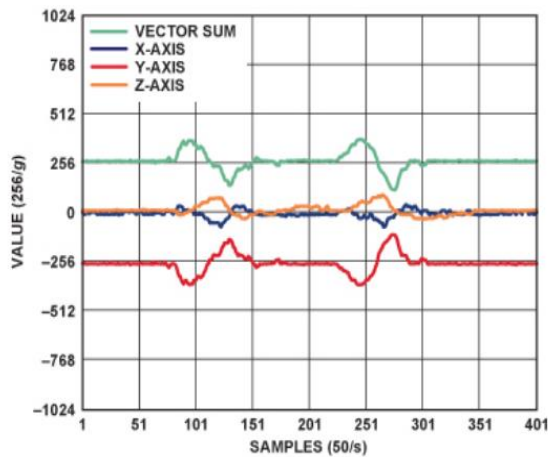


Figura 24a. Descer escadas

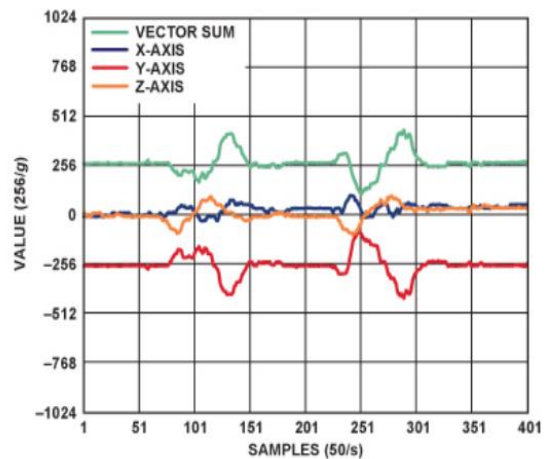


Figura 24b. Subir escadas

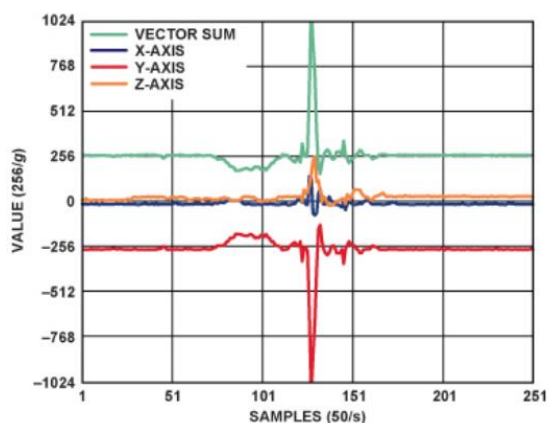


Figura 24c. Sentar

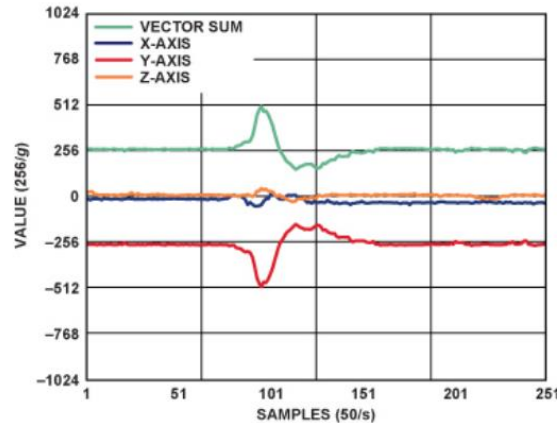


Figura 24d. Levantar

A aceleração durante uma queda é completamente diferente das representadas anteriormente. A figura 25 mostra as mudanças de aceleração durante uma queda

acidental e ao compararmos com a figura 24, podemos visualizar quatro diferentes características durante a queda e que podem ser usadas como padrão para determinar uma deteção de queda.

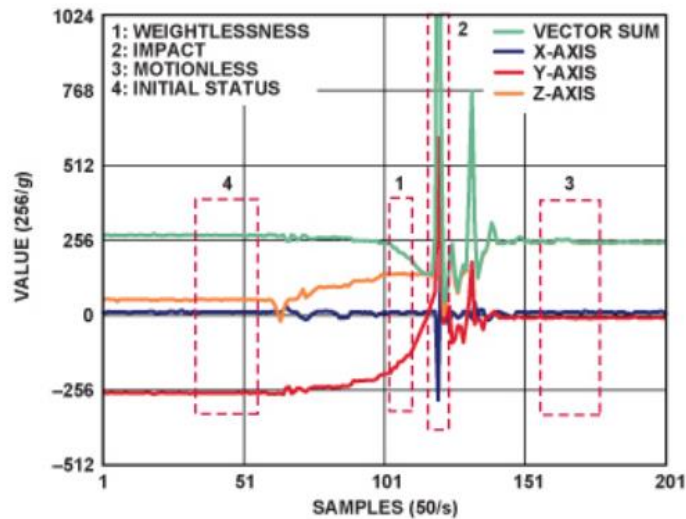


Figura 25. Variação das curvas de aceleração durante uma queda

1. Início da queda: podemos visualizar o aumento repentino no eixo Y, algo que irá sempre ocorrer no início de uma queda. Esse aumento vai-se tornando mais significativo durante a queda livre, e a soma vetorial da aceleração tenderá para 0 g; A duração dessa condição dependerá da altura da queda livre. Portanto, esta é a primeira base para determinar o tipo de queda que pode ser detectado pela interrupção `FREE_FALL` do ADXL345.
2. Impacto: momento em que o corpo humano choca com o solo ou outros objetos; A curva de aceleração mostra isso com um grande pico. Este choque é detectado pela interrupção `ACTIVIDADE` do ADXL345. Portanto, a segunda base para determinar uma queda é a interrupção de `ATIVIDADE` logo após a interrupção `FREE_FALL`.
3. Consequências: De um modo geral, o corpo humano, depois de cair e sofrer o impacto, não pode subir imediatamente; em vez disso, permanece numa posição imóvel por um curto período (ou mostrando um possível sinal de inconsciência). Na curva de aceleração, está representado com um intervalo onde a linha se mantém plana e é detectado pela interrupção `INACTIVIDADE` do ADXL345. Portanto, a terceira base para determinar uma situação de queda é a interrupção `INACTIVIDADE` após a interrupção da `ATIVIDADE`.

4. Comparação do antes e depois: após uma queda, o corpo da pessoa estará numa orientação diferente do que antes, de modo que a aceleração estática nos três eixos será diferente do estado inicial antes da queda. Podemos ler os dados de aceleração em todos os três eixos após a interrupção INACTIVIDADE e comparar esses dados de amostragem com o estado inicial. Na Figura, é evidente que o corpo caiu de lado, uma vez que a aceleração estática mudou de -1 g no eixo Y para +1 g no eixo Z. Portanto, a quarta base para determinar uma queda é a diferença entre dados de amostragem no estado inicial e final.

A combinação destas quatro características forma todo o algoritmo de detecção de queda, que, quando exercido, pode fazer com que o sistema crie um alerta apropriado de que ocorreu uma queda.

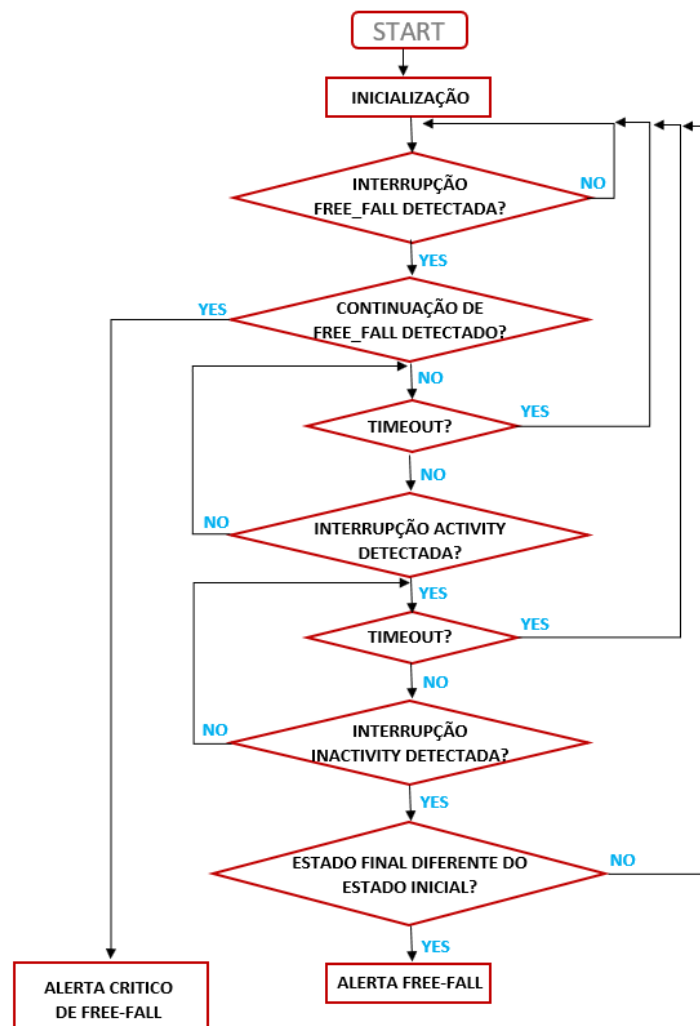


Figura 26. Fluxograma do algoritmo de detecção Free-Fall

Montagem eletrónica do sensor ADXL345

O sensor ADXL345 permite que a conexão seja feita através de uma de duas interfaces, I2C ou SPI. Para este projeto a montagem a interface utilizada foi a I2C.

O esquema de montagem eletrónica utilizado está representado na figura 27.

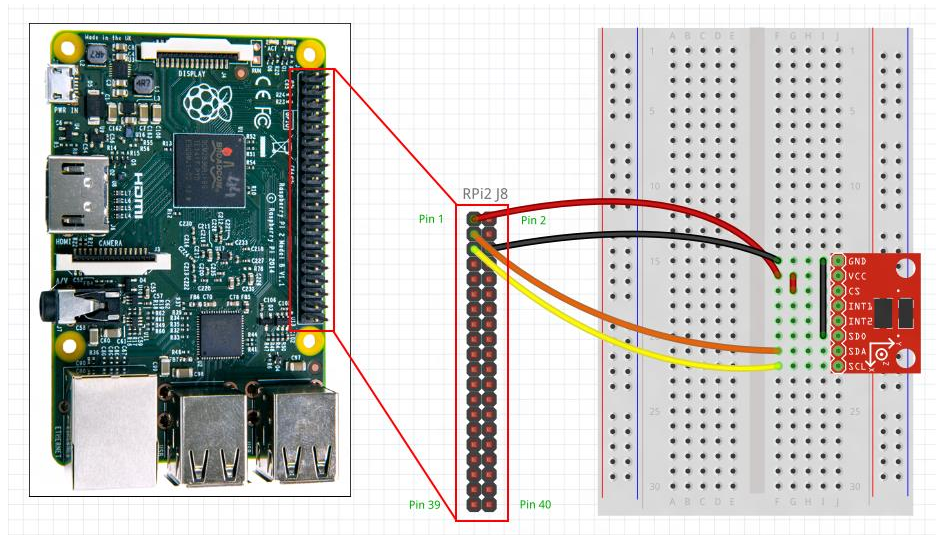


Figura 27. Esquema de ligação do sensor ADXL345

Os pinos utilizados na montagem estão descritos na figura seguinte.

GND	Pin 6
VCC	Pin 1
CS	Pin 1
SDA	Pin 3
SCL	Pin 5

Tabela 1. Pinout ADXL345

O valor de tensão requerido por este sensor (VCC) são 3.3V.

Para definir o endereço que o sensor traz por defeito (0x53) utilizando a interface I2C a configuração usada foi a que se encontra representada na figura seguinte.

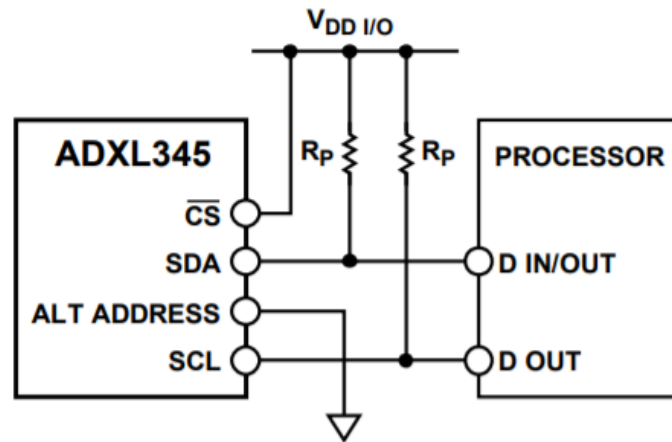


Figura 28. Esquema de configuração I2C para definir o 'address 0x53'

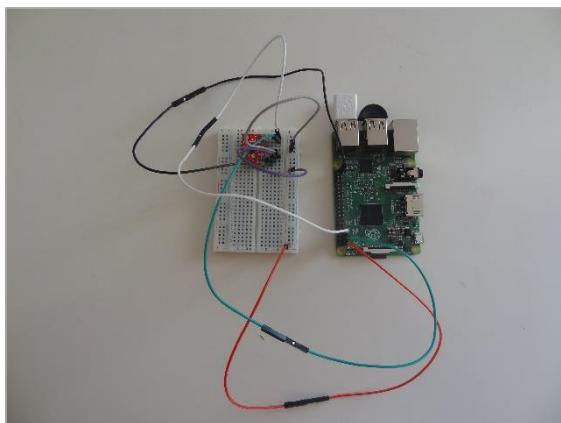
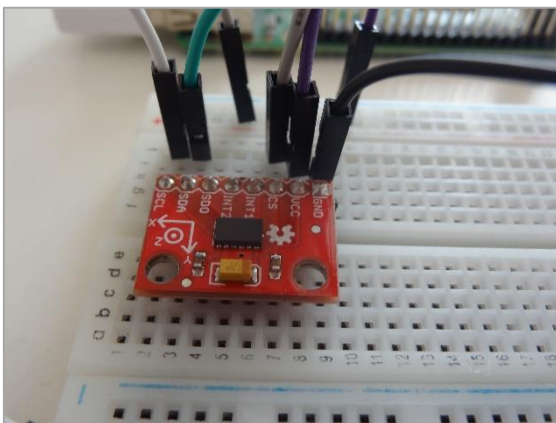
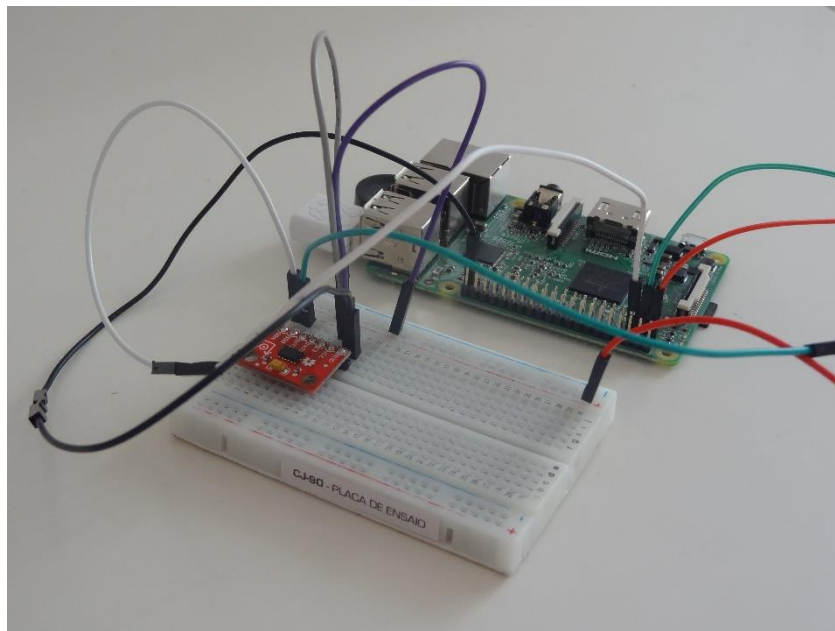


Figura 29. Montagem electrónica do ADXL345

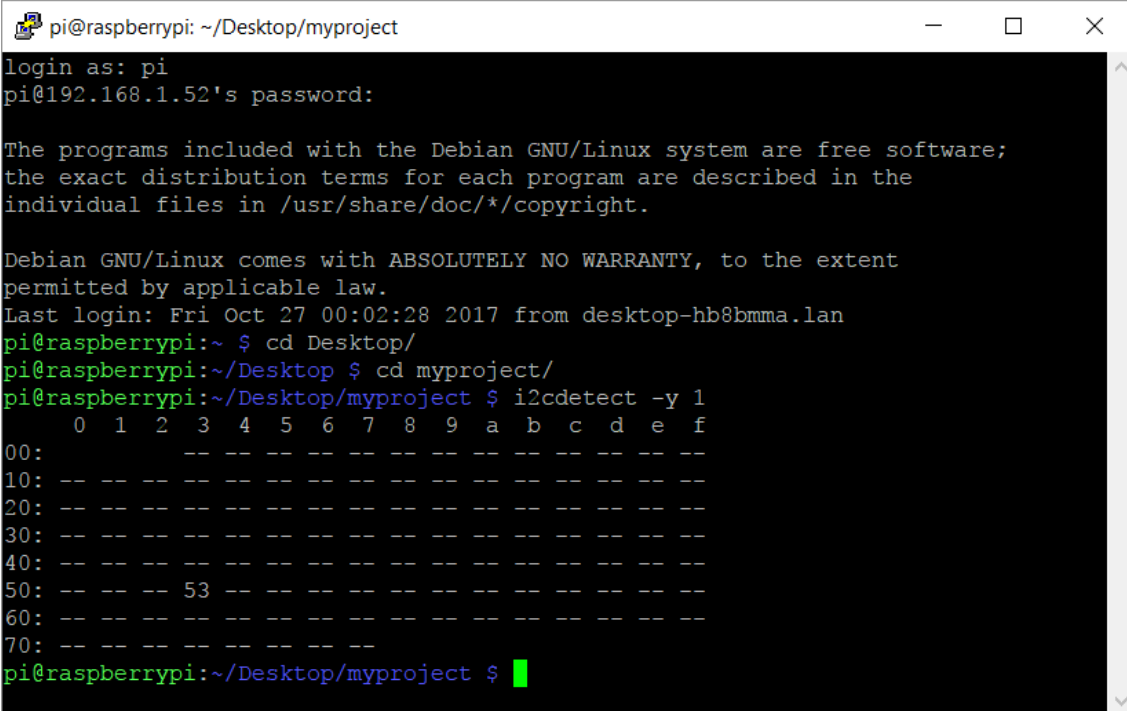
Programação do ADXL345

Para permitir controlar remotamente o Raspberry Pi foi utilizado o software de emulação Putty. Este software suporta SSH garantindo assim uma comunicação segura na rede entre o cliente e o servidor.

Como referido anteriormente o sensor foi configurado para o endereço 0x53 do Raspberry Pi. Para efeitos de programação é necessário saber em que endereço se encontra o sensor que pretendemos programar.

Para confirmar a presença do dispositivo neste endereço é apenas necessário introduzir, na linha de comandos, o comando: “**i2cdetect -y 1**”

A figura 30 ilustra essa utilização.



```
pi@raspberrypi: ~/Desktop/myproject
login as: pi
pi@192.168.1.52's password:

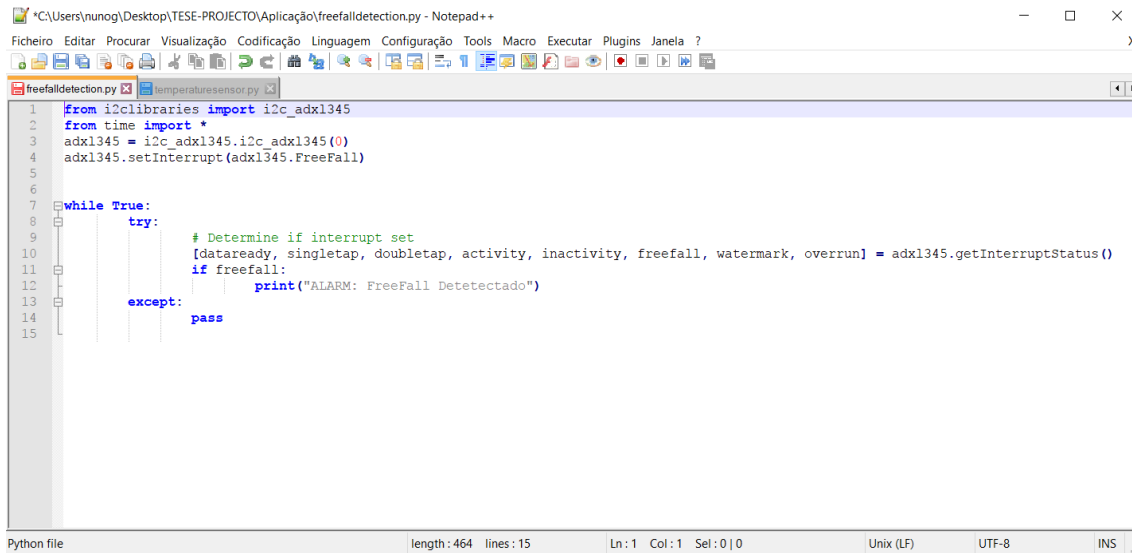
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Fri Oct 27 00:02:28 2017 from desktop-hb8bmma.lan
pi@raspberrypi:~ $ cd Desktop/
pi@raspberrypi:~/Desktop $ cd myproject/
pi@raspberrypi:~/Desktop/myproject $ i2cdetect -y 1
   0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  53  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
pi@raspberrypi:~/Desktop/myproject $
```

Figura 30. Visualização do endereço do sensor ADXL345 no Raspberry Pi (address 0x53)

Para programar o sensor foi necessário desenvolver um script na linguagem Python. Este script permite que o sensor possa detectar as quedas do individuo utilizando para isso a função `FREE_FALL`.

Este programa está ilustrado na figura seguinte.



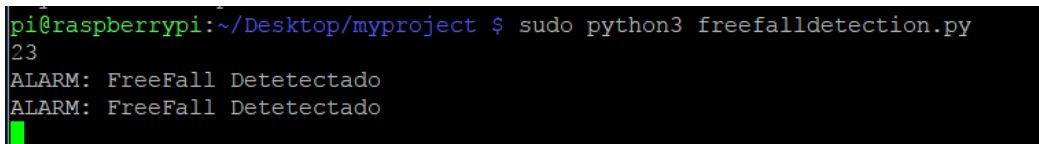
```
1 from i2clibraries import i2c_adxl345
2 from time import *
3 adxl345 = i2c_adxl345.i2c_adxl345(0)
4 adxl345.setInterrupt(adxl345.FreeFall)
5
6
7 while True:
8     try:
9         # Determine if interrupt set
10        [dataready, singletap, doubletap, activity, inactivity, freefall, watermark, overrun] = adxl345.getInterruptStatus()
11        if freefall:
12            print("ALARM: FreeFall Detetctado")
13    except:
14        pass
15
```

Figura 31. Script Python para detecção de quedas com o sensor ADXL345

Quando este script é executado o programa mantém-se em execução, infinitamente, até detectar uma queda.

Assim que a queda é detectada o programa lança uma interrupção e assinala com o aviso “ALARM: FreeFall Detetctado” e de seguida volta a correr até nova queda ser detectada.

A figura seguinte ilustra uma detecção de queda no programa.



```
pi@raspberrypi:~/Desktop/myproject $ sudo python3 freefalldetection.py
23
ALARM: FreeFall Detetctado
ALARM: FreeFall Detetctado
```

Figura 32. Alarme lançado pelo programa `freefalldetection.py` após detetar uma queda com o sensor ADXL345

Sensor de Temperatura

Por volta dos anos 50, vários sistemas de detecção de infravermelhos, foram desenvolvidos para uso militar numa primeira tentativa de as tropas conseguirem utilizar a visão nocturna para poderem movimentar-se à noite.

Mas muito, muito antes, o grego Hipócrates (400 a.C.) o pai da medicina, já utilizava as diferenças de temperatura para identificar patologias nos órgãos de um paciente. Ele esfregava o corpo do paciente com uma fina camada de argila e se seguida observava onde esta secava primeiro.

Cada ser humano reage de forma diferente às mudanças na temperatura, mas as respostas do corpo costumam seguir padrões de normalidade. Independentemente de a pessoa estar num local muito frio ou muito quente, a temperatura corpórea média mantém-se sempre à volta de 36,5°C.

Esta temperatura é controlada por uma zona do cérebro chamada hipotálamo, que funciona como um termostato, e tem como função regular o equilíbrio entre a perda de calor pelos órgãos periféricos (pele, vasos sanguíneos, glândulas sudoríparas, etc.) em contato com o ambiente e a produção de calor pelo processo metabólico dos tecidos internos.

As alterações para mais ou para menos podem indicar distúrbios simples, como uma crise de febre, ou comprometer o funcionamento de órgãos vitais. Caso ela ultrapasse 42°C, o indivíduo corre risco de morrer, assim como quando a taxa cai para menos de 30°C. Nesses casos, órgãos vitais, como o coração e o cérebro, passam a funcionar com dificuldade.

Quando o organismo é agredido por um agente externo ou por uma doença dos órgãos internos, o hipotálamo pode elevar a temperatura dois ou três graus acima dos valores habituais, o que caracteriza a febre. Na verdade, a febre não é uma doença, mas sim, uma reação do organismo contra alguma anomalia. Nas infeções, por exemplo, ajuda o sistema de defesa a livrar-se do agente agressor.

No entanto, a febre pode também ser um dos sintomas de várias enfermidades diferentes. Em todos os quadros febris, é muito importante medir a temperatura três ou quatro vezes

por dia e anotar os valores e horários correspondentes. Saber se os picos febris são altos ou baixos e em que horário se manifestam ajuda a identificar as enfermidades que possam estar envolvidas e a estabelecer o diagnóstico.

Desta forma, a utilização de um sensor de temperatura, neste projeto, faz todo o sentido como forma de garantir um registo deste parâmetro para uma futura análise médica.

Sensor DS18B20

O sensor de temperatura DS18B20 foi utilizado neste projecto por forma a medir a temperatura corporal do indivíduo. O diagrama de blocos deste sensor pode ser encontrado na figura seguinte.

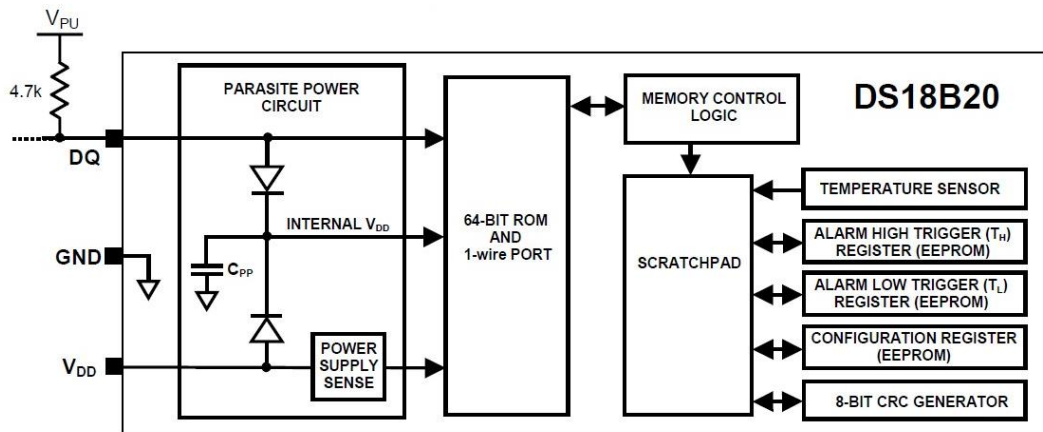


Figura 33. Diagrama de blocos do sensor DS18B20

Existem algumas variações deste sensor com diferentes formas e o escolhido para este projecto oferece 3 pinos.

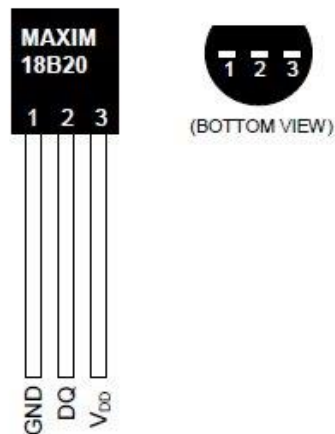


Figura 34. DS18B20 pinout

Uma vez que o Raspberry não dispõe de um conversor analógico-digital este sensor acaba por ser uma boa solução uma vez que é um sensor digital e não necessita de outros componentes externos e para o ligarmos ao Raspberry apenas necessitamos de uma resistência de $4.7k\Omega$.

A configuração de montagem está ilustrada na figura seguinte.

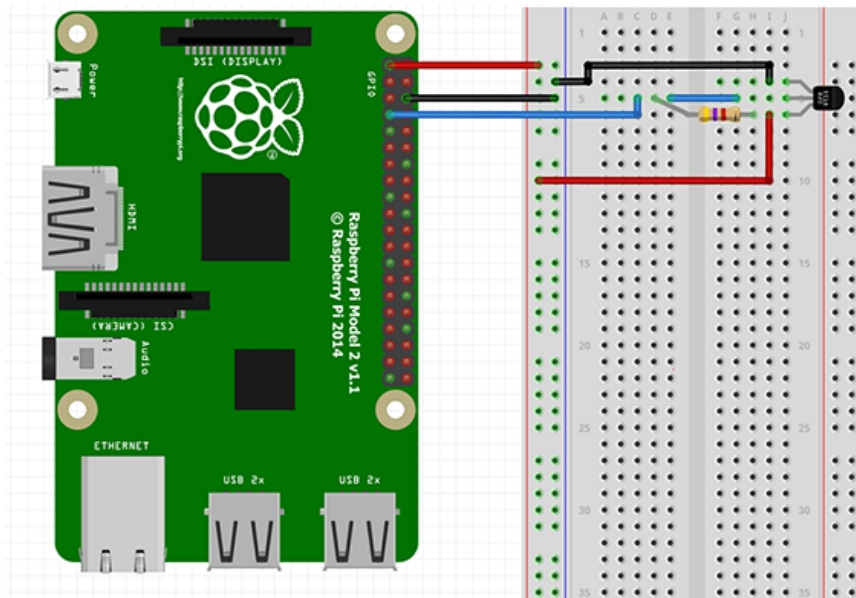


Figura 35. Esquema de ligação do sensor DS18B20

A tensão de entrada (VCC) são 5V.

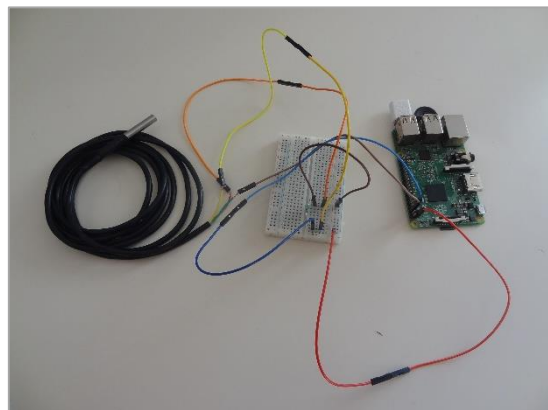
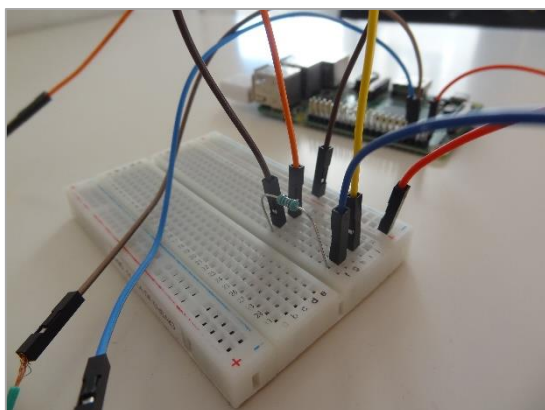
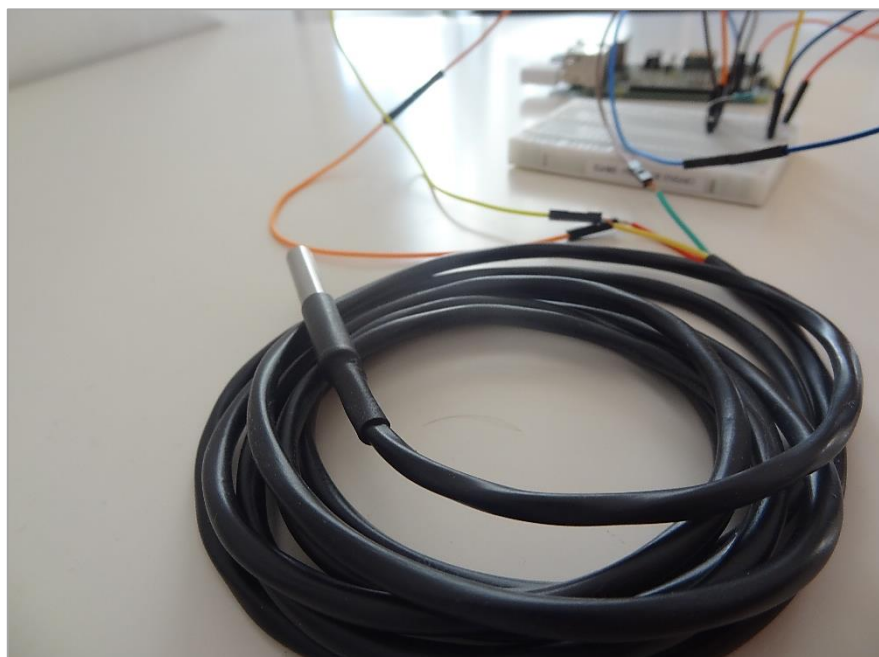


Figura 36. Montagem elétrica do DS18B20

Programação do sensor DS18B20

À semelhança do sensor ADXL345 também para este sensor foi utilizado o Putty para aceder remotamente ao Raspberry Pi e configurar este sensor.

O primeiro passo passa por saber qual o endereço do dispositivo.

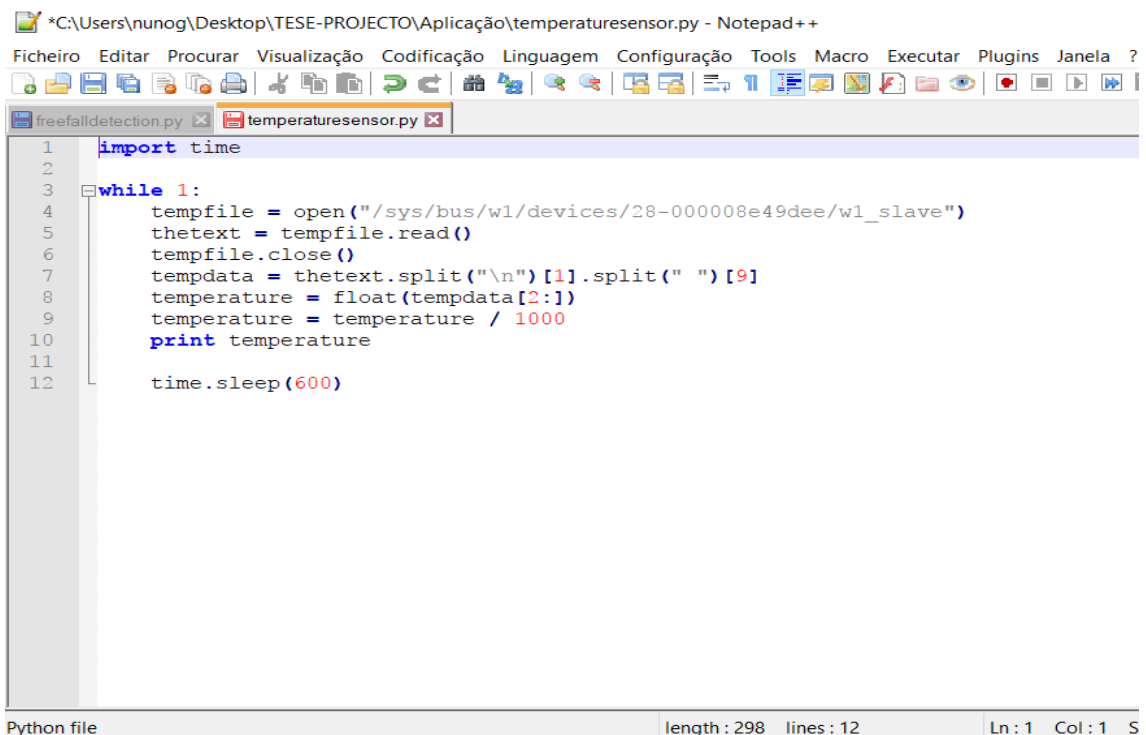
A figura 37 ilustra a forma de obter o endereço do DS18B20 e nela podemos verificar que o endereço obtido foi **28-000008e49dee**.

```
pi@raspberrypi:~ $ cd /sys/bus/w1/devices
pi@raspberrypi:/sys/bus/w1/devices $ ls
28-000008e49dee w1_bus_master1
```

Figura 37. Endereço do sensor DS18B20

Para obter as leituras de temperatura foi desenvolvido um script na linguagem Python.

Este script está representado na figura seguinte.



```
*C:\Users\nunog\Desktop\TESE-PROJECTO\Aplicação\temperaturesensor.py - Notepad++
Ficheiro Editar Procurar Visualização Codificação Linguagem Configuração Tools Macro Executar Plugins Janela ?
freefalldetector.py x temperaturesensor.py x
1 import time
2
3 while 1:
4     tempfile = open("/sys/bus/w1/devices/28-000008e49dee/w1_slave")
5     thetext = tempfile.read()
6     tempfile.close()
7     tempdata = thetext.split("\n")[1].split(" ")[9]
8     temperature = float(tempdata[2:])
9     temperature = temperature / 1000
10    print temperature
11
12    time.sleep(600)
```

Python file length : 298 lines : 12 Ln : 1 Col : 1 S

Figura 38. Script Python para visualização da temperatura com o sensor DS18B20

A variável para a função *time.sleep()* definida no programa permite alterar a periodicidade da leitura de temperatura. Para o projecto foi definida uma periodicidade de 10 minutos (600s) entre cada registo.

Ao valor de temperatura que o sensor devolve é necessário aplicar a seguinte formula por forma a obter o real valor em graus Celsius:

$$temperature(a) = \frac{temperature}{1000}$$

A figura 39 pretende ilustrar a visualização dos registos de temperatura.

```
pi@raspberrypi:~/Desktop $ cd myproject/  
pi@raspberrypi:~/Desktop/myproject $ sudo python temperaturesensor.py  
26.875  
26.687  
26.312  
26.062  
25.875  
25.687  
25.562
```

Figura 39. Leituras de temperatura com o sensor DS18B20

Sensor de Ritmo Cardíaco

A frequência cardíaca é a velocidade dos batimentos cardíacos medida pelo número de contrações do coração por minuto (bpm). Este valor varia normalmente entre 60 e 100 batimentos por minuto. Contudo, os valores de ritmo cardíaco podem oscilar tendo em conta factores como a idade, atividade física, stress, consumo de drogas ou a presença de doenças cardíacas.

Milhões de pessoas têm batimentos cardíacos irregulares, chamados de arritmias, em algum momento nas suas vidas. Na maioria das vezes, são inofensivos e ocorrem em pessoas saudáveis, sem doenças cardíacas. No entanto, alguns ritmos cardíacos anormais podem ser sérios ou mesmo mortíferos.

Segundo dados da *Organização Mundial de Saúde (OMS)*:

- As doenças cardiovasculares são a primeira causa de morte nos países desenvolvidos: mais pessoas morrem anualmente devido a doença cardiovascular do que por qualquer outra causa;
- Todos os anos, cerca de 17 milhões de pessoas no mundo morrem de doenças cardiovasculares, em particular devido a ataques cardíacos e acidentes vasculares cerebrais;
- Em 2008, cerca de 17,3 milhões de pessoas morreram de doença cardiovascular, representando 30% de todas as mortes no mundo; dentro deste valor, cerca de 7,3 milhões morreram devido a doença cardíaca coronária e 6,2 milhões devido a acidente vascular cerebral (AVC);
- Estima-se que o número de pessoas que morrem de doenças cardiovasculares, principalmente de doenças cardíacas e AVC, vai aumentar para 23,3 milhões em 2030, projetando-se assim que as doenças cardiovasculares manter-se-ão a principal causa de morte em todo o mundo;
- Um em cada três adultos sofre de hipertensão arterial;
- A proporção aumenta com a idade: entre os 20/30 anos 1 em cada 10 pessoas têm hipertensão aos 50 anos 5 em cada 10 pessoas;

Carlos Morais, responsável pela Unidade de Pacing e Arritmologia no Hospital Fernando da Fonseca, afirma que «a população em geral não associa as arritmias a uma causa de morte quando, por exemplo, metade das doenças cardiovasculares mata por arritmia cardíaca». Apesar da desvalorização, morre-se mais em Portugal por doenças cardiovasculares do que por outras doenças que têm mais mediatização.

As tabelas seguintes representam os valores padrão de ritmo cardíaco para homens e mulheres durante o repouso.

Ritmo Cardíaco – Homem (repouso)						
Idade / Condição	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	65+
Atleta	49-55	49-54	50-56	50-57	51-56	50-55
Excelente	56-61	55-61	57-62	58-63	57-61	56-61
Boa	62-65	62-65	63-66	64-67	62-67	62-65
Acima da média	66-69	66-70	67-70	68-71	68-71	66-69
Média	70-73	71-74	71-75	72-76	72-75	70-73
Abaixo da média	74-81	75-81	76-82	77-83	76-81	74-79
Mau	82+	82+	83+	84+	82+	80+

Tabela 2. Valores referência de ritmo cardíaco – Homem (repouso)

Ritmo Cardíaco – Mulher (repouso)						
Idade / Condição	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	65+
Atleta	54-60	54-59	54-59	54-60	54-59	54-59
Excelente	61-65	60-64	60-64	61-65	60-64	60-64
Boa	66-69	65-68	65-69	66-69	65-68	65-68
Acima da média	70-73	69-72	70-73	70-73	69-73	69-72
Média	74-78	73-76	74-78	74-77	74-77	73-76
Abaixo da média	79-84	77-82	79-84	78-83	78-83	77-84
Mau	85+	83+	85+	84+	84+	84+

Tabela 3. Valores referência de ritmo cardíaco – Mulher (repouso)

Esta informação mostra a pertinência da inserção de um sensor de ritmo cardíaco neste projecto e a utilidade que este poderá ter na prevenção e detecção de anomalias no funcionamento do coração.

O funcionamento do sensor de ritmo cardíaco utilizado no projecto encontra-se descrito no capítulo seguinte

Capítulo 3

Aplicação Móvel - BioMe

Aplicação Móvel

Descrição

Dentro do contexto e objectivo final deste projecto fazia todo o sentido o desenvolvimento de uma aplicação móvel que permitisse ao utilizador, não só monitorizar os seus dados biométricos em tempo real e de uma forma simples, como também permitir que o mesmo entrasse em contacto com a assistência médica de forma rápida e vice-versa, em caso de necessidade.

BioMe



Figura 40. BioMe logo

A aplicação foi baptizada com o nome de BioMe (Bio – biométrico, Me – eu) e foi criada para sistemas Android com recurso ao programa de desenvolvimento AndroidStudio.

Um dos objectivos principais na realização desta aplicação era torná-la visualmente apelativa e bastante simples e intuitiva para o seu usuário.

Funcionamento

Ao iniciarmos o BioMe é nos apresentado um ecrã com o logotipo e o nome da aplicação que passados alguns segundos é substituído pelo ecrã de login.

O login e o registo de um utilizador são uma componente importante no âmbito de uma aplicação deste tipo. Sendo o BioMe uma aplicação de monitorização inserida na área da saúde e que pretende manter um registo de dados de cada utilizador assim como manter uma comunicação activa com uma equipa medica, é fundamental que se possa diferenciar cada pessoa.

Assim sendo, cada utilizador deverá, aquando da sua primeira utilização, efectuar um registo e para tal, foram definidos diversos campos obrigatórios que o utilizador tem que preencher.

O *username*, permite diferenciar cada utilizador dentro da base de dados e é o valor, conjuntamente com a password, que o usuário deve inserir no menu de login nas próximas

utilizações. Após efectuado o Login a aplicação apresenta um conjunto de funcionalidades ao utilizador.

Visualização de dados biométricos

Uma das funcionalidades introduzidas na aplicação foi a possibilidade de o utilizador visualizar os dados relativos à sua temperatura corporal e ao seu ritmo cardíaco.



Figura 41. Ecrã de visualização dos dados biométricos na aplicação BioMe

No caso da temperatura, o valor é obtido pelo sensor que está conectado ao Raspberry Pi, e colocado na base de dados sendo que a aplicação necessita de aceder à base de dados local para ler este valor. Em relação ao ritmo cardíaco, este é recebido directamente na aplicação.

Nome	Idade	Username	Password	Temperatura	FreeFall	RitmoCardiaco	Latitude	Longitude	Id
Nuno Pardal	26	nunopardal	nunopardalpass	23.125	0	NULL	NULL	NULL	1

Figura 42. Valor de temperatura inserido na base de dados

Sensor Heart Rate Monitor

Uma vez que o sensor Heart Rate Monitor funciona através da tecnologia Bluetooth, foi possível programar a aplicação para receber os dados por essa via, sendo que neste caso se pressupõe que o terminal móvel disponha da tecnologia Bluetooth. Este sensor já traz consigo uma aplicação própria da marca para interação com o mesmo, e foi um bom ponto de partida para adaptar as mesmas funcionalidades ao BioMe. Nesse sentido foi necessário estudar a forma como a aplicação da Runtastic estabelece a ligação com o aparelho por forma a poder garantir, com igual sucesso, a comunicação entre o sensor e a BioMe.



Figura 43. Sensor de medição do ritmo cardíaco - Heart Rate Combo Monitor

O dispositivo, que deve ficar alojado na parte inferior do peito, envia os dados directamente para a aplicação e esta de seguida acede à base de dados onde actualiza o valor a cada cerca de dois segundos.

Nome	Idade	Username	Password	Temperatura	FreeFall	RitmoCardiaco	Latitude	Longitude	Id
Nuno Pardal	26	nunopardal	nunopardalpass	23.125	1	72	NULL	NULL	1

Figura 44. Valor de ritmo cardíaco inserido na base de dados

Comunicação de emergência

Outra das funcionalidades adicionadas à aplicação foi a possibilidade de o utilizador contactar um assistente médico ou efetuar uma chamada de emergência.

Optou-se por diferenciar estes dois tipos de chamada sendo que o primeiro deverá ser utilizado numa situação de necessidade de aconselhamento médico ou algo semelhante e, a segunda numa situação de emergência efetiva, uma vez que esta opção foi programada para ligara automaticamente para o 112. Já a opção ‘Contactar Assistente’ está programada para estabelecer uma chamada com um número particular, para efeitos de teste.

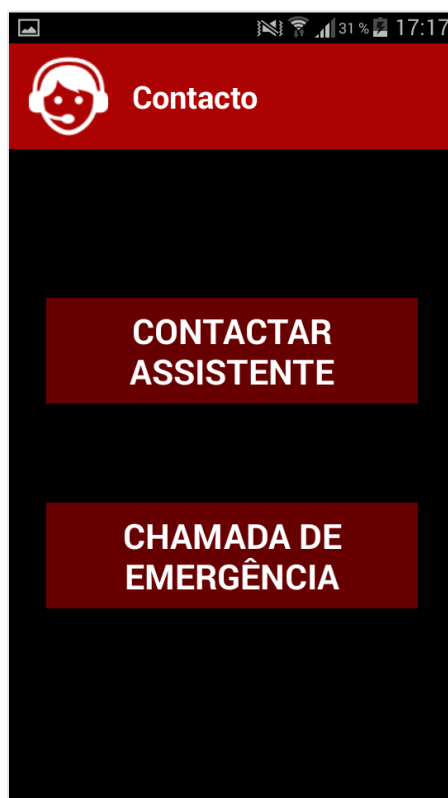


Figura 45. Ecrã ‘Contacto’ da aplicação BioMe

Envio de localização

Numa situação de emergência é importante a indicação da localização às equipas médicas. Nesse sentido foi inserida na aplicação uma função para permitir verificar a localização GPS do dispositivo e enviá-lo para a base de dados. Esta funcionalidade apenas é ativada quando o utilizador tenta estabelecer uma chamada de emergência.

Nome	Idade	Username	Password	Temperatura	FreeFall	RitmoCardiaco	Latitude	Longitude	Id
Nuno Pardal	26	nunopardal	nunopardalpass	23.125	1	72	38.75232600	-9.14943400	1

Figura 46. Coordenadas GPS inseridas na base de dados

Outras Funcionalidades

Foram ainda criadas outras funcionalidades secundárias na aplicação como a possibilidade de alterar o idioma da mesma para Inglês ou Espanhol ou um ecrã para o visionamento de algumas estatísticas como o número de anomalias verificadas ou o numero de vezes que foram realizadas chamadas para o assistente. Esta opção foi desenvolvida numa ótica de possível trabalho futuro onde poderão vir a ser introduzidos dados estatísticos mais uteis em forma de gráficos, por exemplo.

No menu de configurações foram igualmente inseridos dois botões que poderão vir a ser uteis para trabalho futuro. O primeiro visa permitir que o utilizador possa realizar algumas configurações ao seu perfil pessoal ou alterar dados pessoais e a segunda prende-se com a configuração de notificações recebidas pelo utilizador o que poderá ser uma opção interessante para informar o utilizador da ocorrência de alguma anomalia.

Comunicação

Como descrito anteriormente, a aplicação está em constante comunicação com a base de dados (O funcionamento da base de dados está descrito no capítulo seguinte) alojada no Raspberry Pi.

A tecnologia utilizada por forma a garantir a transmissão de dados entre a aplicação e a base de dados é 3G/4G. Uma vez que o Raspberry Pi faz uso de um adaptador Wi-Fi para permitir acesso à Internet esta foi considerada a melhor opção.

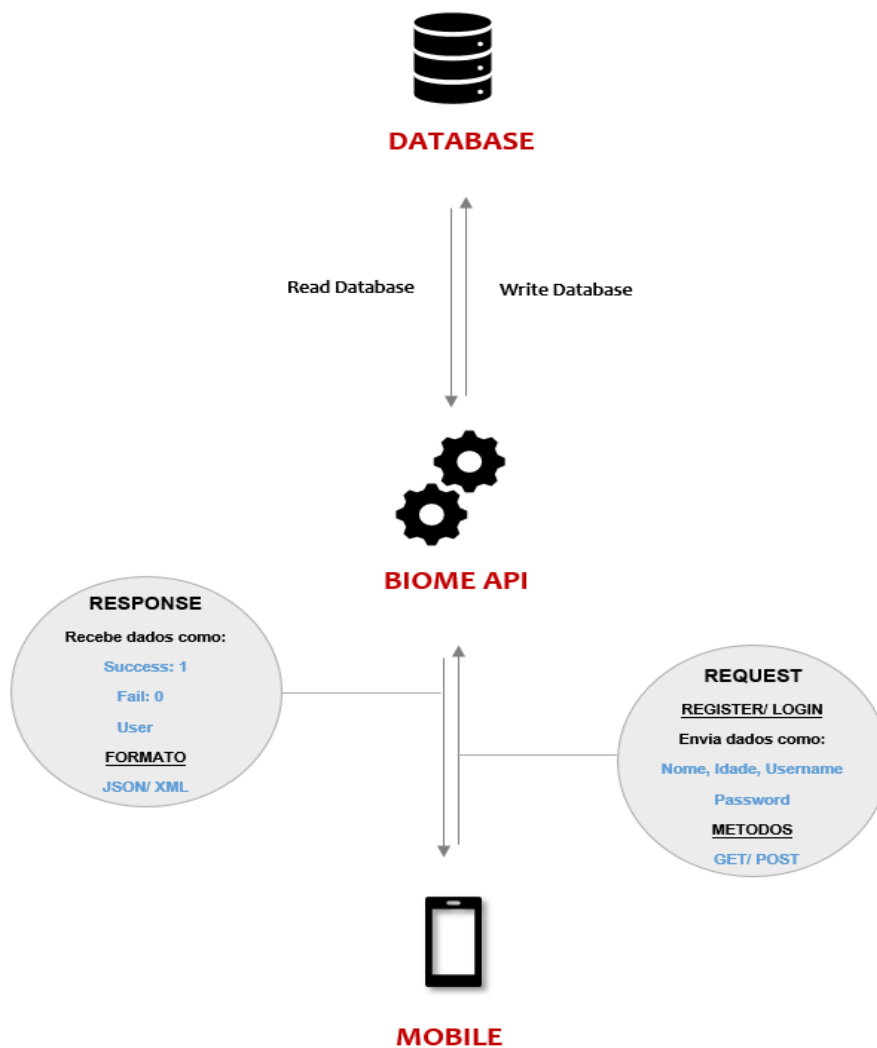


Figura 47. Comunicação entre a aplicação e a base de dados

Capítulo 4

Web Server e Base de Dados

Web Server – LAMP

Para gerir o registo dos utilizadores e guardar os dados biométricos recebidos por cada sensor, foi implementado no Raspberry Pi um mecanismo por forma a torna-lo capaz de guardar esta informação numa base de dados e de comunicar com a aplicação BioMe.

Para este mecanismo foi adotado o modelo LAMP. O LAMP é um modelo de *web server*, denominado como um acrónimo dos nomes dos quatro componentes originais: o sistema operacional Linux, o Servidor Apache HTTP, o sistema de gestão de base de dados MySQL e a linguagem de programação PHP.

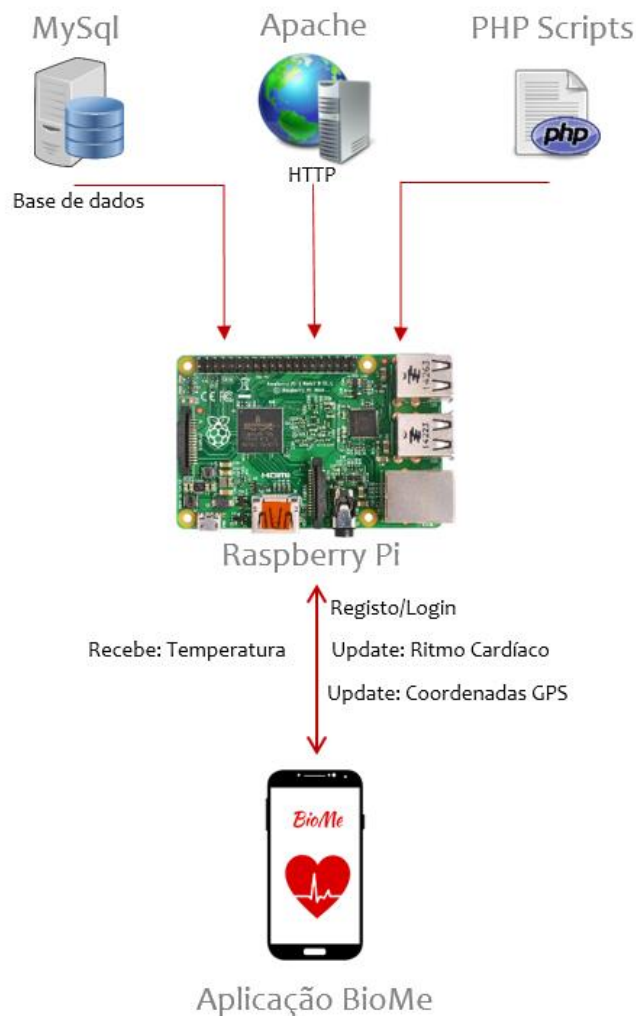


Figura 48. Comunicação entre a aplicação e o Web Server

Apache

O Apache é um software de código aberto disponível gratuitamente que tem como objectivo fornecer um servidor seguro, eficiente e extensível que forneça serviços HTTP em sincronia com os padrões HTTP atuais.

A comunicação entre cliente e servidor ocorre via HTTP, o protocolo de rede básico usado para transferência de dados entre redes de computadores, principalmente na *World Wide Web*.

O cliente inicia a comunicação fazendo uma solicitação para um recurso específico usando HTTP e o servidor responde com o conteúdo desse recurso ou uma mensagem de erro se não conseguir fazê-lo.

MySQL

O MySQL é um sistema de gerenciamento de bases de dados relacional de código aberto baseado em *Structured Query Language (SQL)* que é usada para adicionar, remover e modificar informações na base de dados.

O MySQL pode ser usado para uma variedade de aplicações, mas é mais comum em servidores da Web.

O sistema utiliza linguagens de script da Web, como PHP, para aceder aos dados da base de dados

Para este projecto foi contruída uma base de dados capaz de guardar informações de registo do utilizador e os seus dados biométricos.

A base de dados permite guardar os campos de registo do utilizador (nome, idade, username e password) e os dados relativos aos sensores (ritmo cardíaco, temperatura, quedas) assim como as coordenadas GPS da posição do paciente (latitude e longitude)

Para cada entrada na base de dados existe um identificador único (ID) por forma a distinguir cada utilizador com maior facilidade.

Cada campo da base de dados contém um tipo de valor associado e, no caso do campo FreeFall o seu tipo é *tinyint*, por forma a funcionar como um booleano. Caso o valor deste campo se mantenha igual a 0, significa que nenhuma queda foi detectada. Quando este valor for alterado para 1 significa que foi detectada uma queda pelo sensor.

A estrutura da base de dados criada está representada na figura seguinte.

#	Nome	Tipo	Agrupamento (Collation)	Atributos	Nulo	Predefinido	Extra
<input type="checkbox"/>	1 Nome	text	latin1_swedish_ci		Não	None	
<input type="checkbox"/>	2 Idade	int(11)			Não	None	
<input type="checkbox"/>	3 Username	text	latin1_swedish_ci		Não	None	
<input type="checkbox"/>	4 Password	text	latin1_swedish_ci		Não	None	
<input type="checkbox"/>	5 Temperatura	float			Sim	NULL	
<input type="checkbox"/>	6 FreeFall	tinyint(4)			Não	None	
<input type="checkbox"/>	7 RitmoCardiaco	int(11)			Sim	NULL	
<input type="checkbox"/>	8 Latitude	decimal(11,8)			Sim	NULL	
<input type="checkbox"/>	9 Longitude	decimal(11,8)			Sim	NULL	
<input type="checkbox"/>	10 Id	int(11)			Não	None	AUTO_INCREMENT

Figura 49. Estrutura da base de dados

PHP

O PHP é uma linguagem de script projetada principalmente para o desenvolvimento de sites estáticos, sites dinâmicos ou aplicações web, mas também usada como uma linguagem de programação de propósito geral. Os scripts PHP só podem ser interpretados no servidor que tenha instalado o PHP.

Capítulo 5

Resultados e Trabalho Futuro

Registos de temperatura

Foi feito um primeiro teste com o sensor em contacto com o ambiente por forma a verificar o correto funcionamento do mesmo. A temperatura foi registada durante 150 minutos com períodos de 10 minutos entre medições.

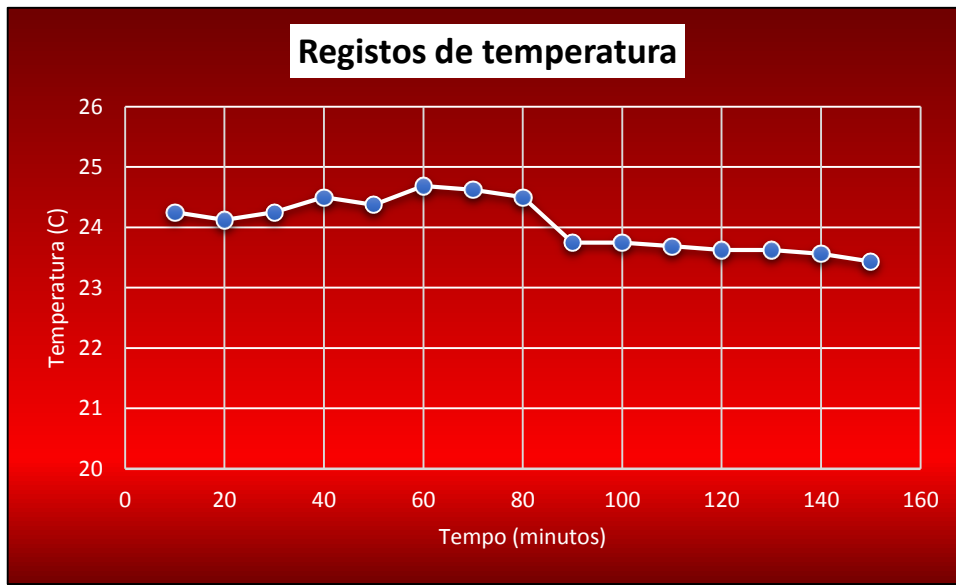


Figura 50. Temperatura medida - ambiente

Os resultados obtidos e a precisão das leituras efetuadas à temperatura ambiente ficaram dentro dos valores esperados. Uma vez que não ocorreram quaisquer falhas ou valores anómalos, podemos concluir o bom funcionamento do sensor.

O seguinte teste tem por objectivo verificar o comportamento do sensor no cumprimento da função para a qual foi incluído no projecto, ou seja, a medição da temperatura corporal de uma pessoa.

Para isso o sensor foi incorporado numa t-shirt na zona da axila e a temperatura foi registada durante 150 minutos com períodos de 10 minutos entre medições.



Figura 51a. Colocação do sensor de temperatura na t-shirt de testes

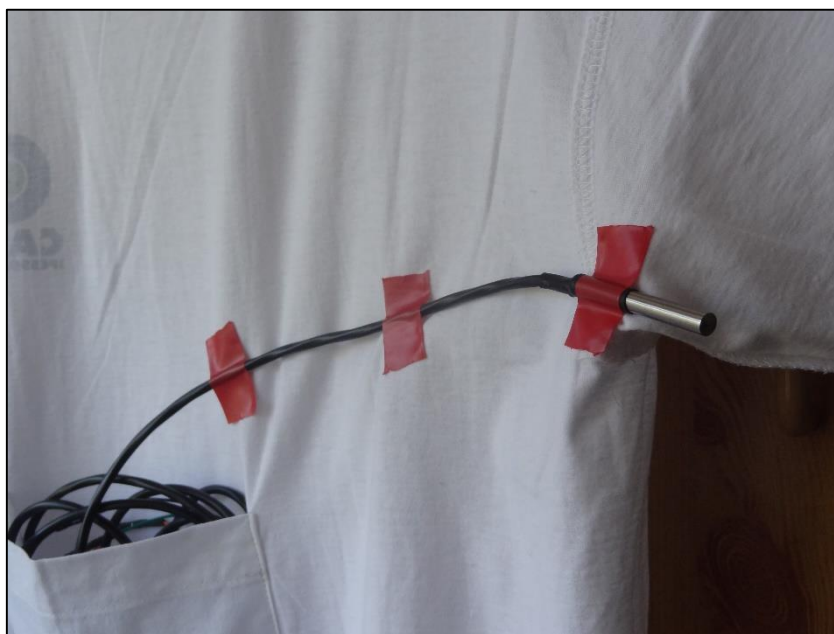


Figura 50b. Colocação do sensor de temperatura na t-shirt de testes

Os resultados obtidos encontram-se no gráfico seguinte

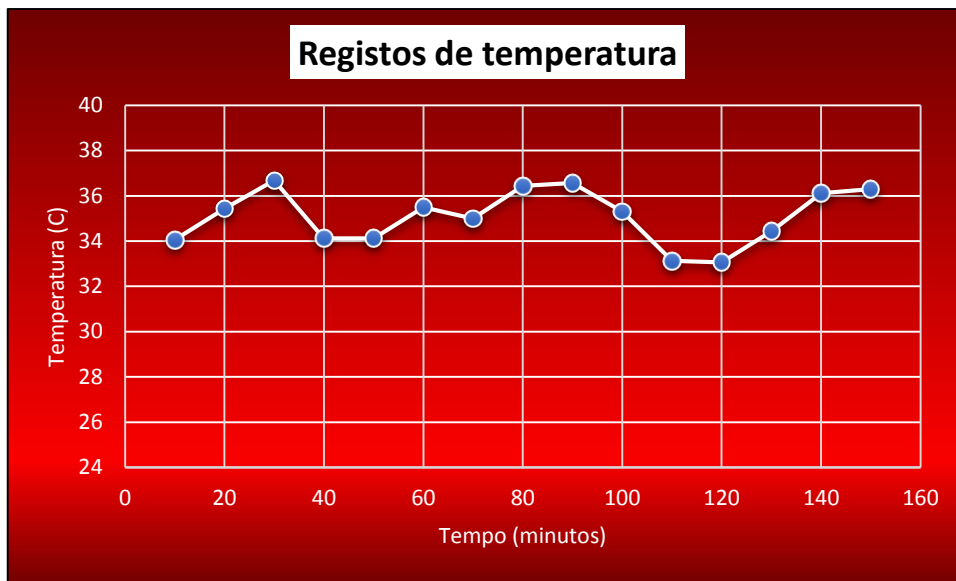


Figura 51. Temperatura medida - pessoa

Ao analisar o gráfico é possível afirmar que os resultados obtidos não foram os esperados. A temperatura corporal média está nos 36,5°C e seria de esperar uma linha mais constante em torno deste valor.

A existência de valores próximos dos 33°C vem demonstrar que ocorreram falhas na medição. Essas falhas podem ser explicadas pelo posicionamento do sensor na t-shirt uma vez que este não fica perfeitamente posicionado na zona da axila.

A solução passará por alterar o design da t-shirt por forma a conseguir uma melhor inserção do sensor na mesma e consequentemente uma melhor colocação na zona da axila.

Realizar a medição noutra zona do corpo não é viável neste projecto, nem com este tipo de sensor, uma vez que as outras zonas corporais usualmente utilizadas para medição são a boca, o ouvido ou o reto.

Ritmo Cardíaco

Para testar o funcionamento do sensor Heart Rate Combo Monitor na medição do ritmo cardíaco foram realizadas medições em três situações distintas com dois tipos de pessoas diferentes.

Condições da simulação:

- Foi utilizado o sensor Heart Rate Combo Monitor;
- Foram feitas medições num homem de 26 anos e numa senhora de 59 anos;
- As medições foram realizadas quando os indivíduos se encontravam em repouso, em actividade normal ou em numa actividade de maior esforço;
- Em todas as situações o sensor foi colocado junto do tórax da pessoa;
- Todas as simulações foram realizadas por um período de cerca de 20 minutos com uma medição a cada dois segundos;
- Os resultados foram obtidos pela aplicação BioMe conectada por Bluetooth ao dispositivo e colocados numa *ArrayList* para análise;

A simulação de repouso ocorreu com a pessoa deitada, sem exercer qualquer actividade. Os resultados obtidos encontram-se nos gráficos seguintes.

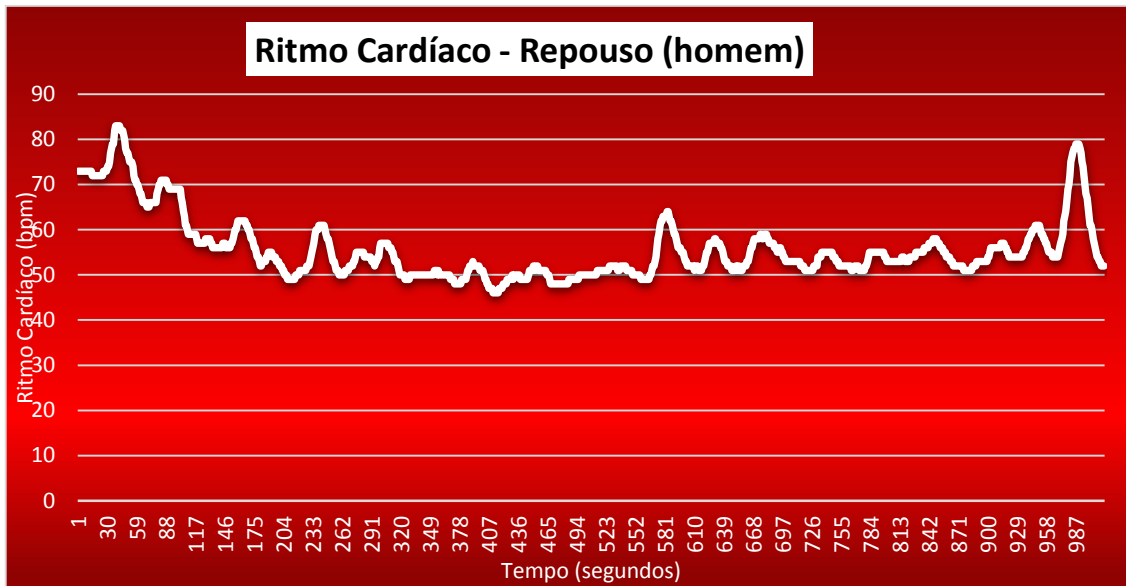


Figura 52. Ritmo Cardíaco – Repouso (homem)

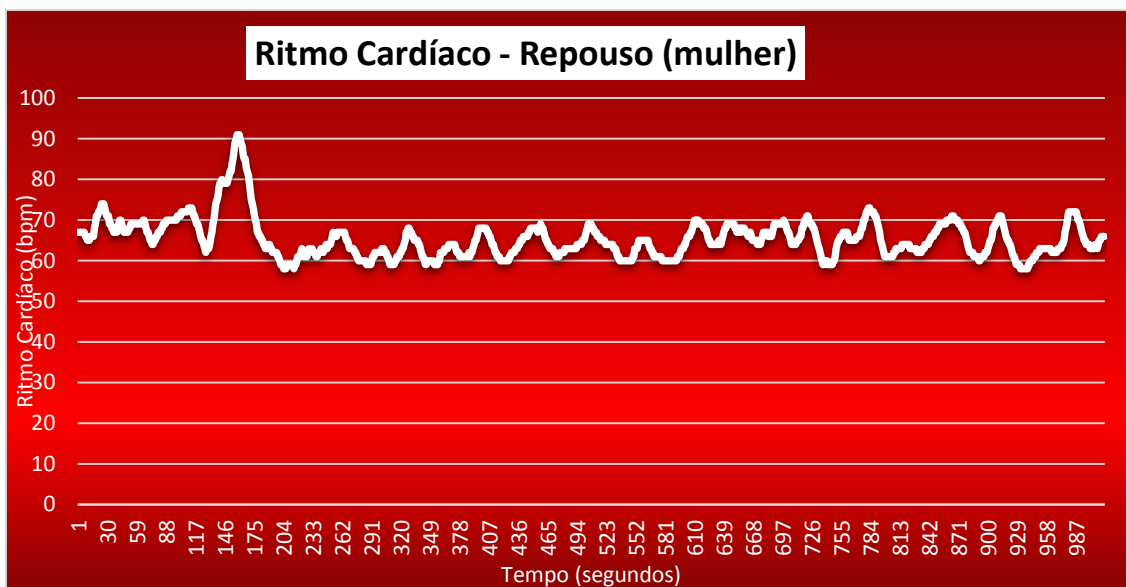


Figura 53. Ritmo Cardíaco – Repouso (mulher)

Os resultados obtidos encontram-se dentro dos valores esperados neste tipo de simulação tendo em conta as características de cada pessoa.

Não ocorreram falhas na medição nem problemas com o sensor pelo que se conclui que o mesmo funcionou perfeitamente.

A segunda simulação foi realizada durante a execução de actividades diárias normais por parte dos indivíduos. Os resultados obtidos encontram-se nos gráficos seguintes.

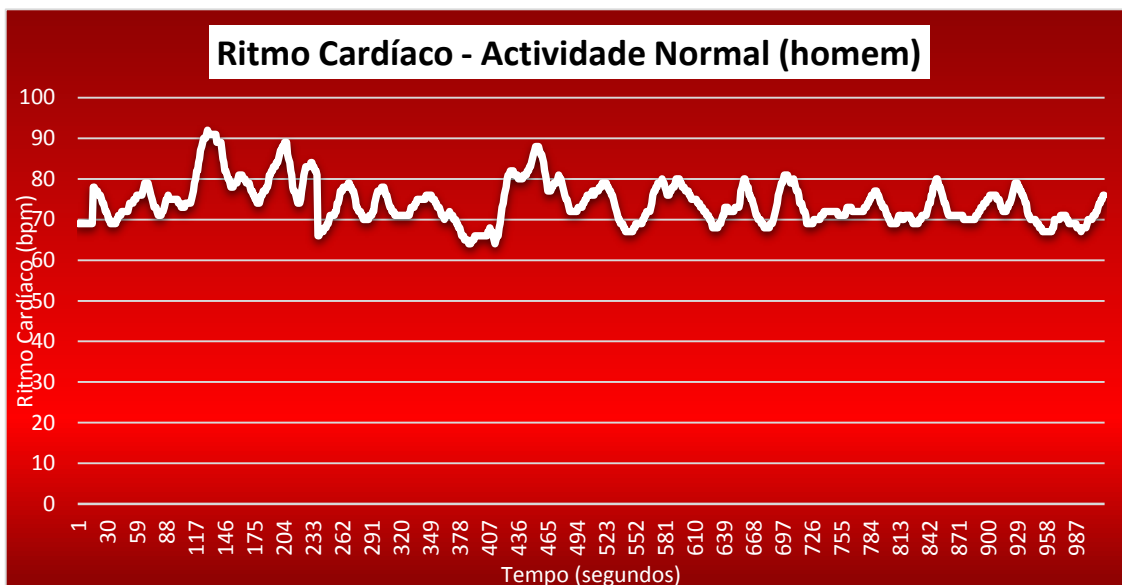


Figura 54. Ritmo Cardíaco – Atividade Normal (homem)

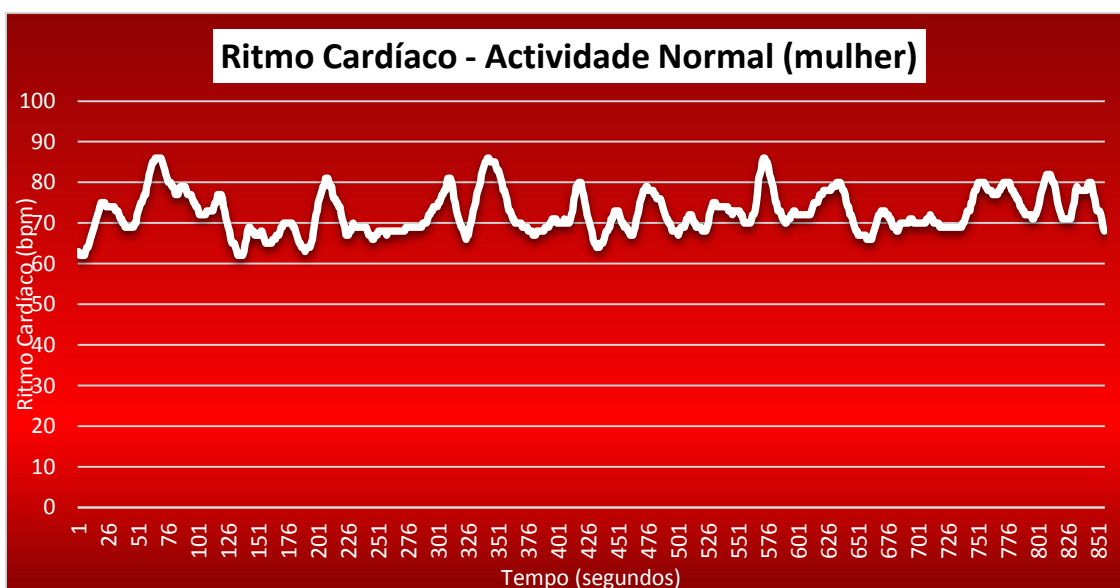


Figura 55. Ritmo Cardíaco – Atividade Normal (mulher)

Uma vez mais, foram obtidos resultados condizentes com os valores espectáveis. No entanto, nos dois casos foi possível verificar que os dois dispositivos perderam a conexão entre si, durante poucos segundos, mas que sempre voltaram a reconectar-se e que isso não influenciou os resultados finais.

A simulação de actividade física ocorreu com as duas pessoas a realizar um maior esforço físico. Neste caso o homem efectuou corrida durante os 20 minutos enquanto que a mulher fez uma caminhada. Os resultados obtidos encontram-se nos gráficos seguintes.

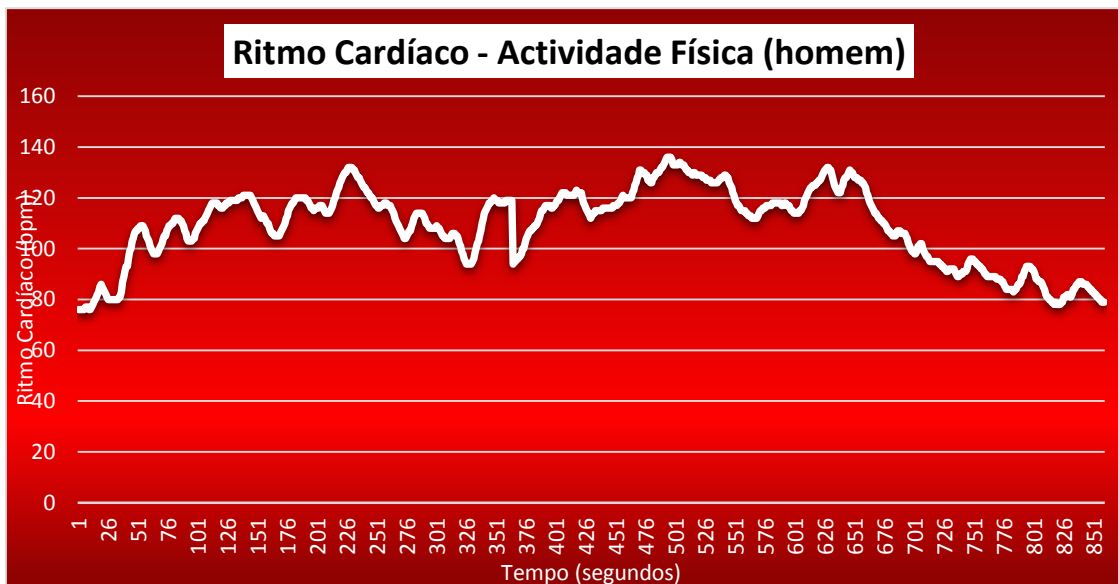


Figura 56. Ritmo Cardíaco – Actividade Física (homem)

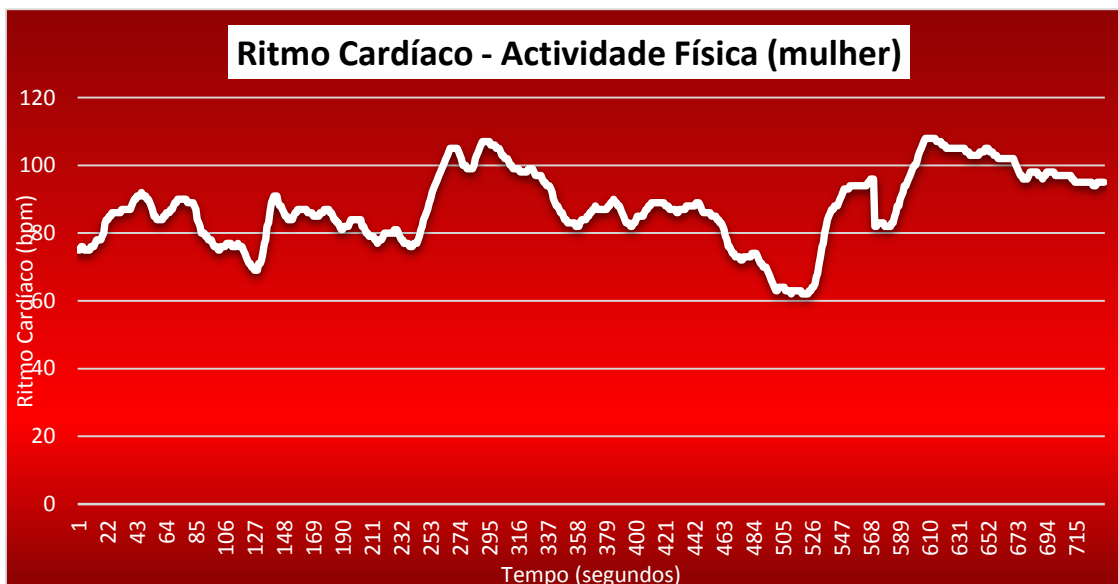


Figura 57. Ritmo Cardíaco – Actividade Física (mulher)

Podemos concluir que este sensor cumpriu o objectivo realizando medições dentro dos valores espectáveis.

É importante referir a ocorrência de algumas falhas de comunicação entre o sensor e a aplicação durante as medições em virtude da utilização da tecnologia Bluetooth. Contudo estas falhas deveram-se ao curto período entre medições (cerca de 2 segundos) uma vez que a aplicação está constantemente a tentar comunicar com o dispositivo, perdendo-se assim alguns registos. Uma vez que sempre que existiu este tipo de falha houve sempre um rápido estabelecimento de conexão entre os dispositivos é possível concluir que esta falha não afeta o bom desempenho do sensor no cumprimento da função pretendida.

Deteção de quedas

Por forma a realizar o teste de detecção de quedas foi feita uma simulação tendo em conta os seguintes aspectos:

- Foi utilizado o acelerómetro ADXL345 para detecção das quedas;
- O sensor estava directamente conectado ao Raspberry Pi;
- Os dispositivos foram colocados num bolso na parte interior de uma t-shirt vestida por uma pessoa;
- Após iniciado o sistema, a pessoa foi simulando quedas a diferentes alturas e em diferentes direcções;

```
pi@raspberrypi:~/Desktop $ cd myproject/
pi@raspberrypi:~/Desktop/myproject $ ls
freefalldetection.py quick2wire-python-api test.py
i2clibraries          temperaturesensor.py
pi@raspberrypi:~/Desktop/myproject $ sudo python3 freefalldetection.py
8
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
ALARM: FreeFall Detetectedado
```

Figura 58. Deteção de quedas – resultados

O sensor detectou todas as quedas que ocorreram com maior impacto. As quedas realizadas com maior lentidão não foram detetadas. Isto deve-se ao facto de o valor de aceleração definido na programação da função Free-Fall estar regulado para quedas com maior impacto.

Contudo o funcionamento do sensor não ofereceu qualquer tipo de problema e portanto conclui-se que cumpriu com a tarefa destinada.

Trabalho Futuro

Este projecto pretendia ser um ponto de partida para a criação de uma solução mais vasta. Nesse sentido seria interessante alterar todo o sistema para que não funcionasse apenas localmente, mas sim em qualquer parte, permitindo acessos remotos à base de dados.

Para tal, seria necessário utilizar um servidor externo à semelhança do que foi criado no Raspberry Pi que permitisse ter vários dispositivos a comunicar remotamente, gerindo assim um grande número de utilizadores. Esta alteração implicaria que fosse acoplada ao Raspberry Pi uma Pen 3G/4G por forma a permitir comunicações em zonas sem Wi-Fi.

Outra das melhorias que poderiam ser feitas seriam ao nível da aplicação, como referido no capítulo 3. Seria interessante adicionar novas funcionalidades à aplicação, tornando-a mais versátil e útil para o utilizador. A título de exemplo, poderiam ser introduzidos gráficos na janela de histórico da aplicação, com um registo do histórico das medições dos sensores.

Em termos práticos a t-shirt usada para colocar os sensores e o microprocessador não garante o melhor desempenho do sistema e, portanto, seria importante repensar o design da mesma personalizando-a de uma forma que permita que o sistema possa funcionar sem falhas.

Uma vez que todo o sistema foi desenvolvido no lado do cliente algum trabalho poderá vir a ser desenvolvido na perspetiva do servidor, mais precisamente, poderia ser desenvolvida uma interface gráfica que permitisse a visualização dos dados dos vários utilizadores, a gestão dos mesmos e a criação de um sistema de alarmes para notificação das anomalias detectadas pelos sensores.

Por fim, e uma vez que este sistema apenas visa a monitorização do paciente, poderá ser interessante tentar transformá-lo num sistema capaz de agir em soluções de emergência. Isto é, capaz de auxiliar fisicamente o paciente quando uma anomalia fosse detectada. Por

exemplo, com a adição de um desfibrilador para funcionar em situações de paragem cardíaca.

Referencias

- [1] (PHP), RUN, Run Gps as background service and send coordinates to web server (PHP). *Stackoverflow.com* [online]. [Accessed 11 July 2017]. Available from: <https://stackoverflow.com/questions/21762293/run-gps-as-background-service-and-send-coordinates-to-web-server-php>
- [2] adafruit/Adafruit_Python_BluefruitLE, 2017. *GitHub* [online],
- [3] ADXL345 Input 3-Axis Digital Accelerometer Linux Driver [Analog Devices Wiki], 2017. *Wiki.analog.com* [online],
- [4] Android Studio Tutorial - Login and Register Part 1 - User Interface, 2017. *YouTube* [online],
- [5] Configuring I2C | Adafruit's Raspberry Pi Lesson 4. GPIO Setup | Adafruit Learning System, 2017. *Learn.adafruit.com* [online],
- [6] Creating and Managing Overflow Menus on Android - Techotopia, 2017. *Techotopia.com* [online],
- [7] Detecting Human Falls with a 3-Axis Digital Accelerometer | Analog Devices, 2017. *Analog.com*[online],
- [8] ENERGY, BLUETOOTH, 2017, Bluetooth Low Energy | Android Developers. *Developer.android.com*[online]. 2017. [Accessed 15 February 2016]. Available from: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le.html>
- [9] Exploring the advanced features of the ADXL345 Accelerometer: single & double tap, activity, inactivity, free fall, power saving | Varesano.net, 2017. *Varesano.net* [online],
- [10] How To Get GPS Location In Android, 2017. *YouTube* [online],
- [11] How to Use the ADXL345 on Raspberry Pi, 2017. *Instructables.com* [online],
- [12] KAUTA, HENRY, 2017, Connecting your Android app to your WAMP server - CodeProject. *Codeproject.com* [online]. 2017. [Accessed 20 July 2017]. Available from: <https://www.codeproject.com/Articles/800703/Connecting-your-Android-app-to-your-WAMP-server>
- [13] MILLER, MICHAEL, 2017, Sharing a Mobile Data Connection with Your PC | How Mobile Networks Work | InformIT. *Informit.com* [online]. 2017. [Accessed 20 July 2017]. Available from: <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=2021961&seqNum=3>
- [14] pimoroni/adxl345-python, 2017. *GitHub* [online],
- [15] PINTO, MARTA SOFIA CORREIA, 2017, Desenvolvimento de uma aplicação móvel para pré-diagnóstico e monitorização. *Estudogeral.sib.uc.pt* [online]. 2017. [Accessed 8 August 2017]. Available from: <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/27270>
- [16] Python Programming, [no date]. *YouTube* [online],
- [17] quick2wire/quick2wire-python-api, 2017. *GitHub* [online],
- [18] Raspberry Pi Android App Communication, 2017. *Instructables.com* [online],
- [19] The Starting Steps to Learning PHP, 2017. *ThoughtCo* [online],

- [20] VENTURES, DCUBE and VENTURES, DCUBE, 2017, Raspberry Pi - ADXL345 3-Axis Accelerometer Python Tutorial. *Instructables.com* [online]. 2017. [Accessed 10 September 2016]. Available from: <http://www.instructables.com/id/Raspberry-Pi-ADXL345-3-Axis-Accelerometer-Python-T/>

Anexo

Anexo A - Manual de Utilização da Aplicação BioMe

Este manual tem por objectivo ajudar o utilizador na interacção com a aplicação BioMe. Contém uma descrição de cada um dos ecrãs da aplicação e das suas funcionalidades.

1º ecrã - *Loading*

O primeiro ecrã serve apenas para apresentar a aplicação sendo exibido durante um curto espaço de tempo, e nele podemos contemplar o ícone da aplicação e o seu nome.

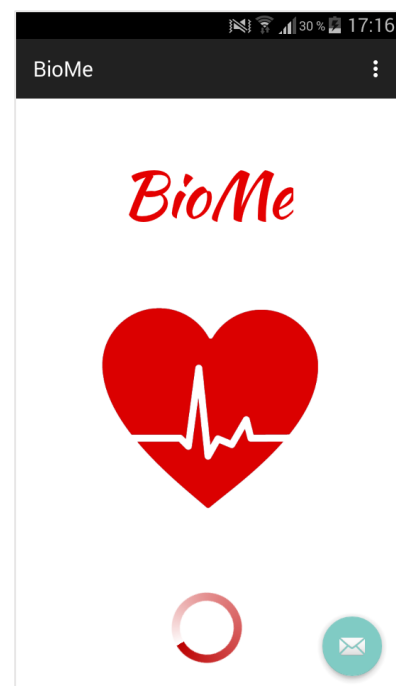


Figura 59. Ecrã de apresentação

2º ecrã - Login

Este ecrã é o ecrã de Login, e onde o utilizador deverá inserir o seu *username* e *password*, caso já tenha efectuado um registo anteriormente, ou por outro lado aceder ao menu de registo clicando no botão “Registrar Aqui”.

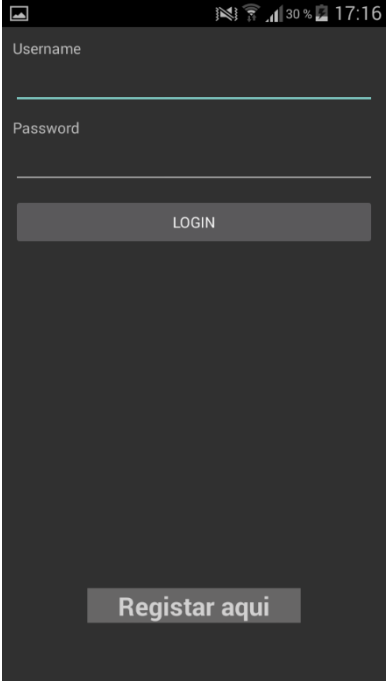


Figura 60. Ecrã de login

3º ecrã – Registo

Aqui o utilizador poderá realizar o seu registo. Para isso é necessário o preenchimento dos campos obrigatórios, respeitando algumas regras básicas (ver quadro seguinte), caso contrário a aplicação comunicará o erro ocorrido.

Para além do ‘*Username*’ e ‘*Password*’ o ‘*Nome*’ e a ‘*Idade*’ são outros dos campos a preencher. Estes dois valores não são estritamente necessários, mas são elementos básicos de informação sobre o utilizador, e que do ponto de vista do assistente médico fazem algum sentido existir.

Por fim, existe o campo password. Por forma a garantir a autenticidade do utilizador e segurança no acesso aos

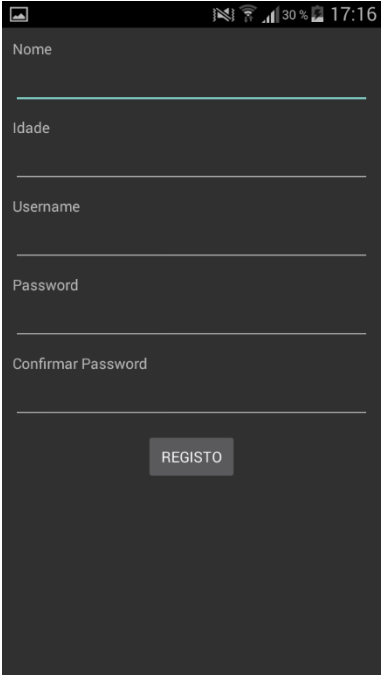


Figura 61. Ecrã de registo

seus dados é necessário definir uma senha secreta que, como referido anteriormente, será solicitada no login nas próximas utilizações.

Nome	Deverá ser inserido um valor do tipo String
Idade	Deverá ser inserido um caracter numérico inteiro
Username	O <i>username</i> é diferente para cada utilizador, não sendo por isso permitido que o utilizador insira um <i>username</i> que já conste na base de dados
Password e Confirmar Password	Estes dois campos devem ser preenchidos com o mesmo valor, sendo que não existe qualquer restrição para a dimensão ou caracteres que a password deve conter.

Tabela 4. Regras de inserção dos campos de registo

4º ecrã - Menu

No Menu o utilizador tem à sua disposição o acesso a 4 janelas, “Dados”, “Histórico”, “Contacto” e “Configurações”, e deverá clicar sobre uma delas por forma a satisfazer a acção pretendida.



Figura 62. Ecrã de menu

5º ecrã - Dados

Se no Menu o utilizador clicar sobre a janela Dados é redireccionado para este ecrã. Aqui a aplicação começa por verificar se o utilizador tem a tecnologia Bluetooth activa e, caso não esteja, é lançada uma janela perguntando ao utilizador se pretende activar o Bluetooth.

Após esta verificação, a janela mostrará os dados relativos aos sensores de temperatura e de ritmo cardíaco.

Caso o utilizador decida não ligar o Bluetooth não será possível visualizar os dados relativos ao ritmo cardíaco.

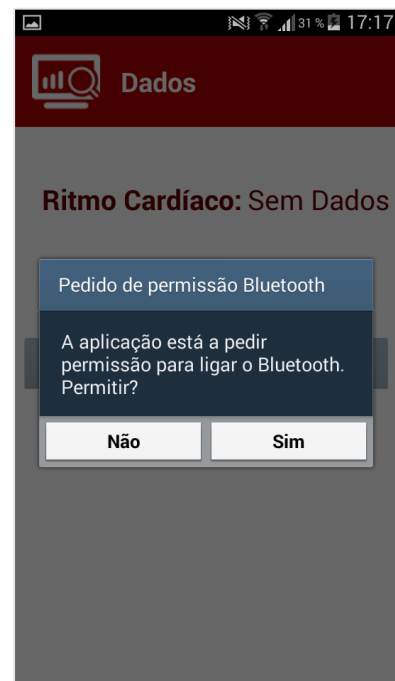


Figura 63. Ecrã de visualização de dados

6º ecrã – Histórico

Nesta janela o utilizador tem a possibilidade de visualizar o numero de vezes que determinado acontecimento ocorreu.

Sendo eles, o numero de vezes que:

- Foram detectados valores de ritmo cardíaco anómalos;
- Foram detectados valores de temperatura anómalos;
- O utilizador contactou o assistente;

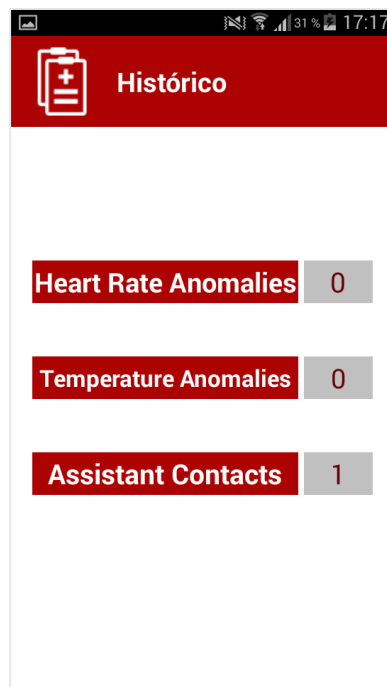


Figura 64. Ecrã de visualização de histórico

7º ecrã – Contacto

Este ecrã mostra ao utilizador dois botões. Ao clicar no primeiro, “Contactar Assistente”, é iniciada uma ligação telefónica para o assistente de saúde. Por forma a simular este acontecimento foi definido um número de telemóvel privado.

Por sua vez, se seleccionar o botão “Chamada de Emergência”, a aplicação lança a janela de marcação de contacto com o numero de emergência do 112 marcado. (Em aplicações móveis não é possível iniciar automaticamente chamadas para números de emergência)

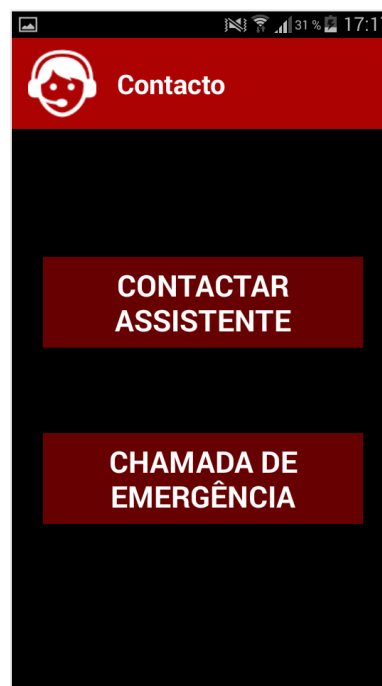


Figura 65. Ecrã de contacto

8º ecrã – Configurações

Se no Menu seleccionarmos a janela “Configurações” é apresentada uma janela com 3 opções “Perfil do Utilizador”, “Notificações” e “Idioma”.

As duas primeiras não se encontram implementadas, mas fazem sentido no contexto desta aplicação e poderão por isso ser consideradas para o trabalho futuro.

A opção idioma por sua vez, está implementada e ao clicarmos nela acedemos a um novo ecrã que nos apresenta 3 opções de idioma (Inglês, Espanhol e Português). Ao escolhermos uma destas opções toda a interface da aplicação é alterada para a linguagem escolhida.

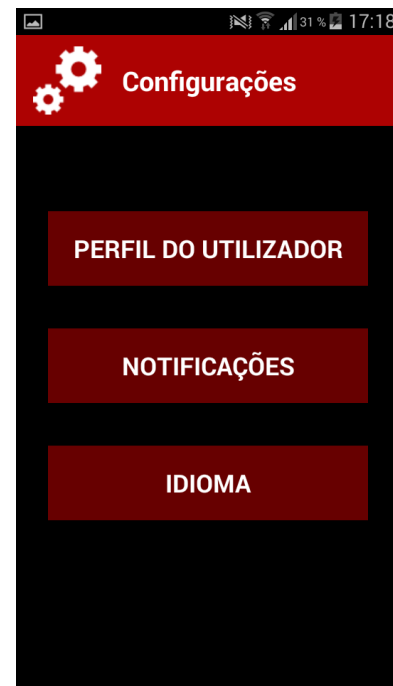


Figura 66. Ecrã de configurações