



João Daniel Lourenço Miguens Rodrigues Belo

Licenciatura em Engenharia Biomédica

SYPEC: Desenvolvimento de uma aplicação Android para controlo e avaliação postural

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Biomédica

Orientador: Doutor Pedro Vieira, Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências e Tecnologias da
Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadora: Doutora Cláudia Quaresma, Investigadora
Centro de Física e Investigação
Tecnológica da Faculdade de Ciências e
Tecnologias da Universidade Nova de
Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro 2012



João Daniel Lourenço Miguens Rodrigues Belo

Licenciatura em Engenharia Biomédica

**SYPEC: Desenvolvimento de uma aplicação
Android para controlo e avaliação postural**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Biomédica

Orientador: Doutor Pedro Vieira, Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências e Tecnologias da
Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadora: Doutora Cláudia Quaresma, Investigadora
Centro de Física e Investigação
Tecnológica da Faculdade de Ciências e
Tecnologias da Universidade Nova de
Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro 2012

Copyright

Copyright©2012 - Todos os direitos reservados. João Daniel Lourenço Miguens Rodrigues Belo. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Dedicatória

A todos os que me fizeram chegar até aqui.

A mim e aos que gostam de mim.

A ti meu padrinho, votos de rápidas melhoras.

Agradecimentos

A terminar esta dissertação resta-me deixar uma palavra de apreço a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para que a sua concretização se tornasse realidade.

À Professora Adelaide de Jesus pela idealização do conceito SYPEC.

Aos meus orientadores Professor Pedro Vieira e Doutora Cláudia Quaresma por toda a compreensão, dedicação e disponibilidade prestada. Agradeço a oportunidade de poder dar o meu contributo para a evolução do projecto SYPEC e a abertura que, desde o início, demonstraram para a utilização de plataformas móveis neste trabalho em concreto, adaptando as necessidades do projecto a um desejo muito pessoal. Muito obrigado, foi um prazer trabalhar com ambos.

A todos os elementos da NGNS – ingenious solutions, Lda. com quem tive oportunidade de trabalhar Rui Lucena, Bruno Lopes, Pedro Duque e Eduardo Cardoso por toda a disponibilidade e apoio e à própria NGNS – ingenious solutions, Lda. por ter possibilitado que o trabalho fosse realizado nas suas instalações.

Aos meus colegas do grupo SYPEC Leonardo Martins e Marcelo Santos pelas suas ideias e sugestões ao longo de todo o trabalho. Sem dúvida que o trabalho em grupo foi umas das grandes mais-valias desta fase do projecto.

Findados os agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de forma directa e mensurável para a concretização deste projecto, seguem-se os agradecimentos a todos aqueles que me disponibilizaram o seu sorriso, paciência e simpatia nesta última e difícil fase.

Aos meus pais, irmão e restantes familiares, peço que me perdoem por todo o tempo ausente. Sem dúvida, que o vosso apoio foi a base para a manutenção da estabilidade durante esta longa etapa, assim como tem sido durante toda a vida.

À minha namorada, Maria Bandeira, por ter tido a paciência e compreensão tão necessárias nesta difícil fase e por sempre ter acreditado em mim e me ter dado o seu apoio.

Aos meus companheiros de viagem Ricardo Conceição e Milton Fernandes que conjuntamente com Maria Bandeira tornaram possível o concretizar de um sonho antigo. Ficarlhes-ei eternamente grato.

Aos meus amigos Pedro Henriques, Gonçalo Oliveira, Nuno Graça, Fábio Dias, Mauro Ribeiro e a todos os outros que por vezes distantes, e alguns deles com os trabalhos das suas dissertações em mãos nunca deixaram de me apoiar e de me dar palavras de incentivo. Sem dúvida, que no que precisarem de mim eu estarei aqui para vos apoiar.

A todos aqueles, que não estando aqui nomeados, sempre fizeram chegar palavras de encorajamento e de força.

A todos vós o meu sincero muito obrigado.

Resumo

A evolução a que se assistiu desde a segunda metade do século XX até aos dias de hoje trouxe profundas alterações ao nosso quotidiano. As tarefas que outrora foram desempenhadas pelo Homem são hoje realizadas por máquinas e o estilo de vida tornou-se cada vez mais sedentário. Nesta sequência a posição de sentado tornou-se na posição mais adoptada pela população mundial, tanto num contexto profissional como de lazer. Associado a isso, estudos indicam que os factores como posturas inadequadas, fadiga muscular, e sobrecarga nas estruturas osteomioarticulares causadas pela adopção prolongada desta posição têm sido referenciados como de risco para o aparecimento de dor e lesão ao nível a região lombar.

É neste contexto que se insere o projecto SYPEC (*System for Posture Evaluation and Correction*). O SYPEC é um projecto inovador nas áreas de ergonomia e biomecânica e, actualmente, utiliza uma cadeira de escritório convencional equipada com 8 almofadas de ar, cada uma delas ligadas a um compressor, uma electroválvula e um transdutor de pressão, que permitem medir e regular a pressão no interior das almofadas possibilitando a alteração de conformação das suas superfícies, para avaliação e correcção postural na posição de sentado.

Nesta dissertação deu-se continuidade ao trabalho já desenvolvido implementando-se uma aplicação para controlo do protótipo, aquisição de dados e avaliação postural, através de um dispositivo móvel. Esta apresenta-se com uma solução integrada para avaliação postural e servirá de base aos actuais e futuros estudos no âmbito deste projecto. Conjuntamente foi desenvolvido um módulo de electrónica que permitiu dotar o SYPEC do protocolo de comunicação *Bluetooth*.

Os resultados alcançados com a utilização desta aplicação são bastante promissores e possibilitaram a sua utilização noutros trabalhos do SYPEC em curso, tanto para aquisição de novos dados como para o estudo dos algoritmos de avaliação postural, em contexto real.

Palavras-chave: Posição sentado, Avaliação postural, Biomecânica, Dispositivos móveis, Comunicação sem fios.

Abstract

The evolution that has been noticed since the second half of the twentieth century until nowadays has brought several changes to our daily lives. The tasks once performed by humans are today performed by machines and lifestyle has become increasingly sedentary. Therefore the sitting position has become the most adopted by the world population, both in a professional environment and leisure. Thus, studies indicate that factors such as inadequate posture, muscle fatigue, and the overload of musculoskeletal structures due to a prolonged adoption of this position have been reported as risk factors for the pain and injury on the lumbar region.

In order to solve such problems, the SYPEC project (System for Evaluation and Posture Correction) is developed. SYPEC is an innovative project in biomechanical and ergonomic fields and, currently, uses a conventional office chair equipped with 8 air pillows, each one connected to a compressor, an electrovalve and a pressure transducer, which allows measuring and regulating the pressure inside the pillows enabling the alteration of the conformation of its surfaces, to evaluate and correct the posture in a sitting position.

On this dissertation is given continuity to work already done by implementing an application for prototype control, data acquisition and postural evaluation, through a mobile device. This presents with an integrated solution for postural evaluation and it will form the basis for current and future studies in this project. An electronics module was also developed, allowing a Bluetooth communication protocol between SYPEC and the mobile device.

The results achieved with the use of this application are very promising and allowed the use of SYPEC in other works in progress, both to acquire new data as for the study of algorithms for postural evaluation, in real context.

Keywords: Sitting position, Biomechanics, Mobile devices, Wireless communication, Posture evaluation.

Índice de Matérias

Copyright	v
Dedicatória.....	vii
Agradecimentos	ix
Resumo	xi
Abstract.....	xiii
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas.....	xix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos	xxi
Capítulo 1: Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Motivação e Objectivos.....	5
1.3 Organização e Estrutura da Tese.....	9
Capítulo 2: Revisão da Literatura	11
2.1 Ideal da posição de sentado.....	11
2.2 Detecção e avaliação automática da posição de sentado.....	13
Capítulo 3: Android, Smartphones e Tablets: novos terminais de aquisição e computação... 15	
3.1 Perspectiva Histórica.....	15
3.2 Android	18
3.3 Computação Móvel	20
Capítulo 4: Desenvolvimento.....	23
4.1 Especificações Gerais.....	23
4.2 Planeamento do trabalho a desenvolver	24
4.3 Desenvolvimento do módulo de comunicação sem fios	25
4.4 Interligação do módulo sem fios com o protótipo SYPEC	35
4.5 Desenvolvimento Android	39
Capítulo 5: Aplicação de controlo, aquisição de dados e avaliação postural.....	43
5.1 Controlo do protótipo	47
5.2 Aquisição e registo temporal dos mapas de pressão	50
5.3 Calibração automática	51
5.4 Avaliação postural.....	52
5.5 Alteração dos algoritmos de avaliação postural	54
5.6 Gestão de utilizadores	54

5.7	Exportação de dados.....	59
5.8	Configurações.....	60
5.9	Gestão da comunicação <i>Bluetooth</i>	60
Capítulo 6: Resultados e Discussão.....		63
6.1	Avaliação da capacidade de controlo da aplicação	63
6.2	Validação do processo de avaliação postural	67
6.3	Validação do algoritmo de calibração automático	67
Capítulo 7: Conclusão e Perspectivas Futuras		75
Referências.....		77
Anexo A.....		81

Índice de Figuras

Figura 1.1: Diagrama representativo do funcionamento do sistema SYPEC [6].....	3
Figura 1.2: Distribuição das almofadas na cadeira do SYPEC.....	7
Figura 3.1: Arquitectura do Android [47].....	19
Figura 4.1: Diagrama comparativo entre o estado actual do SYPEC, a evolução introduzida por este trabalho e o estado final após a sua conclusão	26
Figura 4.2: Montagem de configuração do módulo <i>Bluetooth</i> [50, 51].....	27
Figura 4.3: Nova montagem de configuração do módulo <i>Bluetooth</i> [50, 51, 52].....	29
Figura 4.4: Montagem do regulador de tensão [53].....	29
Figura 4.5: Circuito de <i>reset</i> [50, 54].....	30
Figura 4.6: Diagrama de blocos do módulo sem fios	31
Figura 4.7: Esquemático completo do módulo sem fios	32
Figura 4.8: Desenho da placa de circuito impresso	34
Figura 4.9: Aspecto final da PCB após produção e após montagem	34
Figura 4.10: Esquema de interligação do módulo sem fios com o protótipo SYPEC	36
Figura 4.11: Fluxograma da rotina <i>Command Process</i> após a introdução dos comandos de ligação [6].....	39
Figura 5.1: Organização da aplicação.....	44
Figura 5.2: Interface para escolha do modo da aplicação	44
Figura 5.3: Estrutura do modo <i>simple acquisition</i>	45
Figura 5.4: Estrutura do modo <i>advanced acquisition</i>	46
Figura 5.5: Estrutura das funcionalidades da barra de acção.....	47
Figura 5.6: Modo <i>simple acquisition</i>	48
Figura 5.7: Organização do modo <i>simple acquisition</i>	48
Figura 5.8: Sequência de <i>bytes</i> para o mapeamento de pressões	50
Figura 5.9: Leituras dos transdutores efectuadas durante o período de amostragem.....	51
Figura 5.10: Estrutura da rede neuronal.....	53
Figura 5.11: Posturas possíveis de serem avaliadas.....	53
Figura 5.12: Botões de gestão de utilizadores da barra de acção.....	55
Figura 5.13: Janela de Perfil	55
Figura 5.14: Janela novo utilizador.....	56
Figura 5.15: Janela editar perfil de utilizador	56
Figura 5.16: Janela principal <i>advanced mode</i> – base de dados vazia	57
Figura 5.17: Janela principal <i>advanced mode</i> – utilizador não calibrado.....	57

Figura 5.18: Janela principal <i>advanced mode</i> – utilizador calibrado.....	58
Figura 5.19: Organização do ficheiro de exportação de dados	59
Figura 5.20: Painel de configurações.....	60
Figura 5.21: Janela de conexão.....	61
Figura 6.1: Resultados obtidos pelos testes ao controlo das acções de enchimento e esvaziamento das almofadas de ar	64
Figura 6.2: Representação temporal dos mapas de pressão obtidos pelos testes de controlo das acções de enchimento e esvaziamento das almofadas de ar	65
Figura 6.3: Representação temporal dos mapas de pressão obtidos pelos testes de validação do painel de calibração.....	66
Figura 6.4: Representação temporal dos mapas de pressão utilizados para validação do algoritmo de calibração automática.....	68
Figura 6.5: Janela de perfil – definição da posição de referência através do algoritmo de calibração automática	69
Figura 6.6: Representação temporal do mapa de pressões utilizado para validação do processo de avaliação postural	70
Figura 6.7: Representação temporal dos valores médios dos mapas de pressão utilizados como <i>inputs</i> da rede neuronal.	71
Figura 6.8: Resultados do processo de avaliação postural obtidos pelo MATLAB© e pela estrutura desenvolvida na aplicação Android.....	71
Figura 6.9: Resultados obtidos no teste à detecção de postura correcta	72
Figura 6.10: Diagrama caixa de bigodes da posição 1.....	73
Figura 6.11: Diagrama caixa de bigodes da posição 2.....	73
Figura 6.12: Diagrama caixa de bigodes da posição 3.....	74

Índice de Tabelas

Tabela 4.1: Descrição da informação transmitida pelos LEDs de informação, quando acesos	35
Tabela 4.2: Lista de comando de controlo do SYPEC [6]	37
Tabela 4.3: Lista de comando de ligação introduzidos	38
Tabela 5.1: Relação entre a frequência de amostragem e o número de leituras dos transdutores efectuadas	50
Tabela 5.2: Código de cores do painel <i>Time Analysis</i>	51
Tabela 5.3: Estrutura da base de dados	59
Tabela 6.1: Valores médios dos mapas de pressão adquiridos para definição da posição de referência.....	69

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
ADT	<i>Android Developer Tools</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
BL	<i>Back Left</i>
BPMS	<i>Body Pressure Measurement System</i>
bps	<i>bits por segundo (bits per second)</i>
BR	<i>Back Right</i>
CBUS	<i>Control Bus</i>
CE	<i>Conformité Européene</i>
COM	<i>Communications</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
FEDER	<i>Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional</i>
FL	<i>Front Left</i>
FR	<i>Front Right</i>
FTDI	<i>Future Technology Devices International</i>
GND	<i>Ground [V]</i>
IC	<i>Integrated Circuit</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
LL	<i>Low Left</i>
LR	<i>Low Right</i>
LSB	<i>Least Significant Bit</i>
MAC adress	<i>Media Access Control address</i>
MR	<i>Manual Reset</i>
MSB	<i>Most Significant Bit</i>
OHA	<i>Open Handset Alliance</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i>

PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PIO	<i>Programmable Input/Output</i>
PORLisboa	<i>Programa Operacional Regional de Lisboa</i>
QREN	<i>Quadro de Referência Estratégico Nacional</i>
RAM	<i>Random-Access Memory</i>
RF	<i>Radiofrequência</i>
RX	<i>Recepção</i>
SD	<i>Secure Digital</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SMD	<i>Surface-Mount Device</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SYPEC	<i>System for Posture Evaluation and Correction</i>
TTL	<i>Transistor-Transistor Logic</i>
TX	<i>Transmissão</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
UL	<i>Up Left</i>
UR	<i>Up Right</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V_{CC}	<i>Tensão de alimentação [V]</i>
VM	<i>Virtual Machine</i>
V_{RST}	<i>Tensão de reset [V]</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

O estilo de vida da sociedade actual leva cada vez mais à adopção da posição de sentado. Nos países desenvolvidos a maioria da população adulta passa uma grande parte do seu dia sentada numa cadeira de escritório, numa poltrona ou mesmo num automóvel, quer num contexto profissional quer num contexto de lazer [1, 2, 3]. Estima-se que só no período correspondente ao horário de trabalho um terço a metade desse tempo seja passado sentado. Associado a isto existem fortes indícios de que a permanência nessa posição por longos períodos de tempo possa trazer efeitos adversos para a saúde, nomeadamente ao nível da região lombar, como lombalgias e lesões por esforço repetitivo [2, 3].

O problema das lombalgias é de tal forma generalizado que, já no final do século XX, se estimava que só entre a população norte americana pudesse vir a afectar 8 em cada 10 adultos, pelo menos uma vez na vida. O mesmo estudo adiantava ainda que a dor ao nível lombar era a segunda principal causa da ida dos norte-americanos ao médico, com repercussões económicas que rondavam os 50 biliões de dólares por ano divididos entre assistência médica, pagamentos extraordinários a trabalhadores para compensação e tempo de trabalho perdido. No entanto, este valor poderia ser bem mais extenso, uma vez que nele não estavam contempladas as perdas em

termos lucrativos devido às limitações físicas nem a perda de produtividade do empregador [4, 5].

Como forma de minimizar os problemas de saúde e as suas consequências sócio-económicas relacionadas com a adopção de posturas incorrectas na posição de sentado, a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e a NGNS – ingenious solutions, Lda. com o apoio do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) e do Programa Operacional Regional de Lisboa (PORLisboa), propuseram o desenvolvimento e produção de um sistema de avaliação e correcção postural (SYPEC – *System for Posture Evaluation and Correction*) que, aplicado numa cadeira ou nela incorporado, permite a avaliação e correcção automática da postura do utilizador.

Este sistema pretende exercer um papel preventivo e educacional junto da população, possibilitando a mudança de hábitos inadequados, nomeadamente para utilizadores de computador, passageiros de longo curso e/ou outras situações em que o número de horas passadas na posição de sentado possa ser crítico em termos de saúde. O projecto SYPEC quando concluído permitirá:

- 1) Monitorização e avaliação postural de um utilizador na posição de sentado;
- 2) Correcção automática da postura através de alterações na conformação e rigidez do assento e costas da cadeira;
- 3) Resposta personalizada em termos de apoios lombares e cervicais;
- 4) Indução da correcção voluntária de posturas incorrectas, através da visualização de esquemas da postura e de avisos no ecrã de computadores ou outros dispositivos electrónicos.

Na sua globalidade o projecto SYPEC assenta em três princípios base: mapeamento das pressões do assento e das costas da cadeira, classificação postural e correcção postural, como esquematizado na figura 1.1, e encontra-se dividido em três etapas que correspondem, cada uma delas, à construção de um protótipo.



Figura 1.1: Diagrama representativo do funcionamento do sistema SYPEC [6].

De acordo com a definição do projecto SYPEC submetida às entidades financiadoras o primeiro protótipo permitirá correlacionar a correcta posição de sentado com a distribuição de pressões sobre o assento e encosto da cadeira. Esta etapa inicia-se pela selecção do tipo de cadeira e sensores de pressão, à qual se segue a de projecto e implementação da electrónica de controlo necessária para a aquisição dos mapas de pressão. Esta cadeira, que inicialmente se previa que estivesse munida de uma matriz de almofadas de hidrogel acopladas aos sensores de pressão, acabou por ser simplificada. Em vez destas utilizaram-se almofadas de ar que permitiram reduzir a complexidade do sistema e os custos associados. Com a utilização deste protótipo pretende-se obter a informação essencial para a definição e identificação da posição correcta. O número e localização das almofadas e sensores de pressão ainda serão objecto de estudo a realizar conjuntamente com a Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa (Laboratório de Biomecânica).

Depois de definido o número de almofadas e sensores, e as suas respectivas posições, inicia-se a construção do segundo protótipo, que visa o desenvolvimento de uma interface de utilizador. Esta interface será instalada no computador convencional ou num outro dispositivo electrónico (telemóvel, *smartphone* ou *tablet*), e terá como objectivo alertá-lo em caso de posição incorrecta. Pretende-se, igualmente, que com recurso a avisos visuais (visualização de esquemas de avaliação postural) ou sonoros se induza a correcção voluntária da postura. Neste

protótipo estava previsto o desenvolvimento de uma ligação *wireless* entre a cadeira e o computador (*Bluetooth*) que acabou por ser concretizada no trabalho referente a esta dissertação (ainda no primeiro protótipo). Os testes ao segundo protótipo permitirão aferir (em exactidão e fiabilidade) se o que é considerado correcto pelo sistema corresponde realmente a uma posição correcta.

Para o terceiro protótipo estava previsto a inclusão do sistema de actuação que deveria permitir a alteração de rigidez e conformação das superfícies da cadeira, com a finalidade de corrigir automaticamente a postura do utilizador. Contudo, e devido a alterações na estrutura do projecto este vieram a ser incluídos logo no primeiro protótipo. A correcção automática da postura será conseguida através do aumento do desconforto, o que deverá forçar o utilizador a corrigir a sua postura. Uma vez na posição correcta a cadeira deverá adoptar a conformação mais ergonómica para este utilizador, através de um reajuste personalizado das suas superfícies. Deste protótipo fazia ainda parte a selecção de actuadores e o projecto de electrónica para controlo dos mesmos que vieram a ser realizadas logo no primeiro protótipo.

Da integração dos actuadores, sensores e electrónica de controlo surgiu a necessidade de desenvolvimento de uma aplicação de controlo e avaliação postural que será o ponto de partida para o trabalho desta dissertação.

Até à data não foram encontrados sistemas de correcção postural automáticos e inteligentes no mercado, encontram-se apenas cadeiras ergonómicas passivas (sem interacção com o utilizador) e desenhadas para a média dos utilizadores (ou seja, sem apoios lombares e cervicais com altura e relevo adequados para cada utilizador). Lacunas estas que o lançamento do projecto SYPEC no mercado visa colmatar.

Para atingir a meta final de produção do SYPEC e do seu lançamento no mercado, várias metas parciais terão ainda de ser atingidas, nomeadamente:

- Determinação, com base nos conhecimentos mais actualizados de Biomecânica, do modelo de postura correcto;
- Determinação, com base num protótipo de alta densidade de sensores e medida numa população alargada e por períodos alargados de tempo, das pressões exercidas na posição sentado;
- Desenvolvimento de uma interface com o utilizador para uma indução voluntária da postura por parte do próprio utilizador, com a introdução de esquemas e alarmes de posturas correctas que o utilizador deve adoptar. Aplicação deste protótipo a uma população, sem patologia associada, para estudo da reacção à informação fornecida.

- Integração dos resultados, especificação e construção do modelo de pré-produção (construção de uma pequena série de equipamentos); testes e estudos em indivíduos sem patologia associada;
- Preparação de toda a produção/documentação técnica e comercial para a produção em massa do sistema;
- Certificação CE do sistema pelo Instituto de Soldadura e Qualidade;
- Certificação do sistema por entidades credenciadas, nomeadamente pela Faculdade de Motricidade Humana (Laboratório de Biomecânica);
- Identificação das áreas de interesse no mercado e colocação faseada do produto no mercado;
- Divulgação dos resultados por: comunicação em eventos da especialidade e publicação em revistas científico-tecnológicas apropriadas.
- Registo de patente do SYPEC;

1.2 Motivação e Objectivos

Os desenvolvimentos económicos e tecnológicos que ocorreram a partir da segunda metade do século XX conduziram ao aumento do número de tarefas realizadas na posição sentado e consequentemente ao aumento do tempo passado nesta posição, nomeadamente em contexto de trabalho [2, 7]. Embora se reconheça que o trabalho sentado seja energeticamente menos exigente, que o trabalho em pé, os estudos indicam que a compressão entre os discos intervertebrais é maior nesta do que na postura em pé e que a adopção da posição de sentado por longos períodos de tempo é um dos principais factores de risco que conduzem ao aparecimento de problemas lombares [7, 8, 9]. Alguns estudos têm demonstrado relações directas entre um historial de trabalho sedentário, a prevalência de lombalgias e o aparecimento de alterações degenerativas nos discos intervertebrais [7].

Na posição sentado, a maior parte do peso do corpo é transferida para a área que serve de suporte através das tuberosidades isquiáticas e das regiões musculares dos glúteos e das coxas, o restante peso distribui-se pelo apoio das costas e dos braços, quando existentes, e pelo chão [10]. A adopção desta posição por longos períodos leva à prolongada sustentação da flexão e à redução da amplitude do ângulo da lordose lombar, efeitos que estão na base do processo degenerativo dos discos intervertebrais [7].

Reduzir a força de compressão que actua sobre a coluna vertebral ou exercer alguns movimentos periódicos são medidas que podem minimizar os efeitos da permanência, por longos períodos de tempo, na posição de sentado [7]. Contudo, nem sempre estes procedimentos são tarefa fácil, mesmo tentando manter uma posição adequada, as necessidades laborais associadas à fadiga acumulada no decorrer de um dia de trabalho levam à adopção de posturas incorrectas.

Alguns componentes ergonómicos das cadeiras como os suportes lombares, os apoios dos braços, a inclinação do assento e do encosto, a liberdade para movimentação, a possibilidade de serem reguláveis em altura e o assento curvado anteriormente têm sido apontados como redutores da sobrecarga no sistema musculoesquelético na posição de sentado e estão associados ao aumento do conforto [11].

Contudo, o processo de avaliação postural da posição de sentado é um processo complexo que muitas vezes apenas considera esta acção como uma situação estática e não como um comportamento dinâmico. O projecto SYPEC, por sua vez, pretende fazer essa monitorização e a avaliação postural enquanto situação dinâmica e em resposta a isso exercer, se necessário, uma acção que induza a correcção da postura do utilizador, através da alteração da conformação e rigidez do assento e encosto da cadeira. O processo de correcção involuntária que este sistema visa implementar apresenta vantagens evidentes, nomeadamente o facto de não afectar a tarefa que o utilizador possa estar a realizar.

Apesar de se estar numa fase inicial do projecto os resultados obtidos com o protótipo existente permitem:

- Distinguir diferentes posições do utilizador, através da análise dos mapas de pressão;
- Induzir desconforto intencional em zonas controladas através da alteração de conformação e rigidez dos encosto e do assento da cadeira;
- Provocar a alteração da postura actual do utilizador por alteração de conformação das superfícies da cadeira (assento e/ou encosto).

O protótipo actual é constituído por uma cadeira de escritório convencional equipada com oito almofadas de ar distribuídas pelo assento e pelo encosto da cadeira. A distribuição das bolsas utilizada corresponde às zonas que Zheng et al. [4] identificaram como mais relevantes para a classificação postural – tuberosidades isquiáticas e regiões posterior e interior da coxa, lombar e das omoplatas [6].

As almofadas de ar foram distribuídas de acordo com a imagem da figura 1.2. No assento da cadeira foram colocadas quatro almofadas de ar *Back Left* (BL), *Back Right* (BR), *Front Left*

(FL) e *Front Right* (FR), que englobam respectivamente as tuberosidades isquiáticas esquerda e direita e a região posterior e interior da coxa esquerda e direita. No encosto da cadeira foram colocadas as outras quatro *Up Left* (UL), *Up Right* (UR), *Low Left* (LL) e *Low Right* (LR), que englobam respectivamente a omoplata esquerda e direita e a região lombar esquerda e direita [6].

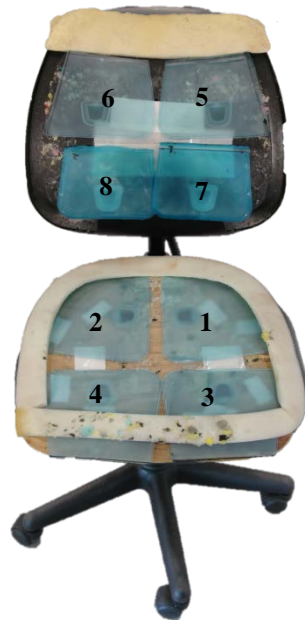


Figura 1.2: Distribuição das almofadas na cadeira do SYPEC.

Assento: 1. *Back Left* (BL); 2. *Back Right* (BR); 3. *Front Left* (FL); 4. *Front Right* (FR);

Encosto: 5. *Up Left* (UL); 6. *Up Right* (UR); 7. *Low Left* (LL); 8. *Low Right* (LR).

Para cada almofada de ar existe um circuito independente de ar que contém um transdutor de pressão, uma electroválvula e um compressor de ar. O transdutor de pressão permite medir a pressão do ar dentro da bolsa, possibilitando construir os mapas de pressão da cadeira. O ar no interior de cada almofada é regulado pelo uso de um compressor e de uma electroválvula, que permitem injectar ou retirar o ar de modo a alterar a conformação e rigidez do assento e encosto da cadeira. As almofadas de ar, o circuito de ar e o transdutor de pressão constituem o sistema de actuação e o sistema de medição da pressão [6].

O protótipo SYPEC faz-se acompanhar de uma aplicação, desenvolvida em ambiente *MATLAB*®, que permite a sua ligação a um computador através de um cabo USB, a aquisição e o registo temporal dos mapas de pressão e a monitorização dos centros de pressão do assento e das costas da cadeira [6].

Note-se que o protótipo actual resulta do primeiro trabalho realizado no âmbito do projecto SYPEC o que levou à simplificação de algumas considerações técnicas, nomeadamente ao nível das almofadas.

A presente dissertação tem como principal objectivo o desenvolvimento de uma aplicação de aquisição, controlo e avaliação postural para o projecto SYPEC. Esta plataforma servirá de base aos actuais e futuros estudos do SYPEC, nomeadamente, ao estudo dos algoritmos de avaliação e correcção postural, e perspectiva-se como sendo parte integrante da aplicação final do SYPEC (capacidade de controlo, avaliação postural e comunicação sem fios).

Fazem igualmente parte dos objectivos desta dissertação:

- O desenvolvimento de um módulo de aquisição sem fios para o projecto SYPEC e sua interligação com o protótipo actual;
- O controlo da totalidade das funcionalidades do protótipo actual, permitindo a aquisição dos mapas de pressão e a alteração da conformação e rigidez do assento e encosto da cadeira;
- A avaliação postural do utilizador do SYPEC com base nos mapas de pressão adquiridos;
- A possibilidade de criar um perfil de utilizador único para cada indivíduo permitindo a avaliação postural personalizada;
- A implementação e integração destas funcionalidades numa aplicação Android fácil e intuitiva;
- A possibilidade de alteração dos algoritmos de avaliação postural de modo a avaliar o desempenho de diferentes algoritmos de classificação, em contexto real.

Conjuntamente com o início do trabalho desta dissertação iniciaram-se, quase simultaneamente, outros dois trabalhos no âmbito do projecto SYPEC, pertencentes ao Marcelo Santos e ao Leonardo Martins, relacionados com o desenvolvimento e avaliação de desempenho de algoritmos de classificação e correcção postural, o que permitiu a introdução de algoritmos de avaliação postural, ainda em fase de estudo, na aplicação desenvolvida.

O trabalho desenvolvido na presente dissertação deu origem à apresentação de um póster (Anexo A) na 18.º Conferência Nacional de Física – FÍSICA 2012 que decorreu na Universidade de Aveiro de 6 a 8 de Setembro de 2012.

1.3 Organização e Estrutura da Tese

A presente dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos aos quais se acresce um anexo (Anexo A).

No presente capítulo, Capítulo 1, é feita a contextualização do trabalho realizado neste âmbito. São descritos o enquadramento, a motivação e os objectivos que levaram à realização deste trabalho.

No capítulo seguinte (Capítulo 2) é feita uma breve abordagem os conceitos de ideal na posição de sentado e aos trabalhos já desenvolvidos no contexto de detecção e avaliação postural nesta posição.

No terceiro capítulo é feita uma abordagem à forma como os dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) conjuntamente com o Android se tornaram nas novas plataformas de aquisição e computação.

No quarto capítulo é descrito o trabalho correspondente às etapas de desenvolvimento desde o módulo de comunicação sem fios até à aplicação Android.

No capítulo seguinte (Capítulo 5), apresenta-se a explicação e descrição da aplicação desenvolvida.

No sexto capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos.

Por fim no sétimo, e último capítulo, são apresentadas as conclusões obtidas da análise dos resultados e algumas sugestões de trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 Ideal da posição de sentado

Ao longo da história muitos investigadores têm debruçado os seus trabalhos sobre o conceito ideal de posição de sentado e desde então que se têm dividido as opiniões no que constitui a postura correcta da coluna vertebral nessa posição [12]. No início do século XIX, e praticamente durante todo esse século, acreditava-se que o ideal assentava na posição recta (posição direita), na qual o tronco, as pernas, as articulações do joelho e do tornozelo fazem um ângulo de 90° entre si, e isso reflectiu-se no *design* do mobiliário da época que apresentava assentos e encostos perfeitamente perpendiculares [13]. No final do século XIX, surgiu a hipótese de que talvez o encosto recto não conferisse o suporte necessário à coluna vertebral, o que veio a ser comprovado nos finais do século XX [10, 12]. Na posição recta a sustentação da lordose lombar é mantida através da contracção muscular o que dificulta a sua adopção por longos períodos de tempo. A fadiga muscular resultante leva à adopção de posturas incorrectas e é a principal responsável pela adopção da postura cifótica numa cadeira de encosto e assento perpendiculares. De modo a resolver estes problemas surgiram, no início do século XX, as primeiras adaptações ergonómicas ao nível das cadeiras e já no decorrer desse século

introduziu-se o conceito de avaliação postural, na posição de sentado, com base nas curvaturas da coluna vertebral [10, 12, 13].

Actualmente, apesar de se perceber que existem posturas que devem ser adoptadas em detrimento de outras e de haver grande aceitação clínica dos aspectos que influenciam a classificação de uma determinada postura em boa e má, existe pouca base quantitativa que permita definir o ideal de postura na posição de sentado [14]. Subsiste a crença que essa avaliação deve ter por base as curvaturas da coluna vertebral que tem vindo a ser consubstanciada através de vários trabalhos de investigação.

Ao nível da avaliação postural na posição de sentado, Harrison et al. [12] basearam os seus estudos na posição do centro de massa e classificaram a posição de sentado em anterior (o centro de massa posiciona-se à frente das tuberosidades isquiáticas), posterior (o centro de massa posiciona-se atrás das tuberosidades isquiáticas) e média (o centro de massa é coincidente com as tuberosidades isquiáticas), tendo verificado que estas diferiam na forma da coluna vertebral. Pynt et al. [10], Callaghan et al. [15] e O'Sullivan et al. [16] classificaram a posição de sentado tendo em conta somente as curvaturas da coluna vertebral. Pynt et al. [10] utilizaram duas classificações: posição flectida, quando existe alteração da curvatura da região lombar de lordose para cifose, e posição lordótica, quando a curvatura da região lombar não sofre alteração [10]. Callaghan et al. [15] e O'Sullivan et al. [16] definiram três classificações: posição lombo-pélvica, na qual a cifose torácica e a lordose lombar são mantidas, posição de relaxamento, na qual há redução da lordose lombar e posição torácica, na qual há um aumento da lordose lombar.

Para além da postura adoptada existem outros aspectos a analisar que determinam o seu risco para a saúde, nomeadamente, o tempo de permanência e os aspectos ergonómicos da superfície na qual se está sentado [10]. Define-se boa postura como o estado de equilíbrio entre estruturas musculoesqueléticas que previne o aparecimento de lesões ou a sua deformação progressiva, e a sua adopção deve prevenir movimentos compensatórios e distribuir uniformemente as cargas [10, 14].

A manutenção das curvaturas da coluna está relacionada com a distribuição de cargas e apesar de algumas posturas apresentarem menores riscos em relação a outras recomenda-se, para minimizar a fadiga e o desconforto provocado, que se altere a posição a cada 5 minutos e que a postura de sentado não seja adoptada por um período superior a 4 horas sob o risco de aparecimento de dor ou lesões na região lombar [17, 18].

A adopção de posturas incorrectas altera a actividade muscular e desencadeia mecanismos que põem em risco a integridade do sistema musculoesquelético da coluna vertebral. Neste

sentido a posição que apresenta menor impacto para as estruturas osteomioarticulares e que tem sido referenciada no meio clínico como a posição de sentado ideal é posição lordótica; nesta as curvaturas da coluna vertebral são mantidas e para além de diminuir a compressão e degeneração dos discos intervertebrais permite que se realizem movimentos ao nível dos membros inferiores que promovem o relaxamento muscular [10].

Para a adopção de posturas mais correctas, muito tem contribuído as evoluções ergonómicas das cadeiras. Estas permitem, em muitos dos casos, adaptar a cadeira à estrutura e fisionomia de um indivíduo, influenciam a posição a adoptar e facilitam a realização de pequenos movimentos de descompressão [10].

2.2 Detecção e avaliação automática da posição de sentado

A aceitação clínica de que a adopção de posturas incorrectas na posição de sentado potencia o aparecimento e o desenvolvimento de lesões e alterações ao nível da região lombar e que põe em risco a integridade da própria coluna vertebral, parece, hoje em dia, indiscutível. Alguns estudos têm consubstanciado essa ideia. Contudo, existe pouca base quantitativa que permita definir a postura “ideal” na posição de sentado. Nesse sentido, ao longo dos últimos anos, diferentes grupos de investigação têm publicado trabalhos relacionados com a detecção e avaliação postural na posição de sentado, utilizando cadeiras equipadas com transdutores de pressão. Para além da detecção e avaliação da postura de sentado, alguns estudos demonstraram a sua utilização com outros fins, nomeadamente: interacção Homem-máquina, detecção de comportamentos irregulares, avaliação de estados emocionais e identificação biométrica.

Tan et al. [19], Slivovsky et al. [20], Tan [21], Mota et al. [22] e Zhu et al. [23] utilizaram uma cadeira de escritório equipada com duas matrizes *Body Pressure Measurement System* (BPMS) da Tekscan® para obter os mapas de pressão. Tan et al. [19], Slivovsky et al. [20], Tan [21] centraram os seus estudos na avaliação postural para interacções Homem-máquina enquanto que Mota et al. [22] relacionaram as posturas adoptadas por crianças na posição de sentado com o seu nível de interesse para a aprendizagem. Zhu et al. [23] utilizaram o mesmo procedimento de aquisição de dados que Slivovsky et al. [20] e Tan [21] no estudo de diferentes algoritmos de classificação no contexto de avaliação postural na posição de sentado. Mutlu et al. [1] utilizaram dados adquiridos por BPMS para estudar diferentes distribuições de sensores, com o objectivo de minimizar o número de sensores a utilizar e a complexidade do processamento dos dados.

Yamada et al. [24] utilizaram uma matriz de 32 sensores de pressão colocados sobre o assento de uma cadeira com o intuito de identificação biométrica do indivíduo sentado. Os

resultados obtidos permitiram mostrar que apesar de não serem suficientes para assegurar um elevado nível de segurança possibilitam, por exemplo, o *login* automático num computador. Riener et al. [25] debruçaram-se, igualmente, sobre a identificação biométrica de condutores recorrendo à instalação de duas matrizes de 32 x 32 sensores de pressão no assento e encosto de um banco de automóvel.

Zheng et al. [4] foram mais além do que todos os seus antecessores e centraram-se na correcção postural. Para isso equiparam uma cadeira de escritório com 7 sensores de pressão e 6 células vibratórias para *feedback*. Quando o sistema detecta uma postural incorrecta, uma ou mais células vibram, direccionando o utilizador para adopção de uma postura mais correcta.

Mais recentemente, Lucena et al. [26] debruçaram-se sobre o desenvolvimento de uma nova célula de pressão (acoplada a um sensor e um actuador) capaz de medir a pressão aplicada e de alterar a sua conformação e rigidez, para avaliação e correcção postural na posição de sentado. Os resultados obtidos com a utilização desta nova célula de pressão permitiram obter mapas de pressão distintos quando testados em 10 posturas diferentes.

Capítulo 3

Android, *Smartphones* e *Tablets*: novos terminais de aquisição e computação

3.1 Perspectiva Histórica

O aparecimento dos primeiros terminais móveis, no início década 80 do século XX e a forma como rapidamente se tornaram num produto de massas, a partir da última década desse século e já na primeira do século XXI, revolucionaram a forma de comunicação das pessoas [27, 28].

A sua evolução foi de tal forma notável que em poucos anos ganharam um elevado peso na economia mundial. Rapidamente o preço das chamadas móveis caiu e a autonomia das baterias aumentou, o potencial destes novos dispositivos era tal, que as grandes empresas produtoras de computadores logo se interessaram por esta nova área [28, 29].

O principal destaque vai para os telemóveis, estes tornaram-se muito mais do que uma simples novidade passando a ser um objecto no quotidiano [28]. O tradicional telemóvel cuja

função principal era permitir a comunicação de pessoas em tempo real e a longas distâncias, onde quer que se estivesse, rapidamente se tornou num dispositivo extremamente portátil e numa importante plataforma de troca de informação [27, 29].

Contudo, os avanços tecnológicos destes dispositivos não produziam ainda uma performance comparável à dos computadores convencionais. Da pressão dos consumidores cada vez mais exigentes surgiram os primeiros PDAs (*Personal Digital Assitant*), seguindo-se a introdução das primeiras câmaras fotográficas e de vídeo, e dos primeiros protocolos de comunicação entre dispositivos alternativos à chamada telefónica [27, 28].

Os avanços tecnológicos sucederam-se ao nível do *hardware*, os ecrãs a cores tornavam estes dispositivos cada vez mais apetecíveis, a crescente autonomia tornava possível longos períodos de conversação, o abaixamento do preço da memória possibilitava que estes desempenhassem cada vez mais e mais funções, mas a venda deste produtos estava limitada à sua aceitação pelos consumidores sedentos de novas funcionalidades [28].

Nenhum destes avanços era suficiente e a comparação com computador era inevitável. Os fabricantes de terminais móveis perceberam que se queriam continuar a vender algo teria de mudar. A necessidade de introdução de novas funcionalidades teria de ser acompanhada da melhoria ao nível do desempenho destes dispositivos e é neste sentido que surgem os primeiros PDA a executar versões dos sistemas operativos existentes e já utilizados nos computadores [28].

Dava-se início, embora que inconscientemente, a uma luta que se viria a prolongar até aos dias de hoje – a luta entre sistemas operativos, plataforma de desenvolvimento e as próprias empresas produtoras de computadores, agora deslocada para os terminais móveis [29]. Uma grande variedade de plataformas foi introduzida no mercado, na verdade, cada marca tendia a apresentar uma diferente e algumas delas apresentavam mais do que uma, tendo surgido então o conceito de plataforma de proprietário [28]. Contudo, também as empresas de *software* viram nos terminais móveis um mercado a explorar e prontamente apresentaram as suas soluções. Decorria oficialmente a busca, a todo o custo, do melhor sistema operativo. Discutia-se muito as vantagens e desvantagens entre sistemas operativos e os fabricantes viam-se obrigados a comercializar diferentes produtos com diferentes sistemas operativos de forma a poderem competir neste mercado [28].

A variedade de sistemas operativos e plataformas de desenvolvimento era tal que tornava insustentável o lançamento de uma mesma aplicação para todas elas. O ideal de produto de massas, com todas as funcionalidades que lhe eram inerentes, tinha aqui uma nova barreira.

Como resultado muitas aplicações de potencial sucesso não atingiram o número de utilizadores desejados e muitas outras não foram sequer desenvolvidas [28].

Algo estava prestes a mudar, decorria o ano de 2005, quando a empresa Google adquiriu a *startup* Android Inc. e começou os desenvolvimentos nessa plataforma. Em 2007, a mesma Google juntamente com as maiores empresas produtoras de dispositivos móveis, processadores e *software* formaram uma entidade a que deram nome de *Open Handset Alliance* (OHA) [28, 29]. Esta entidade foi criada com vista a responder melhor e mais rapidamente às necessidades dos operadores móveis, fabricantes de dispositivos e produtores de aplicações através da criação de uma plataforma única [28, 30]. Por outro lado, os membros da OHA comprometeram-se, através da *Apache v2 Open Source License*, a libertar partes dos direitos intelectuais e de propriedade sobre os produtos desenvolvidos [28, 29, 30].

Mais de metade dos membros da OHA eram empresas fabricantes de tecnologia móvel e de semicondutores [28]. Conjuntamente trabalhavam para lançar o primeiro dispositivo móvel Android, o que veio a acontecer em Outubro de 2008, sensivelmente um ano depois de ter sido lançada o primeiro SDK (*Software Development Kit*) da plataforma [28, 29], e ano e meio depois de ter sido anunciado o lançamento do revolucionário iPhone, da norte-americana Apple [31].

Surgiu assim uma nova classe de terminais móveis a que se deu o nome de *smartphones*. Estes novos dispositivos apresentam, para além das funcionalidades base de um telemóvel, a capacidade de aquisição, processamento e comunicação de informação, fazendo deles autênticos computadores de bolso. Se por um lado, estes podem ser considerados como nova classe de terminais móveis por outro podem vir a ser considerados como o terminal móvel universal, uma vez que combinam todas as capacidades dos, até então, terminais conhecidos [32].

A seguir à evolução dos telemóveis para *smartphones* seguiu-se a tentativa de combinar as funcionalidades destes novos dispositivos com as dos computadores, mas agora numa escala superior. Surgiram então os *tablets*, como os conhecemos hoje. A grande divulgação destes dispositivos foi feita em 2010, novamente pela Apple com o lançamento do iPad ao que se seguiu a Samsung com o lançamento, no mesmo ano do Samsung Galaxy Tab [33, 34].

Desde o lançamento do primeiro dispositivo Android, em 2008, até à actualidade este sistema operativo sofreu grandes evoluções. A versão inicial (versão 1.0) evoluiu, em aproximadamente quatro anos, até à versão 4.1 (*Jelly Bean*) lançada em Julho de 2012. Pelo meio destacam-se as versões 1.5 (Abril de 2009), 1.6 (Setembro de 2009), 2.0 (Outubro de 2009), 2.2 (Maio de 2010), 2.3 (Dezembro de 2010), 3.0 (Maio de 2011) e 4.0 (Outubro de 2011), respectivamente, *Cupcake*, *Donut*, *Eclair*, *Froyo*, *Gingerbread*, *Honeycomb* e *Ice Cream*

Sandwich [35, 36]. Nesta última versão do Android destaca-se a gestão mais rápida e inteligente da bateria e do CPU (*Central Processing Unit*) e os desenvolvimentos ao nível da acessibilidade que permite que utilizadores cegos utilizem estes dispositivos com recurso à detecção de gestos, e interacção por voz e/ou braille [37].

No mercado actual estão disponíveis um número praticamente infindável de aplicações para terminais móveis e a maior parte delas encontram-se desenvolvidas para diversos sistemas operativos. Estima-se que, somente ao nível do *Android*, estejam disponíveis mais de 600 000 aplicações, que já tenham sido descarregadas 15 biliões de aplicações e que esse valor aumente à taxa de 1,5 biliões por mês [38]. Contudo a grande maioria delas diz respeito a aplicações multimédia ou relacionadas com redes sociais.

Mais recentemente têm surgido aplicações de outro carácter despoletadas pelo particular interesse que a comunidade científica tem mostrado por estas plataformas. Assim, hoje em dia, é possível encontrarem-se aplicações em áreas que vão desde a engenharia civil e geológica até às ciências forenses, passando pelo controlo de áreas agrícolas e de aquacultura, e a domótica [39, 40, 41, 42, 43]. É, neste sentido, que se pretende desenvolver a aplicação de controlo, aquisição e avaliação postural do projecto SYPEC, como sendo uma aplicação de estudo capaz de controlar o protótipo actual, adquirir os dados dele proveniente de forma a ser possível a avaliação postural do seu utilizador.

3.2 Android

O Android é uma plataforma *open source* baseada no *Linux*, constituído essencialmente por sistema operativo e *middleware*, uma estrutura de *software* que gere as funcionalidades do dispositivo e integra um conjunto de bibliotecas API (*Application Programming Interface*) que permitem o desenvolvimento de aplicações e o interface com o utilizador, desenvolvido essencialmente para plataformas móveis, como os *smartphones* e os *tablets* [44, 45].

O Android surgiu para permitir o desenvolvimento de aplicações que pudessem tirar total partido dos dispositivos. Ao contrário do que sucedia com outras plataformas, nomeadamente com as plataformas de proprietário, nos quais as aplicações nativas eram desenvolvidas e compiladas usando APIs diferentes daquelas que eram usadas nas aplicações desenvolvidas para essa plataforma, no Android, tanto as aplicações nativas como as desenvolvidas para este utilizam as mesmas APIs [45]. Esta característica associada a outras como: filosofia *open source*, elevado número de bibliotecas, boa documentação (APIs e exemplos), vasta comunidade desenvolvimento, ausência de custo de desenvolvimento e distribuição, tornaram-no numa plataforma com muito potencial.

Uma particularidade desta plataforma está relacionada com o *hardware*. No mercado actual é possível encontrarem-se dispositivos Android de uma vasta gama de fabricantes e com uma grande diversidade de funcionalidade – diversidade de *hardwares*. Tal é possível porque no centro da plataforma Android está um *kernel Linux* responsável pelos *drivers* de controlo, e o acesso e gestão de recursos, que permite abstrair o *software* do *hardware* combinado com uma máquina virtual para a execução das aplicações, a *Dalvik VM (Virtual Machine)* [45, 46].

Todas as aplicações são executadas através da *Dalvik VM*. Apesar de se tratar de uma máquina virtual que permite executar aplicações desenvolvidas em Java, esta não é verdadeiramente uma máquina virtual de Java e apresenta algumas diferenças em relação a estas. A *Dalvik VM* executa somente ficheiros Java após terem sido compilados num formato próprio (.dex – *Dalvik executable*) e foi particularmente desenvolvida para que sejam possíveis execuções de várias instâncias desta máquina virtual [46].

A arquitectura do Android encontra-se representada na imagem da figura 3.1.

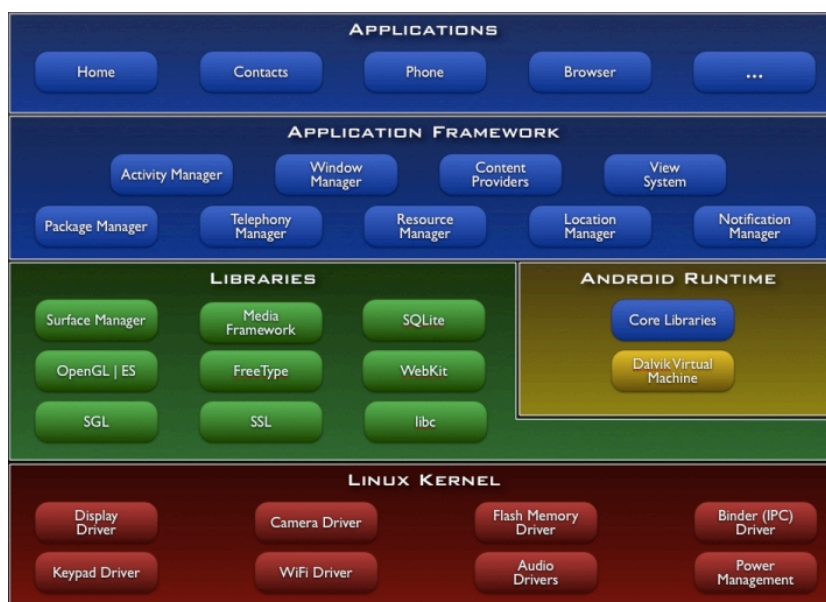


Figura 3.1: Arquitectura do Android [47].

Analisando a figura 3.1 é possível perceber o modo como está organizada esta plataforma. Na sua base está o *kernel Linux*, que corresponde à estrutura de *software* mais próxima do *hardware* constituída essencialmente pelos *drivers* de controlo do *display*, câmara, teclado, Wi-Fi, memória, áudio entre outros [46].

No nível seguinte encontram um conjunto de bibliotecas (*libraries*) combinadas com um bloco de *runtime*. As bibliotecas correspondem a porções de código C/C++ que permitem a utilização dos recursos disponíveis, como: gravação e reprodução de áudio e vídeo, controlo de

gráficos 2D e 3D, gestão de bases de dados e funções para navegação na web (*web browser*). O bloco de *runtime* é constituído essencialmente pela *Dalvik VM*, a máquina virtual que está na base da plataforma Android [46].

No nível *application framework*, encontram-se todas as APIs e recursos necessários para a implementação de aplicações como: estruturas de interface visual, acesso ou partilha de informações entre aplicações, gestor de localização, gestor de notificações e estruturas de controlo do ciclo de vida das aplicações e de navegação entre aplicações [46].

Por fim, no nível superior estão as aplicações (*applications*), neste encontram todas as aplicações como: e-mail, mapas, browser, SMS, calendário, contactos, agenda, entre outras que podem ser desenvolvidas ou descarregadas [46].

3.3 Computação Móvel

A introdução dos terminais móveis como novas plataformas de computação levou ao aparecimento de um novo conceito de computação – computação móvel. A computação móvel pode ser definida como um ambiente de computação que privilegia a mobilidade, isto é, computação através de dispositivos que podem ser facilmente movidos e com capacidade de computação enquanto em movimento, dizendo respeito a um conjunto de operações de computação que permitem o acesso à informação a partir de dispositivos portáteis como computadores portáteis, PDAs, telemóveis, leitores de multimédia ou até mesmo consolas de jogos [32, 48].

Distinguem-se essencialmente dois modos de computação móvel: o desconectado e o conectado. No modo desconectado, o acesso à informação é local, pelo contrário no modo conectado esse processo é global, neste o acesso à informação é feito a partir de qualquer parte desde que se esteja ligado a uma rede [48, 49].

As redes sem fios surgiram e proliferaram-se a um ritmo impressionante e rapidamente possibilitaram elevadas taxas de transmissão de dados a baixo custo. Como consequência surgiram uma variedade de tecnologias de comunicação sem fios que, num curto espaço de tempo, se estenderam aos dispositivos móveis [32]. Apesar da computação móvel não requerer, necessariamente, a existência de uma conexão à rede, hoje em dia, torna-se difícil imaginar a existência de dispositivos móveis sem ligação de rede [32, 49].

A flexibilidade oferecida pela computação móvel e difusão generalizada do acesso a redes sem fios deu origem a um novo conjunto de aplicações e potencialidades de negócio. Esta nova forma de computação possibilitou um acesso à informação nunca antes visto e com uma

vantagem óbvia: as tarefas que anteriormente tinham de ser executadas a partir de um computador fixo podem hoje ser feitas a partir deste novos terminais, em qualquer lugar, a qualquer hora e a partir de qualquer dispositivo [32].

Grande parte do “boom” que se deu ao nível da computação móvel foi devido ao aparecimento dos *smartphones* e mais recentemente dos *tablets*. Estes terminais são muitas vezes providos de grande capacidade computacional e poderosos protocolos de comunicação, suportando diferentes tecnologias de transferência de dados. Para além disso, e como são dispositivos que visam privilegiar a mobilidade, são dotados de capacidades melhoradas e optimizadas de comunicação sem fios [32].

Se por um lado se pensa que estes terminais dificilmente virão a destronar os computadores tradicionais por outro se tenta que algumas das tarefas que anteriormente eram exclusivamente executadas por um PC, possam hoje, ser realizadas por *smartphones* ou *tablets*, com a mobilidade que lhes é inerente, e ainda que uma tarefa iniciada numa destas plataformas possa ser reiniciada, alterada ou concluída noutra, e vice-versa [32, 48, 49].

É neste sentido que se pretende desenvolver a aplicação que será a base desta dissertação – uma aplicação que instalada num destes dispositivos possa permitir o controlo do protótipo actual do SYPEC, a aquisição de dados e a avaliação postural do utilizador. Terminada a tarefa de aquisição de dados, estes podem ser facilmente exportados para o computador e aí processados. As alterações do algoritmo de classificação daí resultante deverão ser facilmente introduzidas na aplicação.

O desenvolvimento desta aplicação deverá ter em conta a perspectiva evolutiva do projecto SYPEC de modo a que, no futuro, possa vir a ser a única interface do sistema com capacidade não só de controlo, mas também de decisão.

Capítulo 4

Desenvolvimento

O trabalho referente a esta dissertação pode ser dividido essencialmente em duas grandes etapas: (1) a primeira etapa visa dotar o protótipo actual do SYPEC da capacidade de comunicação sem fios. Para tal pretende-se que se projecte e desenvolva a electrónica necessária para a implementação de um módulo de comunicação sem fios *Bluetooth*, que possibilite a ligação e respectiva aquisição de dados por um *smartphone* ou *tablet*; (2) a segunda etapa consiste no desenvolvimento de uma aplicação Android que permita estabelecer uma ligação *Bluetooth* com o protótipo do SYPEC, o controlo da totalidade das suas funcionalidades, a aquisição dos mapas de pressão e respectiva análise para avaliação postural na posição de sentado. A segunda etapa visa o desenvolvimento de uma solução integrada para a avaliação postural na posição de sentado, com recurso à computação móvel. Esta aplicação apresenta-se como uma importante plataforma de estudo para o projecto SYPEC, uma vez que, deverá possibilitar a aquisição de dados para o treino dos algoritmos de avaliação e correcção postural e a respectiva análise de performance no contexto real de avaliação.

4.1 Especificações Gerais

De acordo com os objectivos do projecto SYPEC e tendo em conta o enquadramento deste trabalho nesse âmbito, foram estabelecidas especificações, que deverão ser tidas em conta nas

opções a tomar. Pretende-se que o trabalho realizado nesta dissertação possa contribuir de forma muito significativa para a evolução do projecto de modo a atingir as metas parciais definidas. Desta feita estabeleceram-se as seguintes especificações gerais:

- Estabelecimento de um protocolo de comunicação *Bluetooth* entre o protótipo actual do SYPEC e um *smartphone* ou *tablet*;
- Mapeamento das pressões exercidas pelo utilizador sobre as superfícies da cadeira (assento e encosto) e respectiva aquisição das distribuições de pressão do utilizador recorrendo ao protocolo de comunicação sem fios *Bluetooth*.
- Devem ser mantidas inalteradas as características de funcionamento do protótipo. Isto é, as novas funcionalidades não deverão ser incompatíveis com as já existentes. Estas deverão permitir a evolução do protótipo sem prejuízo ou perda de funcionalidades anteriormente desenvolvidas;
- Desenvolvimento de uma aplicação Android que servirá de base para os estudos futuros no âmbito do projecto SYPEC;
- Desenvolvimento de estruturas que permitam a alteração dos algoritmos de avaliação postural de forma rápida e fácil;
- Desenvolvimento de uma solução integrada para avaliação postural na posição de sentado.

4.2 Planeamento do trabalho a desenvolver

O processo de desenvolvimento de um projecto do tipo e envergadura do SYPEC pressupõem uma forte componente prévia de planeamento em cada uma das suas etapas. Como tal, e sendo este trabalho uma parte integrante deste projecto, foi igualmente necessária uma forte componente prévia de planeamento, que servirá de base à realização e cumprimento dos objectivos propostos.

Assim sendo podem destacar-se as seguintes etapas de estruturação deste trabalho:

1. Revisão bibliográfica relativa ao problema em questão;
2. Enquadramento ao projecto SYPEC;
3. Revisão do estado actual do protótipo do SYPEC;
4. Pesquisa e escolha do dispositivo Android que servirá de base à realização deste trabalho;

5. Familiarização com as ferramentas de desenvolvimento para a plataforma Android;
6. Projecto do módulo sem fios (*Bluetooth*) para o protótipo SYPEC.
7. Pesquisa dos componentes mais adequados para o desenvolvimento do módulo sem fios;
8. Montagem e teste, em *breadboard*, do módulo sem fios;
9. Familiarização com o *firmware* de controlo do módulo *Bluetooth*.
10. Configuração do módulo *Bluetooth* de acordo com os parâmetros de comunicação definidos (taxa de transmissão, *bits* de dados, *stop bits* e paridade).
11. Projecto e desenvolvimento de uma placa de circuito impresso para o módulo sem fios.
12. Desenvolvimento de ferramentas de teste à comunicação *Bluetooth* entre o módulo sem fios desenvolvido e o dispositivo Android;
13. Ligação do módulo sem fios ao protótipo SYPEC e respectivos testes;
14. Desenvolvimento da aplicação de controlo, aquisição e avaliação postural do projecto SYPEC;
15. Testes e validação de todo o sistema em cenário real.

Por motivos inerentes ao desenvolvimento do projecto, poderão surgir alterações, introduções e restaurações na ordem pela qual os pontos serão elaborados.

4.3 Desenvolvimento do módulo de comunicação sem fios

Os *smartphones* e *tablets* são plataformas que visam promover a mobilidade de utilização e dotados de interfaces de comunicação particularmente desenvolvidos para funcionarem sem fios [32]. Contudo o estado actual do protótipo do SYPEC não era compatível com esta filosofia. Este dispunha somente de uma ligação USB que possibilitava a sua interligação com um computador. Como tal, a sua evolução natural pressupunha o desenvolvimento de um módulo de comunicação sem fios que permitisse a ligação a um *smartphone* ou *tablet*. Na figura 4.1 é possível observar-se um diagrama comparativo entre o estado do actual do protótipo, a evolução introduzida pelo trabalho correspondente a esta dissertação, e o estado final, após a sua conclusão. Note-se que para além de dotar o protótipo do SYPEC de uma ligação *Bluetooth* foi mantida a integridade e funcionalidade da conexão USB.



Figura 4.1: Diagrama comparativo entre o estado actual do SYPEC (laranja), a evolução introduzida por este trabalho (verde) e o estado final após a sua conclusão (azul).

4.3.1 Módulo *Bluetooth*

A etapa inicial do desenvolvimento do módulo sem fios passou pela selecção dos componentes e centrou-se na escolha do módulo *Bluetooth*. Para tal, foi feita uma pesquisa de mercado, ao nível dos grandes fornecedores, a fim de encontrar aquele que mais se adequasse às necessidades do projecto. A escolha recaiu sobre o módulo *Bluetooth* WT 12 fabricado pela empresa *bluegiga*. Este é um módulo *Bluetooth* de classe 2, isto é, apresenta um alcance de aproximadamente 10 m e uma potência máxima do sinal de 2.5 mW (4 dBm). Para além disso, possui uma antena integrada e dispõe de diversos tipos de interfaces de comunicação com outros dispositivos (UART – *Universal Asynchronous Receiver Transmitter*, PCM – *Pulse Code Modulation*, SPI - *Serial Peripheral Interface* e USB – *Universal Serial Bus*), de uma memória *flash* que permite a programação e reprogramação do módulo, de uma estrutura de 6 pinos digitais programáveis como entrada ou saída (PIO2 – PIO7), opera na gama de temperaturas dos -40 °C aos 85 °C e a sua tensão de alimentação é de 3.3 V podendo variar entre 2.7 V e 3.6 V, só sendo possível a comunicação para uma tensão de alimentação a partir de 3.1 V [50].

4.3.2 Configuração do módulo *Bluetooth*

Concluído o processo de selecção do módulo *Bluetooth* iniciaram-se os primeiros testes ao nível da comunicação, ainda em *breadboard*. O módulo WT 12 vem configurado de fábrica com os seguintes parâmetros de comunicação: taxa de transmissão de 115 200 bps, 8 bits de dados, 1 stop bit, sem paridade, que visto não serem totalmente compatíveis com os programados ao nível do microcontrolador que está na base do protótipo do SYPEC (taxa de transmissão de 19

200 bps, 8 bits de dados, 1 stop bit, sem paridade) tiveram de ser alterados. Apesar de possuir diversos tipos de interface de comunicação com outros dispositivos, o módulo apenas pode ser reconfigurado utilizando o interface de comunicação UART.

Assim sendo, o passo seguinte consistiu em ligar o módulo a um computador de modo a proceder às devidas alterações ao nível das configurações. O módulo *Bluetooth* apresenta dois modos de operação distintos, o modo de comando e o modo de dados. No modo de comando (modo de configuração) são utilizados comandos *ASCII* para a sua configuração. Este é o modo em que o módulo se encontra quando não existem ligações activas. Quando estabelecida uma ligação *Bluetooth*, este passa automaticamente para o modo de dados, permitindo a troca de dados com o dispositivo ligado, retornando ao modo de comando assim que termine a ligação [50]. Para configuração do módulo utilizou-se, numa primeira instância, uma montagem do circuito integrado MAX232 conjuntamente com um conversor série RS232 – USB, conforme se ilustra na figura 4.2.

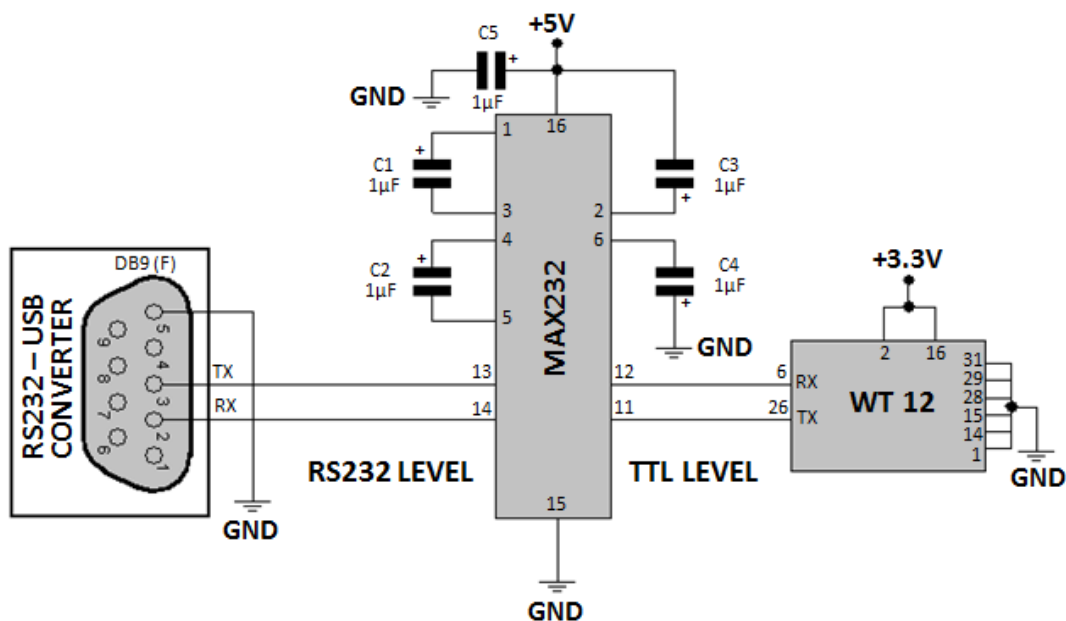


Figura 4.2: Montagem de configuração do módulo *Bluetooth* [50, 51].

Esta montagem permite que os níveis de tensão TTL (*Transistor Transistor Logic*) correspondentes à operação do protocolo de comunicação UART (entre 0 V e +5 V) sejam transformados nos níveis de tensão RS232 (entre -12 V e +12 V), conjuntamente e visto que a grande maioria dos computadores actuais já não dispõe de ficha para a ligação de um dispositivo de interface RS232 foi necessário a utilização do conversor série RS232 – USB. Este conversor permite a ligação de um dispositivo RS232 a um computador através de uma porta USB.

Ao nível do computador foi utilizado o *software Terminal*, um programa de emulação de portas séries (COM), semelhante ao inexistente *Hyperterminal* nas versões Vista e 7 do *Windows*, que permitiu entre muitas outras coisas observar os dados transmitidos e recebidos numa determinada porta COM do computador.

Esta solução tornou-se bastante útil e funcional numa primeira fase de testes, mas estava claro que não era compatível com a solução final. Esta pretendia-se que fosse compacta e de reduzidas dimensões. Havia, então, a necessidade de se arranjar uma solução alternativa à montagem MAX232 – conversor série RS232 – USB. Visto tratar-se do desenvolvimento de um protótipo, e uma vez que já tinha havido o cuidado de deixar disponível a ficha de programação do microcontrolador para que pudessem, no futuro, ser realizadas alterações que se mostrem necessárias ao *firmware* do microcontrolador, fazia também aqui, ao nível do módulo *Bluetooth*, todo o sentido em deixar disponível a possibilidade de se alterarem todas as configurações que se achassem necessárias, isto é, arranjar uma solução que permitisse a ligação directa de um computador ao módulo, sempre que necessário.

A solução encontrada passou pela utilização do circuito integrado FT232R, do fabricante *Future Technology Devices International (FTDI)*, o mesmo que já havia sido utilizado para fazer a gestão da comunicação USB entre o protótipo do SYPEC e o computador [6]. Este circuito integrado permitiu a ligação directa entre o computador e o módulo WT 12 e para além de fazer a gestão automática do protocolo de comunicação USB disponibiliza os pinos CBUS0 – CBUS4 para a ligação de LEDs de interface, muito úteis nas fases de *debug* e teste do circuito, cuja função será apresentada na subsecção 4.3.6.

Conjuntamente como o FT232R foi utilizado um cabo USB A macho – mini AB macho e uma ficha de ligação mini AB fêmea. Esta solução depois de implementada mostrou-se extremamente prática, isto porque, para a configuração do módulo apenas é necessário um único cabo de ligação.

Ao nível da alimentação foi tido em conta o facto de não ser necessária a utilização de uma fonte externa, para a configuração do módulo. Assim sendo, são utilizados os 0 V e +5 V disponíveis na ficha USB do computador e um regulador de tensão de +3,3 V (LM3940) que, a partir da tensão disponível (+5 V), permite a alimentação do módulo *Bluetooth*. O novo circuito de configuração do módulo *Bluetooth* e o circuito de alimentação encontram-se esquematizados nas figuras 4.3 e 4.4, respectivamente.

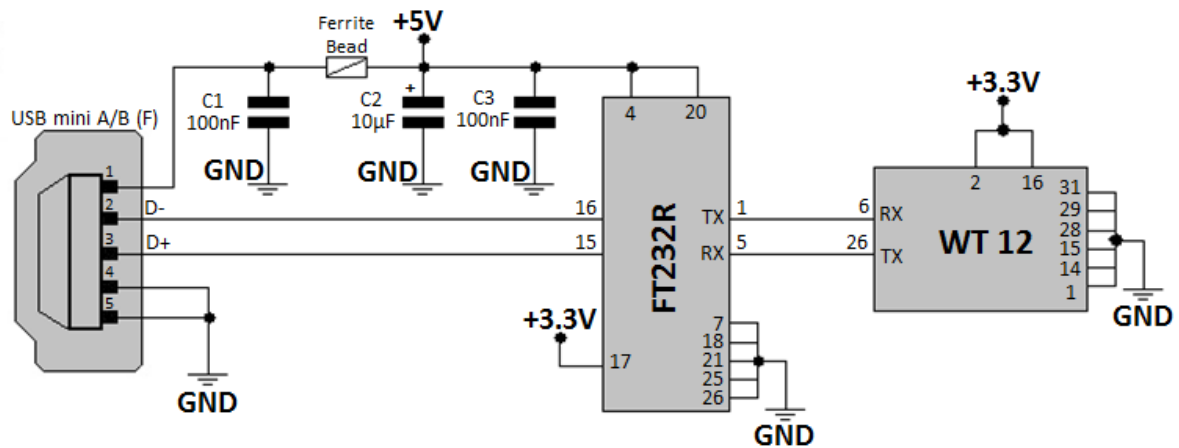


Figura 4.3: Nova montagem de configuração do módulo *Bluetooth* [50, 51, 52].

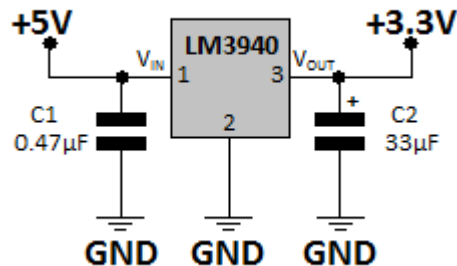


Figura 4.4: Montagem do regulador de tensão [53].

4.3.3 Reset

Terminado o processo de reconfiguração do módulo, iniciaram-se os primeiros testes à comunicação *Bluetooth*, para tal, desenvolveu-se uma pequena aplicação de teste, ao nível do Android, que permitia o emparelhamento, a conexão e a comunicação com um dos dispositivos *Bluetooth* que se encontravam visíveis numa dada área. Paralelamente foi desenvolvida uma aplicação para computador para simulação do protótipo do SYPEC, em termos de comunicação. Quando terminada, iniciou-se o desenvolvimento de uma outra aplicação para comunicação com o módulo *Bluetooth*, utilizando para tal, parte das estruturas que já haviam sido desenvolvidas em aplicações e etapas anteriores. Concluída esta etapa deram-se início aos testes tanto ao nível da aplicação como ao nível do *hardware* já desenvolvido.

Numa fase já avançada dos testes, surgiu um novo problema para o qual foi necessário arranjar uma solução. Nem sempre que o módulo *Bluetooth* era desligado e ligado, por corte de alimentação, era possível estabelecer com sucesso uma nova ligação depois de novamente alimentado, contudo percebeu-se que efectuando um *reset* ao módulo a cada corte de

alimentação esse problema desaparecia. O módulo *Bluetooth* WT 12 possui um mecanismo de *reset* interno ao qual se encontra ligado uma entrada para *reset* externo, a utilizar neste tipo de situações. A acção ao nível do *reset* externo permite estabilizar a tensão de alimentação no arranque, o que possibilita a correcta leitura da informação contida na memória antes de qualquer tentativa de comunicação. O *reset* do módulo é activo ao nível lógico *high* (+3,3 V) e recomenda-se que este seja aplicado por um período de tempo superior a 5 ms [50].

A solução encontrada para este problema passou pela utilização do circuito integrado STM812. Este tipo de circuitos são utilizados para monitorizar a tensão de alimentação. No caso particular do STM812, este possui ainda uma entrada para a ligação de um botão de *reset* manual (\overline{MR}) activo ao nível lógico *low* (0 V), que quando accionado ou sempre que a tensão de alimentação (V_{CC}) suba acima do valor de tensão de *reset* ($V_{RST} = 3.08\text{ V}$ (*typical*)), levam à activação do sinal de *reset* (RST), este sinal permanece activo por um período de tempo de 210 ms (*typical*) [54]. Para desencadear a acção de *reset* manual utilizou-se um botão de pressão normalmente aberto ligado entre \overline{MR} e GND conjuntamente com um condensador de 100 nF para uma filtragem adicional do ruído resultante da acção do botão de pressão, conforme sugerido no *datasheet* do componente, como se mostra na figura 4.5.

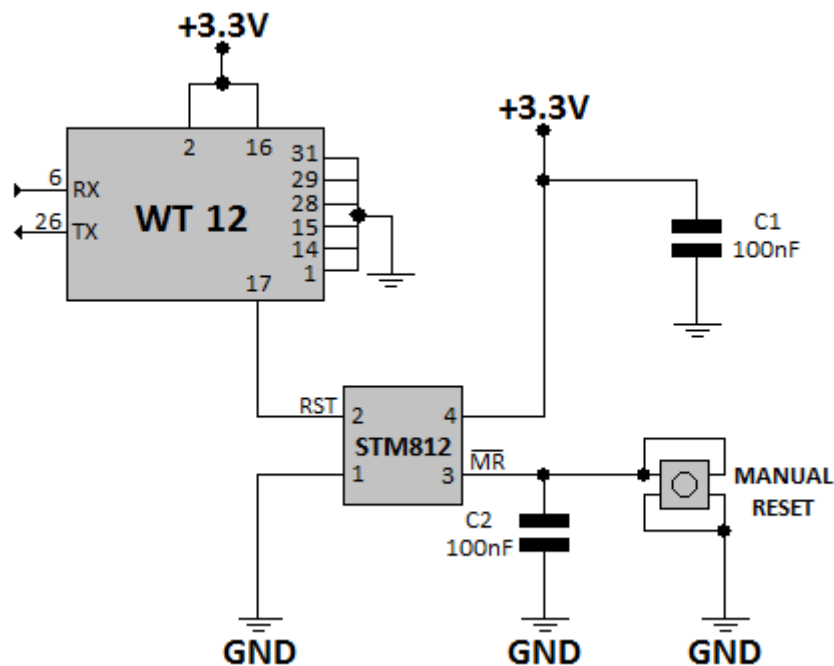


Figura 4.5: Circuito de *reset* [50, 54].

4.3.4 Estrutura do módulo sem fios

Escolhidos os principias componentes do módulo sem fios foi necessário perceber de que forma se poderia fazer a ligação entre eles e esquematizar a sua estrutura. Na figura 4.6

encontra-se esquematizada a estrutura do módulo sem fios sob a forma de um diagrama de blocos.

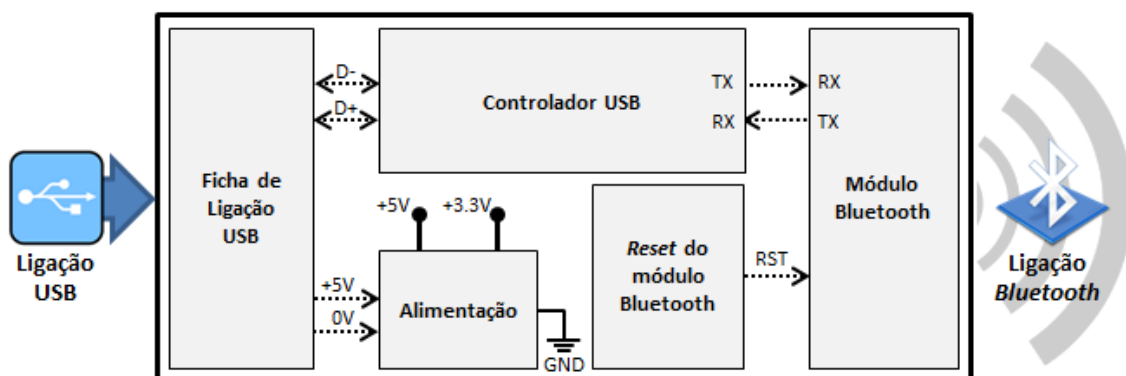


Figura 4.6: Diagrama de blocos do módulo sem fios.

Esquematizado o módulo sem fios, o passo seguinte foi perceber de que forma se poderia fazer a ligação entre este e o protótipo do SYPEC. Numa primeira fase tentou-se uma abordagem que consistia na ligação directa do protótipo ao módulo sem fios utilizando um único cabo, uma abordagem muito semelhante aquela que é feita pelos módulos *Bluetooth* externos para computadores ou pelas placas de rede de banda larga móvel. Após o estudo dessa solução e alguns testes percebeu-se que teria de ser abandonada e ponderada uma outra que utilizasse mais que um cabo de ligação, isto porque, na base da comunicação USB do protótipo e do módulo sem fios encontra-se o circuito integrado FT232R, um controlador USB *slave*¹, que faz com que estes actuem como dispositivos USB *slave*. Estes quando ligados directamente a um computador, permitem a correcta troca de dados entre ambos, uma vez que o computador actua como USB *master*¹. O mesmo não se verifica caso se liguem os dois circuitos integrados FT232R de cada uma das partes, uma vez que, o protocolo USB *standard* requer conexão de um dispositivo *master* com um *slave* para que possa existir comunicação. A solução final passou pela ligação dos pinos RX e TX do módulo *Bluetooth* com os pinos TX e RX do microcontrolador, que está na base de protótipo do SYPEC, respectivamente, conjuntamente com as alimentações 0 V e +5 V. Esta solução utiliza o protocolo USB para interface com o computador, necessário para a configuração do módulo Bluetooth, e o protocolo UART para comunicação entre o SYPEC e o módulo Bluetooth. A abordagem à interligação do módulo sem fios com o protótipo do SYPEC será feita, com mais detalhe, na secção 4.4.

¹ O protocolo de comunicação USB determina a existência de um dispositivo que controle o barramento de dados – *master* e de um outro, que em função dos comandos recebidos, se limite a responder – *slave*, para que possa existir comunicação entre dois dispositivos. O dispositivo *master* actua como USB *host* e o dispositivo *slave* como periférico.

4.3.5 Projecto e montagem da placa de circuito impresso

Concluídas as fases de teste, iniciou-se o desenvolvimento da versão final do módulo sem fios para ligação ao protótipo SYPEC. Como tal, o passo seguinte consistiu em desenhar uma placa de circuito impresso (PCB – *Printed Circuit Board*). Para isso, utilizaram-se os programas *Proteus™ ISIS Professional 7.9 SP1* e *Proteus™ ARES Professional 7.9 SP1*, que possibilitaram, respectivamente, o desenho do circuito electrónico com todos os componentes e o desenho do *layout* final da PCB. Na figura 4.7 encontra-se representado o esquemático completo do módulo sem fios.

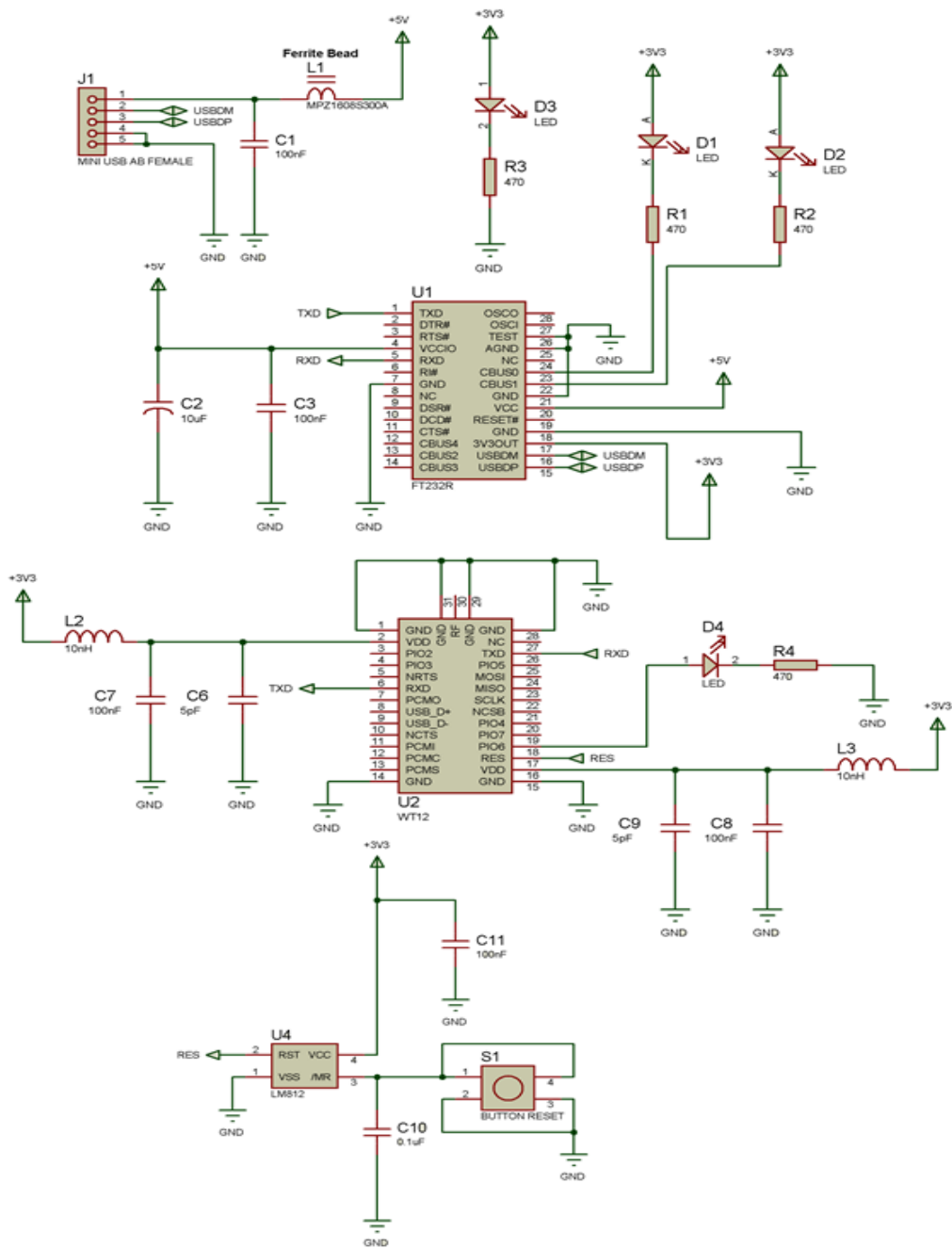


Figura 4.7: Esquemático completo do módulo sem fios.

Note-se que nesta fase ainda não era sabido que a solução para interligação do módulo sem fios ao SYPEC com recurso a um único cabo não era viável.

Pretendia-se uma PCB de reduzidas dimensões, que pudesse ser colocada dentro da caixa que se encontra por debaixo do assento da cadeira do SYPEC. Como o espaço a ocupar pela nova PCB, era crítico, uma vez que dentro dessa caixa já se encontravam os quatro circuitos de ar correspondentes às almofadas de ar do assento e toda a electrónica de controlo, definiu-se a área de $60\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ para a PCB. Nessa área colocaram-se todos os componentes necessários para o funcionamento do módulo sem fios.

Quando se projecta uma placa de circuito impresso existem alguns cuidados que devem ser tidos em conta, nomeadamente quando se utilizam componentes mais sensíveis, como são o caso dos módulos de comunicação por radiofrequência. Este tipo de comunicações, nas quais se insere o *Bluetooth* sofre grande interferência por ruído electromagnético o que pode comprometer a comunicação caso não sejam tidas em conta as considerações relativas ao ruído dadas pelo fabricante no *datasheet* do componente. A principal nota relativa a este aspecto vai para a necessidade de se eliminar todo o cobre da placa na região da antena do módulo, contudo existem outras notas que devem ser tidas em conta no projecto desta PCB, nomeadamente: criar um plano de massa em cada uma das faces inferiores e superiores que não deve ser removido mais do que o estritamente necessário, criar vias de massa em toda a extremidade da placa, bem como na região que delimita o módulo *Bluetooth*, remover todo o cobre da face na qual se encontra o módulo *Bluetooth* na área delimitada por este e utilizar pistas tão curtas quanto possível [50, 55].

Para tornar a PCB ainda mais robusta e com maior imunidade ao ruído foram colocados condensadores de desacoplamento de $0,1\ \mu\text{F}$ junto das alimentações dos circuitos integrados, foi deixado espaço para que, se necessário, fossem soldados condensadores específicos para filtragem RF, que apenas devem ser aí colocados em caso de problemas (o valor da capacidade dos condensadores é variável de $5\ \text{pF}$ a $100\ \text{pF}$ e deve ser determinado experimentalmente realizando alguns testes) e foram colocados indutores de $10\ \text{nH}$ em série nas linhas de alimentação do módulo *Bluetooth* [55].

De modo a minimizar o espaço ocupado pelos componentes, recorreu-se à tecnologia *Surface-Mount*. Esta tecnologia permite a utilização de componentes de menores dimensões e ambas as faces da PCB, com excepção do botão de pressão, que utiliza a tecnologia *through-hole* todos os restantes componentes utilizados são SMD (*Surface-Mount Device*).

Na figura 4.8 encontram representado o desenho da placa de circuito impresso desenvolvida.

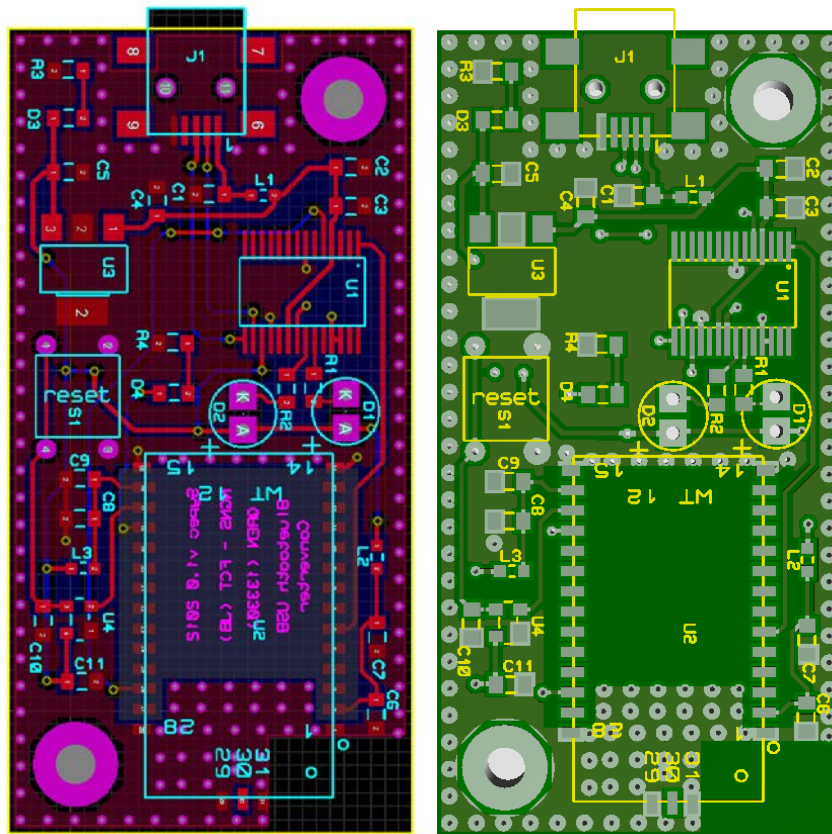


Figura 4.8: Desenho da placa de circuito impresso (vista de topo).

O aspecto final da PCB depois da produção e montagem dos componentes encontra-se representado na figura 4.9.

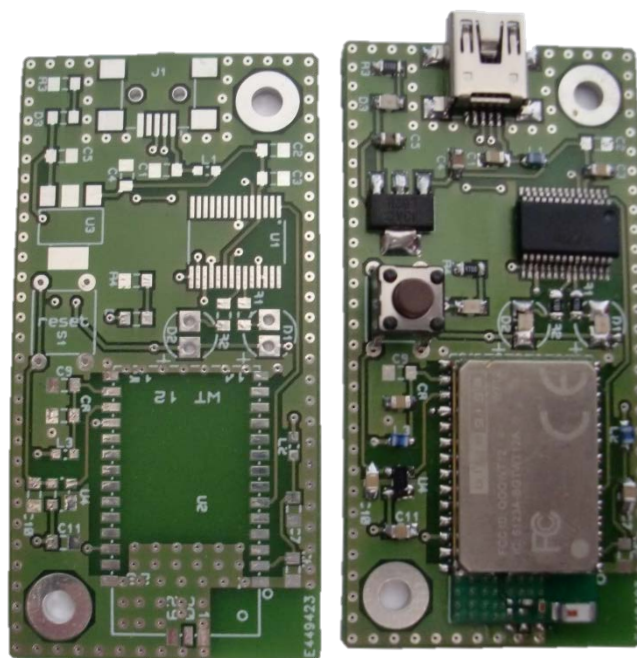


Figura 4.9: Aspecto final da PCB após produção (à esquerda) e após montagem (à direita).

4.3.6 LEDs de informação

Para auxiliar no processo de *debug* e teste do circuito, e até mesmo para ser possível extrair alguma informação sobre o correcto ou incorrecto funcionamento do circuito, foram colocados quatro LEDs de informação na PCB. Estes LEDs constituem uma importante fonte de informação visual sobre o comportamento do sistema. Ao nível do controlador USB, utilizaram-se os pinos CBUS0 e CBUS1 para ligação de dois LEDs de interface: um correspondente ao envio de dados (TX) e o outro à sua recepção (RX). Isto é, sempre que estão a ser transmitidos ou recebidos dados via USB, os LEDs de interface TX e RX piscam, respectivamente. Os restantes dois permitem retirar informação ao nível da alimentação do circuito e da existência ou não de um dispositivo *Bluetooth* conectado ao módulo. O LED de alimentação foi ligado entre a saída do regulador de tensão de +3,3 V e a massa através de uma resistência e permite inferir sobre a correcta alimentação do circuito e sobre funcionamento do circuito regulador. Este permanecerá aceso sempre que o circuito se encontrar alimentado. O LED de conexão foi ligado entre o pino PIO6 do módulo *Bluetooth* e a massa através de uma resistência. Este pino de entrada/saída programável foi configurado para permanecer no estado lógico *high* (+3,3V – LED aceso) sempre que exista uma conexão *Bluetooth*. Quando extinta o estado lógico do LED passará para *low* (0 V – LED apagado). A função de cada um dos LEDs de informação encontra-se descrita na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Descrição da informação transmitida pelos LEDs de informação, quando acesos.

LED	Cor	Descrição
TX	verde	Indica a transmissão de dados via USB
RX	verde	Indica a recepção de dados via USB
+5V/ +3.3V	verde	Indica se o hardware está correctamente alimentado
CONNECT	verde	Indica se existe uma conexão activa

4.4 Interligação do módulo sem fios com o protótipo SYPEC

Como introduzido na secção 4.3, a solução de ligação do módulo sem fios com o protótipo na qual se utilizaria um único cabo de ligação teve ser abandonada, por incompatibilidade entre os *hardwares* desenvolvidos. A solução encontrada para resolver essa incompatibilidade passou pela utilização de quatro fios de ligação conforme se ilustra a figura 4.10.

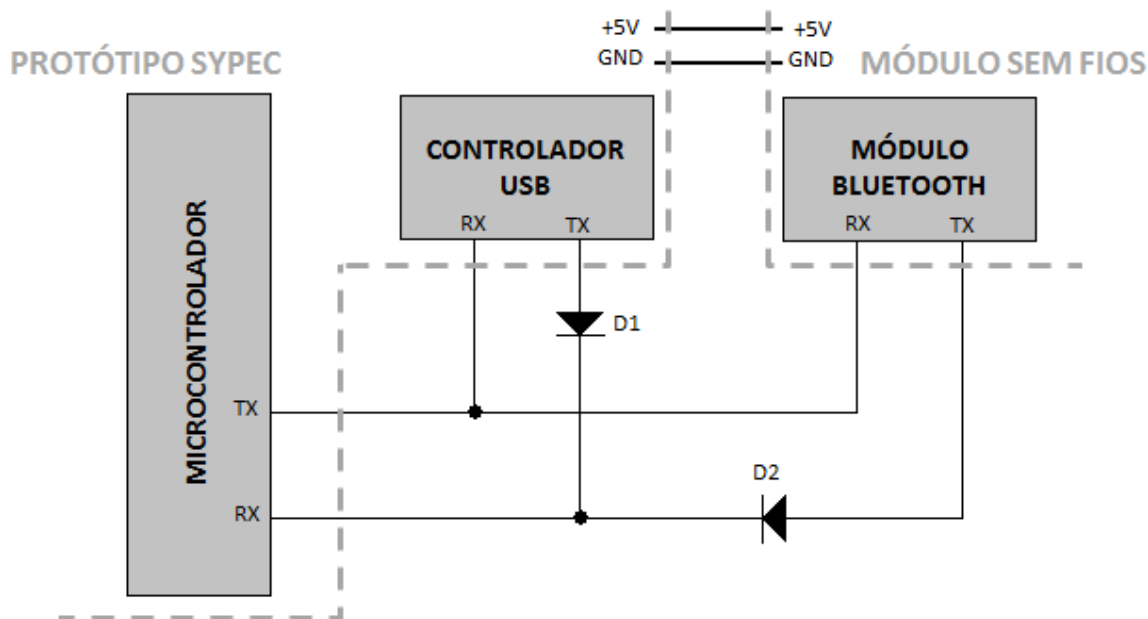


Figura 4.10: Esquema de interligação do módulo sem fios com o protótipo SYPEC.

Como se observa na figura 4.10 foram colocados dois díodos de protecção (1N4148) na ligação RX microcontrolador – TX controlador USB – TX módulo *Bluetooth*. A sua utilização permite evitar que sejam ligados directamente dois sinais de transmissão (TX), garantindo o isolamento entre eles.

A interligação do módulo sem fios com o protótipo do SYPEC levou a que fosse necessário fazer pequenas alterações ao *firmware* do microcontrolador, nomeadamente ao nível dos comandos de controlo.

O protocolo de comunicação desenvolvido para o SYPEC utiliza uma estrutura de comandos de controlo constituída por 4 *bytes* de dados. Dos quais se distinguem essencialmente dois tipos de comandos de controlo: (1) comandos operacionais e (2) comandos de configuração. Os comandos operacionais podem dividir-se em: (i) comandos de mapeamento das pressões exercidas, (ii) comandos de selecção do modo de funcionamento e (iii) comandos de configuração dos *drivers* – componentes electrónicos controlados através de lógica booleana que permitem a abertura e fecho das electroválvulas, e o ligar e desligar dos compressores. O controlo do estado lógico dos *drivers* possibilita controlar o enchimento e/ou o esvaziamento das almofadas de ar e permite a manutenção ou alteração da pressão no seu interior.

Na actual versão do protótipo SYPEC estão disponíveis três *drivers*, mas apenas dois deles, o 0 e 1 são utilizados, estando respectivamente associados ao controlo das quatro electroválvulas e dos quatro compressores do assento e o encosto da cadeira. O *driver* 3 não

apresenta qualquer funcionalidade nesta versão do SYPEC, contudo e tendo em conta a lógica evolutiva deste projecto, caso se pretenda aumentar o número de almofadas do protótipo existe um *driver* disponível para esse efeito.

Ao nível dos comandos de configuração é possível dividi-los em dois: (i) comandos para configuração e (ii) comandos de leitura da configuração. Ambos estão associados à configuração e leitura de configuração dos parâmetros: frequência de amostragem e pressão máxima.

Na tabela 4.2 encontram-se resumidos os comandos de controlo do SYPEC.

Tabela 4.2: Lista de comando de controlo do SYPEC [6].

	Comando	Estrutura	Resposta	Descrição
Comandos Operacionais	Mapa de pressões	FFh 01h 00h 00h	FFh ### XX _n h F0h	Envia os valores de pressão medidos pelos transdutores. ## – Número de amostras; XX _n – Acumulado da pressão do transdutor n (2 bytes/transdutor)
	Modo automático	FFh 02h 00h 00h	–	Coloca o sistema em modo de envio automático ²
	Modo manual	FFh 03h 00h 00h	–	Coloca o sistema em modo de envio manual ³
	Configuração <i>driver</i> 0	FFh 04h 00h ##h	–	Configura os estados lógicos do <i>driver</i> 1 ## – byte de configuração ⁴
	Configuração <i>driver</i> 1	FFh 04h 01h ##h	–	Configura os estados lógicos do <i>driver</i> 2 ## – byte de configuração ⁴
	Configuração <i>driver</i> 2	FFh 04h 02h ##h	–	Configura os estados lógicos do <i>driver</i> 3 ## – byte de configuração ⁴
Comandos de configuração	Frequência de amostragem	FFh 11h ##h 00h	F0h	Selecciona a frequência de amostragem. ## – código ⁵
	Pressão máxima	FFh 12h MSBh LSBh	F0h	Configura o valor máximo de pressão permitido pelo sistema (0 a 1023) x 6,5/1024 psi
	Ler configurações	FFh 10h 00h 00h	FFh ##h MSBh LSBh	Devolve os valores de frequência de amostragem e pressão máxima configurados

² No modo automático os mapas de pressão são enviados continuamente de acordo com a frequência de amostragem definida.

³ No modo manual é feita uma única aquisição dos mapas de pressão.

⁴ O *byte* de configuração dos *drivers* encontra-se organizado em pares de *bits*, sendo o *bit* menos significativo desse par responsável pelo controlo do compressor e o mais significativo responsável pelo controlo da electroválvula. Cada par de bits controla o compressor e a electroválvula de uma almofada de ar, distribuindo-se, respectivamente do par menos significativo para o mais significativo, o controlo da almofada de ar: BL, BR, FL e FR para o *driver* 0 e UL, UR, LL e LR para o *driver* 1. O estado lógico 1 representa o estado ligado e o estado lógico 0 o estado desligado.

⁵ Existem oito valores possíveis para a frequência de amostragem e a sua configuração é feita com base no seguinte código: 1 – 57.4 Hz, 2 – 44.4 Hz, 3 – 30.2 Hz, 4 – 18.4 Hz, 5 – 10.3 Hz, 6 – 5.46 Hz e 7 – 2.82 Hz.

Somente os comandos da tabela 4.2 são interpretados pelo sistema. Contudo havia necessidade de acrescentar alguns comandos, que embora não estejam necessariamente ligados com o controlo do sistema, permitem aferir sobre o estado da conexão ao nível do módulo sem fios. O módulo *Bluetooth* dispõe de uma estrutura de comandos que permite a sua configuração e avaliação do estado da conexão, constituída por uma série de mensagens informativas.

Por dispor de um conjunto fechado e muito bem definido de comandos de controlo o SYPEC interpretava as mensagens enviadas pelo módulo, e por serem desconhecidas, sinalizava, através do LED Error do painel de LEDs de informação, a ocorrência de um erro. Para resolver este problema foi necessário introduzir três novos comandos a que se deram o nome de comandos de ligação. Na tabela 4.3 encontram-se resumidos os comandos de ligação introduzidos.

Tabela 4.3: Lista de comando de ligação introduzidos.

	Descrição	Estrutura
Comandos de ligação	Módulo <i>Bluetooth</i> pronto a comunicar	WRAP THOR AI (3.0.0 build 165) Copyright (c) 2003-2006 Bluegiga Technologies Inc. READY ⁶
	Conexão <i>Bluetooth</i>	RING {link_id} {address} {SCO {channel} RFCOMM} ⁷
	Desconexão <i>Bluetooth</i>	NO CARRIER {link_id} ERROR {error_code} [message] ⁸

Note-se que a estrutura dos comandos de ligação é, em todos os casos, superior aos 4 *bytes* da estrutura de comandos do SYPEC. Contudo e visto que estes são suficientemente distintos utilizaram-se somente os quatro primeiros *bytes* de cada comando.

Uma alternativa à introdução dos comandos de ligação poderia passar pela alteração da configuração do módulo *Bluetooth* para não responder a eventos, isto é, todo e qualquer tipo de mensagens deixariam de ser enviadas do módulo para o microcontrolador. Contudo esta prática é desaconselhável pelo próprio fabricante, uma vez que, impossibilita extrair informações sobre o funcionamento do módulo como: o modo de operação e o estado da conexão [56]. Na

⁶ Este comando sinaliza a disponibilidade do módulo para estabelecer uma comunicação após o *reset*. Apesar de não desencadear nenhuma acção ao nível da execução do *firmware* do microcontrolador a introdução na lista de comandos permite que este não seja sinalizado como erro.

⁷ O comando RING permite detectar a existência de uma conexão *Bluetooth* activa. A sua estrutura permite identificar o dispositivo conectado e o tipo de ligação estabelecida através dos parâmetros {link_id} – identificador da ligação, {address} – endereço *Bluetooth* do dispositivo conectado e {SCO | {channel} RFCOMM} – o canal RFCOMM ou SCO [56].

⁸ O comando NO CARRIER indica o fim de uma conexão *Bluetooth*. A estrutura do comando permite a identificação e caracterização da desconexão ocorrida através dos parâmetros {link_id} – identificador da ligação desconectada e {error_code} [message] – código do erro e a mensagem associados à desconexão [56].

perspectiva do SYPEC, também não traria grandes vantagens. A interpretação das mensagens de conexão do módulo possibilitou a configuração do LED *Aux*, do painel de LEDs de informação, para permanecer aceso quando exista conexão *Bluetooth* estabelecida e permitiu configurar o protótipo para o início de uma aquisição. A alteração efectuada ocorreu ao nível da rotina *command process* e encontra-se representada pelo fluxograma da figura 4.11.

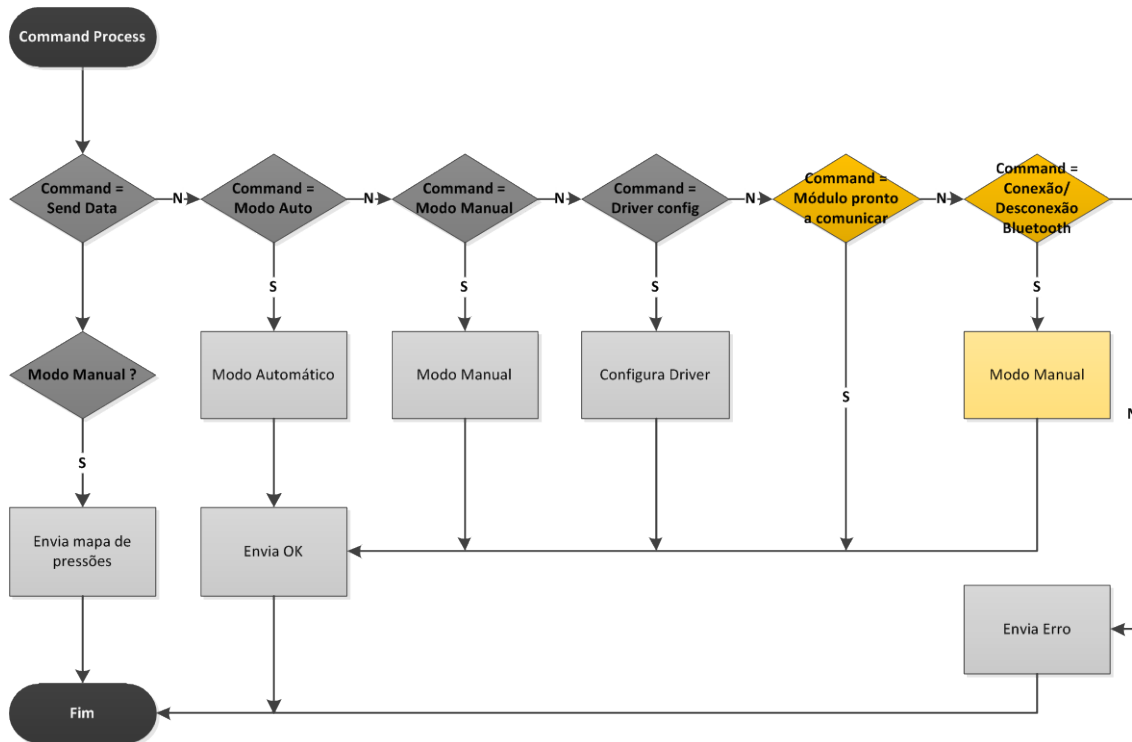


Figura 4.11: Fluxograma da rotina *Command Process* após a introdução dos comandos de ligação (A cinzento estado inicial da rotina e a laranja as alterações introduzidas) [6].

Para programação do *firmware* do microcontrolador utilizaram-se as mesmas ferramentas que já haviam sido utilizadas para os anteriores desenvolvimentos, isto é, o ambiente de desenvolvimento e programação *MPLAB IDE v8.83* com recurso à linguagem C, o compilador o *HI-TECH C compiler v9.70* e o programador da *Microchip MPLAB ICD 2 in-Circuit Debugger/Programmer*.

4.5 Desenvolvimento Android

Para finalizar o projecto pretendia-se que se desenvolvesse uma aplicação Android capaz de interagir com o protótipo do SYPEC. Apesar de já se ter abordado, nas secções anteriores, o desenvolvimento de algumas aplicações Android que foram utilizadas como ferramentas de teste e *debug* do *hardware*, ainda não foi feita nenhuma abordagem ao desenvolvimento para

esta plataforma. Nesta secção será feita essa abordagem desde as ferramentas de desenvolvimento até à escolha de uma versão da plataforma para início do desenvolvimento.

Toda a informação sobre o Android, quer na perspectiva do utilizador quer na do programador, é possível ser encontrada *online* em *www.android.com*. Lá é possível encontrar toda a informação relativa à utilização da plataforma, ao desenvolvimento e à distribuição de aplicações [57].

4.5.1 Ferramentas de desenvolvimento

O ponto de partida para etapa de desenvolvimento foi a configuração do ambiente de desenvolvimento. Para tal, instalaram-se as ferramentas de desenvolvimento do Android (SDK Android) e o IDE (*Integrated Development Environment*) *Eclipse*. Sobre o *Eclipse* instalou-se o *plugin* ADT (*Android Development Tools*) que permite a integração de todos os seus recursos conjuntamente com os de desenvolvimento Android, de modo a tornar mais fácil a criação de novos projectos, a criação de interfaces de utilizador para a aplicação e a adição de novas bibliotecas com base na versão do Android utilizada.

4.5.2 Dispositivo Android

Seguidamente, como o grupo SYPEC não dispunha de nenhum dispositivo Android, foi necessária a escolha e a aquisição de um. Apesar de não ser estritamente necessária a sua utilização numa fase inicial, uma vez que, as ferramentas de desenvolvimento disponibilizam um emulador que permite correr as várias versões do Android directamente num computador, recomenda-se a sua utilização para teste. Note-se que, muito embora, o emulador seja uma ferramenta muito útil e versátil disponibilizada pela SDK Android, não permite a simulação e o teste de dois requisitos base da aplicação: comunicação *Bluetooth* e exportação e importação de dados a partir de um cartão SD, daí também a necessidade de aquisição de um dispositivo.

A escolha era vasta e opção poderia passar por um *smartphone* ou por um *tablet*. A documentação de apoio ao desenvolvimento Android sugere que se utilizem para desenvolvimento os dispositivos Google como: os *smartphones* Nexus S e Samsung Galaxy Nexus, e o *tablet* Nexus 7 [57]. Existiram dois factores que pesaram na escolha do dispositivo e que levaram a que essa não recaísse sobre nenhum deste. Por um lado o tamanho do ecrã e por outro o preço. As necessidades do projecto SYPEC e a forma como se projectavam os trabalhos futuros exigiam um ecrã consideravelmente superior àquele que os dispositivos Google dispõem, logo a opção teria passar por um *tablet*. O preço apresentado por estes *smartphones*, quando livres de operador, era da mesma ordem ou superior que os *tablets* do mercado. (Note-se que o *tablet* Nexus 7 ainda não se encontrava no mercado à data da aquisição do referido *tablet*).

A escolha recaiu sobre o Sony Tablet S. Este dispositivo está equipado com um processador NVIDIA® Tegra™ 2 de 1 GHz de velocidade, uma memória RAM de 1 GB, uma capacidade de armazenamento de 16 GB, dispõe de um ecrã de 10.1" e traz instalada de fábrica a versão 3.0 (Honeycomb) do Android, com actualização para a versão 3.2, e mais recentemente para as versões 4.0 e 4.1 [58]. O preço de aquisição foi, à data de compra do dispositivo, sensivelmente inferior ao do Samsung Galaxy Nexus.

4.5.3 Versão do *Android* para o desenvolvimento da aplicação

Depois de ligado e devidamente actualizado o *tablet* passou a executar a versão 3.2 do Android e como tal essa foi a versão base a partir da qual se iniciou o desenvolvimento da aplicação.

O Android por ser uma plataforma segmentada, isto é, existe uma grande diversidade de aparelhos de diferentes características (diversidade de hardwares) e fabricantes que executam versões e actualizações do Android, permite, se forem seguidos os requisitos para o desenvolvimento, executar uma aplicação desenvolvida para uma versão inferior numa versão superior, mas o contrário não é necessariamente verdade, sendo nalguns casos mesmo impossível. Nos casos em que é possível são criadas estruturas, pelos programadores, que permitem adaptar a aplicação à versão do Android que o dispositivo executa, isto é, basicamente segmentam a aplicação de acordo com o *hardware* em que é executado. Esta característica do Android tem sido identificada, simultaneamente, como uma das maiores desvantagens da plataforma e como uma das suas maiores vantagens.

A segmentação do Android é por vezes bastante limitante, uma vez que, obriga ao teste de uma aplicação em larga escala (diversos aparelhos e diversas versões). No que diz respeito à aplicação que foi desenvolvida para o projecto SYPEC e para tentar ganhar algum distanciamento em relação à segmentação definiram-se requisitos mínimos para a execução desta aplicação:

– **Versão 3.2 do Android** – Como apenas se dispunha de um único dispositivo de teste e, uma vez que, esse dispositivo executava a versão 3.2 do Android, essa foi versão base para o desenvolvimento da aplicação.

– **Bluetooth** – Por ser uma aplicação cuja base assenta no protocolo *Bluetooth*, não faria qualquer sentido permitir a sua execução num dispositivo que não fosse dotado desse protocolo de comunicação.

Por se tratar de uma aplicação associada ao protótipo do SYPEC e de ainda não apresentar perspectivas de distribuição e comercialização, a questão da segmentação não é muito significativa. Contudo, foram seguidas as boas práticas de programação e desenvolvimento para o Android. Apesar disso, como a aplicação nunca foi testada numa versão superior não é possível tecer nenhum tipo de consideração ao nível do seu desempenho nas versões 4.0 e 4.1 da plataforma.

A apresentação e explicação da aplicação desenvolvida serão feitas em detalhe no capítulo 5.

Capítulo 5

Aplicação de controlo, aquisição de dados e avaliação postural

A aplicação desenvolvida insere-se no projecto SYPEC como uma solução integrada para a avaliação postural na posição de sentado e perspectiva-se como uma importante ferramenta para os actuais e futuros estudos neste âmbito.

Esta foi desenvolvida de modo a proporcionar a experiência de utilização o mais simples e intuitiva possível, e de acordo com as indicações e normas para o desenvolvimento Android. Entre as suas funcionalidades destacam-se: o controlo total do protótipo, a aquisição e registo temporal dos mapas de pressão, a calibração automática do sistema, a avaliação postural na posição de sentado, a possibilidade de alteração dos algoritmos de avaliação postural, através da utilização de um cartão SD e a gestão da comunicação *Bluetooth*, dos utilizadores e da informação a eles referente.

Em termos gerais a aplicação foi estruturada de acordo com as duas funcionalidades base pretendidas: controlo do SYPEC e avaliação postural. Esta dispõe de dois modos de funcionamento: (1) *simple acquisition* e (2) *advanced acquisition*, conforme se observa nas figuras 5.1 e 5.2.

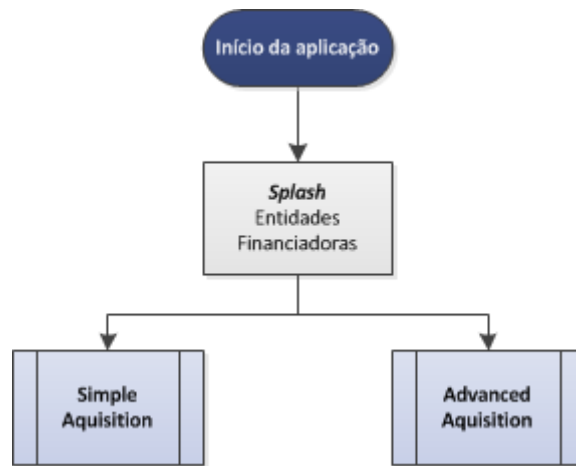


Figura 5.1: Organização da aplicação.

A aplicação inicia-se com uma janela de *splash* na qual se apresentam todas as entidades que estão envolvidas no projecto SYPEC, à qual se segue a de escolha do modo de funcionamento da aplicação (figura 5.2).

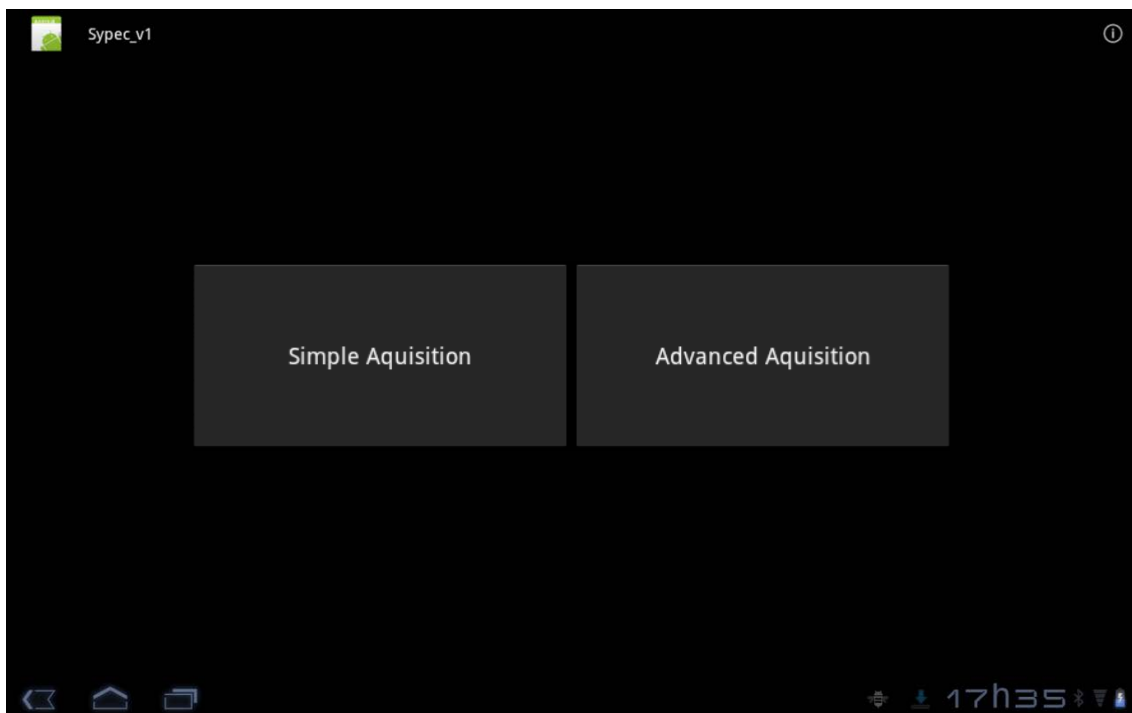


Figura 5.2: Interface para escolha do modo da aplicação.

O modo *simple aquisition*, cuja estrutura se ilustra na figura 5.3, é um modo mais técnico e destina-se, sobretudo, à aquisição de dados. Neste é possível o controlo de parâmetros que possibilitam: regular a pressão no interior de cada uma das almofada de ar, ajustar a

conformação das superfícies da cadeira e calibrá-la⁹. Para além disso é possível a comutação manual entre modos de operação do SYPEC, a leitura das configurações (frequência de amostragem e valor de pressão máximo), a exportação dos dados adquiridos e registo temporal dos mapas de pressão.

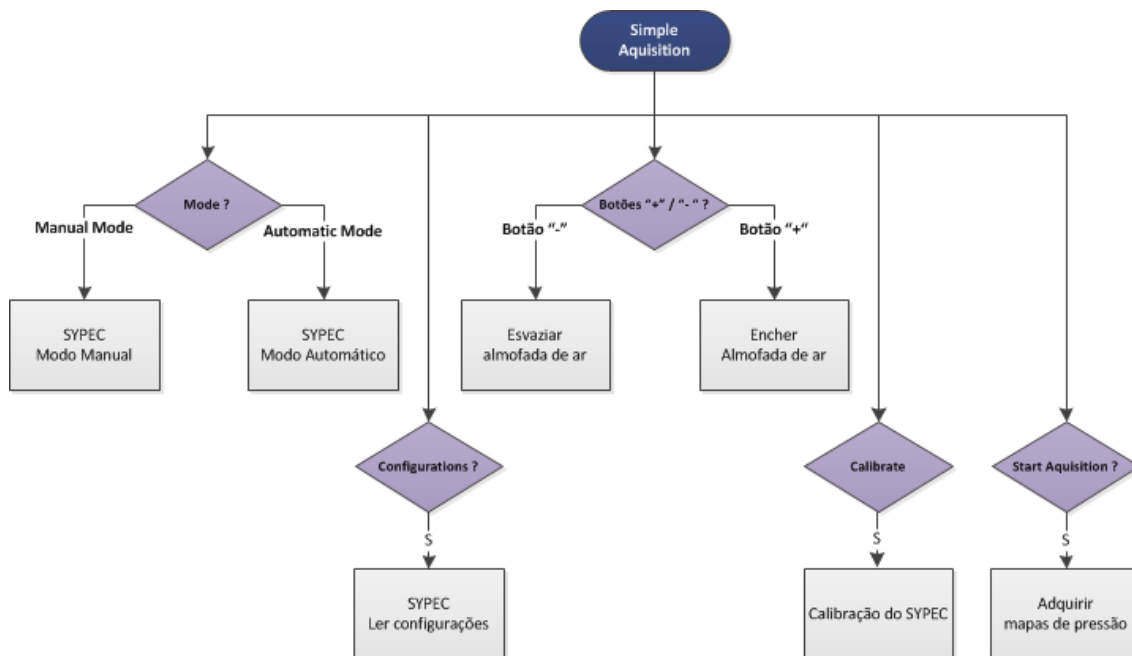


Figura 5.3: Estrutura do modo *simple acquisition*.

O modo *advanced acquisition* é o modo de avaliação postural. A forma como foi estruturado (figura 5.4) vai de encontro com aquilo que se considera ser a interface de utilizador para uma possível aplicação final do SYPEC, isto é, ao contrário do que se sucede com modo *simple acquisition*, em que se permite o ajuste dos parâmetros de aquisição, neste tentou-se somente disponibilizar os controlos estritamente necessários conjuntamente com imagens informativas que permitem identificar a posição em que o utilizador se encontra. Ou seja, através dos estudos realizados utilizando a aplicação MATLAB®, anteriormente desenvolvida, e o modo *simple acquisition*, desta aplicação, nomeadamente, à calibração da cadeira e aos dados adquiridos (para desenvolvimento do algoritmos de avaliação postural), foi possível desenvolver-se uma interface mais avançada que remete para segundo plano considerações técnicas e privilegia aspectos como a avaliação postural na posição de sentado e a análise de desempenho dos algoritmos de classificação implementados, num contexto real. Para além da avaliação postural a possibilidade de se alterar o classificador, com recurso a um cartão SD, é outra da mais-valias

⁹ O processo de calibração do SYPEC consiste em insuflar as almofadas de ar até que se atinja um volume de ar no seu interior que torne possível, por um lado, discriminar alterações de postura através da variação de posição do utilizador e, pelo outro, assegurar o equilíbrio, em termos de pressão, entre as bolsas simetricamente distribuídas, em relação ao plano que divide a o protótipo do SYPEC nos lado esquerdo e direito.

deste modo, uma vez que, permite complementar o estudo aos algoritmos de avaliação postural, ainda em fase de desenvolvimento.

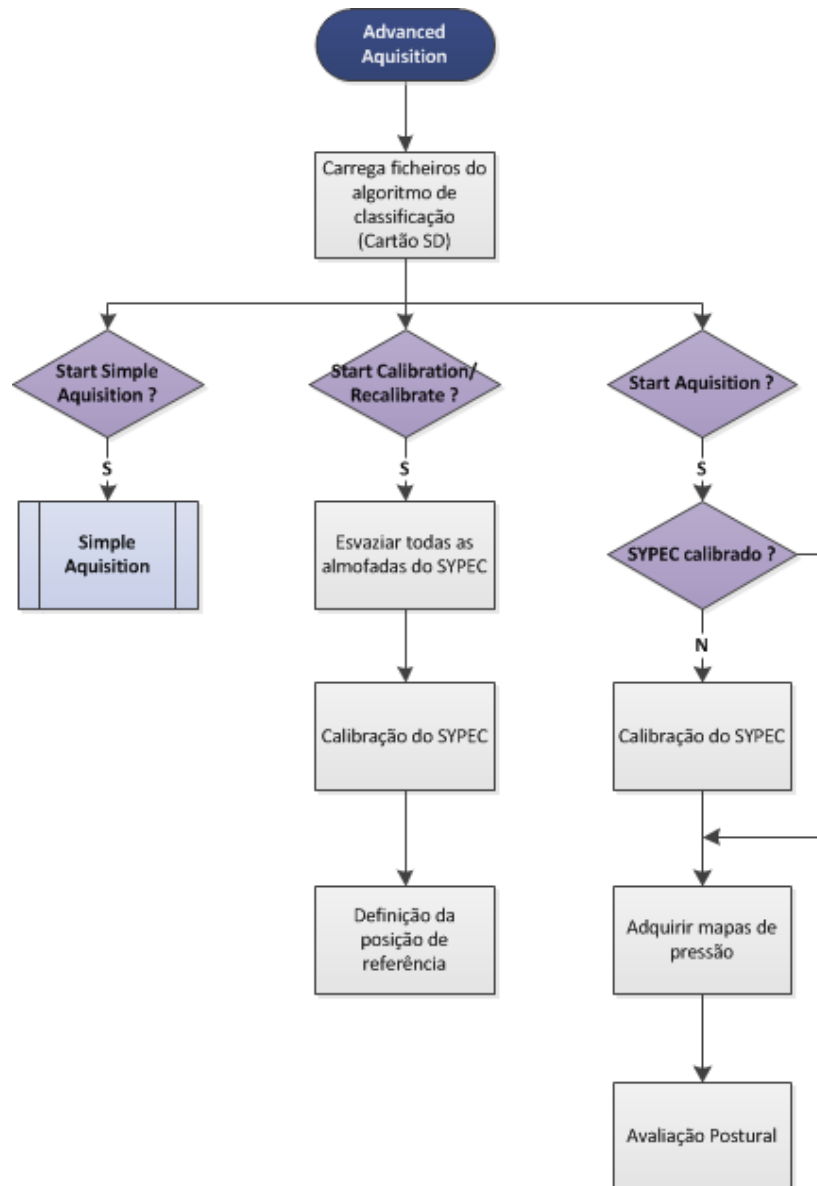


Figura 5.4: Estrutura do modo *advanced aquisition*.

O modo *advanced aquisition* contém, ainda, uma estrutura que permite a gestão de utilizadores e da informação a eles associada. A criação de perfis de utilizador torna-se particularmente útil para o estudo individualizado e insere-se no projecto SYPEC no ponto em que se pretende exercer um papel preventivo e educacional possibilitando a mudança de hábitos inadequados relacionados com a adopção de posturas incorrectas através da adaptação dos apoios lombares e cervicais a cada utilizador.

Em ambos os modos é possível a exportação dos dados de uma dada aquisição (através do cartão SD ou por e-mail), o acesso ao painel de configurações e se assegura o controlo e gestão

da comunicação *Bluetooth*. Todas estas funcionalidades, incluindo a de gestão de utilizadores, estão acessíveis através dos ícones que se encontram na barra de acção da aplicação, localizada no topo do ecrã. A barra de acção foi uma novidade introduzida na versão 3.0 do *Android* e possibilita dispor ícones de forma organizada, maximizando a área útil do ecrã. Para o caso concreto desta aplicação a estrutura das funcionalidades da barra de acção encontra-se esquematizada na figura 5.5.

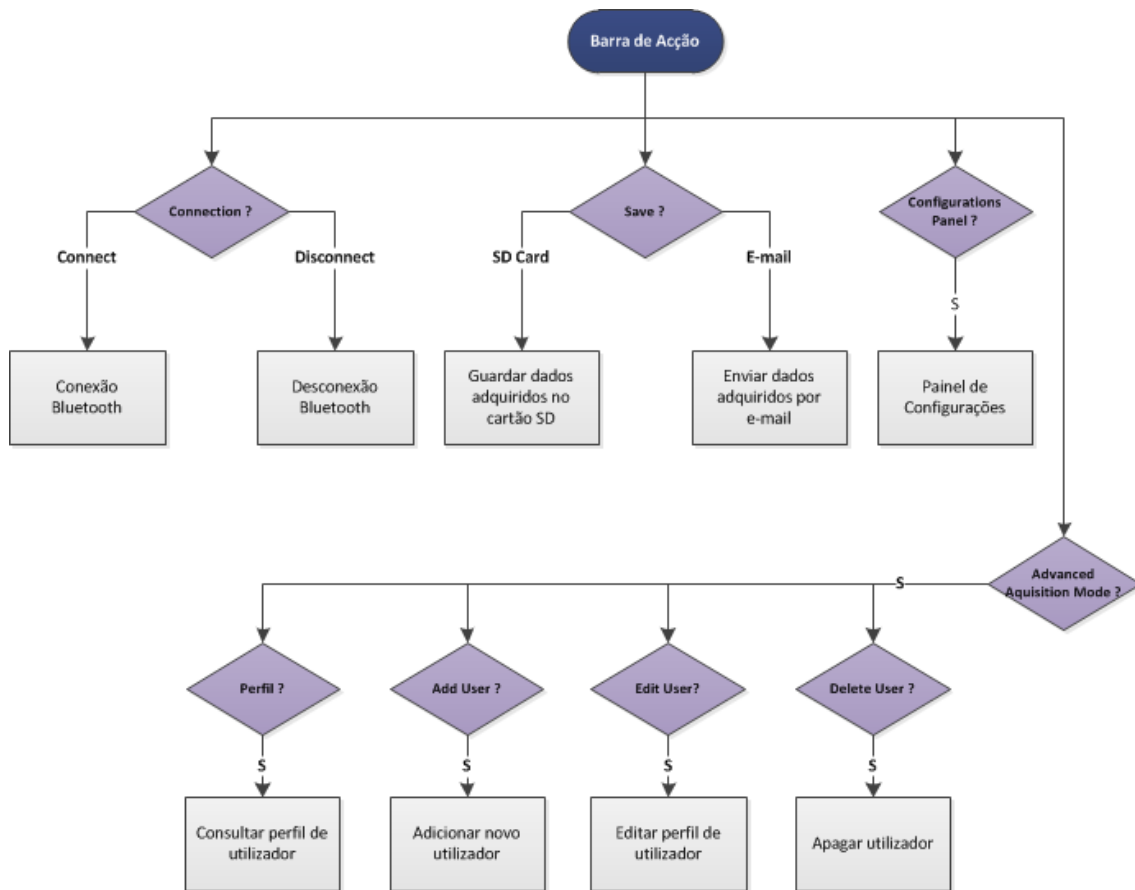


Figura 5.5: Estrutura das funcionalidades da barra de acção.

5.1 Controlo do protótipo

O controlo das funcionalidades do protótipo é total em qualquer um dos modos da aplicação, embora a acção directa sobre os comandos de controlo só possa ser feita no modo *simple acquisition*. Este modo foi organizado de modo a disponibilizar três tipos de botões que permitem controlar: (1) a conformação da cadeira e a pressão no interior das almofadas de ar, (2) os modos de operação e configurações do SYPEC e (3) a aquisição, conforme se observa nas figuras 5.6 e 5.7.



Figura 5.6: Modo *simple acquisition*.



Figura 5.7: Organização do modo *simple acquisition*.

A – controlos de conformação da cadeira; B – mapas de pressão; C – controlo dos modos de operação e configurações do SYPEC; D – painel de calibração e aquisição; E – registo temporal dos mapas de pressão.

Ao nível da interface os controlos de conformação da cadeira e da pressão no interior das almofadas de ar são os botões “+” e “-” e permitem, respectivamente, insuflar ou desinsuflar manualmente cada uma das almofadas. O aspecto gráfico dos botões, depois de pressionados, sinaliza a acção de enchimento ou esvaziamento das almofadas, consoante se trate do botão “+” ou “-”. O funcionamento destes botões é complementar, isto é, não é possível ter simultaneamente premidos os botões “+” e “-” de uma determinada almofada. A acção destes botões cessa quando este for premido novamente ou quando premido o botão complementar, iniciando-se, neste caso, a acção por ele despoletada. Este mecanismo permite, por um lado, simplificar as acções de enchimento e esvaziamento das almofadas de ar e, por outro, actuar como um mecanismo passivo de protecção contra o reventamento das bolsas.

O controlo dos modos de operação e das configurações do SYPEC é realizado através dos botões *Manual Mode*, *Automatic Mode* e *Configurations*. Estes botões permitem definir o modo de funcionamento do SYPEC e ler as configurações relativas à frequência de amostragem do sistema e ao valor de pressão máxima permitida no interior das almofadas.

A aquisição é controlada através do painel de calibração e do botão *Start/Stop Aquisition*. O painel de calibração foi uma novidade introduzida nesta aplicação e é uma funcionalidade de particular interesse para o desenvolvimento do projecto. Através deste é possível configurar o tempo de enchimento de cada um dos pares de bolsas permitindo a calibração do protótipo. A definição do período de enchimento é configurável através da fracção do painel referente a cada um dos pares e a indução dessa calibração é feita através da acção do botão *Calibrate*.

A calibração é uma importante etapa do processo de aquisição de dados com enorme influência nos resultados obtidos. A introdução do painel de calibração tem como objectivo minimizar o erro associado ao processo de calibração manual. Este processo consiste no equilíbrio, em termos de pressão, dos pares de bolsas através da acção dos botões “+” e “-”. Pelo contrário, o processo de calibração automática define tempos de enchimento iguais para as bolsas de um dado par. Isso possibilita, uma vez que cada uma das bolsas é semelhante em termos de tamanho (volume) e do compressor utilizado, dentro de cada par, a indução de um volume de ar semelhante no seu interior (por aproximação, igual). A adopção do processo automático, em alternativa ao manual, permite melhorar a eficácia e a rapidez do processo de calibração e assegura a repetibilidade das condições de estudo.

A acção sobre o botão *Start/Stop Aquisition* determina o início ou o fim da aquisição de dados.

5.2 Aquisição e registo temporal dos mapas de pressão

O mapeamento de pressões é feito com base na interpretação da sequência de 19 *bytes* enviada pelo SYPEC, em resposta ao comando modo automático. Esta é constituída por 1 *byte* de início, 17 *bytes* de dados e 1 *byte* de fim, conforme se ilustra na figura 5.8.

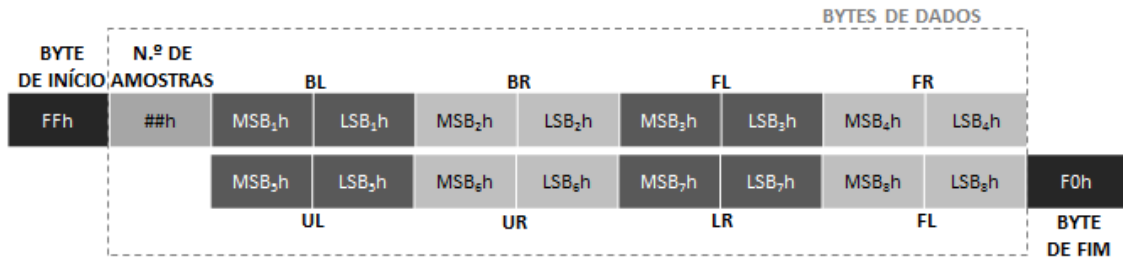


Figura 5.8: Sequência de *bytes* para o mapeamento de pressões.

Através da figura 5.8. é possível observar que os *bytes* de início e de fim sinalizam respectivamente o início e o fim de uma aquisição dos mapas de pressão e delimitam o conjunto dos *bytes* de dados. Este conjunto inicia-se pelo *byte* número de amostras que indica o número leituras que foram efectuadas ao nível dos transdutores e que está directamente relacionado com a frequência de amostragem do sistema (tabela 5.1), ao qual se seguem 16 *bytes* correspondentes aos valores acumulados da pressão no interior das almofadas entre duas aquisições (2 *bytes* por almofada). As leituras ao nível dos transdutores são feitas pelo ADC (*Analog-to-Digital Converter*) do microcontrolador com resolução numérica de 10 *bits* pelo que, e dado que a comunicação se processa com base em *bytes* (conjuntos de 8 *bits*), são necessários dois *bytes*, por cada almofada para a aquisição do valor acumulado de pressão. Os valores de pressão utilizados para os mapas de pressão correspondem, assim, à média do número de leituras dos transdutores efectuadas durante o intervalo de amostragem. A figura 5.9 permite compreender o processo descrito.

Tabela 5.1: Relação entre a frequência de amostragem e o número de leituras dos transdutores efectuadas.

N.º de leituras dos transdutores	Frequencia de amostragem (Hz)
1	54,4
2	44,4
4	30,2
8	18,4
16	10,3
32	5,46
64	2,82

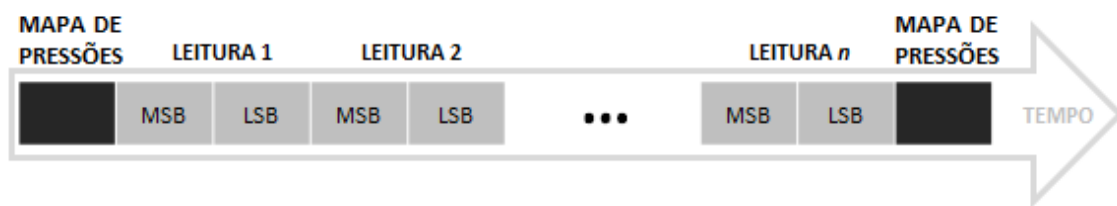


Figura 5.9: Leituras dos transdutores efectuadas durante o período de amostragem.

Ao nível da interface, o mapeamento das pressões é feito através dos indicadores numéricos que se encontram entre os botões “+” e “-” de cada uma das almofadas (figura 5.7).

A interface dispõe ainda do painel *Time Analysis* que permite a visualização da evolução temporal dos mapas de pressão. No eixo horizontal representa-se o tempo, em segundos, e no eixo vertical a pressão nas unidades definidas no painel de configurações (secção 5.8). Cada linha do gráfico corresponde à pressão no interior de uma almofada de ar, cujo código de cores se encontra descrito na tabela 5.2. Este painel é ainda constituído por outros dois elementos de controlo: uma *checkbox*, que habilita ou desabilita a representação temporal dos mapas de pressão, e um botão, que permite reiniciar o registo temporal.

Tabela 5.2: Código de cores do painel *Time Analysis*.

	Almofada de ar	Cor
Assento	BL	Vermelho
	BR	Branco
	FL	Azul escuro
	FR	Laranja
Encosto	UL	Azul claro
	UR	Verde
	LL	Amarelo
	LR	Roxo

5.3 Calibração automática

Desde o início dos primeiros estudos do SYPEC que se percebe que a distribuição inicial de pressões tem grande importância nos resultados obtidos e que uma má calibração se reflecte numa dificuldade acrescida no processo de avaliação postural. Como tal, foi necessário criar um mecanismo que permitisse o controlo da calibração do sistema – o painel de calibração.

O painel de calibração está na base do algoritmo de calibração automático da cadeira SYPEC, utilizado no modo *advanced acquisition* desta aplicação. Através da sua utilização e dada a arquitectura do sistema foi possível perceber que diferentes tempos de calibração induzem diferentes volumes de ar no interior das almofadas e que esse volume varia de um par de bolsas para outro. De igual modo se percebeu que diferentes utilizadores apresentam diferentes distribuições de pressões para o mesmo volume de ar no interior das bolsas, motivo que levou à adopção de uma calibração por utilizador. Acrescido a isto e dada à enorme sensibilidade das bolsas torna-se difícil definir correctamente a posição de referência, se não existir uma boa estatística de mapas de pressão dessa posição.

Assim sendo, foi desenvolvido um algoritmo de calibração automática do SYPEC para a avaliação postural que tem por base os aspectos acima apontados e que permite definir a posição de referência. Para tal, utilizam-se tempos de enchimentos de 4 s, para os pares de bolsas do assento (FL – FR e BL – BR) e o para o par LL – LR, e de 5 s, para o par UL – UR. Após esse período segue-se a aquisição de dados para definição da posição de referência com a duração de 12 s. A média dos mapas de pressão obtidos durante esse período define a distribuição de pressões da posição de referência. Essa informação é guardada numa base de dados, organizada por utilizador, e é utilizada todas as vezes que este inicie uma aquisição de dados, no modo *advanced acquisition*, para avaliação postural.

Dá-se início ao processo de calibração premindo o botão *Start Calibration*. Este pode ser repetido tantas vezes quantas necessárias, utilizando para tal o botão *Recalibrate*.

Os tempos de enchimento e aquisição de dados para estatística foram obtidos tendo por base a experiência adquirida na utilização do protótipo SYPEC e serão alvos de estudo nos outros trabalhos que se encontram a decorrer.

5.4 Avaliação postural

O modo *advanced acquisition* é o modo de avaliação postural. Este utiliza um algoritmo de classificação que foi desenvolvido num dos trabalhos do SYPEC, que estão paralelamente a decorrer, e que por isso se encontra, ainda, em fase de estudo, como base do processo de avaliação postural.

O algoritmo de classificação utilizado é uma rede neuronal cuja estrutura se apresenta na figura 5.10 e foi implementado através do pacote de ferramentas do MATLAB© Neural Network Toolbox™. Este é composto por duas camadas: *hidden* e *output*, cada uma delas constituída por uma *layer* (W) e um *bias* (b).

A classificação é feita com base nos mapas de pressão adquiridos (8 *inputs*) e permite distinguir as três posturas (3 *outputs*) da figura 5.11.

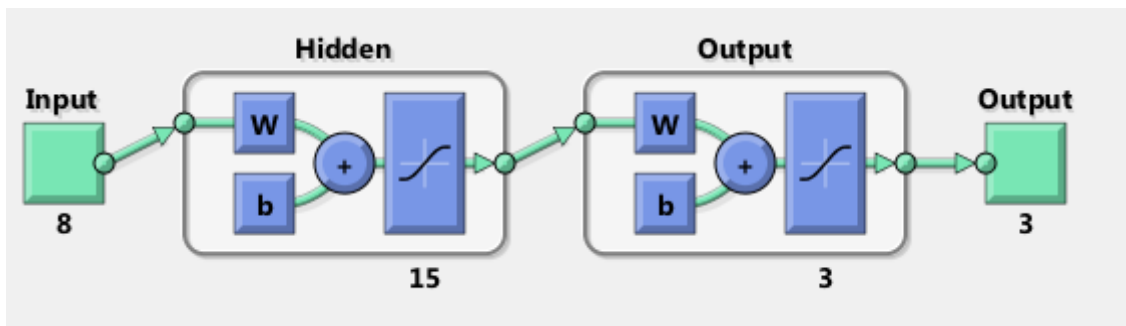


Figura 5.10: Estrutura da rede neuronal.

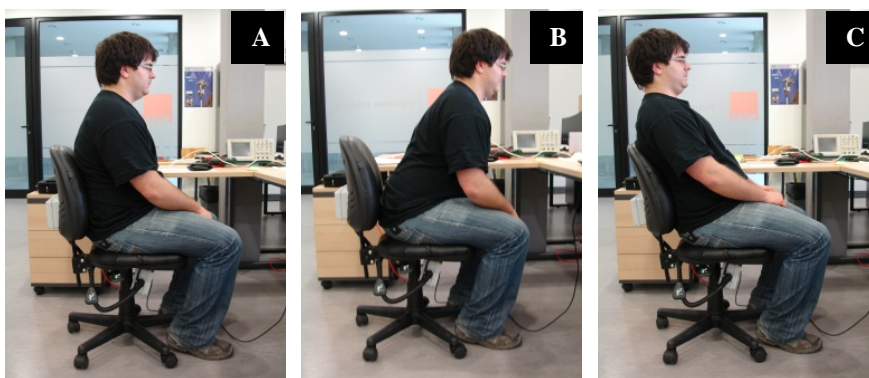


Figura 5.11: Posturas possíveis de serem avaliadas. A – direito (postura de referência – P1); B – inclinado para a frente (P2); C – inclinado para trás (P3).

Para a implementação do algoritmo de avaliação postural nesta aplicação foi necessário decompor a estrutura da rede neuronal criada, através do MATLAB©, nas suas operações base.

Importa referir que a avaliação postural é feita a cada 2 s de aquisição através da média dos mapas de pressão adquiridos durante esse período, e que o mapa de pressões que interessa, em termos de classificação, é aquele que tem em conta a variação de pressão provocada pela alteração de posição do utilizador, em relação à posição de referência. Na prática, isso é conseguido subtraindo ao valor médio dos mapas de pressão o valor do mapa de pressão da posição de referência. Depois segue-se uma etapa de pré-processamento antes da aplicação da rede neuronal. Esta consiste em aplicar a expressão que se segue a cada uma das variações de pressões obtidas na fase anterior:

$$y = \frac{2 \times (x - \min)}{\max - \min} - 1$$

y – resultado da aplicação do pré – processamento.

x – variação da pressão de uma almofada de ar em relação à posição de referência.

max – valor máximo de variação de pressão registada para uma dada bolsa.

min – valor mínimo de variação de pressão registada para uma dada bolsa.

A etapa de pré-processamento permite transformar os mapas de pressão de entrada (*inputs*) em valores contidos no intervalo $[-1, 1]$, antes de ser aplicada a rede neuronal propriamente dita. A sequência de operações que permitiu a implementação da rede neuronal foi:

1. Multiplicar a matriz *layer1* pela matriz que contem o mapa de pressão a classificar;
2. Somar a cada coluna da matriz resultante a matriz *bias1*;
3. Aplicar a função *tansig()* a cada um dos elementos da matriz obtida no ponto 2;
4. Multiplicar a matriz *layer2* pela matriz obtida no ponto 3;
5. Somar a cada coluna dessa matriz a matriz *bias2*;
6. Aplicar a função *tansig()* a cada um dos elementos da matriz obtida no ponto 5;
7. Determinar o resultado da classificação¹⁰.

5.5 Alteração dos algoritmos de avaliação postural

A necessidade de se testarem diferentes algoritmos de avaliação postural, num contexto real, levou a que fosse necessário criar um mecanismo que permitisse carregar e alterar o algoritmo de classificação, de um modo fácil e rápido. A solução encontrada recorre à utilização de um cartão SD e permitiu criar uma estrutura que é aplicável a qualquer classificador deste tipo (secção 5.4). Esta é composta por 6 ficheiros de texto que contêm, respectivamente, as matrizes: *bias1*, *bias2*, *layer1*, *layer2*, máximos e mínimos, do classificador que são carregadas na aplicação automaticamente quando se inicia o modo *advanced acquisition*.

De modo a facilitar o processo de criação dos ficheiros do classificador foi igualmente criada uma aplicação MATLAB© que possibilita a criação automática dos 6 ficheiros a partir do ficheiro de implementação da rede neuronal.

5.6 Gestão de utilizadores

No modo *advanced acquisition* a aplicação disponibiliza funcionalidades que permitem gerir os perfis de utilizador, sendo possível consultar, adicionar, editar e apagar o perfil de um

¹⁰ O resultado da classificação dado pela posição do maior valor da matriz ($M_{1 \times 3}$) obtida no ponto 6. Isto é, se o maior valor se encontrar na posição M_{11} o resultado da classificação será P1, se o maior valor se encontrar na posição M_{12} o resultado da classificação será P2 e assim sucessivamente.





utilizador através da acção dos botões que se encontram localizados na barra de acção da interface, pelos ícones , ,  e , conforme se pode observar na figura 5.12.



Figura 5.12: Botões de gestão de utilizadores da barra de acção na: A – janela principal e B –janela de perfil.

No que diz respeito à gestão de utilizadores a aplicação foi organizada em três janelas: (1) janela de perfil (figura 5.13), (2) janela novo utilizador (figura 5.14) e (3) janela editar perfil (figura 5.15) que permitem respectivamente consultar a informação referente ao utilizador seleccionado, adicionar um novo utilizador e editar os dados referentes a um utilizador. A selecção de um utilizador é feita através do *spinner*¹¹ existente na barra de acção da aplicação.

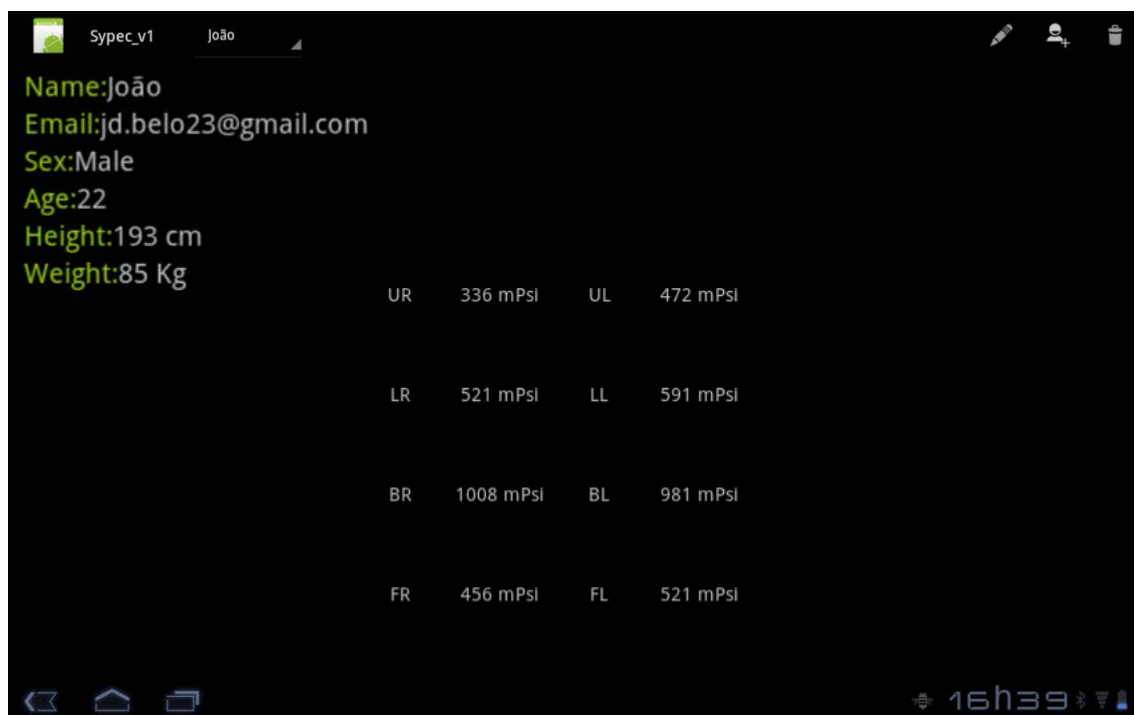


Figura 5.13: Janela de Perfil.

¹¹ O *spinner* é uma estrutura do *Android* que permite listar e seleccionar dados de uma lista. Nesta aplicação foi utilizado para listar e seleccionar um utilizador dentro dos que se encontram registados.

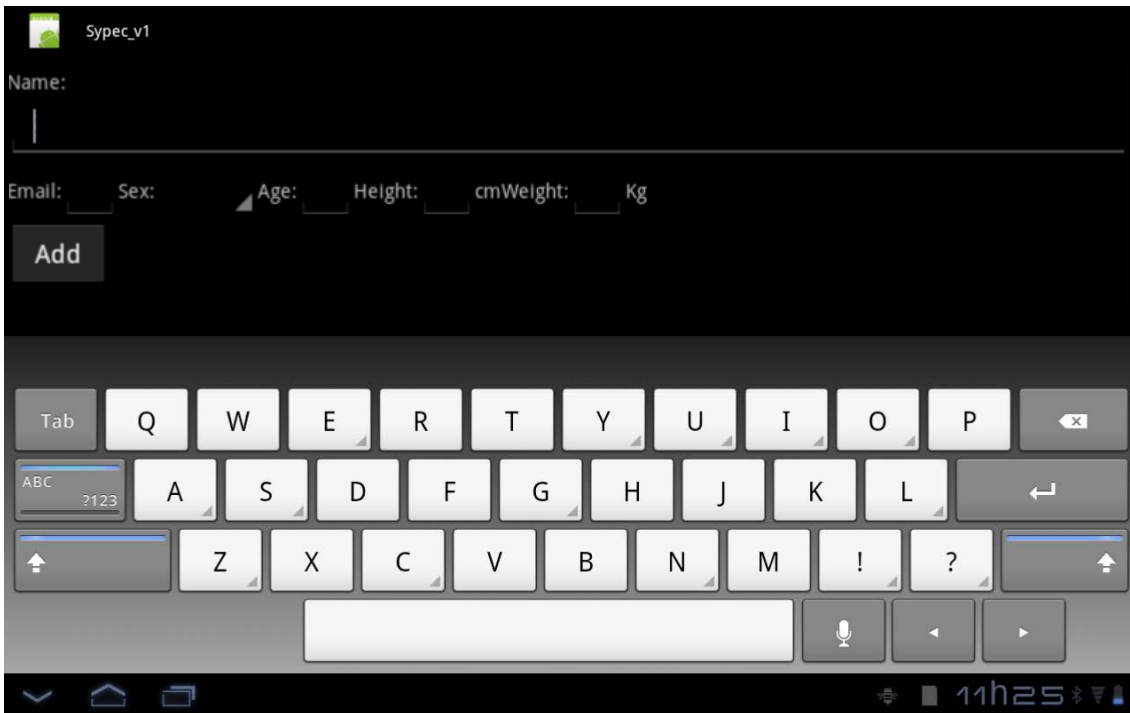


Figura 5.14: Janela novo utilizador.

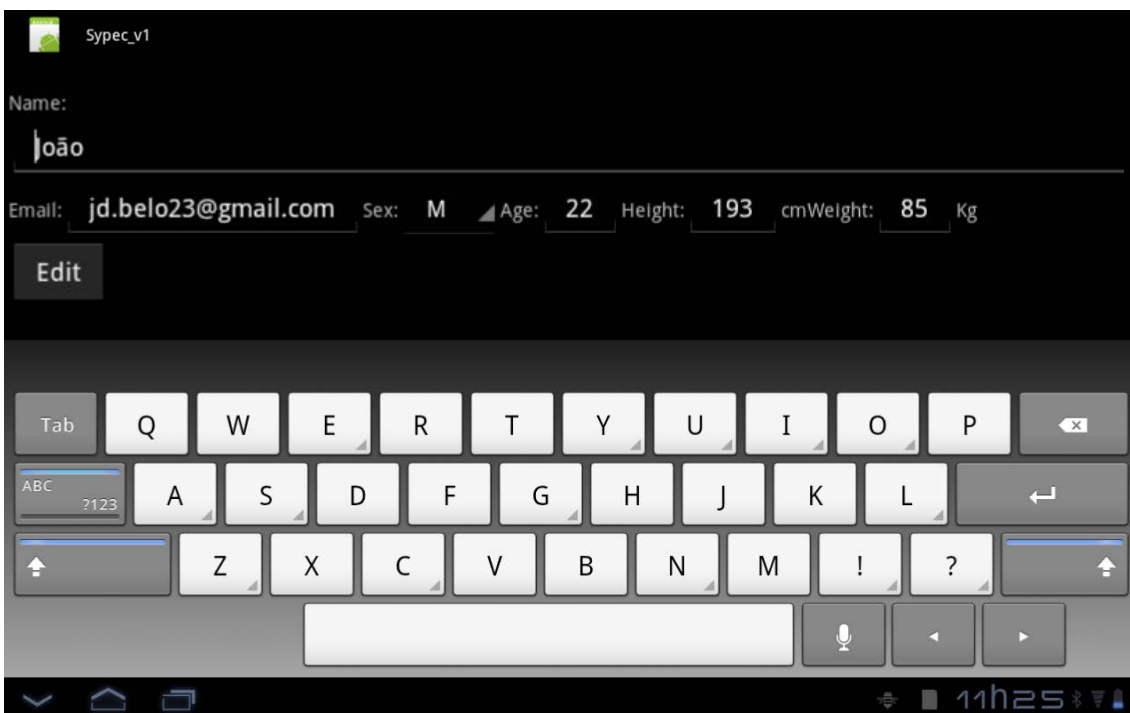


Figura 5.15: Janela editar perfil de utilizador.

O aspecto gráfico da janela principal está relacionado com o estado da base de dados (vazia ou preenchida) e com o estado (calibrado ou não) do utilizador. De acordo com isso podem apresentar-se três janelas possíveis, conforme se observa nas figuras 5.16, 5.17 e 5.18.

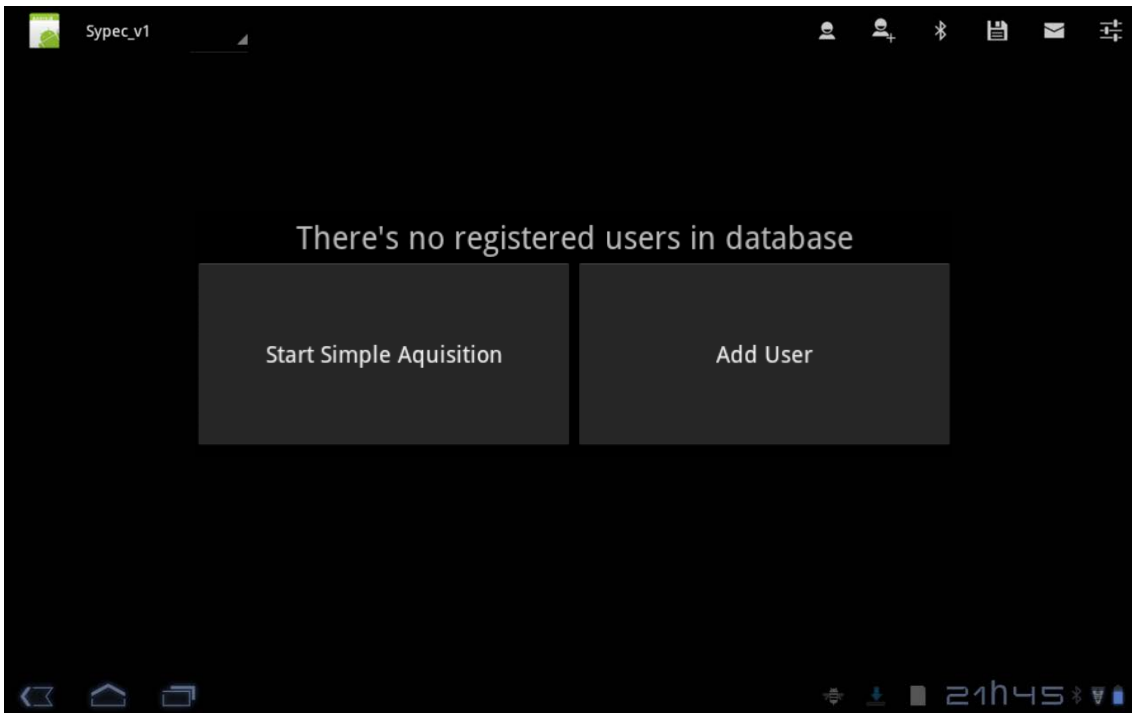


Figura 5.16: Janela principal *advanced mode* – base de dados vazia.

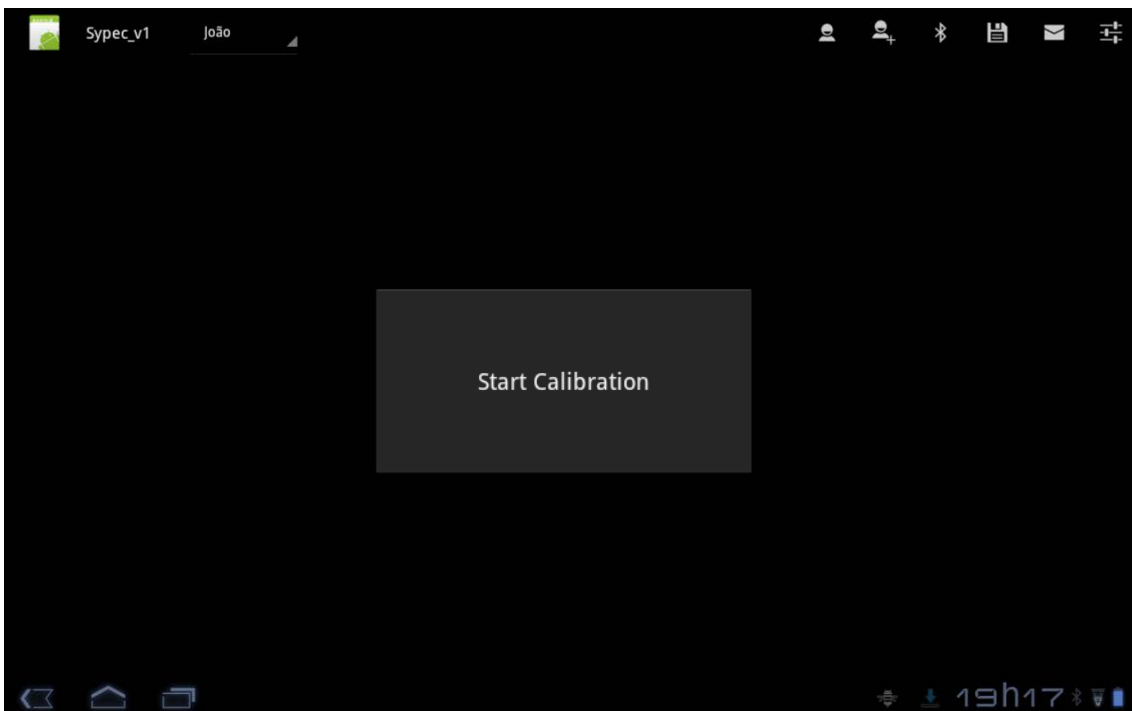


Figura 5.17: Janela principal *advanced mode* – utilizador não calibrado.

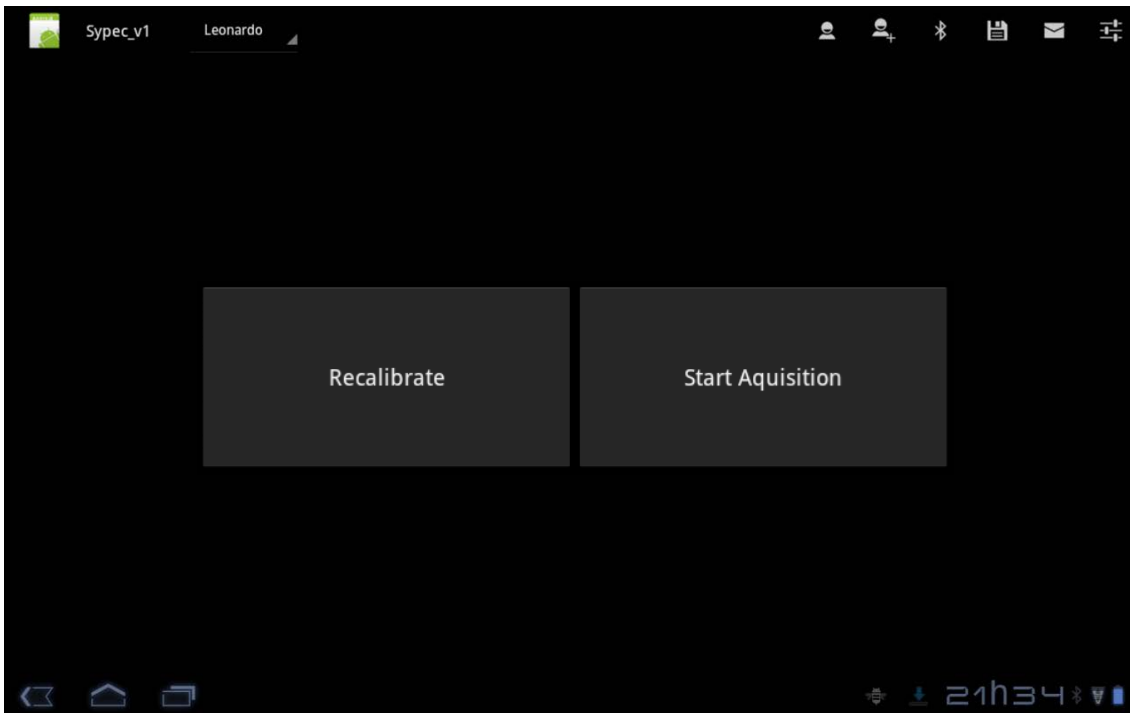


Figura 5.18: Janela principal *advanced mode* – utilizador calibrado.

No caso de não existir nenhum utilizador registado surgirá no ecrã uma mensagem que identifica isso mesmo e são disponibilizados dois botões que permitem iniciar uma aquisição simples, voltando ao modo *simple acquisition*, ou adicionar um utilizador (figura 5.16). Depois de adicionado um utilizador é possível efectuar a sua calibração através do botão *start calibration* que aparece na interface (figura 5.17). Uma vez calibrado pode iniciar-se o processo de avaliação (botão *Start Aquisition*), ou em caso de má calibração efectuar-se nova calibração (botão *Recalibrate*) (figura 5.18).

A necessidade de se criarem diferentes utilizadores está, principalmente, relacionada com a calibração, como abordado nas secções 5.2 e 5.3, e permite guardar os mapas de pressões da posição de referência evitando que seja necessário fazer uma nova calibração a um utilizador já registado. Para além dos mapas de pressão da posição de referência são guardados também dados referentes aos utilizadores como: o sexo, a idade, a altura e o peso, que poderão ser alvo de estudos futuros.



Para guardar toda a informação referente aos utilizadores foi criada uma base de dados SQLite constituída pela tabela *users*, cuja estrutura se apresenta na tabela 5.3.

Tabela 5.3: Estrutura da base de dados.

Users	
id	long
Nome	String
E-mail	String
Sexo	String
Idade	Int
Altura	Int
Estado calibrado	Int
BL	Int
BR	Int
FL	Int
FR	Int
UL	Int
UR	Int
LL	Int
LR	Int

A chave primária desta tabela é o campo id. Este é responsável pelo número interno do utilizador assegurando que é único e irrepitível. Os restantes campos permitem guardar a informação referente a cada utilizador. Destes importa destacar os campos BL, BR, FL, FR, UL, UR, LL e LR que permitem guardar o mapa de pressões da posição de referência.

5.7 Exportação de dados


A aplicação possibilita a exportação de dados em ambos os modos de aquisição utilizando os ícones  e  da barra de acção. Estes permitem, respectivamente, exportar os dados de uma aquisição para um ficheiro .xls que é guardado no cartão SD ou enviado, como anexo, por e-mail. Este ficheiro foi organizado de modo a facilitar o processo de análise de resultados, isto é, foi estruturado em oito colunas (uma por almofada) cuja identificação e unidades de aquisição se encontram no cabeçalho, conforme se observa na figura 5.19.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	BL (mPsi)	BR (mPsi)	FL (mPsi)	FR (mPsi)	UL (mPsi)	UR (mPsi)	LL (mPsi)	LR (mPsi)
2	983,0729	1165,365	488,2813	494,7917	292,9687	213,9137	683,5937	609,189
3	996,0938	1171,875	488,2813	494,7917	297,619	209,2634	683,5937	609,189

Figura 5.19: Organização do ficheiro de exportação de dados.

As configurações referentes à exportação de dados podem ser feitas no painel de configurações, no menu *Export Data Options*, conforme será abordado na secção 5.8.

5.8 Configurações

A aplicação dispõe, em ambos os modos, de um painel de configurações acessível através do ícone  da barra de acção. Neste é possível configurar as unidades em que se pretende que sejam apresentados os mapas de pressão (mpsi ou Pa), configurar opções relativas à exportação de dados como: o nome do ficheiro, a directoria e o e-mail de destino, exportar a base de dados e consultar as informações contidas na janela *about*.

O painel de configurações encontra-se representado na figura 5.20.

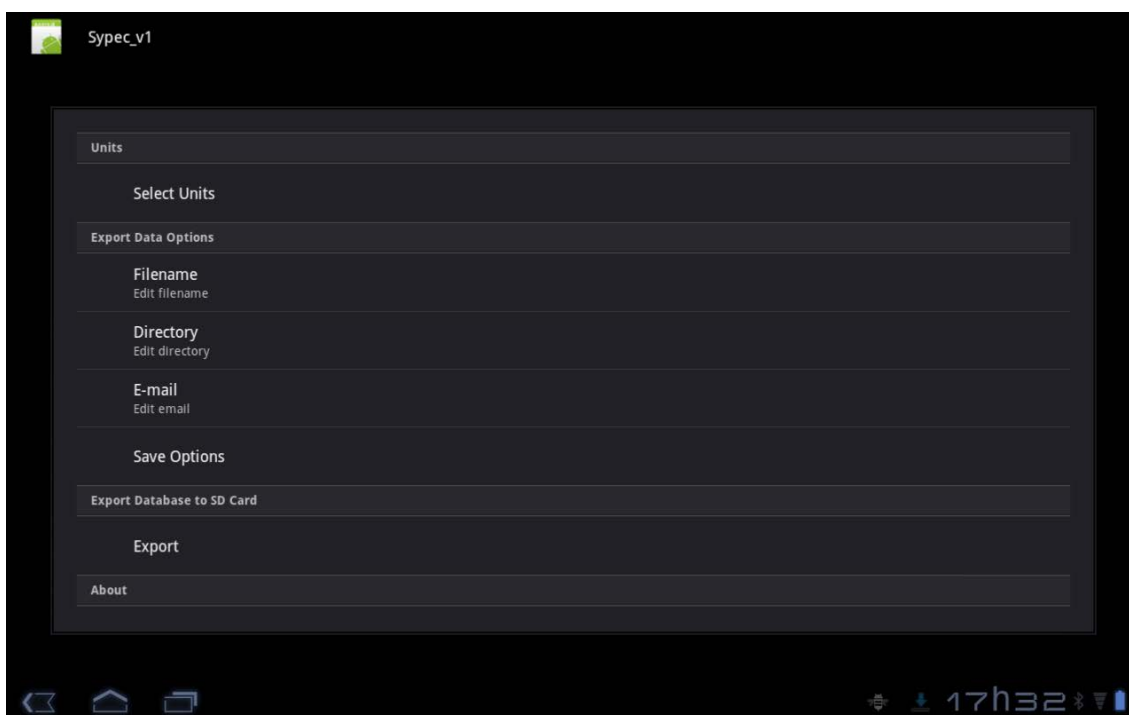


Figura 5.20: Painel de configurações.

5.9 Gestão da comunicação *Bluetooth*

A execução desta aplicação só é possível em dispositivos que sejam compatíveis com o protocolo de comunicação *Bluetooth*. Como já foi referido, não fazia sentido permitir a sua execução num dispositivo não compatível, uma vez que, na base da aquisição de dados está uma comunicação *Bluetooth*. Assim sendo, quando se inicia a execução da aplicação esta verifica se o dispositivo em que está a ser executada é compatível com o *Bluetooth*, e se assim for, averigua

se este se encontra activo ou inactivo. No caso de estar inactivo é solicitado ao utilizador que o ligue. Esta opção é possível ser feita sem que seja necessário sair da aplicação. Depois de activo é então possível estabelecer uma comunicação.






Para estabelecer a comunicação *Bluetooth* utiliza-se o ícone  da barra de acção da aplicação. Premindo este ícone aparecerá uma nova janela na qual se encontra, na parte superior do ecrã, a lista dos dispositivos já emparelhados, com as informações nome e *Bluetooth* MAC address (*Media Access Control*) referentes a cada um desses dispositivos. Na parte inferior encontra-se o botão *Scan for devices* que permite pesquisar novos dispositivos *Bluetooth* activos no seu raio de acção, como pode ser observado na figura 5.21.



Figura 5.21: Janela de conexão.

Se se premir a linha da lista referente ao dispositivo a que se pretende conectar inicia-se um pedido de conexão. Em caso de sucesso o ícone  é alterado para  e aparecerá no ecrã a mensagem “*Connected to {nome do dispositivo Bluetooth}*”, caso contrário o ícone não sofrerá nenhuma alteração e surgirá no ecrã a mensagem “*Unable to connect to device*”. Para desligar a conexão basta premir o ícone  que será alterado para  ao que sucederá a mensagem “*Device connection was lost*”.

Capítulo 6

Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos nas etapas de teste e validação da plataforma de controlo e avaliação postural desenvolvida. Para testar e validar o funcionamento da aplicação foram realizados três testes. No primeiro validou-se a sua capacidade para controlar o protótipo, no segundo foi validado o algoritmo de calibração automático do SYPEC desenvolvido e por fim, no terceiro, foi validado processo de avaliação postural.

6.1 Validação da capacidade de controlo da aplicação

Com a realização deste teste pretendeu-se validar a capacidade de controlo do protótipo utilizando a aplicação desenvolvida. Para tal utilizou-se, numa primeira fase, a placa mãe do SYPEC da qual se desligaram todos os compressores e electroválvulas.

Nesta placa, existem LEDs que indicam o estado lógico dos *drivers* de controlo das almofadas de ar (compressores e electroválvulas). Estes mostraram-se bastante úteis, uma vez que, permitiram a observação do estado de acção dos compressores e electroválvulas, possibilitando a realização de testes, ao nível dos botões de enchimento e esvaziamento das

almofadas, sem que estes estivessem ligados, prevenindo que uma acção descontrolada pudesse danificar as almofadas de ar.

O procedimento de teste consistiu em observar o estado lógico dos *drivers* depois de se actuar sequencialmente sobre os botões “+” e “-”, de cada uma das almofadas. Os resultados obtidos permitiram observar o correcto controlo das acções de enchimento e esvaziamento das almofadas conforme se observa na figura 6.1, para o caso da almofada BL.

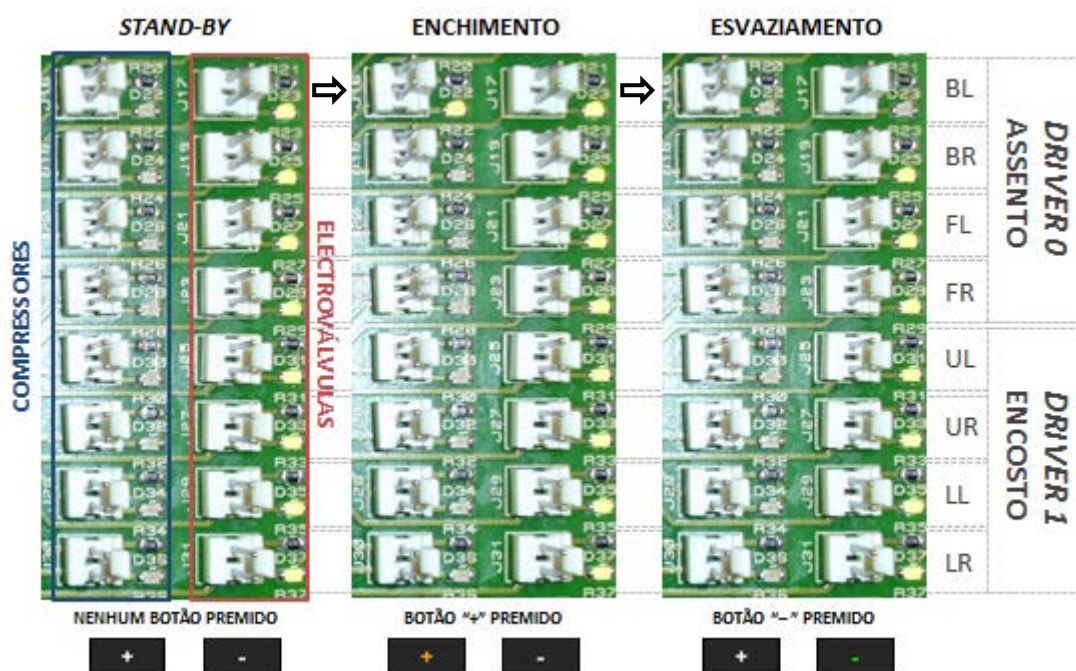


Figura 6.1: Resultados obtidos pelos testes ao controlo das acções de enchimento e esvaziamento das almofadas de ar.

Com a utilização deste procedimento foi possível verificar tanto o correcto funcionamento dos botões “+” e “-” de cada uma das almofadas, como que o seu controlo é inequívoco, isto é, que cada par desses botões é somente responsável pelo controlo de uma determinada bolsa.

Ainda com os compressores e electroválvulas desligados, realizou-se o teste aos botões de controlo dos modos de operação do SYPEC (manual e automático). Para isso utilizou-se, uma vez mais, um dos LEDs de informação da placa mãe, neste caso o LED COM, que sinaliza a recepção e o envio de comandos. Como tal, prever-se-ia que o LED COM piscaria uma única vez em resposta ao comando modo manual enviado, e que permaneceria nesse estado em resposta ao comando modo automático, até que se comutasse novamente o modo de operação do SYPEC para modo manual (tabela 4.2).

Os resultados obtidos permitiram verificar isso mesmo, ou seja, que premindo botão *Manual Mode* o LED COM pisca uma única vez e que premindo o botão *Automatic Mode* o LED COM pisca até que se comute novamente para o modo manual.

Na segunda fase dos testes utilizou-se o mesmo procedimento que já se havia usado nos testes aos botões de controlo das almofadas de ar, na primeira fase, mas agora com os compressores e electroválvulas devidamente ligados. Pediu-se a um indivíduo que se sentasse na posição direita (P1 da figura 5.11) e que tentasse não oferecer resistência à alteração de postura provocada pelo enchimento ou esvaziamento das almofadas de ar. Os resultados obtidos encontram-se representados na figura 6.2.

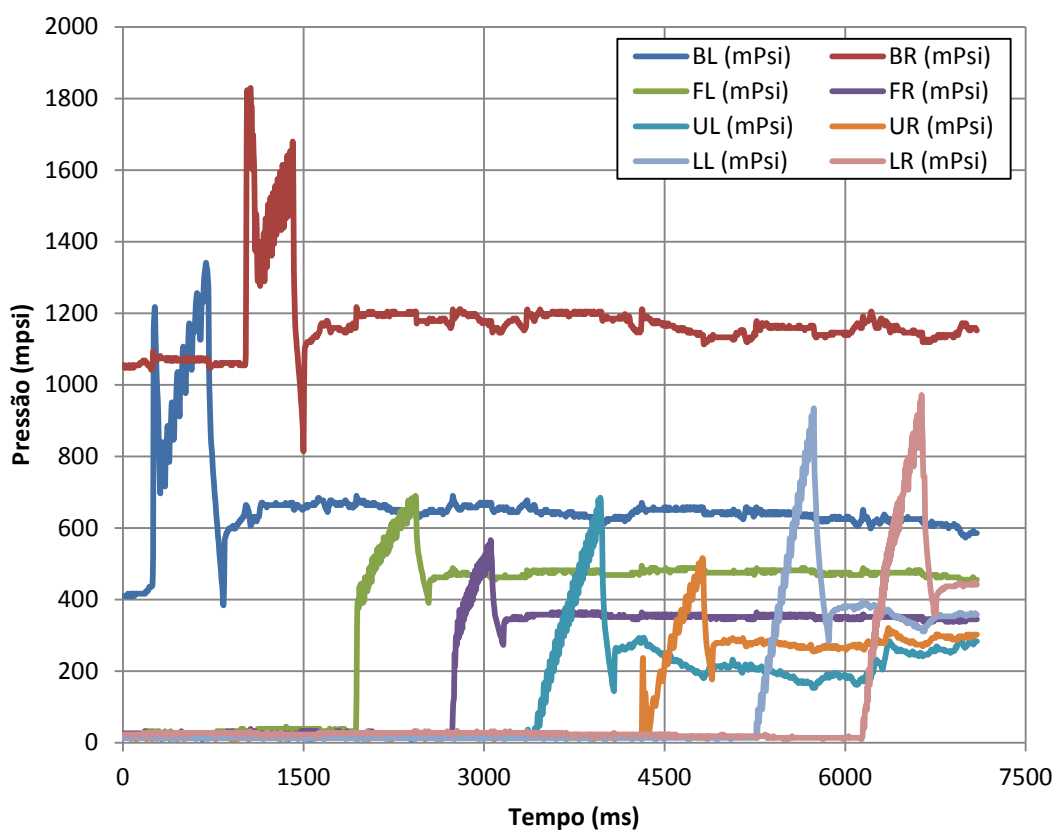


Figura 6.2: Representação temporal dos mapas de pressão obtidos pelos testes de controlo das acções de enchimento e esvaziamento das almofadas de ar.

Através da análise à figura 6.2 é possível observar os fenómenos, descritos por Lucena [6], associados à alteração de conformação do SYPEC, nomeadamente nas bolsas BL e BR, em que é claramente visível um pico de pressão inicial provocado pela compressão da junção do circuito de ar com a almofada, e em todas bolsas, em que se observa uma componente de ruído associada aos ciclos de compressão durante a fase de enchimento. O pico negativo que se

observa em todas as bolsas, no fim da fase de esvaziamento, resulta da acção da electroválvula e é causada pelo efeito de Venturi (também descrito por Lucena [6]).

Este teste para além de permitir observar o correcto desempenho das acções de enchimento, esvaziamento e *stand-by* de cada uma das bolsas, já esperado tendo em conta os resultados obtidos na primeira fase de testes, permitiu igualmente validar a aquisição dos mapas de pressão.

Note-se, também, que acção dos botões de controlo de uma determinada bolsa não tem qualquer efeito nas outras bolsas, como já tinha sido verificado na primeira fase de testes.

O último teste realizado, ao controlo do SYPEC, incidiu sobre o painel de calibração. Para isso pediu-se, uma vez mais, a um indivíduo que se sentasse na posição direita (P1 da figura 5.11) e que tentasse não oferecer resistência à alteração de postura provocada pela modificação da conformação das superfícies da cadeira. Em seguida definiram-se tempos de enchimento iguais (4 s) para todos os pares de bolsas e actuou-se sobre o botão *Calibrate*. Os resultados obtidos encontram-se representados na figura 6.3.

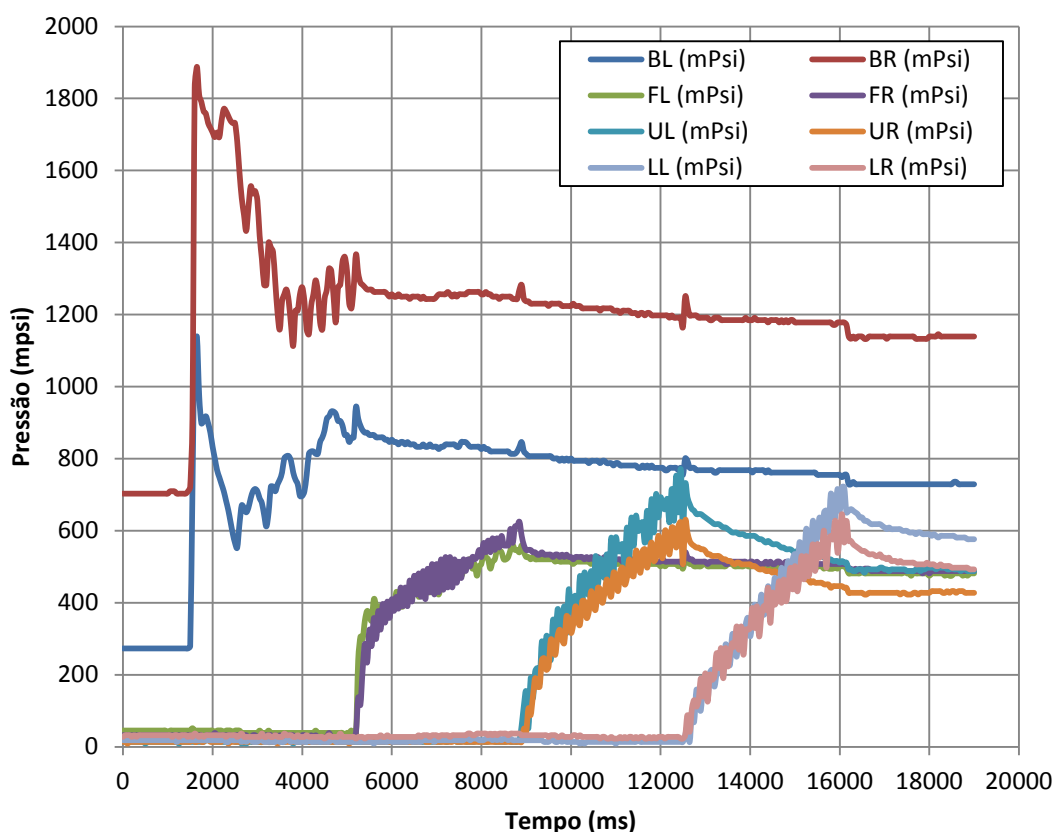


Figura 6.3: Representação temporal dos mapas de pressão obtidos pelos testes de validação do painel de calibração.

Através da análise da figura 6.3 é possível verificar que cada um dos pares de bolsas inicia o enchimento em simultâneo, o qual se prolonga pelo mesmo período de tempo, neste caso 4 s. Terminado o processo de enchimento de um dado par inicia-se o enchimento do seguinte e assim sucessivamente. Com a realização deste verifica-se o funcionamento pretendido para o painel de controlo, isto é, o enchimento controlado das almofadas de ar por um período predefinido.

Ainda relativamente à figura 6.3 importa destacar o facto das almofadas de ar BL e BR não apresentarem valores de pressão semelhantes. Este pode ser devido a um desequilíbrio postural durante a realização dos testes ou ao nível do volume de ar inicial no interior de cada uma das almofadas. Note-se que para os restantes pares a pressão no interior de cada uma das bolsas apresenta valores da mesma ordem (sobreposição parcial dos mapas de pressão).

6.2 Validação do algoritmo de calibração automático

Com a realização deste teste pretendeu-se validar o algoritmo de calibração automático que está na base do processo de calibração do protótipo SYPEC numa aquisição de avaliação postural.

O algoritmo implementado consiste em encher controladamente cada um dos pares de bolsas, utilizando para tal um mecanismo semelhante àquele que foi usado no painel de calibração implementado no modo *simple acquisition*. Como visto na secção 5.3, definiram-se tempos de enchimento de 4 s para as almofadas de ar BL, BR, FL, FR, LL e LR, e 5 s para as almofadas UL e UR. Utilizou-se um período para aquisição dos mapas de pressão de 12 s ao fim dos quais se calculam as respectivas médias. O valor médio dos mapas de pressão adquiridos nesse período define a posição de referência.

Para validar este algoritmo, realizou-se uma aquisição na qual se solicitou a um indivíduo que se sentasse na posição direita e que assim permanecesse até indicação em contrário. O objectivo aqui era comparar o valor médio dos mapas de pressão dos doze primeiros segundos de aquisição, com o valor que é guardado na base de dados e que é mostrado na página de perfil de um determinado utilizador.

Na figura 6.4 encontra-se a representação temporal dos mapas de pressão dos 12 s aquisição.

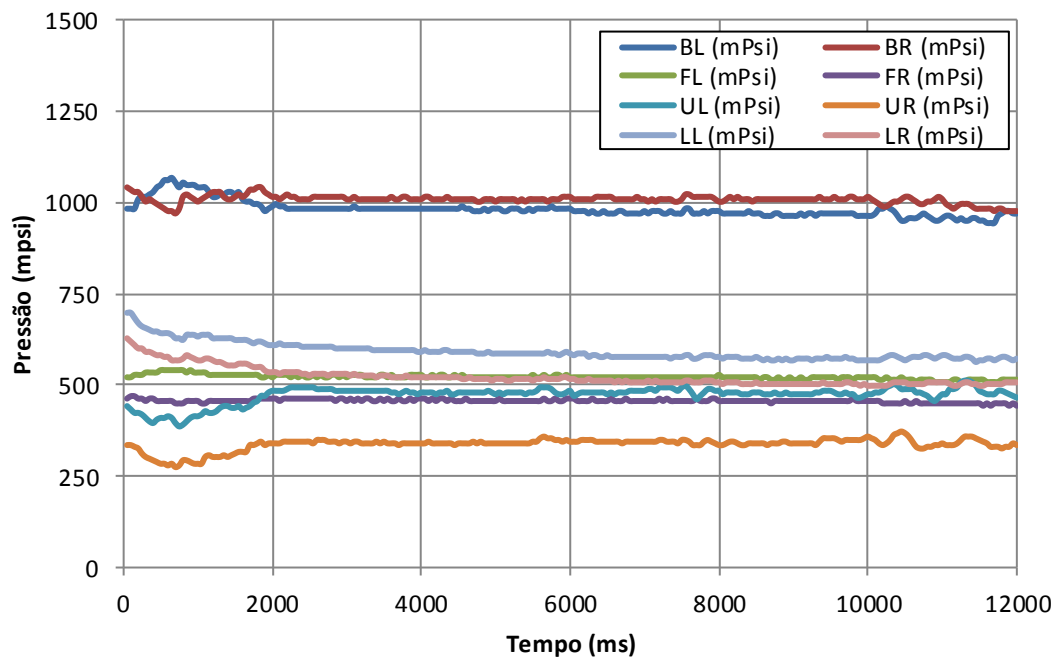


Figura 6.4: Representação temporal dos mapas de pressão utilizados para validação do algoritmo de calibração automática.

Os valores médios dos mapas de pressão adquiridos foram calculados e encontram-se na tabela 6.1.

Tabela 6.1: Valores médios dos mapas de pressão adquiridos para definição da posição de referência.

	Almofada de ar	\bar{x} (mpsi)
Assento	UL	472
	UR	336
	LL	591
	LR	521
Encosto	BL	981
	BR	1008
	FL	521
	FR	456

A janela de perfil do utilizador ao qual se realizou a calibração automática encontra-se representada da figura 6.5. Note-se que os valores de pressão guardados para a definição da posição de referência correspondem exactamente aos valores médios dos mapas de pressão calculados (tabela 6.1), o que permite validar o algoritmo de calibração automática desenvolvido.



Figura 6.5: Janela de perfil – definição da posição de referência através do algoritmo de calibração automática.

6.3 Validação do processo de avaliação postural

Para a validação do processo de avaliação postural compararam-se os resultados da classificação obtidos pelo MATLAB© (através da estrutura da rede neuronal) com os obtidos pela aplicação durante uma aquisição no modo *advanced mode*.

O mapa de pressões adquirido que foi utilizado para comparação de resultados obtidos encontra-se representado na figura 6.6.

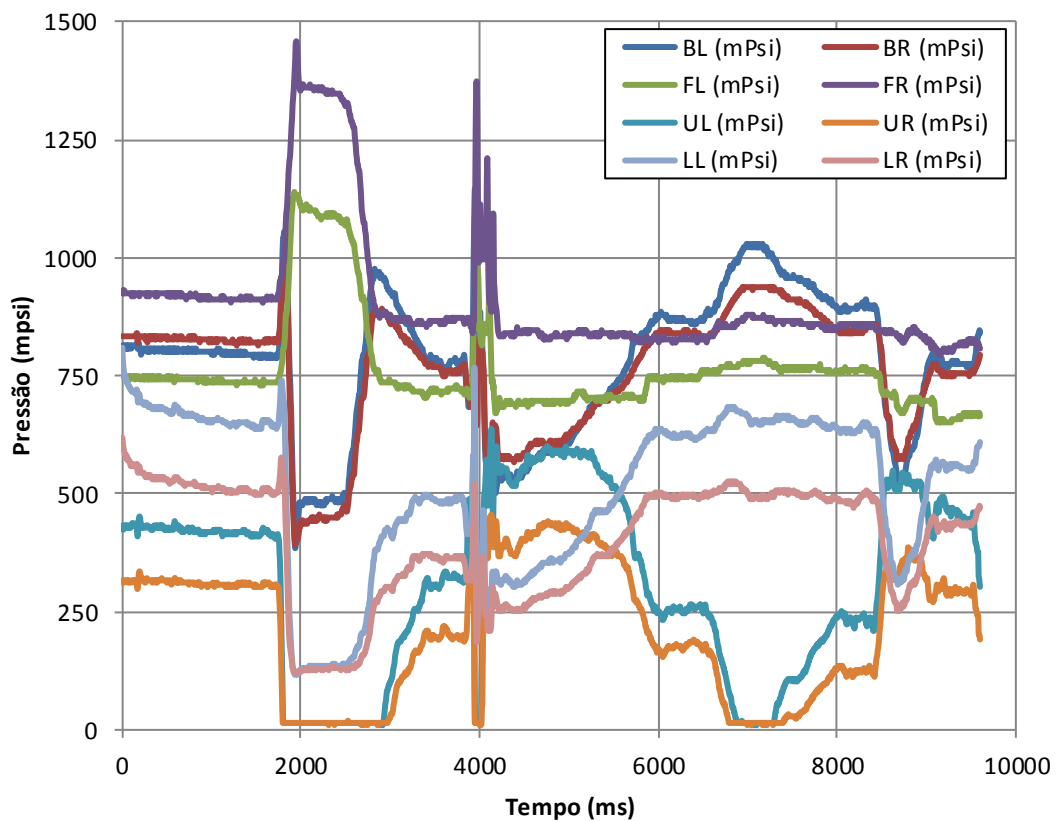


Figura 6.6: Representação temporal do mapa de pressões utilizado para validação do processo de avaliação postural.

Dado que o algoritmo de avaliação postural classifica o valor médio dos mapas de pressões adquiridos durante um período de 2 s (40 aquisições), a distribuição de pressões que foi classificada é a que está representada na figura 6.7.

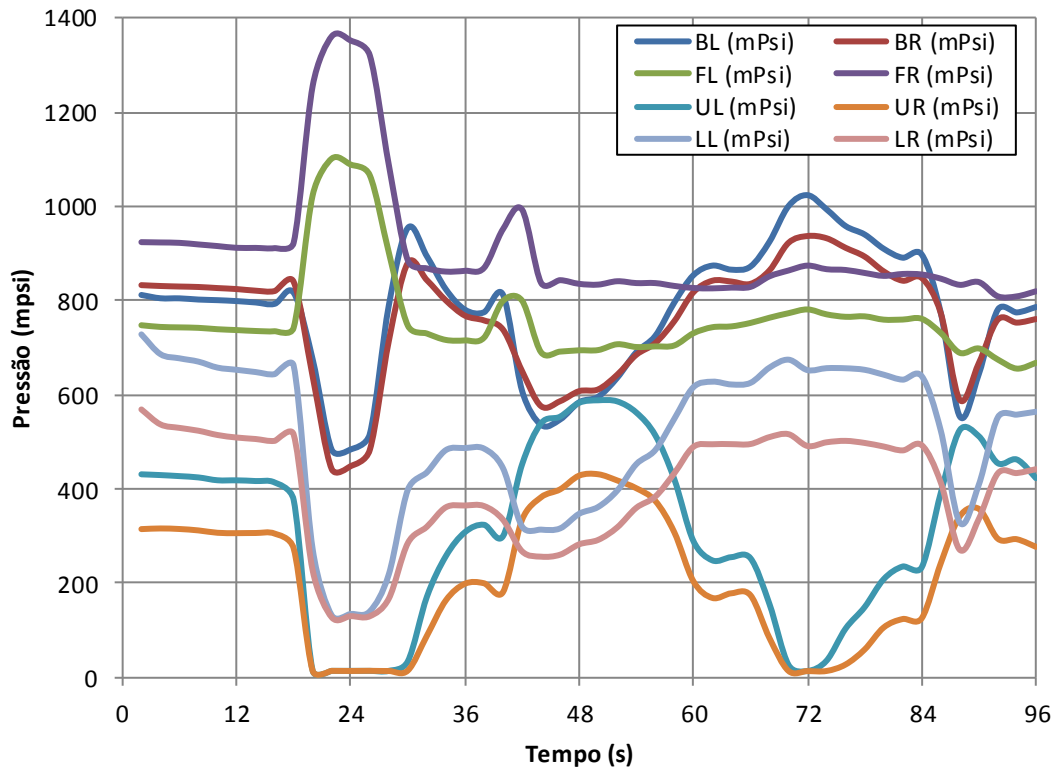


Figura 6.7: Representação temporal dos valores médios dos mapas de pressão utilizados como *inputs* da rede neuronal.

Nos 96 s de tempo de aquisição foram efectuadas 48 avaliações de postura (uma a cada 2 s de aquisição). A análise comparativa entre a classificação obtida pelo MATLAB© e a obtida pela aplicação desenvolvida é possível de ser observada na figura 6.8.

Classificacao =	MATLAB	Android
Columns 1 through 11	1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2
Columns 12 through 22	2 2 2 2 2 2 3 3 2 3 3	2 2 2 2 2 2 3 3 2 3 3
Columns 23 through 33	3 3 3 3 3 3 3 1 1 1 1	3 3 3 3 3 3 1 1 1 1
Columns 34 through 44	1 2 2 2 2 2 1 1 1 3 3	1 2 2 2 2 2 1 1 1 3 3
Columns 45 through 48	3 3 3 3	3 3 3 3

Figura 6.8: Resultados do processo de avaliação postural obtidos pelo MATLAB© e pela estrutura desenvolvida na aplicação Android.

Como se observa na figura 6.8, os resultados obtidos pela estrutura da rede neuronal do MATLAB© são iguais aos obtidos através da aplicação desenvolvida, o que permite validar o algoritmo de classificação implementado.

Note-se que o principal objectivo desta etapa de validação vai muito para além de uma análise de performance do classificador, isto é, através destes resultados é possível validar a estrutura do classificador desenvolvida na aplicação, o que permite que no futuro se possam testar novos algoritmos de classificação e, aí sim, fazer a respectiva análise de performance no contexto real de avaliação postural.

Nesta aquisição foi pedido a um indivíduo que se sentasse na posição direita e alterasse a sua posição na seguinte sequência: $P1 \rightarrow P2 \rightarrow P1 \rightarrow P3 \rightarrow P1 \rightarrow P2 \rightarrow P1 \rightarrow P3$. Foi igualmente pedido para que se mantivesse nessa posição até que a aplicação indicasse correctamente a posição em que este se encontrava ou em caso da classificação não corresponder à posição real, que se efectuassem pequenos ajustes de modo a que a classificação fosse a correcta. Os resultados obtidos nesta aquisição encontram-se representados na figura 6.9.

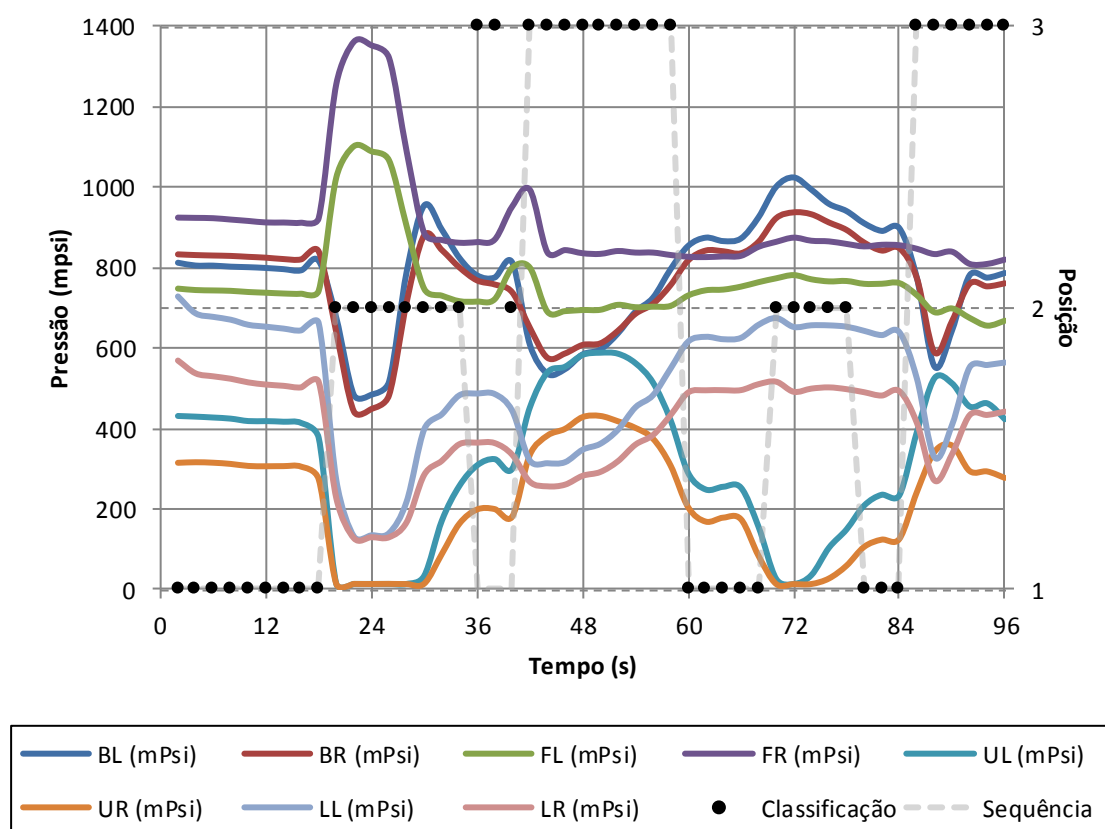


Figura 6.9: Resultados obtidos no teste à detecção de postura correcta.

Através da análise da figura 6.9 é possível observar que a transição $P2 \rightarrow P1$ é aquela que produz piores resultados entre a avaliação postural e a postura real. Numa tentativa de perceber o porquê desta ocorrência compilaram-se os dados de treino, que permitiram definir as posições P1, P2 e P3 em diagramas caixa de bigodes (*box-and-whisker*). A organização dos dados através destes permitiu observar a forma como a diferença de pressão, em relação à posição de referência, se distribuiu para cada uma das posições.

Os resultados obtidos encontram-se representados nas figuras 6.10, 6.11 e 6.12.

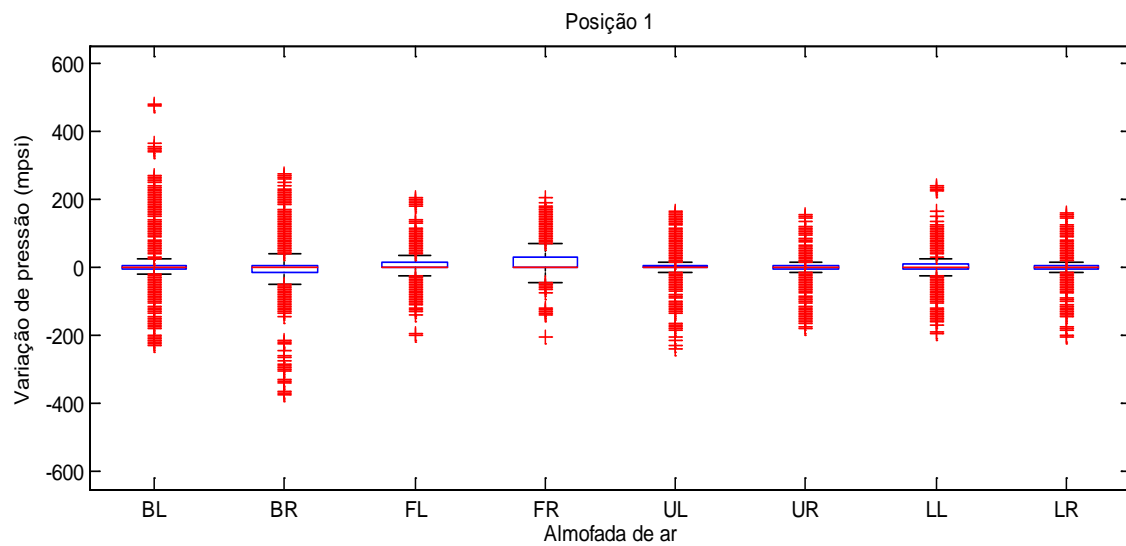


Figura 6.10: Diagrama caixa de bigodes da posição 1.

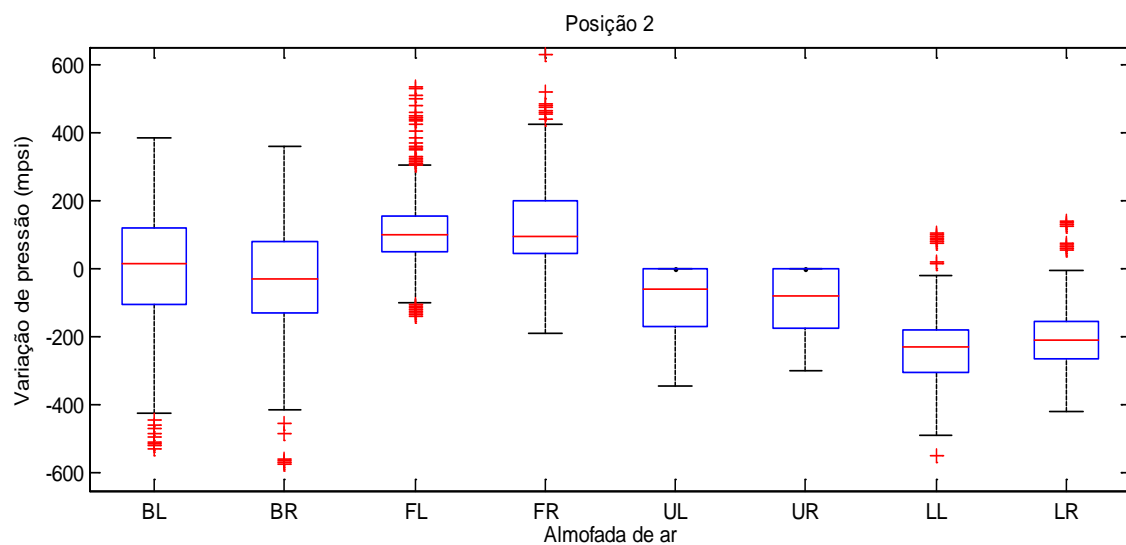


Figura 6.11: Diagrama caixa de bigodes da posição 2.

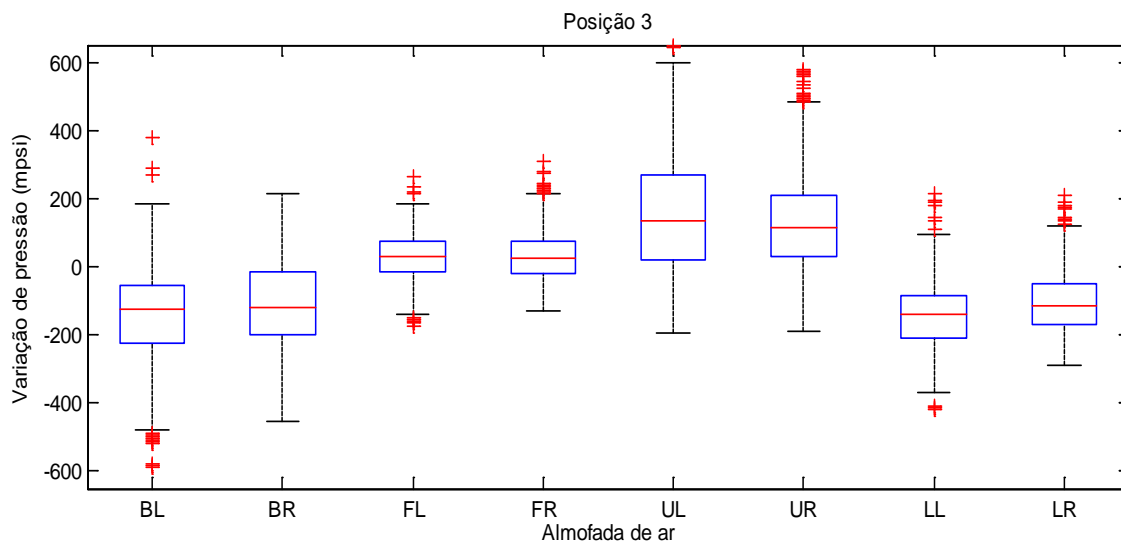


Figura 6.12: Diagrama caixa de bigodes da posição 3.

Nos diagramas das figuras 6.10, 6.11 e 6.12 é possível observar as distribuições de pressões correspondentes a cada uma das três posições. De notar que os pontos a vermelho correspondem a valores de pressão *outliers*, isto é, valores que apresentam grande afastamento em relação ao restantes.

Da análise da figura 6.10, foi possível perceber o porquê de ser difícil classificar uma posição como P1. Nesta posição, os valores da distribuição de pressões estão contidos num intervalo muito estreito quando comparado com as das restantes posições.

Este aspecto vai ser alvo de estudo nos actuais trabalhos do SYPEC em curso e deve ser tido em conta no desenvolvimento de novos algoritmos de avaliação postural.

Capítulo 7

Conclusão e Perspectivas Futuras

Nesta dissertação desenvolveu-se uma aplicação Android para o projecto SYPEC. Esta insere-se neste contexto como uma solução integrada para o controlo do protótipo actual do SYPEC, aquisição de dados e avaliação postural na posição de sentado, através de um dispositivo móvel. Para que fosse possível estabelecer uma conexão com um dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*) foi necessário, numa primeira fase, dotar o protótipo do SYPEC do protocolo de comunicação *Bluetooth*, o que veio a ser conseguido com o desenvolvimento de um módulo de electrónica para a comunicação sem fios.

Após a conclusão desta dissertação conseguiu-se, com sucesso, cumprir os objectivos inicialmente previstos. A experiência de utilização da aplicação permite prever que o seu potencial, enquanto plataforma de estudo para o projecto SYPEC, é elevado, uma vez que, o estado final acabou por superar as expectativas iniciais. A existência de mais de um trabalho do SYPEC, em simultâneo, permitiu que fossem introduzidos algoritmos de classificação para avaliação postural, ainda em fase de estudo.

As etapas de validação da plataforma mostraram o correcto funcionamento de todas as estruturas desenvolvidas e novas funcionalidades introduzidas. O principal destaque vai para a capacidade de avaliação postural, em contexto real, introduzida na aplicação, nunca antes feita no projecto SYPEC à qual se acrescem outras como a criação de uma estrutura do algoritmo de classificação, que permite alterar o algoritmo de avaliação postural utilizando um cartão SD, e o algoritmo de calibração automático desenvolvido.

Ao nível do controlo também foram introduzidas algumas melhorias comparativamente com a aplicação existente, nomeadamente, ao nível dos botões de controlo e do painel de calibração. A nova estrutura de botões de controlo das almofadas de ar mostrou-se mais intuitiva e a complementaridade destes constitui um mecanismo passivo de protecção contra o rebentamento das bolsas. O painel de calibração veio a demonstrar-se uma funcionalidade muito útil para a calibração do protótipo. Este facilita a etapa de calibração do protótipo para a aquisição de dados e está na base do algoritmo de calibração automática desenvolvido.

A criação de uma estrutura de gestão de utilizadores e da informação a eles associada, com recurso a uma base de dados, permitiu a personalização das aquisições de avaliação postural. Nesta é guardada, para além de algumas informações do utilizador, o mapa de pressão da posição de referência calculado pelo algoritmo de calibração automático.

Muito em breve iniciar-se-á a construção do segundo protótipo do SYPEC. Ao nível do trabalho que foi desenvolvido nesta dissertação recomenda-se que se mantenha, por um lado, a estrutura de comandos (controlo, configuração e ligação), acrescentando os necessários à implementação de novas funcionalidades, e por outro grande parte da electrónica utilizada no módulo de comunicação sem fios. A este nível deve ser melhorada a interligação entre módulos. Deve ser ponderada a abordagem com recurso a um único cabo, semelhante à das placas de internet de banda larga.

Ao nível da aplicação sugerem-se melhorias ao nível da janela de perfil de utilizador, isto é, podem ser introduzidos contadores de tempo que permitam avaliar o tempo passado nas várias posições e que possibilitem correlacionar o factor tempo em estudos futuros. Sugere-se também a introdução de estatísticas que permitam avaliar o desempenho do utilizador em termos de posição adoptada. Contudo estas devem ser acompanhadas de melhorias muito significativas ao nível dos algoritmos de avaliação postural, nomeadamente ao nível do problema de definição da posição de referência (P1) identificado.

Referências

- [1] B. Mutlu, A. Krause, J. Forlizzi e C. Guestrin, “Robust, Low-cost, Non-intrusive Sensing and Recognition of Seated Postures.,” em *Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)*, New York, NY, USA, 2007.
- [2] J. Hartvigsen, C. Leboeyf-Yde, S. Lings e E. Corder , “Is sitting-while-at-work associated with low back pain? A systematic, critical literature review,” *Scand J Public*, vol. 28, n.º 3, pp. 230-239, 2000.
- [3] J. Y. Chau, H. P. v. d. Ploeg, J. G. v. Uffelen, J. Wong, I. Riphagen, G. N. Healy, N. D. Gilson, D. W. Dunstan, A. E. Bauman, N. Owen e W. J. Brown, “Are workplace interventions to reduce sitting effective? A systematic review,” *Preventive Medicine*, vol. 51, n.º 5, pp. 352-356, 2010.
- [4] Y. J. Zheng e J. B. Morrell, “A Vibrotactile Feedback Approach to Posture Guidance,” em *Haptics Symposium*, Waltham, MA, USA, 2010.
- [5] R. Deyo, “Back Pain Patient Outcomes Assessment Team (BOAT),” *U.S. Department of Health & Human Services - Agency of Healthcare Research*, 1994.
- [6] R. Lucena, SYPEC: Construção de um Protótipo, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- [7] J. H. van DieËn, M. P. De Looze e V. Hermans, “Effects of dynamic office chairs on trunk kinematics, trunk extensor EMG and spinal shrinkage,” *Ergonomics*, vol. 44, n.º 7, pp. 739-750, 2001.
- [8] S. McGill, N. Kavcic e E. Harvey, “Sitting on a chair or an exercise ball: Various perspectives to guide decision making,” *Clinical Biomechanics*, vol. 21, n.º 4, pp. 353-360, 2006.
- [9] J. P. Callaghan e S. M. McGill, “Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting,” *Ergonomics*, vol. 44, n.º 3, pp. 280-294, 2001.
- [10] J. Pynt, J. Higgs e M. Mackey, “Seeking the optimal posture of the seated lumbar spine.,” *Physiother Theory Pract.*, vol. 17, n.º 1, pp. 5-21, 2001.
- [11] P. Anne Fenety, C. Putnam e J. M. Walker, “In-chair movement: validity, reliability and implications for measuring sitting discomfort,” *Applied Ergonomics*, vol. 31, n.º 4, pp. 383-393, 2000.
- [12] D. D. Harrison, S. O. Harrison, A. C. Croft, D. E. Harrison e S. J. Troyanovich, “Sitting biomechanics part I: review of the literature,” *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, vol. 22, n.º 9, pp. 594-609, 1999.
- [13] E. N. Corlett, “Background to sitting at work: research-based requirements for the design of work seats,” *Ergonomics*, vol. 49, n.º 14, pp. 1538-1546, 2006.
- [14] A. P. Claus, J. A. Hides, G. L. Moseley e P. W. Hodges, “Is ‘ideal’ sitting posture real?: Measurement of spinal curves in four sitting postures,” *Manual Therapy*, vol. 14, n.º 4, pp. 404-408, 2009.
- [15] J. P. Callaghan e N. M. Dunk, “Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting,” *Clinical Biomechanics*, vol. 17, n.º 5, pp. 353-360, 2002.

- [16] P. B. O'Sullivan, W. Dankaerts, A. F. Burnett, G. T. Farrell, M. M. Ther e E. Jefford, "Effect of Different Upright Sitting Postures on Spinal-Pelvic Curvature and Trunk Muscle Activation in a Pain-Free Population," *Spine*, vol. 31, n.º 19, pp. 707-712, 2006.
- [17] M. Vergara e Á. Pageb, "Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture," *Applied Ergonomics*, vol. 33, n.º 1, pp. 1-8, 2002.
- [18] M. A. Adams e W. C. Hutton , "The effect of posture on the lumbar spine," *The journal of bone and joint surgery. British volume.*, vol. 67, n.º 4, pp. 625-629, 1985.
- [19] H. Z. Tan, I. Lu e A. Pentland, "The chair as novel haptic user interface.," em *Workshop on Perceptual User Interfaces*, Banff, Alberta, Canada, 1997.
- [20] L. A. Slivovsky e H. Z. Tan, "A real-time sitting posture tracking system.," em *Ninth (9th) International Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, 2000.
- [21] H. Z. Tan, L. A. Slivovsky e A. Pentland, "A sensing chair using pressure distribution sensors," *Transactions on Mechatronics*, vol. 6, n.º 3, pp. 261-268, 2001.
- [22] S. Mota e R. W. Picard, "Automated Posture Analysis For Detecting Learner's Interest Level.," em *Workshop on Computer Vision and Pattern Recognition for Human-Computer Interaction. CVPRW '03*, Madison, Winconsin, USA, 2003.
- [23] M. Zhu, A. M. Martinez e H. Z. Tan, "Template-Based Recognitions of Static Sitting Postures," em *Workshop on Computer Vision and Pattern Recognition for Human-Computer Interaction. CVPRW '03*, Madison, Wisconsin, USA, 2003.
- [24] M. Yamada, K. Kamiya e M. Kudo, "Soft authentication and behavior analysis using a chair with sensors attached: hipprint authentication," *Pattern Analysis & Applications*, vol. 12, n.º 3, pp. 251-260, 2009.
- [25] A. Riener e A. Ferscha, "Supporting Implicit Human-to-Vehicle Interaction: Driver Identification from Sitting Postures," 2008.
- [26] R. Lucena, C. Quaresma, A. Jesus e P. Vieira, "Intelligent Chair Sensor-Actuator - A Novel Sensor Type for Seated Posture Detection and Correction," em *International Conference on Biomedical Electronics and Devices (BIODEVICES 2012)*, Vilamoura, Portugal, 2012.
- [27] D. Khanafiah e H. Situngkir, *Innovation as Evolution Case of Study: Phylomemetic of Cellphone Designs*, Bandung Fe Institute, 2004.
- [28] S. Conder e L. Darcey, *Android Wireless Application Development*, Addison-Wesley Professional, 2009.
- [29] S. Komatineni, D. MacLean e S. Hashimi, *Pro Android 3*, Apress, 2011.
- [30] "Open Handset Alliance," [Online]. Available: <http://www.openhandsetalliance.com/>. [Acedido em Agosto 2012].
- [31] "Apple Reinvents the Phone with iPhone," Apple, [Online]. Available: <http://www.apple.com/pr/library/2007/01/09Apple-Reinvents-the-Phone-with-iPhone.html>. [Acedido em Agosto 2012].
- [32] P. Zheng e L. Ni, *Smartphone and Next Generation Mobile Computing*, Morgan Kaufmann, 2005.
- [33] "Apple Launches iPad," [Online]. Available: <http://www.apple.com/pr/library/2010/01/27Apple-Launches-iPad.html>. [Acedido em Agosto 2012].
- [34] "Samsung GALAXY Tab Mobile Tablet Surpasses Mobile Boundaries," [Online]. Available: http://www.samsung.com/hk_en/news/productnews/2010/galaxy-tab-mobile-tablet-

- surpasses-mobile-boundaries. [Acedido em Agosto 2012].
- [35] “Android Platform Versions,” [Online]. Available: <http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>. [Acedido em Agosto 2012].
- [36] “The Android History,” [Online]. Available: <http://www.xcubelabs.com/the-android-story.php>. [Acedido em Agosto 2012].
- [37] “Android 4.1 for Developers,” [Online]. Available: <http://developer.android.com/about/versions/jelly-bean.html>. [Acedido em Agosto 2012].
- [38] “Android, the world's most popular mobile platform,” [Online]. Available: <http://developer.android.com/about/index.html>. [Acedido em Agosto 2012].
- [39] Y.-H. Weng, F.-S. Sun e J. D. Grigsby, “GeoTools: An android phone application in geology,” *Computers & Geosciences*, vol. 44, pp. 24-30, 2012.
- [40] A. Hoog, “Android Application and Forensics Analysis,” em *Android Forensics: Investigation, Analysis and Mobile Security for Google Android*, 2011, pp. 285-364.
- [41] F. J. Mesas-Carrascosa, I. L. Castillejo-González, M. S. d. I. Orden e A. García-Ferrer, “Real-time mobile phone application to support and policy,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 85, pp. 109-111, 2012.
- [42] “DomoticHome,” [Online]. Available: <http://www.domotichome.net/>. [Acedido em Agosto 2012].
- [43] Y. Wang, C. Qi e H. Pan, “Design of Remote Monitoring System for Aquaculture Cages Based on 3G Networks and ARM-Android Embedded System,” *Procedia Engineering*, vol. 29, pp. 79-83, 2012.
- [44] C. Collins, M. Galpin e K. Matthias, *Android in Practice*, Manning Publications Co., 2012.
- [45] R. Meier, *Professional Android™ Application Development*, Wiley Publishing, Inc., 2009.
- [46] S. Komatineni e D. MacLean, *Pro Android 4*, Professional Apress, 2012 .
- [47] “Android Architecture – The Key Concepts of Android OS,” [Online]. Available: <http://www.android-app-market.com/android-architecture.html>. [Acedido em Agosto 2012].
- [48] A. K. Talukder e R. R. Yavagal, *Mobile Computing: Technology, Application & Service Creation*, Tata McGraw-Hill , 2005.
- [49] B. Reza, *Mobile Computing Principles: Designing and Developing Mobile Applications with UML and XML*, Cambridge University Press, 2004.
- [50] “Bluegiga Techforum,” 2012. [Online]. Available: http://techforum.bluegiga.com/protectedstore/29110/7628/127/bluegiga_1379/7eac8911ecea0c714e7d29ff6fd9d8de/WT12_Datasheet.pdf. [Acedido em Abril 2012].
- [51] “MAXIM +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers,” 2003. [Online]. Available: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/MAX220-MAX249.pdf>. [Acedido em Abril 2012].
- [52] FTDI Ltd., “FT232R USB UART IC,” 2010. [Online]. Available: http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf. [Acedido em Abril 2012].
- [53] “Farnell National Semiconductor LM3940,” 2007. [Online]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/1640747.pdf>. [Acedido em Abril 2012].
- [54] “Farnell STMicroelectronics - STM812,” 2010. [Online]. Available: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00003591.pdf. [Acedido em Maio 2012].

- [55] “Bluegiga Techforum,” 2005. [Online]. Available: http://techforum.bluegiga.com/protectedstore/29110/7628/127/bluegiga_166/7eac8911ecea0c714e7d29ff6fd9d8de/WT12-A_Design_Guide.pdf. [Acedido em Maio 2012].
- [56] “Bluegiga Techforum,” 2008. [Online]. Available: http://techforum.bluegiga.com/protectedstore/29110/8424/127/bluegiga_528/8d7e90233111ba5680f0cd005d621cee/iWRAP3_User_Guide.pdf. [Acedido em Maio 2012].
- [57] “Android,” [Online]. Available: <http://www.android.com/>. [Acedido em 2012 Setembro].
- [58] “Sony Tablet S,” [Online]. Available: <http://www.sony.pt/product/sony-tablet-s/tab/editorialarticle2>. [Acedido em Setembro 2012].

Anexo A

Póster apresentado na 18.º Conferência Nacional de Física – FÍSICA 2012 que decorreu na Universidade de Aveiro de 6 a 8 de Setembro de 2012.

DESENVOLVIMENTO DO SYPEC USER INTERFACE

APLICAÇÃO ANDROID SEM FIOS PARA AVALIAÇÃO POSTURAL NA POSIÇÃO DE SENTADO

Belo, J.^{1,2}; Lucena, R.^{1,3}; Quaresma, C.^{4,5}; Vieira, P.^{1,2}

¹ Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa.

² Centro de Física Atómica, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

³ NGNS – Ingenious Solutions Ltd. – Lisboa

⁴ Departamento de Saúde, Instituto Politécnico de Beja

⁵ CEFITEC, Centro de Física e Investigação Tecnológica, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa

jd.belo@campus.fct.unl.pt, rui.lucena@ngns-is.com, {q.claudia, pmv}@fct.unl.pt

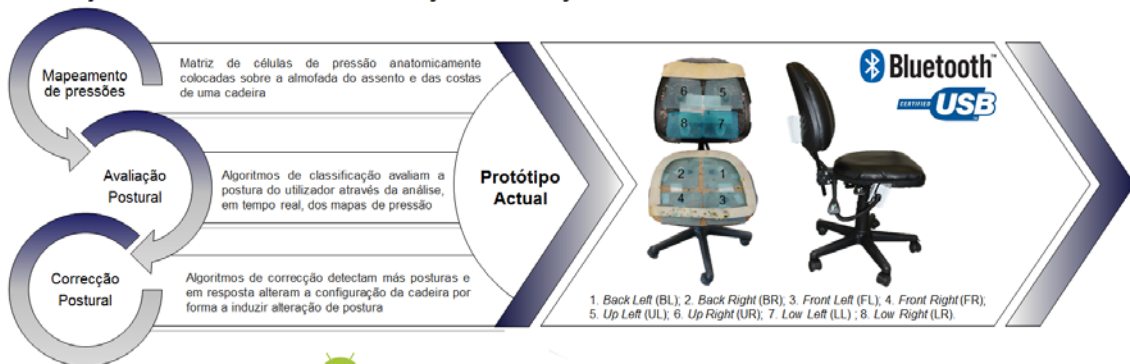
Resumo

O SYPEC *User Interface* é uma aplicação *Android* que permite a avaliação automática da postura do utilizador na posição de sentado. Esta permite o controlo de uma cadeira equipada com almofadas de ar, transdutores de pressão, compressores de ar e electroválvulas, desenvolvida no âmbito do projecto SYPEC: *System for Posture Evaluation and Correction*, e integra funcionalidades como alteração de conformação das bolsas, capacidade de calibração através do reconhecimento de utilizador e de exportação de dados. Para realizar a aquisição de dados e avaliação postural, utilizam-se as potencialidades dos protocolos de comunicação sem fios e as capacidades de computação de um *Smartphone* ou *Tablet*.

Enquadramento

O estilo de vida da sociedade actual leva cada vez mais à adopção da posição sentado. Nos países desenvolvidos a maioria da população adulta passa uma grande parte do seu dia sentada numa cadeira de escritório, numa poltrona ou mesmo num automóvel, quer num contexto profissional quer num contexto de lazer [1][2][3]. Estima-se que só no período correspondente ao horário de trabalho um terço a metade desse tempo seja passado sentado. Associado a isto existem fortes indícios de que a permanência nessa posição por longos períodos de tempo possa trazer efeitos adversos para a saúde, nomeadamente ao nível da região lombar, como dor lombar e lesões por esforço repetitivo [2][3][4].

Projecto SYPEC – Sistema de Avaliação e Correção Postural



SYPEC User Interface



Bluetooth

Controlo

Controlo da totalidade das funcionalidades do protótipo, permitindo a alteração de configuração e rigidez do assento e das costas da cadeira

Aquisição

Aquisição dos mapas de pressão para análise da distribuição de pressões e avaliação postural

Avaliação Postural

O algoritmo de classificação avalia a distribuição de pressões do assento e das costas



Conclusões

A aplicação representa uma importante plataforma de estudo para o projecto SYPEC. Esta nova plataforma possibilita a aquisição de dados para o treino dos algoritmos de avaliação e correção postural na posição de sentado, e a respectiva análise de performance no contexto de avaliação. A utilização de um dispositivo móvel como um *smartphone* ou *tablet* permite que esta se apresente como uma solução integrada sem fios para avaliação e correção, conjuntamente com o protótipo. Apesar de se tratar de uma plataforma de avaliação postural, alguns testes têm já demonstrado potencialidades ao nível da correção, nomeadamente que a indução de desconforto intencional em zonas controladas do assento ou do encosto da cadeira através da alteração de configuração e rigidez dessas superfícies provocam a alteração postural do utilizador.

Referências

- [1] B. Mutlu, A. Krause, J. Forlizzi, C. Guestrin, and J. Hodgins, "Robust, low-cost, non-intrusive sensing and recognition of seated postures," ACM UIST symposium, 2007, pp. 149–158, Ago 2007.
- [2] J. Hartvigsen, C. Leboeuf-Yde, S. Lings, and E. H. Corder, "Is sitting-while-at-work associated with low back pain? A systematic, critical literature review," Scandinavian Journal of Public Health, vol. 28, no. 3, pp. 230–239, Jan. 2000.
- [3] J. Y. Chau, H. P. van der Ploeg, J. G. Z. van Uffelen, J. Wong, I. Riphagen, G. N. Healy, N. D. Gilson, D. W. Dunstan, A. E. Bauman, N. Owen, and W. J. Brown, "Are workplace interventions to reduce sitting effective? A systematic review," Prev Med, vol. 51, no. 5, pp. 352–356, Nov. 2010.
- [4] Y. Zheng and J. B. Morrel, "A vibrotactile feedback approach to posture guidance," Haptics Symposium, 2010 IEEE, pp. 351–358, Mar. 2010.

