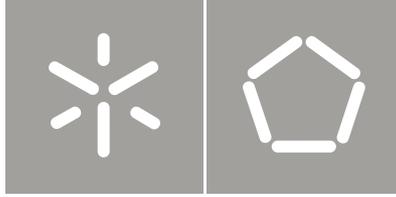


Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Guilherme Reis Barbosa
Sensorização e Percepção num
Ambiente de Monitorização



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Guilherme Reis Barbosa

Sensorização e Percepção num
Ambiente de Monitorização

Tese de Mestrado
Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho efectuado sob a orientação de
Paulo Novais
Ângelo Costa

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador, o Professor Paulo Novais, pelas oportunidades que me proporcionou, e pelo seu apoio e preocupação em ajudar-me a concluir este trabalho.

Um agradecimento muito especial ao meu co-orientador, colega e amigo Ângelo Costa, pela sua dedicação, fantástico trabalho, amizade e boa música.

Agradeço também ao Pedro Fonseca, pela oportunidade que me proporcionou, pela grande experiência que estou a ter sob a sua supervisão e por tudo o que estou a aprender ao trabalhar com ele.

Um agradecimento muito especial a toda a minha família: à minha avó, aos meus tios e primos, por serem a melhor família do mundo.

Este trabalho é inteiramente dedicado aos meus pais e à minha irmã: por todo o amor e carinho que me dão, por me deixarem voar e me manterem os pés assentes na terra ao mesmo tempo. Adoro-vos!

Resumo

Os progressos feitos pela nossa sociedade nos últimos anos, com particular enfoque nas novas tecnologias e na medicina, e o conseqüente aumento da qualidade de vida estão a levar a um considerável envelhecimento da população. Este envelhecimento da população, em conjunto com o aumento do número de doentes crónicos, aumentou exponencialmente a necessidade de cuidados médicos por parte da população. São necessários novos métodos de vigilância de pacientes a longo prazo para se otimizar a segurança e bem-estar dos pacientes e aliviar a sobrecarga dos serviços de saúde e os conseqüentes custos elevados.

A telemedicina surgiu nos últimos anos, fruto do grande desenvolvimento das telecomunicações, como uma potencial solução para este novo paradigma social, através de soluções como o seguimento de doentes semi-automatizado à distância, transpondo entraves como distâncias e falta de meios a baixo custo. Neste contexto, propõem-se neste trabalho explorar diferentes ambientes e contextos de monitorização, através da participação em dois projectos distintos que contemplam a monitorização de pessoas.

No primeiro projecto, desenvolvido na Universidade do Minho, pretendeu-se criar um sistema de monitorização de sinais vitais móvel. Este sistema processa e transmite informação vital do paciente a uma estação remota inteligente para análise futura. O nosso sistema é dotado de autonomia e proactividade, adaptando-se ao paciente e emitindo avisos para o paciente e para a estação remota quando necessário (por exemplo, se detectar alterações do estado de saúde ou avisos relativos à medicação). Este sistema visa prevenir possíveis alterações do seu estado de saúde, diminuindo o número de visitas às instituições de saúde e aumentar a sua autonomia e tranquilidade, contribuindo assim para aumentar a sua qualidade de vida.

No segundo projecto, desenvolvido no âmbito de um estágio curricular na Philips Research Personal Health Solutions, pretendeu-se desenvolver parte de uma plataforma para a aquisição inobtrusiva, gestão e análise de dados para estudos de sono doméstico. Esta plataforma foi desenvolvida tendo em conta as particularidades que tem de caracterizar a recolha de sinais durante o sono, para que esta não o influencie.

Abstract

The advances made by our society in the last centuries, particularly in new technologies and medical fields, and the consequent better quality of life, have led to considerable population ageing. Population ageing, together with the raise of the number of chronic illnesses, has made the need for health care exponentially bigger in the past few years. These alarming numbers demand for new patient monitoring solutions to respond to the increasing number of people who need long-term health care services for their well-being and to relieve the stress and high costs of health care providers.

In recent years telemedicine has appeared, raising hopes as a probable solution for this problem. Nowadays, advances in Information and Communication Technologies allow patient's semi-automatic remote monitoring beyond geographic limits and lack of means. In this context, we propose to explore different monitoring ambiances and contexts situations, through our work in two different projects about patients monitoring.

In the first project, developed at University of Minho, we propose to create a Remote Vital Signs Monitoring Mobile System. This system processes and carries the transmission of patient's vital signs to a remote intelligent entity for future analysis. The system has both autonomy and proactivity, adapting itself to the patient and sending alerts to the remote station when necessary (e.g. if an abnormal health status is detected or to warn about prescription changes). The aim of this system is to ensure the patient's good health status and/or prevent worsening of his/her health condition, thus increasing autonomy and tranquility as well as general well-being. This will lead to reducing the need for going to health care institutions.

In the second project, developed during an internship at Philips Research Personal Health Solutions, we aimed to develop a platform for non-obtrusive acquisition, management and analysis of data for sleep studies. This platform was developed regarding the singularity of data acquisition during sleep, without influencing it.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Envelhecimento da População	1
1.2	As doenças crónicas e o envelhecimento.....	2
1.3	Tecnologia e a Saúde	5
1.4	Monitorização remota de Pacientes.....	6
1.5	Desafios	8
1.6	Objectivos.....	10
1.7	Metodologia de Investigação.....	13
1.8	Estrutura do Documento	15
2	Projectos Relacionados.....	18
2.1	VitalJacket	18
2.2	Toumaz Sensium	20
2.3	Plux.....	22
2.4	ICARDEA	21
2.5	Code Blue.....	23
2.6	MyGlucoHealth.....	25
2.7	Conclusão	26
3	Telemedicina e Inteligência Ambiente na Saúde	28
3.1	Telemedicina	28
3.1.1	Aplicações e Benefícios da Telemedicina	30
3.2	Inteligencia Ambiente	36
3.2.1	Tecnologias que suportam a Inteligencia Ambiente	38

3.2.2	Inteligência Ambiente e a Saúde.....	44
3.3	Conclusão	45
4	Unimon - Monitorização Independente de Utilizadores	47
4.1	Introdução	47
4.1.1	VirtualECare	48
4.1.2	iGenda	50
4.1.3	Integração do Unimon	52
4.2	Tecnologia num Sistema de Monitorização Médico.....	53
4.2.1	Tecnologias de Sensores	54
4.2.2	Tecnologias de Comunicação.....	56
4.2.3	Tecnologia Móvel	59
4.2.4	Outras tecnologias relevantes.....	61
4.3	Arquitectura.....	62
4.4	Trabalho realizado e Ambiente de Simulação.....	64
4.5	Resultados da Simulação	67
5	Projecto Sleep Assessment.....	70
5.1	O Sono	70
5.2	Plataforma Não-Intrusiva de Avaliação do Sono em casa	71
5.3	Arquitectura do sistema	72
5.3.1	Modulo de Aquisição de Dados	74
5.3.2	Módulo de Gestão de Dados	76
5.3.3	DataCollector.....	77
5.3.4	DataHandler	78
5.3.5	Repósitorio Central de Dados	79
5.4	Segurança	81
6	Conclusões e Trabalho futuro	83

6.1	Síntese do Trabalho Realizado	83
6.2	Trabalho Futuro para o projecto Unimon	84
6.3	Trabalho Futuro para o projecto SleepAssessment	86
6.4	Trabalho futuro comum aos dois projectos	87
7	Bibliografia.....	88

Lista de Figuras

Figura 1: Previsão do crescimento da população previsto entre 1950 e 2050	1
Figura 2: Previsão da Percentagem da População Mundial com 60 ou mais anos (fonte: United Nations)	2
Figura 3: Causas de morte em adultos com 65 ou mais anos nos EUA (2002)	4
Figura 4: Protótipo do MIT do "The Ring Sensor - A New Innovative Device for Continuous and Wireless Health Monitoring"	7
Figura 5: metodologia Investigação-Acção.....	14
Figura 6: Modelo de investigação-Acção de Elliot	14
Figura 7: VitalJacket.....	19
Figura 8: Toumaz Sensium	21
Figura 9: Arquitectura do ICARDEA.....	21
Figura 10: Arquitectura da plataforma CodeClue	23
Figura 11: Pluto	24
Figura 12: Micaz.....	24
Figura 13: medidor dos níveis de glicose no sangue MyGlucoHealth	26
Figura 14: Capa da Radio News com uma ilustração visionária sobre sobre telemedicina	29
Figura 15: foto exemplificativa de teleconsulta (fotografia da e-works).....	31
Figura 16: Tele-ambulância (foto de John MacNeill)	32
Figura 17: Hospital Virtual da Cisco no Second Life	34
Figura 18: evolução das três gerações de computadores.....	39
Figura 19: Arquitectura da Plataforma VirtualECare	50
Figura 20: Arquitectura da iGenda	52
Figura 21: Onda ECG	56
Figura 22: Arquitectura do Unimon.....	62
Figura 23: Sensor ECG utilizado	62
Figura 24: Sensor ECG desenvolvido na UM utilizado	62
Figura 25: Ambiente de Simulação para o Unimon	66
Figura 26: exemplo de output do Gráfico ECG obtido na aplicação remota.....	68
Figura 27: Arquitectura para o projecto SleepAssessment	73
Figura 28: fotografia do HomePC e do mini-ecrã USB utilizados.....	75

Figura 29: uEye Camera.....	76
Figura 30: Chronos Watch	76
Figura 31: Interface do DataCollector.....	77
Figura 32: Arquitectura detalhada da plataforma de aquisição de dados SleepAssessment	79
Figura 33: Modelo de Dados utilizado	81

Lista de Tabelas

Tabela 1: Hardware utilizado para desenvolvimento e simulação	65
Tabela 2: Ambiente de desenvolvimento	65
Tabela 3: Características do HomePc	74

Abreviaturas

Ami.....	Inteligência Ambiente
BAN.....	Body Area Network
IA.....	Inteligência Artificial
DEI.....	Dispositivos Eletrônicos Implantados
ECG.....	Electrocardiograma
EEG.....	Electroencefalografia
EOG.....	Electrooculografia
EMG.....	Electromiografia
GPS.....	Global Positioning System
GSM.....	Global System for Mobile Communication
HL7.....	Health Level Seven International
IIU.....	Interfaces Inteligentes para Utilizadores
iPHR.....	Integrated Personal Health Records
LAN.....	Local Area Network
MAN.....	Metropolitan Area Network
MIT.....	Massachusetts institute of technology
NREM.....	Non-Rapid Eye Movement

OMS.....Organização Mundial de Saúde

REM.....Rapid Eye Movement

PAN.....Personal Area Network

PC.....Personal Computer

PDA.....Personal Digital Assistant

USB.....Universal Serial Bus

UTMS.....Universal Mobile Telecommunication System

WAN.....Wide Area Network

WPAN.....Wireless Personal Area Networks

1 Introdução

1.1 Envelhecimento da População

Nos últimos anos assistimos a grandes avanços tecnológicos, assim como a grandes melhorias nos cuidados de saúde, na nutrição e no saneamento, que em conjunto contribuíram para um grande aumento da esperança de vida e para uma grande redução da mortalidade infantil. Isto resultou num grande crescimento da população (figura 1), que se prevê que continue durante o século XXI – prevê-se que a população aumente 50% ao longo do século actual [2].

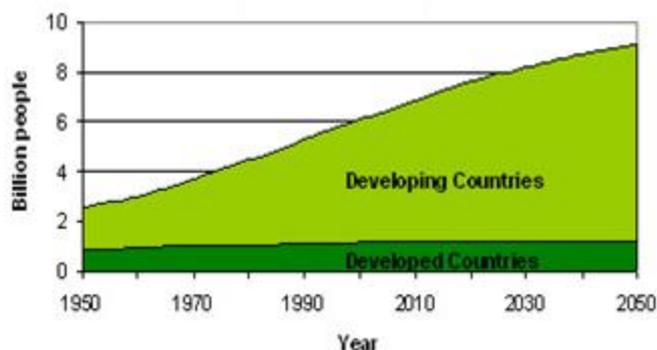


Figura 1: Previsão do crescimento da população previsto entre 1950 e 2050

(fonte: EarthTrends)

À medida que a população aumenta e os rendimentos aumentam, tem-se verificado na população a tendência para reduzir o número de filhos gerados, conduzindo assim ao envelhecimento da população. O envelhecimento da população é um dos paradigmas fundamentais da actualidade, dado o seu impacto e a suas implicações na nossa sociedade e na sua evolução [1][2][3]. Este fenómeno afectará toda a gente sem excepção, e terá um impacto profundo nas fundações da nossa sociedade [1] [3] [4]. Esta transição demográfica, sem

precedentes e sem paralelo na história da humanidade traduz-se no aumento da população com 60 ou mais anos, e na diminuição da proporção da população com idade inferior a 15 anos [2].

A proporção do número de idosos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos e prevê-se que em 2050, o número de idosos no mundo atinja os 21% da população mundial, excedendo o volume populacional de jovens pela primeira vez na história (figura 2), tendo este fenómeno já sido registado no fim do século XX em alguns dos países mais desenvolvidos [2][1].

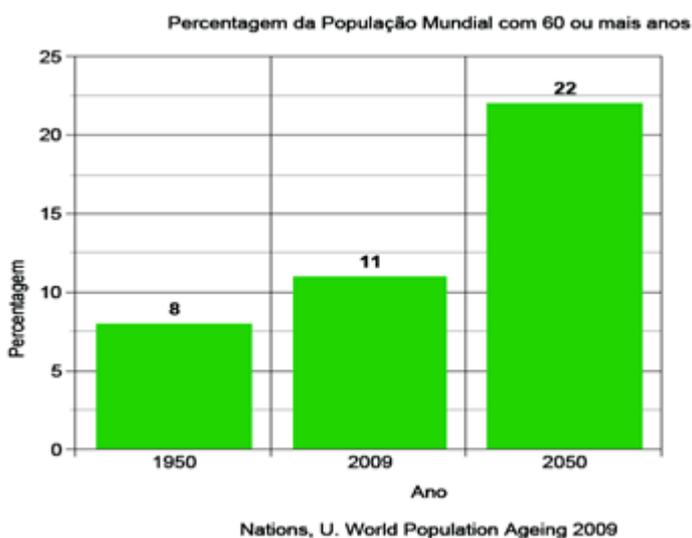


Figura 2: Previsão da Percentagem da População Mundial com 60 ou mais anos (fonte: United Nations)

1.2 As doenças crónicas e o envelhecimento

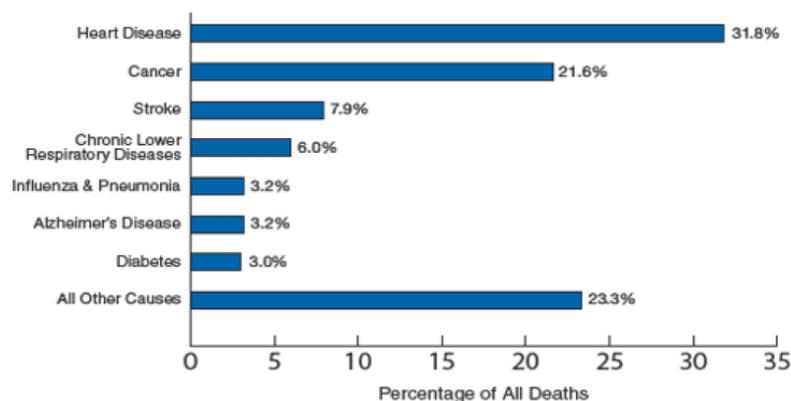
O progresso tecnológico, as melhores condições de vida e os desenvolvimentos na Medicina, ao aumentar a esperança de vida e contribuir para o envelhecimento da população, provocaram também outras alterações profundas na nossa sociedade. Uma das áreas em que estas alterações são mais notórias é a área da saúde. Sendo o envelhecimento o processo de desgaste do corpo, a saúde vai-se fragilizando com o passar dos anos, estando assim as pessoas mais sujeitas a doenças à medida que se aproximam de idades mais avançadas. Por este motivo, a transformação gradual da população numa população mais envelhecida é

acompanhada por novos paradigmas na saúde. Uma grande parte destes está relacionado com a prevenção e controlo das doenças crónicas.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), uma doença crónica é uma doença de longa duração, e geralmente de progressão lenta. Acompanhando o desenvolvimento das condições de vida e da Medicina, as principais causas de morte foram mudando ao longo dos anos, de doenças infecciosas e doenças agudas para doenças crónicas e degenerativas, com as quais passou a ser possível viver mais tempo. Estas são agora a maior causa de mortalidade em toda a Europa.

Quando se fala de doenças crónicas, geralmente incluem-se as seguintes: doenças cardiovasculares, diabetes, asma e doenças pulmonares obstrutivas crónicas, alguns tipos de cancro, SIDA e distúrbios mentais, entre outras [3]. Muitas delas estão relacionadas com o processo de envelhecimento ou com predisposições genéticas, ou então com opções de vida menos saudáveis.

Os números relativos às doenças crónicas são reveladores da sua importância e da necessidade urgente de soluções que permitam controlá-las eficazmente. Como é apresentado na figura 3, as três principais causas de morte nos Estados Unidos, relacionadas com doenças crónicas, somam uns impressionantes 61 % das causas de morte. Não menos importantes do que o grande número de mortes causado pelas doenças crónicas, são a dor e as limitações físicas, que num grande número de casos resultam numa perda de independência que estas impõem aos seus portadores, com particular destaque nas faixas etárias dos mais idosos. Embora as doenças crónicas afectem pessoas de todas as idades, o risco de ter uma doença crónica aumenta com a idade: 80% das pessoas com mais de 60 anos vivem com uma doença crónica, e 50 % do mesmo grupo etário vivem com pelo menos 2 doenças crónicas [5]. Para além disto, a prevenção, controlo e tratamento de doenças crónicas têm um peso muito grande no consumo de serviços de saúde. Calcula-se que os pacientes com doenças crónicas consumam mais de 75 % dos recursos médicos [18]. Acresce ainda o facto de que os serviços de saúde prestados a idosos são 3 a 5 vezes mais caros que os serviços de saúde prestados a pessoas mais novas [5].



Source: CDC, National Center for Health Statistics. Data Warehouse, Trends in Health and Aging.

Figura 3: Causas de morte em adultos com 65 ou mais anos nos EUA (2002)

A somar a tudo isto, as soluções disponíveis nos serviços de saúde não são geralmente as mais eficazes ou económicas para fazer frente a este paradigma de saúde. Nos serviços de saúde actuais, o paciente é enviado de serviço para serviço sem que haja a melhor comunicação entre estes, não sendo garantido o entendimento sobre a sua condição de saúde. Já foram implementadas novas abordagens em alguns serviços de saúde em todo o mundo, que demonstraram ser mais eficazes e económicas, em que é possível facilitar ao paciente um melhor controlo da sua condição física a par de um melhor entendimento da sua situação e permitir-lhe assim uma vida mais tranquila e independente.

Estas novas abordagens apostam numa maior interligação entre os serviços, ao invés de vários serviços a trabalhar isoladamente, seguindo, informando e tratando o paciente de forma contínua, de forma a minimizar as suas idas a hospital, assim como o tempo de duração das suas visitas aos serviços de saúde. A Cleveland's Clinic é uma das precursoras destas novas abordagens: a sua cultura "Patient-First", em que um trabalho coordenado de equipa é o seu modelo para o fornecimento de serviços de saúde, traz uma mudança radical à maneira como os cuidados de saúde são fornecidos aos seus pacientes. Na mesma filosofia de cuidados continuados, a Cleveland's Clinic abriu em Abril de 2010 um centro de saúde comunitário, cujo principal objectivo é o controlo das doenças crónicas. Este centro de saúde comunitário destina-se a ensinar aos pacientes como prevenir e controlar as suas doenças crónicas. Para este efeito, está equipado com as últimas tecnologias médicas, e permitirá manter um contacto constante

com os médicos. Nestes centros, destaca-se a presença de assistentes dos doentes, profissionais de saúde que assistem os pacientes em todos os aspectos relacionados com a sua saúde [19]. O trabalho destes condutores de pacientes passa pela coordenação dos serviços de saúde e pelo seguimento dos pacientes, assegurando que estes vão às suas consultas e seguem os seus planos de tratamento [7]. Este centro de saúde comunitário inclui no seu pessoal um chefe de cozinha cuja função é ensinar cozinha saudável e económica aos pacientes, ajudando-os assim a seguir uma alimentação benéfica para a sua saúde [19].

Outro exemplo de destaque deste tipo de integração de serviços de saúde é o da Polikum, uma das maiores empresas fornecedoras de serviços de saúde na Alemanha. Tendo como filosofia a ideia de que os pacientes devem obter todo o tipo de serviços de saúde no mesmo sítio, a Polikum tem vindo a criar Policlinicas, serviços onde é feita a integração entre cuidados primários de saúde (os serviços de saúde com um papel central na comunidade local, ou seja, o primeiro ponto de consulta para todos os pacientes) e cuidados secundários de saúde (cuidados de saúde que geralmente não requerem um primeiro contacto com o paciente, como na cardiologia e na dermatologia, entre outras especialidades médicas). Nestas Policlinicas, os pacientes podem consultar médicos de cuidados primários de saúde, médicos especialistas, nutricionistas e outros profissionais de saúde, podem realizar testes diagnósticos e pedir receitas. Para além dos benefícios trazidos por este sistema para os doentes e idosos, estas medidas permitem, segundo estimativas de executivos da Polikum, reduzir os custos de hospitalização para metade, um ano depois da sua implementação. Outro tipo de soluções que se destaca para fazer frente aos novos paradigmas da saúde passa pelo uso das novas tecnologias.

1.3 Tecnologia e a Saúde

Nas últimas décadas assistimos a grandes avanços tecnológicos na área da electrónica e das telecomunicações, com a crescente miniaturização dos equipamentos electrónicos a acompanhar o seu desempenho, fiabilidade e a sua capacidade de comunicar dados. Actualmente, andamos com dispositivos computacionais (tais como telemóveis e PDAs) nos nossos bolsos, cujas capacidades de armazenamento, comunicação e velocidade de

processamento ultrapassam largamente as de computadores de última geração de há umas décadas atrás. Nos dias de hoje é possível construir sensores electrónicos das mais reduzidas dimensões que, aliados às novas tecnologias de comunicação, nos permitem captar e transmitir dados dos mais variados ambientes: permitem-nos monitorizar pessoas, espaços, máquinas (com aplicação na indústria e exploração, por exemplo) e o meio ambiente entre muitas outras aplicações, de formas que não julgávamos possíveis há umas décadas. Para além do mais, estas novas tecnologias são na sua maioria relativamente económicas e estão largamente difundidas, tendo um impacto significativo na vida da maior parte das pessoas. Contudo, estas novas tecnologias não são ainda totalmente aproveitadas em todo o seu potencial uso nos serviços de saúde, que requerem novas soluções para maximizar a sua eficiência e proporcionar melhor qualidade de vida aos seus utentes.

1.4 Monitorização remota de Pacientes

Graças ao avanço tecnológico a que assistimos nas ultimas décadas, tornou-se possível hoje em dia a construção de sensores de reduzidas dimensões e de autonomia considerável (exemplo do sensor-anel da figura 4). Estes, aliados às novas tecnologias de comunicação de dados (protocolos *wireless*, UTMS, 3G, etc.), abrem novas portas relativas à monitorização de ambientes e pessoas.

As possibilidades destas novas formas de monitorização e as suas possíveis implicações na saúde não passaram ao lado da comunidade académica e da indústria. Nos últimos anos emergiu um grande leque de aplicações de novas formas de monitorização remota: seja para monitorização de ambientes domésticos, ambientes de trabalho de elevado risco, indústrias, pacientes, entre outros. Destacamos neste trabalho as suas aplicações na saúde.

Com sensores de reduzido tamanho e uma considerável autonomia, é possível monitorizar pessoas e os ambientes que as rodeiam de forma o menos intrusiva possível, captando e analisando os seus sinais vitais (ECG, EMG, temperatura, etc.), e informação sobre o meio em que se encontram, tal como a localização geográfica, temperatura, níveis de ruído,

luminosidade, entre outros. Este tipo de monitorização traz inúmeros benefícios, tanto para o paciente como para os serviços de saúde.

Quanto aos pacientes, este tipo de monitorização traria grandes benefícios relativamente à sua qualidade de vida. Permitir-lhes-ia uma vida mais independente: teriam de recorrer menos vezes aos serviços de saúde e aliviaria os seus familiares da sobrecarga dos cuidados a prestar-lhes. Permitiria também aos pacientes estarem constantemente actualizados quanto ao estado da sua saúde, permitindo-lhes assim um melhor controlo da sua saúde e maior tranquilidade.

Os serviços de saúde teriam neste tipo de solução a resposta a muitos problemas: a monitorização remota permitiria transpor limitações geográficas e físicas dos pacientes e levaria os serviços de saúde aos pacientes, em vez de estes terem de se dirigir às instituições de fornecimento de serviços de saúde. Isto aliviaria a sobrecarga das instituições de saúde, o que aliado à redução de consultas e hospitalizações, permitiria uma enorme redução dos custos. A monitorização remota permitiria também eliminar dificuldades de fornecimento dos serviços de saúde a pacientes em áreas de difícil acesso.



Figura 4: Protótipo do MIT do "The Ring Sensor - A New Innovative Device for Continuous and Wireless Health Monitoring"

1.5 Desafios

O trabalho desenvolvido visa responder a certos desafios, que se focam essencialmente nas vertentes social e tecnológica. O desafio social diz respeito ao que se pode melhorar na vida das pessoas e no impacto positivo que este projecto procura trazer à nossa sociedade. A motivação para este projecto está directamente relacionada com o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas, e uma das suas metas é mudar a forma como a sociedade lida com as doenças crónicas e o envelhecimento. Dada a natureza do projecto, e a complexidade das questões sociais inerentes a este, é essencial aprofundar a questão do desafio social ao falar do trabalho desenvolvido. O desafio tecnológico aborda os problemas e as soluções existentes quanto a equipamentos e tecnologias disponíveis. Sendo este um projecto que prevê a utilização de sensores de diferentes tecnologias e fabricantes, *smartphones*, estações remotas e *software*, o desafio tecnológico inerente ao desenvolvimento deste projecto foca-se essencialmente na integração de todos estes componentes na mesma arquitectura.

Foquemo-nos primeiro no desafio social. A crescente importância do envelhecimento da população e das doenças crónicas, dois factores inter-relacionados, assume-se como um pesado fardo para os sistemas de saúde em todo o mundo. Na maior parte dos países, tem-se verificado ao longo dos últimos anos um aumento significativo da população idosa, como consequência do declínio da fertilidade e do aumento da esperança média de vida. Dada a maior probabilidade dos idosos sofrerem de doenças crónicas e a tendência natural da idade para fragilizar a saúde, este envelhecimento da população acarreta também uma maior necessidade de serviços de saúde, e de estes serviços terem a capacidade de dar respostas adequadas aos problemas decorrentes desta mudança na sociedade. Se os serviços de saúde não respondem adequadamente aos problemas relacionados com as doenças crónicas e com a população idosa, as consequências são graves, tanto para os pacientes como para o sistema de saúde. Quando a resposta a condições crónicas não é adequada, podem-se agravar os estados de saúde dos pacientes, aumentar as hospitalizações desnecessárias e a mortalidade. Estas consequências acarretam gastos significativos para os sistemas de saúde.

Este projecto visa responder ao desafio de proporcionar um meio de monitorização da saúde das pessoas à distância e de forma confortável, interferindo o mínimo possível nas suas

vidas. Em primeiro lugar, procura-se libertar as pessoas da necessidade da presença física dos profissionais de saúde e das instituições de saúde. Com a possibilidade de monitorizarmos a saúde das pessoas, de forma não intrusiva e o menos incómoda possível para elas, podemos actuar em várias frentes para o seu bem-estar. Por um lado, com uma monitorização pro-activa e preventiva, podemos prevenir problemas futuros resultantes da evolução da doença crónica, e actuar de forma pedagógica com o paciente: inculcando-lhe hábitos mais saudáveis e educando-o quanto aos problemas de saúde que tem ou pode vir a ter. Isto é aplicável não só a pessoas doentes, como a atletas e a pessoas saudáveis, que queiram seguir mais atentamente o seu estado de saúde.

Com este tipo de monitorização à distância estaremos a reduzir as visitas aos serviços de saúde, o que tem grandes implicações no funcionamento e nos custos destas, devido ao alívio da sobrecarga dos profissionais de saúde e dos serviços. Isto também tem uma influência significativa na vida das pessoas, libertando os idosos e doentes crónicos da proximidade geográfica das instituições de saúde e dos seus profissionais e estendendo o raio de acção dos profissionais de saúde sem a necessidade da sua presença física. Isto aliviará também os familiares dos idosos e doentes crónicos da sobrecarga/necessidade de os acompanhar às instituições ou do seguimento atento do seu estado de saúde, trazendo assim maior tranquilidade aos pacientes e aos seus núcleos familiares.

O desafio tecnológico relativo a este tema não se prende com o desenvolvimento de novos dispositivos, mas sim com um melhor aproveitamento do potencial dos existentes. Hoje em dia há já vários dispositivos de monitorização à distância desenvolvidos, mas são geralmente limitados em várias coisas: portabilidade, ausência de sistemas de diagnóstico, pouca ou nenhuma adaptabilidade são apenas alguns exemplos de limitações que abordaremos neste trabalho.

Um dos desafios deste projecto é o facto de se destinar à utilização por parte de pessoas com pouca ou nenhuma experiência com dispositivos computacionais. Assim sendo, deve-se procurar que a sua utilização e interface sejam intuitivas e acessíveis a qualquer um.

Como os componentes do sistema se destinam a ser utilizados por longos períodos de tempo por pessoas, o peso, tamanho, conforto e autonomia são da maior importância, pelo que a escolha e adaptação dos dispositivos adquire um papel fundamental neste trabalho.

Outra questão relacionada com o projecto é a heterogeneidade dos dispositivos disponíveis, como os sensores e os dispositivos móveis de comunicação, e das normas e protocolos de comunicação associados a estes. Ao desenvolver *software* para um sistema tão heterogéneo, é necessário que os envolvidos no desenvolvimento do *software* estejam bem familiarizados com as componentes do sistema, o que implica que seja necessário mais tempo para desenvolver aplicações.

Devido à constante actualização das tecnologias disponíveis, e para que seja possível o utilizador adicionar ou remover partes ao sistema, a arquitectura não deve ser estática, mas escalar e modular. Isto permitirá melhorar as funcionalidades do sistema e torná-lo mais eficiente.

Também é importante que o projecto não seja fechado e que permita a interligação com outros sistemas, de modo a que combinem funcionalidades e se complementem, para maior benefício tanto do utilizador como dos fornecedores do serviço de saúde. Por exemplo, a combinação do projecto apresentado neste trabalho com um assistente de memória como o iGenda [20], traria vantagens para o paciente, combinando o serviço de monitorização com uma agenda inteligente, que o avisaria quando tivesse de tomar medicação ou uma consulta.

Os testes a este tipo de dispositivos também são uma das maiores dificuldades, já que se destinam a ser utilizados durante longos períodos de tempo por pessoas, e têm que ser ajustados ao conforto destas.

1.6 Objectivos

As novas áreas emergentes com o desenvolvimento da tecnologia, tais como a telemedicina e a inteligência ambiente, tem o potencial de revolucionar verdadeiramente a sociedade e a vida das pessoas, pelas novas abordagens com que nos permitem fazer frente a novos problemas.

Para enfrentar os problemas sociais e os novos paradigmas da saúde que prometem abalar a nossa sociedade, o projecto VirtualECare desenvolvido na Universidade do Minho em cooperação com outras instituições surge como uma possível resposta [21], que explora a

inteligência ambiente e a cooperação entre organizações para melhorar a qualidade de vida dos idosos e doentes crónicos. Baseado em vários conceitos chave da *Ambient Assisted Living*, entre outras áreas de destaque nas ciências computacionais, o VirtualECare é um sistema inteligente multi-agente desenhado para monitorizar os seus utilizadores - idosos, doentes crónicos - e interagir com estes, os seus familiares e os profissionais de saúde, proporcionando aos seus utentes um aumento da qualidade de vida [20]. Proporcionará serviços de informação de saúde e de lazer, entre outros, serviços estes que permitirão um aumento significativo da qualidade de vida dos utentes, permitindo-lhes uma vida fisicamente mais activa e mais independente.

A plataforma VirtualEcare apresenta uma arquitectura distribuída, que assenta numa rede de comunicações e na Internet, passando esta pelas configurações (WAN,LAN) e tecnologias (UTMS,Wifi) necessárias para interligar os vários componentes do sistema e as suas organizações.

O objectivo principal deste trabalho enquadra-se no desenvolvimento do projecto VirtualECare: o desenho e desenvolvimento de um sistema móvel de monitorização de sinais vitais. Para a realização deste objectivo principal, contemplam-se várias etapas. Depois de estudar detalhadamente o problema, as tecnologias disponíveis e projectos semelhantes cujas ideias possam enriquecer o sistema em vista, proceder-se-á ao desenho de uma arquitectura para o sistema móvel de monitorização de pacientes. Esta deve ter por base um dispositivo móvel, para recolha e transmissão de dados capturados por sensores acoplados ao paciente. Estes sensores deverão ser o menos obtrusivos possível, visto que o paciente terá de os usar durante o seu dia-a-dia, e se pretende evitar que condicionem a sua qualidade de vida. O sistema desenvolvido deve ser de fácil utilização para os seus utilizadores (profissionais de saúde e pacientes), devendo estar dotado de interfaces práticas e intuitivas para o efeito. Procura-se também que o sistema desenvolvido esteja dotado de alguma inteligência e proactividade, e que tenha a capacidade de interagir com os utilizadores, transmitindo alertas quando for conveniente (por exemplo, para alertar o paciente que deve tomar a medicação ou comparecer numa consulta, para se detectar um estado anormal na saúde do paciente, entre outros casos).

Um conjunto de objectivos importantes deste trabalho prende-se com a flexibilidade e escalabilidade do sistema a desenvolver: por um lado, queremos que o sistema tenha a capacidade de se adaptar a diferentes situações de monitorização, que permita a inclusão, remoção ou alteração de sensores e aplicações. Para tal, a arquitectura a desenhar para o

sistema pretendido deve ser modular, o que permitirá que cada vez que se queira efectuar alterações no sistema, não seja necessário alterá-lo na totalidade, mas apenas as componentes envolvidas nas funcionalidades pretendidas.

Para o desenvolvimento deste sistema móvel de monitorização de pacientes, pretende-se também utilizar tecnologias que já existam actualmente no mercado e não desenvolver componentes de raiz, pelo que será necessário que o nosso sistema suporte a ligação a sensores *wireless* de diferentes tecnologias. Como queremos integrar este sistema com outras plataformas com diferentes funcionalidades, ele deve ter a capacidade de se integrar facilmente em ambientes distribuídos e dinâmicos. Por fim, para verificar os resultados definidos e validar a arquitectura, também são objetivos deste trabalho o desenho e a implementação de uma plataforma de simulação. Esta fase é muito importante, pois permitirá detectar eventuais falhas e efectuar as correcções necessárias ao desenho do sistema.

No seguimento do trabalho realizado no Intelligent Systems Lab, surgiu a oportunidade de realizar um estágio na Philips Research Personal Health Solutions, no âmbito do projecto SleepAssessment. O objectivo do estágio é o desenvolvimento e teste de uma plataforma para a aquisição não-obtrusiva, gestão e análise de dados para estudos de sono em ambientes domésticos. A plataforma deve ser constituída por vários módulos: um módulo responsável pela aquisição dos dados, constituído por um dado número de sensores não-obtrusivos ligados a um pequeno computador, que recolhe e sincroniza os dados obtidos dos sensores; um módulo responsável pela gestão dos dados, responsável por carregar os dados para um repositório central onde estes ficam disponíveis para gestão e acesso; um módulo de análise, que processa e analisa os dados obtidos para determinar parâmetros e estatísticas relativas ao sono.

O Objectivo deste estágio prende-se com o desenvolvimento dos dois primeiros módulos apresentados, devendo no fim do estágio estar desenvolvido um sistema estável e robusto que permita estudos de sono em ambientes domésticos, de acordo com o seguinte cenário: um dado número de utilizadores leva para casa o módulo de aquisição de dados juntamente com um conjunto de sensores e as instruções para o instalar e configurar; é efectuada a aquisição de dados durante um dado número de noites, ao fim das quais o sistema é recolhido, os dados adquiridos são carregados no repositório central de dados pelo módulo de gestão dos dados referidos em cima, para posterior utilização. Este sistema terá de ser desenvolvido de acordo com as particularidades que caracterizam o estudo do sono em ambientes domésticos, como

por exemplo, a sensibilidade que o estudo requer para não influenciar o sono dos sujeitos de teste ou a privacidade dos utilizadores. Depois de realizado este trabalho, divulgar-se-ão os resultados junto da comunidade científica.

1.7 Metodologia de Investigação

Este trabalho será desenvolvido durante um ano lectivo, seguindo a metodologia de investigação-acção. Devido à ambiguidade e pluralidade de modelos e definições subjacentes à investigação-acção, serão apresentadas de seguida as ideias desta metodologia que se aplicaram no trabalho que resultou na elaboração deste documento.

Citando Bob Dick, “A Investigação-Acção pode ser descrita como uma família de metodologias de investigação que incluem acção (ou mudança) e investigação (ou compreensão) ao mesmo tempo, utilizando um processo cíclico ou em espiral, que alterna entre acção e reflexão crítica (figura 5). Nos ciclos posteriores, são aperfeiçoados, de modo contínuo, os métodos, os dados e a interpretação feita à luz da experiência (conhecimento) obtida no ciclo anterior” [7]. É então uma metodologia de investigação prática e aplicada, orientada à resolução de problemas reais, em que a pesquisa conduz à acção, que por sua vez visa a transformação da realidade, cuja observação produzirá novos conhecimentos.

No âmbito deste trabalho, devemos ainda considerar as seguintes características da Investigação -Acção:

- **Prática:** é uma metodologia que envolve acção sobre problemas reais, e que não se limita a agir no campo teórico.
- **Interventiva:** esta metodologia intervém na realidade sobre a qual o problema em que é aplicada se debruça.
- **Cíclica:** a metodologia implica uma espiral de ciclos, em que os conhecimentos iniciais sobre os quais se trabalha conduzem a possibilidades de mudança, que são realizadas e avaliadas no início do ciclo seguinte, conduzindo assim a “um permanente entrelaçar entre teoria e prática” [7].

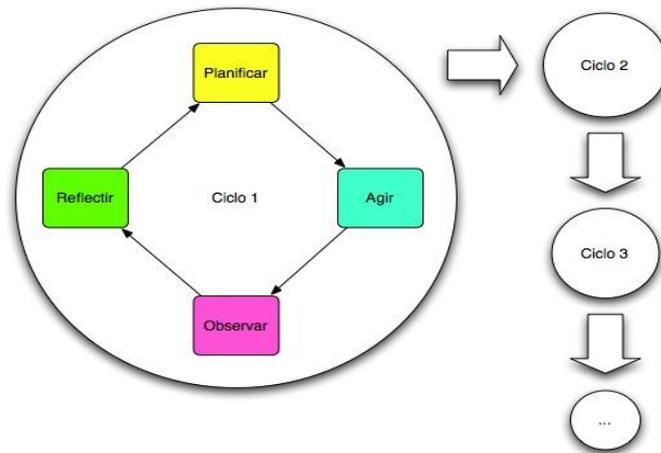


Figura 5: metodologia Investigação-Ação

• **Auto-avaliativa:** as modificações provocadas pelas acções são continuamente avaliadas com o intuito de produzir novos conhecimentos e novas acções adaptadas a estes.

Para a realização deste trabalho, entre os vários modelos de investigação-acção disponíveis, escolheu-se o Modelo de Elliott (figura 6), por se adaptar melhor à natureza dinâmica do problema apresentado neste trabalho, já que neste modelo a revisão da informação e o reconhecimento de lacunas assumem um papel importante no início de cada sequência de passos.

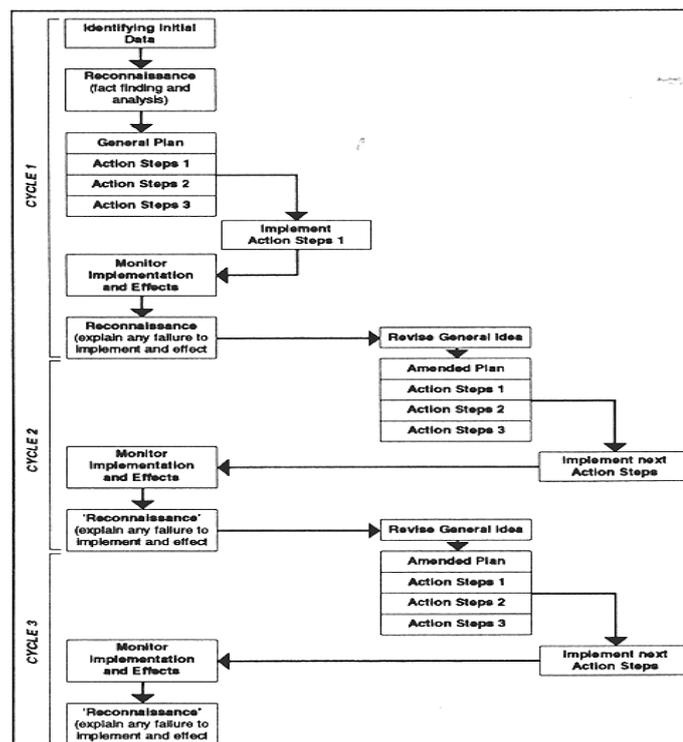


Figura 6: Modelo de investigação-Ação de Elliot

O primeiro passo consiste na identificação dos dados iniciais, e na pesquisa de informação relevante relacionada com o tema escolhido: projectos relevantes a ser realizados no presente ou já terminados, artigos, etc. Esta pesquisa será realizada numa primeira fase mais intensiva no início do projecto para permitir a obtenção de amplos conhecimentos da área de estudo, que permitirão formular as hipóteses de acção. Este primeiro passo permitirá delinear um plano geral e uma primeira abordagem ao problema. Durante o resto do projecto, esta pesquisa deve manter-se activa, para permitir uma constante actualização da informação disponível e assimilar novas ideias e abordagens que possam ser aplicadas. O segundo passo consiste na elaboração de um modelo funcional e de plano geral de acção, que permita atingir os objectivos definidos. O terceiro passo consiste na implementação das acções definidas, e na monitorização dos seus resultados. No caso do trabalho em questão, este passo corresponde ao desenvolvimento do protótipo e à realização de testes sobre o mesmo. Estes testes servem para determinar se há falhas na implementação e se os resultados são os esperados. A partir deste reconhecimento de falhas será revisitado o plano utilizado no primeiro ciclo, e o plano geral de acção modificado será utilizado no início do próximo ciclo, até que não se reconheçam falhas no trabalho obtido e se considere que este resolve o problema. Por fim, segue-se a divulgação do trabalho na comunidade científica.

Pelas suas características, é uma metodologia adequada a projectos de investigação em que seja necessária muita experimentação e cujos objectivos não sejam estáticos, mas sim dinâmicos, ou seja, que se adaptem aos novos conhecimentos obtidos no decorrer do processo de investigação.

1.8 Estrutura do Documento

O documento será organizado da seguinte maneira:

O capítulo 2 será dedicado à apresentação de projectos relacionados, cujas ideias ajudaram a definir os conceitos e a arquitectura dos projectos descritos neste documento. Apresentamos neste capítulo projectos académicos e produtos comerciais recentes, que são

referências no estado da arte de sistemas de monitorização de pacientes à distância, e cujo estudo possibilitou amadurecer as ideias e objectivos traçados para este projecto.

O capítulo 3 será dedicado à descrição dos campos do saber que têm mais influência tem nos projectos que apresentamos: a Telemedicina e a Inteligência Ambiente. Quanto à Telemedicina, apresentamos os conceitos que introduz, os benefícios que traz para a nossa sociedade, as suas aplicações e os desafios que enfrenta actualmente e no futuro. Quanto à Inteligência Ambiente, apresentamos as linhas de pensamento que a lançaram, assim como as suas características e arquitectura. Descrevemos também as tecnologias e campos do saber que estão relacionadas com ela, e de que maneira pode melhorar o mundo em que vivemos.

O quarto capítulo descreve todo o trabalho efectuado relativamente ao projecto Unimon – monitorização independente de Utilizadores: fazemos em primeira mão um apanhado dos seus conceitos e objectivos, descrevemos as tecnologias que estudamos para a realização destas ideias e justificamos as escolhas efectuadas. Descrevemos, por fim, a arquitectura desenhada, assim como o ambiente de simulação desenhado e implementado. Concluimos este capítulo com a apresentação dos resultados obtidos.

O quinto capítulo será dedicado à descrição do trabalho realizado no projecto *Sleep Assessment*, no âmbito de estágio profissional Leonardo Da Vinci na Philips Research. Descrevemos as ideias e motivações que servem de mote a este projecto e as suas características. Segue-se uma descrição detalhada da sua arquitectura, das tecnologias utilizadas para a sua realização e dos resultados obtidos.

O sexto capítulo começará com uma síntese do trabalho realizado nos dois projectos. Por fim, serão apresentadas as conclusões obtidas com o trabalho nestes dois projectos, e as portas que ficam abertas para trabalho futuro.

2 Projectos Relacionados

Actualmente, existem já implementados alguns projectos e productos comerciais que apresentam características semelhantes às do projecto apresentado. Como tal, parte do trabalho apresentado neste documento passou pela constante procura de projectos relacionados com a temática descrita neste documento, para complementar este projecto com novas ideias e novos pontos de vista. Os projectos que se destacaram, e que descreveremos de seguida, são os seguintes: VitalJacket, Toumaz Sensium, Plux, ICardea, CodeBlue e MyGlucoHealth. Todos estes projectos têm diferentes características e objectivos, e estão em fases de concepção diferentes: enquanto que uns são ainda projectos e ainda não saíram do papel, outros têm já protótipos funcionais, e outros são por sua vez produtos comerciais já devidamente concluídos e testados. Em termos das suas funcionalidades, também se distinguem muito uns dos outros: do VitalJacket, que se destina à monitorização da actividade cardíaca em tempo real ou *offline*, ao MyGlucoHealth, que é um sistema de monitorização dos níveis de glicose no sangue e destina-se exclusivamente a diabéticos, do académico ao comercial, todos estes projectos trazem ideias diferentes que preenchem as lacunas uns dos outros se visarmos um sistema de monitorização com um propósito mais abrangente. Vamos então ver as suas características, e de que forma as suas ideias podem completar o nosso projecto.

2.1 VitalJacket

O VitalJacket [25] é um sistema de monitorização portátil desenvolvido no Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática (IEETA) da Universidade de Aveiro e actualmente comercializado pela Biodevices SA, uma *spin-off* deste mesmo instituto. Este sistema tem a capacidade de adquirir, armazenar e analisar o electrocardiograma e a frequência cardíaca do utilizador.

Consiste numa *t-shirt* confortável (figura 7) com um conjunto de eléctrodos embutidos, fruto da combinação da tecnologia têxtil e da micro-electrónica de um conjunto de eléctrodos embutidos nesta, ligados a uma pequena caixa de *hardware* - o registador digital- que contém a placa de aquisição de ECG para monitorização de onda cardíaca completa e pulso, caixa esta

que se guarda num bolso. O sistema está equipado também com um transmissor Bluetooth, para permitir visualizar a transmissão antes ou durante uma monitorização, com o auxílio de um computador ou PDA com ligação à Internet. Isto permite que a análise seja efectuada *online* e em tempo real, enviando os sinais através de um PDA ligado ao sistema através de *Bluetooth*, ou *offline*, sendo os dados guardados num cartão *Secure Digital (SD)* e analisados posteriormente.

Uma característica em que se distingue dos demais sistemas com funcionalidades similares, é ser o único sistema *Holter* que incorpora um acelerómetro. Os dados obtidos do acelerómetro são transformados numa escala de 0 a 4 de fácil interpretação, para permitir aos profissionais de saúde cruzar dados das alterações cardíacas e arritmias com a actividade do paciente. O sistema incluirá também numa futura versão (está ainda em desenvolvimento) GPS para a posição absoluta do utilizador e mapeamento de percursos e um botão de alarme com GSM/GPRS ou outras tecnologias sem fios.

O sistema VitalJacket inclui também um software avançado para a análise do sinal ECG e detecção de arritmias, com a possibilidade de exibição dos resultados em vários formatos (listas, tabelas, histogramas) para facilitar uma rápida visualização dos resultados importantes. Está disponível em duas versões [25]:

1. VitalJacket 1L, com ECG ambulatorio de uma derivação, mais adequada a monitorizações prolongadas, como, por exemplo, para o exercício de *cardio-fitness* ou para a reabilitação cardíaca, com uma autonomia de cinco dias;
2. VitalJacket 5L, com sistema *Holter* de cinco derivações, adequada para o despiste de arritmias, com uma autonomia de 72 horas (em contínuo).

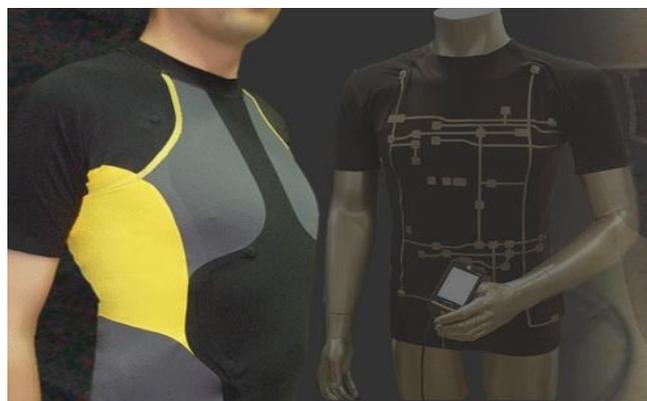


Figura 7: VitalJacket

Tendo sido desenvolvido para uma monitorização cómoda e prática, tanto para o paciente como para o responsável pela sua saúde, pode ser utilizado em diversos contextos: acompanhamento de pacientes que necessitem de um acompanhamento constante, em instituições de saúde, em suas casas ou em movimento; o acompanhamento dos sinais vitais de atletas de alta competição, com vista a um maior controlo da sua forma física e esforço dispendido, ou então para fins académicos.

2.2 Toumaz Sensium

O Sensium é um dispositivo de muito baixo consumo de energia com vista à captação e transmissão de dados de diversos sensores de sinais vitais e localização. Consiste numa interface sensorial reconfigurável, um bloco digital de processamento de dados e um bloco de transmissão de dados por rádio frequência. O programa no chip e a memória de dados permitem processar localmente os sinais, o que reduz de forma significativa a taxa de transmissão de dados.

Este dispositivo (figura 8) pode ser associado a sensores de ECG, glucose no sangue, temperatura (há um sensor de temperatura incluído no próprio chip, podendo também ser associado um sensor externo), oximetria, acelerómetro e sensores de pressão, que podem ser colocados no corpo do paciente para monitorizar os seus sinais vitais, e então associá-los isoladamente ou em conjunto a um dispositivo sensium ligado a um smartphone ou PDA, para posterior filtragem e processamento pela aplicação. Este sistema destina-se a ser usado em sistemas de monitorização de pacientes, em instituições de saúde e fora delas, sendo adaptável a diversos sensores e contextos, constituindo uma referência tecnológica na medicina preventiva. Está já actualmente em utilização em diversos hospitais europeus [54].

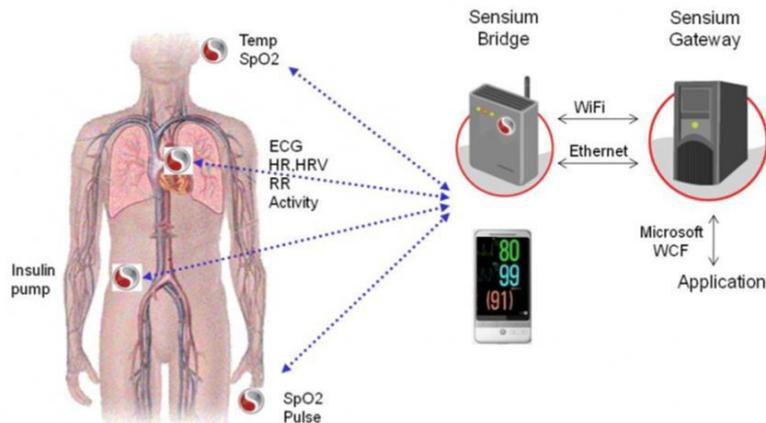


Figura 8: Toumaz Sensium

2.3 ICARDEA

O ICARDEA [12] é um projecto co-financiado pela UE que visa desenvolver uma plataforma inteligente que permita semi-automatizar o seguimento de doentes com dispositivos electrónicos implantados (DEI) através do uso de modelos adaptativos de linhas de orientação clínicas interpretadas por computadores. Os DEI serão suportados por *software* que correrá em estações remotas localizadas nos centros de dados das instituições de saúde, para colmatar as suas limitações de processamento, impostas pelo seu tamanho reduzido.

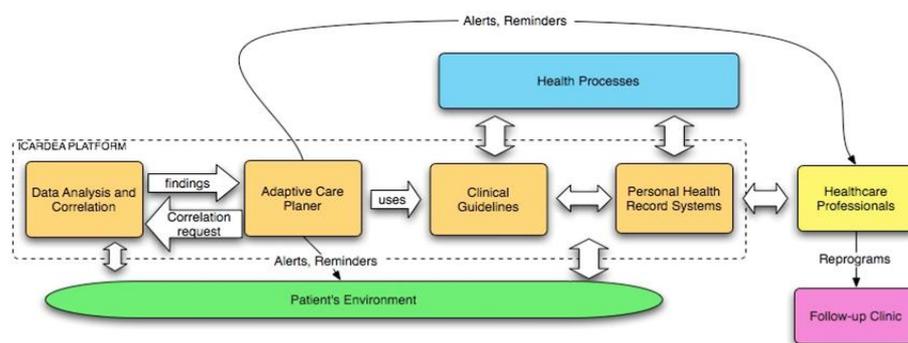


Figura 9: Arquitectura do ICARDEA

A plataforma recolherá e correlacionará dados das seguintes fontes: dados recolhidos dos DEI nos pacientes, fornecidos pelos serviços de monitorização remota, oferecidos pelos principais vendedores (de aparelhos de ultima geração preferencialmente); informação dos registos médicos electrónicos de instituições de saúde e de registos de saúde mantidos pelos pacientes, onde estes actualizarão informação relativa à sua dieta; sumários da sua medicação;

receitas médicas. Esta componente permitirá que os pacientes tenham uma participação activa no seu seguimento médico, sendo um contributo para a sua educação relativamente à sua saúde, permitindo-lhe assim corrigir hábitos menos saudáveis.

A informação produzida pelo sistema será disponibilizada aos profissionais de saúde de uma maneira inteligente, produzindo e apresentando automaticamente sugestões e avisos específicos para cada paciente baseados em padrões com elevada confiança estatística, extraídos usando as mais actuais técnicas de análise de dados aplicadas a bases de dados com casos de referência

Para permitir uma maior flexibilidade do sistema iCARDEA, relativamente a múltiplos vendedores e instituições de saúde, os dados obtidos dos DEI serão convertidos num formato *standard* independente do vendedor, se não forem fornecidos já neste formato. Os registos de saúde electrónicos e os historiais médicos dos pacientes serão convertidos também no formato HL7 CDA [12]. A plataforma compreenderá também mecanismos de segurança para assegurar a sua fiabilidade e a privacidade de todos os envolvidos na sua utilização.

2.4 Plux

A Plux [24] é uma empresa portuguesa especializada na concepção, desenvolvimento e produção de sistemas de aquisição de dados *wireless* e sensores para o estudo da actividade electrofisiológica humana. Os seus produtos têm uma vasta gama de aplicação: na área da saúde, para monitorização do estado de saúde de pacientes e diagnóstico em instituições hospitalares ou por via remota; em centros de investigação focados em áreas como fisioterapia, desporto, cinemática e ergonomia; indústria, para a monitorização do ambiente e do estado de saúde e de alerta dos trabalhadores; entretenimento.

Os seus productos caracterizam-se pelas as suas dimensões compactas, versatilidade, portabilidade e facilidade de uso. Os sistemas de aquisição de dados comunicam com o dispositivo computacional desejado através do protocolo de comunicação Bluetooth, o que por sua vez tem a vantagem de ser um dos protocolos de comunicação mais conhecidos e utilizados, sendo suportado pela maioria dos *smartphones* actuais. A Plux oferece também uma boa gama de sensores: ECG, EMG, acelerómetro triaxial, temperatura, luminosidade, respiração, actividade

electrodermal, entre outros.

2.5 Code Blue

O Projecto Codeblue [9] é um projecto que está a ser desenvolvido actualmente pela Divisão de Engenharia e Ciências Aplicadas da Universidade de Harvard, cujo objectivo é o desenvolvimento de uma plataforma de *hardware* e *software* combinados para uma infraestrutura de comunicações *wireless* para ambientes de cuidados criticos.

A rede médica de sensores que se visa obter neste projecto, tem como objectivo permitir a monitorização de pacientes e um mais eficiente trabalho dos médicos, enfermeiros e outros profissionais da saúde num espectro alargado de casos, que vão desde o uso em pequenas clínicas, a grandes hospitais, ou ao uso fora de instituições de saúde, como no caso de acidentes com um grande número de vítimas, em que seja necessário assistir as pessoas fora das instituições de saúde.

A plataforma CodeBlue (figura 10) consiste numa rede formada por vários sensores e dispositivos computacionais (PDAs de médicos, enfermeiros, base de dados), onde os dados são transmitidos pelos vários dispositivos conforme solicitados. Por esta razão, a plataforma Codeblue tem de estar equipada com protocolos de detecção de dispositivos, roteamento, e uma interface de consulta para permitir aos profissionais de saúde requisitar os dados dos pacientes [9].

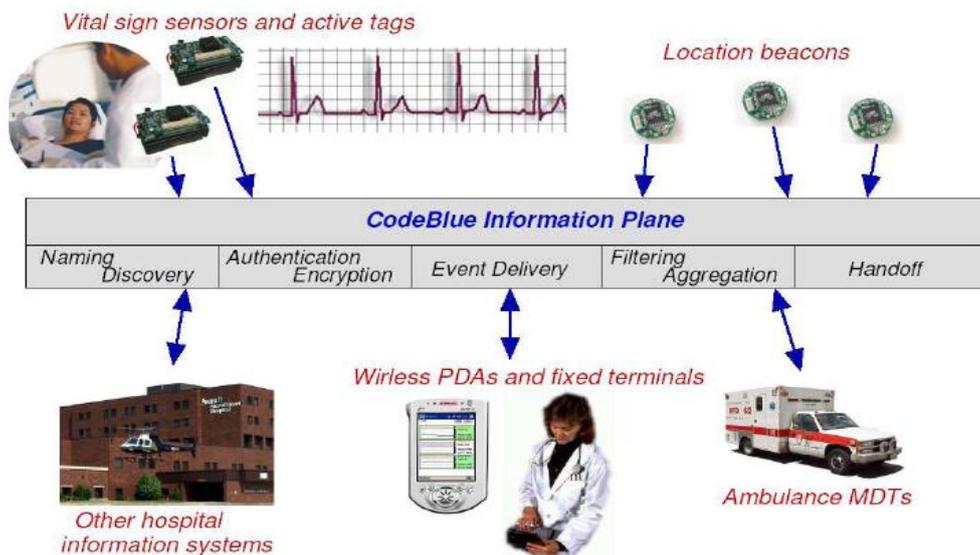


Figura 10: Arquitectura da plataforma CodeClue

Quanto a *hardware*, os sensores médicos sem fios foram baseados nos módulos de nodos sensoriais *mica2*, *micaz* (figura 12) e *telos*, que foram baseados na plataforma TinyOS. São apropriados para aplicação em redes de sensores sem fios, segurança e vigilância, em redes de larga escala e em plataformas computacionais distribuídas, e originalmente teriam autonomia superior a 1 ano de vida de bateria com pilhas comuns AA (utilizando estados de suspensão). Os nodos sensoriais, denominados Pluto (figura 11), sacrificam a sua autonomia por um desenho mais compacto e menos intrusivo para os pacientes, cuja mobilidade se supõe reduzida, sendo assim o dispositivo recarregável e com uma autonomia de 5 horas[10].

Os dispositivos que foram desenhados e desenvolvidos para os quais este desenho se destina são os seguintes: um sensor de oximetria de pulso, baseado no módulo de nodo sensorial *mica2/micaz*; um sensor de ECG, também baseado no módulo de nodo sensorial *mica2/micaz*; placa sensorial de análise de movimento Mercury (outro projecto relacionado com o *codeblue* desenvolvido pelo mesmo departamento), que por sua vez inclui um sensor de EMG, um giroscópio e um axiómetro de três eixos [10].



Figura 12: Micaz

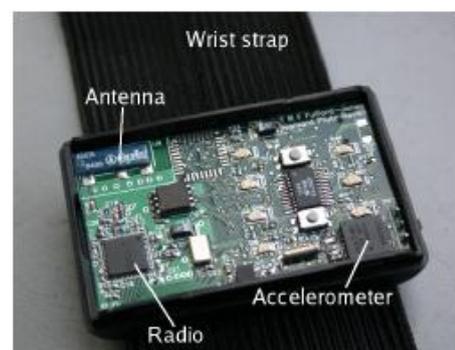


Figura 11: Pluto

O *Codeblue* é implementado em *TinyOS*, um sistema operativo *open-source* desenhado para redes de sensores sem fios, com uma arquitectura baseada em componentes que permite rápida inovação e implementação com quantidades mínimas de código, restrição inerente à

maior parte das redes de sensores devido à reduzida capacidade de memória que estes dispositivos normalmente têm.

O *Codeblue* fornece protocolos para integrar sensores médicos, PDAs, computadores portáteis e outros dispositivos, sendo pois a teia de informação que liga um largo espectro de sensores *wireless* utilizados em contextos médicos. Para lidar com as restrições da largura de banda e congestionamento da rede e uso ineficaz de outros recursos como memória e capacidade de processamento, é adoptada uma *framework* de roteamento baseada em publicação e/ou subscrição de serviços, o que permite que múltiplos sensores enviem a informação a todos os receptores que registaram o seu interesse pelos dados enviados. Através de uma interface de consulta, os utilizadores podem filtrar dados da rede, ou solicitar dados de sensores /tipos de dispositivos específicos.

2.6 MyGlucoHealth

O MyGlucoHealth [23] é um sistema de monitorização dos níveis de glicose do sangue, apresentando-se como um dos melhores produtos existentes actualmente no mercado para fazer frente às necessidades dos pacientes com diabetes. Esta plataforma de controlo de diabetes é constituída pelos seguintes componentes:

- **MyGlucoHealth Wireless meter** : é o primeiro medidor de glicose que utiliza a tecnologia de comunicação sem fios Bluetooth (figura 13) para comunicar com outros dispositivos (smartphones ou PCs). Também há a possibilidade de efectuar a ligação ao medidor com um cabo USB. Para além de necessitar da mais pequena amostra de sangue do mercado (0.3µL), utiliza codificação automática, e dá resultados em apenas 3 segundos.



Figura 13: medidor dos níveis de glicose no sangue MyGlucoHealth

• **MyGlucoHealth Network Portal:** um *website* de comunicação e administração de dados dos pacientes destinado à recolha dos dados dos testes efectuados com o medidor de glicose, com uma interface fácil e intuitiva. Os resultados guardados no medidor são posteriormente transmitidos automaticamente para o MyGlucoHealth Network Portal através do uso do telemóvel ou do PC. Neste portal, na secção do paciente, as medições são interpretadas e disponibilizadas de diferentes formas, para facilitar uma análise completa dos dados obtidos.

O portal permite também que se automatize o envio de notificações a cada paciente. O paciente pode estabelecer notificações automáticas por SMS ou email para o lembrar, ou ao seu médico ou à sua família, de efectuar medições do nível de glicose, para tomar medicação, ou no caso de serem atingidos limites máximos / mínimos do nível de glicose no sangue. Isto permite que o paciente tenha um papel mais activo no controlo da sua saúde e que adapte as suas escolhas de vida de maneira a preservar a sua saúde.

2.7 Conclusão

Os projectos apresentados são de diferentes naturezas e têm diferentes características: enquanto que uns fornecem ferramentas para monitorizar (Plux, VitalJacket, Toumaz Sensium), outros são produtos para mercados e tipos de utilização muito específicos (MyGlucoHealth), e outros são sistemas de monitorização de pacientes em grande escala (o CodeBlue para ambientes críticos, e o Icardea para propósitos mais gerais). A maior parte também já está em fase de desenho e concepção avançada, sendo alguns já produtos comerciais robustos (Plux, VitalJacket, Toumaz Sensium, MyGlucoHealth), com excepção para o Icardea, que não tem qualquer protótipo desenvolvido de momento. Apesar de todas estas diferenças, o estudo de todos eles é de grande utilidade para o projecto apresentado. Todos eles têm uma linha comum que se funde com a do nosso projecto: destinam-se à monitorização da saúde de pessoas em ambientes móveis, em que estas não tem de estar confinadas a um espaço. Visto que todos

utilizam tecnologias *wireless*, permitem-nos estudar como podemos utilizar as mesmas tecnologias no nosso sistema. Os diferentes estados em que todos estes projectos se apresentam no momento também nos dão informação importante. O facto de o Icardea ser um projecto tão recente e com apoios tão importantes, mostra-nos o reconhecimento que os projectos na área têm actualmente. Por outro lado, os projectos apresentados que por sua vez já têm protótipos desenvolvidos (CodeBlue), ou produtos comerciais disponíveis e que são reconhecidos como soluções importantes para os problemas que se propõem a resolver, são muito importantes, pois mostram-nos que o tipo de sistema que pretendemos desenvolver tem viabilidade, reforçada pela aceitação por parte das comunidades científica e médica.

3 Telemedicina e Inteligência Ambiente na Saúde

Neste capítulo analisamos as duas principais áreas com que os projectos apresentados se relacionam: a Telemedicina e a Inteligência Ambiente. Apresentamos também outros campos do saber que estão intimamente ligados com estas áreas, e que definem uma linha de pensamento que marca um rumo para as mesmas e para o tipo de projectos que apresentamos neste documento.

3.1 Telemedicina

O conceito de telemedicina, apesar de só nos dias de hoje começar a entrar no nosso vocabulário corrente, já não é um conceito novo. Telemedicina implica o fornecimento de serviços médicos à distância. Sendo 'tele' o prefixo de origem grega para distante, telemedicina traduz-se literalmente para medicina à distância. Esta ideia é muito abrangente, englobando os mais variados tipos de aplicações, que podem ir, por exemplo, de uma simples conversa telefónica entre dois profissionais de saúde para dar seguimento a um caso clínico, a uma operação realizada à distância ou à monitorização de um paciente à distância através do uso de dispositivos móveis.

Sendo a telemedicina um termo tão abrangente, vamos então apresentar algumas definições actuais de telemedicina que nos permitirão perceber melhor o seu papel e as suas aplicações. Jim Reid define telemedicina como “o uso de tecnologias de telecomunicações avançadas para trocar informação relacionada com a saúde, e fornecer serviços de saúde através de barreiras geográficas, temporais, sociais e culturais” [26]. Nancy Brown define a telemedicina como o uso de sinais electrónicos para transferir dados médicos de uma localização para outra através do uso da Internet, telefones, pcs, satélites ou equipamento de videoconferência, com a finalidade de melhorar o acesso aos serviços de saúde [27]. Segundo a American Telemedicine Association, a telemedicina consiste no “uso de informação médica trocada de uma localização para outra usando comunicações electrónicas para melhorar o estado de saúde dos pacientes” [28]. Nestas definições podemos encontrar algumas semelhanças: todas referem o fornecimento de variados serviços de saúde à distância através de

uma ou mais tecnologias de telecomunicações, e todas datam da mesma altura, o que sugere que a telemedicina ganhou importância num curto período de tempo.



Figura 14: Capa da Radio News com uma ilustração visionária sobre telemedicina

As primeiras aplicações da Telemedicina surgiram nos finais do século XIX e inícios do século XX, acompanhando o desenvolvimento tecnológico da altura e de tecnologias como o telefone, rádio, e outras tecnologias de comunicação à distância. Uma das primeiras referências ao tema surge na capa da revista *Radio News*, em que se propõe um sistema de consultas à distância (figura 14). Durante os anos 50 e 60 verificou-se um grande desenvolvimento tecnológico, com a Guerra Fria e a corrida espacial entre os Estados Unidos da América e a União Soviética, com o desenvolvimento das tecnologias de comunicações e em particular da biometria (para monitorizar as condições dos veículos espaciais e os seus tripulantes), que criaram os alicerces para as aplicações modernas da Telemedicina [29] [30]. Nas décadas seguintes, assistimos a um enorme desenvolvimento e expansão das tecnologias de informação e comunicação, com destaque para a Internet e os sistemas de telecomunicação digital de alta velocidade. Isto

aconteceu a par de uma queda dos preços dos microprocessadores e das tecnologias associadas, o que tornou estas tecnologias muito mais acessíveis e possibilitou um célere e mais fácil desenvolvimento de sistemas de telemedicina por todo o mundo. [30] Este tipo de sistemas tem actualmente um papel importante nos serviços de saúde e prevê-se que no futuro assumam um papel de maior relevo nos serviços de saúde. Hoje em dia, os dispositivos de comunicação móveis e as mais recentes tecnologias de comunicação permitem pensar em toda uma nova gama de serviços de saúde. O investimento nestes novos serviços de saúde cresce de ano para ano: segundo o relatório de Junho de 2010 “Telemedicine Market in Brazil, Russia, India, China (BRIC) - Advanced technologies“ da *Markets and Markets*, espera-se que o mercado da telemedicina no Brasil, Rússia, Índia e China atinja um tamanho de mercado de 418.4 milhões de dólares no ano 2014, a uma taxa de crescimento anual de 15.8% entre 2009 e 2014. [34]

3.1.1 Aplicações e Benefícios da Telemedicina

Graças aos cada vez mais reconhecidos benefícios da telemedicina, o número e funcionalidade das suas aplicações têm-se multiplicado nos últimos anos, a par do crescente investimento realizado nesta área por governos e empresas. As suas aplicações não se cingem a um âmbito clínico, mas também a propósitos educacionais e administrativos. Apresentaremos de seguida algumas das suas aplicações mais relevantes.

3.1.1.1 Aplicações da Telemedicina no âmbito clínico

Uma das aplicações da Telemedicina mais proeminentes actualmente, e cujo conceito peca pela abrangência de aplicações que engloba, é a Teleconsulta. Há dois tipos de sistemas de teleconsulta que se podem distinguir actualmente:

- **Sistema de Teleconsulta orientado à consulta entre médicos:** este tipo de sistemas são orientados para a consulta entre médicos situados em locais geograficamente distantes (por exemplo, quando um médico necessita de consultar um colega mais especializado sobre um dado caso de um paciente a fim de obter um diagnóstico ou o tratamento mais indicado), e permitem transmitir a qualquer distância imagens médicas de vários tipos (radiografias,

ecografias, etc.). São normalmente utilizados para permitir que um médico que recolhe os dados numa consulta presencial tenha o apoio de um ou mais especialistas ou de uma equipa mais experiente (figura 15). Este tipo de sistemas inclui normalmente um sistema de transmissão de vídeo, um canal telefónico de voz e telefax [36].

● **Sistema de teleconsulta orientados ao paciente:** neste tipo de aplicações, os pacientes passam informações a um médico através de mecanismos electrónicos (através de um *website*, por exemplo) a fim de que este realize o diagnóstico. Contudo, as consultas não-presenciais não estão ainda regulamentadas na generalidade dos países, pelo que os médicos não podem prescrever tratamentos ou remédios através delas.



Figura 15: foto exemplificativa de teleconsulta (fotografia da e-works)

O teleaconselhamento e o telediagnóstico são dois tipos de aplicações que se confundem com a teleconsulta, por serem derivações desta. O telediagnóstico é um derivado da teleconsulta e consiste na realização de consultas para se obter diagnósticos, em que estas são complementadas com o intercâmbio de textos, diferentes tipos de imagens médicas, áudio, vídeo, e outros tipos de informação relativa a sinais biológicos, sendo exemplo destes a temperatura corporal, ritmo respiratório, ECG, EMG, EEG, frequência cardíaca, entre muitos outros.

As tecnologias de telediagnóstico desenvolvidas são utilizadas para uma vasta gama de situações, sendo alguns exemplos delas as seguintes:

- Fornecer cuidados de saúde em locais remotos;
- Emergências médicas;
- Monitorização de pacientes de alto risco;

- Redução do número de hospitalizações de pacientes com doenças crónicas, com particular incidência nas cardíacas e nervosas.

Uma das aplicações da telemedicina mais promissoras é a telemonitorização, categoria na qual o projecto que aqui descrevemos se insere. A telemonitorização consiste na recolha contínua de sinais vitais do paciente, através de aparelhos especializados, e na sua transmissão a centros médicos especializados através da Internet ou do telefone. Distingue-se do telediagnóstico de sinais pelo facto de acontecer de maneira contínua ou periódica e por longos períodos de tempo. Tem aplicação sobretudo em doentes crónicos, com doenças cardíacas e/ou degenerativas e idosos, podendo também ser utilizada para fins desportivos ou académicos.

Outra aplicação da telemedicina que tem ganho importância nos últimos tempos e tem sido adoptada por diversos sistemas de saúde em todo o mundo é a teleambulância (figura 16). Consiste numa ambulância equipada com equipamentos de telemedicina, tais como sistemas de comunicação audio e video com os hospitais, tele-ECG, tele-EEG, teleconsulta entre muitos outros [34]. Permitem levar os serviços médicos a comunidades desprovidas de certos serviços médicos, campanhas de medicina preventiva, atender a grandes eventos, acidentes e emergências médicas, em que o tempo poupado através destes equipamentos na obtenção de informação sobre o estado dos pacientes é crucial [33].



Figura 16: Tele-ambulância (foto de John MacNeill)

As aplicações de telecirurgia são dos maiores avanços recentes da telemedicina. Estas aplicações dividem-se em dois tipos:

- Em sistemas que permitem que um ou mais médicos operem à distância através do uso de instrumentos cirúrgicos robotizados que permitem operar com segurança e precisão, que são teleguiados pelo cirurgião;
- Em sistemas que permitem que uma equipa assista à cirurgia à distância através de sistemas similares aos utilizados em teleconferências.

Por fim, podemos também mencionar a telepatologia, cujas aplicações permitem trocar imagens estáticas ou dinâmicas de lâminas ou órgãos de estudos anátomo-patológicos, para discussão de casos e obtenção de diagnósticos [36].

3.1.1.2 Aplicações da Telemedicina no Âmbito Educacional

Tele-Educação Médica e Investigação

A tele-educação médica consiste na prática do ensino da medicina e na aproximação de profissionais de saúde geograficamente distantes. Através do uso de tecnologias de videoconferência, teletransmissão de dados médicos (imagens médicas, casos clínicos, entre muitos outros), e da utilização de algumas das aplicações da telemedicina descritas acima (or exemplo, teleconsulta e telediagnóstico), interligam-se instituições de saúde e centros de ensino e universidades, com o fim de melhorar o ensino da medicina, tanto a aspirantes como a profissionais de saúde localizados em áreas remotas [37].

Para além disso, devido à constante actualização de conhecimentos e surgimento de novas técnicas, os profissionais de saúde precisam de actualizar o seu rol de conhecimentos constantemente. A telemedicina tem por isso um papel importante ao facilitar uma educação médica contínua: existem hoje em dia vários projectos com o objectivo de oferecer aos profissionais de saúde e aos estudantes de áreas relacionadas com a saúde o acesso a conhecimento científico avaliado através da Internet, em portais confiáveis. Um exemplo de um portal destes é o portal MedScape da MedCenter, em que são disponibilizadas as últimas

notícias, materiais de referência e opiniões de profissionais relacionadas com a prática de medicina [38]. Outro conceito interessante na área da tele-educação médica é o Hospital Virtual: ambientes virtuais em que os utilizadores são inseridos, que simulam hospitais reais (por exemplo, o hospital virtual criado pela Cisco no mundo 3D Second Life, apresentado na figura 17). Os Hospitais Virtuais são ferramentas poderosas na aprendizagem de estudantes e de profissionais de saúde [36] [39].



Figura 17: Hospital Virtual da Cisco no Second Life

A interligação entre diferentes instituições hospitalares e académicas permite também uma maior difusão de conhecimentos e a colaboração de equipas de investigação e profissionais de saúde de instituições geograficamente distantes.

Sensibilização da Comunidade

Com a rápida expansão da Internet e o seu impacto crescente no dia-a-dia da generalidade do cidadão comum, as entidades responsáveis pela saúde passaram a ter outra forma mais eficaz e eficiente de comunicar com as pessoas. Sendo a prevenção uma primeira e importante defesa contra uma boa parte das principais enfermidades, torna-se necessária a sensibilização da população sobre hábitos saudáveis, doenças e práticas prejudiciais para a saúde, os serviços disponíveis, entre outras coisas. Com este fim em vista, foram criados portais

web para o acesso do cidadão comum, onde estão disponíveis notícias, artigos, regulamentos e conselhos relacionados com a saúde. Um exemplo de um portal do género é o do Portal da Saúde, criado pelo Serviço Nacional de Saúde [40].

3.1.1.3 Aplicações da Telemedicina no Âmbito administrativo

Sistemas de Registos Electrónicos do Paciente

Os Sistemas de Registos Electrónicos de Pacientes, criados com a finalidade de suportar e facilitar os cuidados de saúde fornecidos nas instituições de saúde, vieram aliviar as instituições de saúde do uso dos registos de saúde dos pacientes em papel. Contêm os dados do paciente e os registos detalhados dos encontros entre o paciente e os seus fornecedores de serviços de saúde. São normalmente mantidos nos sistemas computacionais de uma ou mais instituições de saúde, desenhados de acordo com as necessidades da instituição de saúde e dos seus profissionais. Os registos electrónicos dos pacientes são geralmente criados e manuseados pelos profissionais de saúde e geralmente mantidos numa única instituição, e raramente contêm dados introduzidos pelos pacientes. Contudo, é-lhes geralmente assistido o direito de consultar a informação nos seus registos electrónicos, desde que a consulta aconteça dentro da instituição que detêm o registo. Actualmente começa a ser possível consultar a informação contida nestes registos *online* através da Internet, através de portais criados para o efeito fornecidos pelas instituições de saúde, denominados registos pessoais de saúde electrónicos integrados (iPHR). Para além dos serviços de consulta oferecidos por estes portais, também são oferecidos serviços de comunicação seguros com os médicos e outros profissionais de saúde, acesso a recursos educativos e aconselhamento, etc. Normalmente estes registos e portais não são partilhados por instituições de saúde.

Registos Inter-Instituições

Para facilitar a coordenação e integração dos cuidados médicos entre várias instituições de saúde, começaram nos últimos tempos a ser criados meios para facilitar a comunicação e partilha de informação electrónica entre estas. Para este efeito, foram criados protocolos e *standards* destinados à comunicação entre sistemas diferentes através de mensagens bem estruturadas. Há já vários *standards* criados, como por exemplo o HL7 que referimos no capítulo anterior, criado para pedidos de laboratório, resultados, encaminhamento entre clínicas, etc. [36] Contudo, o apoio ao trabalho de cooperação inter-institucional na saúde é ainda uma área pouco explorada onde ainda há muito trabalho a realizar. [33]

3.2 Inteligência Ambiente

“The Internet only connected computers, now we begin to network all things”

Friedemann Mattern

Nas últimas duas décadas, assistimos a uma grande proliferação de dispositivos electrónicos dotados das mais variadas funcionalidades, que nos facilitam a vida e nos permitem executar as mais variadas tarefas. Contudo, estes dispositivos não são normalmente dotados da capacidade de interacção com outros dispositivos electrónicos, ou carecem de adaptabilidade e proactividade para satisfazer as necessidades do utilizador. Em vez disso, são as pessoas que têm que se adaptar a estes dispositivos para tirar partido das suas funcionalidades. Com estas lacunas em foco, surgiu no fim dos anos 90 a Inteligência Ambiente, como visão do futuro da electrónica de consumo, computação e telecomunicações.

A primeira referência à Inteligência Ambiente foi feita por Eli Zelkha, Brian Epstein e Simon Birrell em 1998, a quem a Philips delegou uma série de apresentações e *workshops* sobre o futuro da electrónica de consumo. Este grupo apresentou na *Digital Living Room Conference* os resultados da sua investigação quanto ao futuro da indústria de electrónica de consumo, e da transformação do actual modelo em que vários dispositivos são utilizados pelos utilizadores isoladamente para realizar tarefas - *“fragmented with features” world* – para um mundo em que dispositivos *“user-friendly”* (de utilização fácil e intuitiva) actuam de forma coordenada para fornecer ao utilizador informação ubíqua, entretenimento, comunicação e

outros serviços [41] [42]. Paralelamente, foram surgindo outros projectos e iniciativas com vista a um novo modelo de computação, com a ideia comum de centrar as atenções no utilizador, ao invés do centrar tudo na máquina. No fim do sec. XX surgiram também os alicerces do MIT Project Oxygen no *Computer Sciences and Artificial Intelligence Laboratory* em Cambridge, um grande projecto de investigação em computação ubíqua centrada nas pessoas que engloba centenas de projectos na área. O Oxygen foi lançado em 2000, sendo suportado pela Oxygen Alliance, um consórcio internacional de parceiros industriais que conta com empresas como a Hewlett Packard, Nokia e Philips, que investiu 30 milhões de dólares no Oxygen, tornando-o numa das principais referências na área [43].

A Comissão Europeia também teve um papel importante no desenvolvimento da Inteligência Ambiente, pelo reconhecimento da sua importância, pelo grande investimento na área, e ao torná-la num tema de destaque na 6ª framework em Informação, Sociedade e Tecnologia: *“The focus of IST in FP6 is (that) computers and networks will be integrated into the everyday environment ... this vision of 'ambient intelligence' places the individual at the centre...”* [44]. Desde então tem surgido um grande número de projectos de investigação e conferências dedicadas à Inteligência Ambiente por todo o mundo, com particular ênfase nas suas aplicações relacionadas com os cuidados de saúde, terceira idade e educação.

Segundo a definição apresentada pela Philips Electronics [45] [46], a Inteligência Ambiente tem como princípio básico “a presença de um ambiente digital que é sensível, adaptativo e responsivo à presença das pessoas.” Este ambiente digital é formado por um conjunto de instrumentos electrónicos que comunicam e interagem entre si de maneira coordenada com o objectivo comum de ajudar as pessoas nas actividades da sua vida quotidiana, detectando a sua presença, adaptando-se, antecipando e agindo de acordo com as suas necessidades e vontades.

As três características chave de um ambiente inteligente são as seguintes:

- **Ubiquidade:** segundo a definição apresentada no dicionário, ubiquidade define-se como a “qualidade do que está em toda a parte, do que é ubíquo”. A ubiquidade do ambiente inteligente está relacionada com o envolvimento do utilizador por uma multitude de dispositivos interligados, embutidos no ambiente natural que rodeia o utilizador.
- **Transparência:** Os dispositivos que formam o ambiente inteligente devem ser “transparentes”, isto é, o seu tamanho, a sua aparência e o nível de conforto

que proporciona ao utilizador devem ter o menor impacto possível nos espaços em que este ambiente digital actua. Contando com as previsões da Lei de Moore em relação à evolução da tecnologia, à crescente redução de tamanho dos dispositivos e ao aumento das suas funcionalidades e capacidades de ligação a outros dispositivos, é objectivo da inteligência ambiente que a tecnologia se funda com o ambiente natural e desapareça até que só a interface continue perceptível para os utilizadores [46].

- **Inteligência:** o ambiente digital que rodeia o utilizador deve ser dotado de uma ou mais formas de inteligência, isto é, deve ser capaz de reconhecer as pessoas que o habitam, deve ter a capacidade de se adaptar aos utilizadores e aprender com os seus comportamentos, deve ser capaz de responder a mudanças no próprio meio, e possivelmente mostrar emoções [46].

3.2.1 Tecnologias que suportam a Inteligência Ambiente

As características apresentadas no final da secção anterior estão intimamente ligadas com algumas tecnologias recentes que são os alicerces da Inteligência Ambiente. A Inteligência Ambiente desenvolve-se em torno de três recentes tecnologias chave: Computação Ubíqua, Comunicação Ubíqua e Interfaces Inteligentes para Utilizadores. Nesta secção vamos analisá-las com maior detalhe.

3.2.1.1 Computação Ubíqua

Nos últimos anos, os cientistas de computação desenvolveram a noção de Computação Ubíqua pra descrever um mundo em que será possível aceder a qualquer fonte de informação em qualquer lugar a qualquer hora por qualquer pessoa [46]. Esta nova visão só pôde ser vislumbrada após um grande progresso nas tecnologias de informação e comunicação.

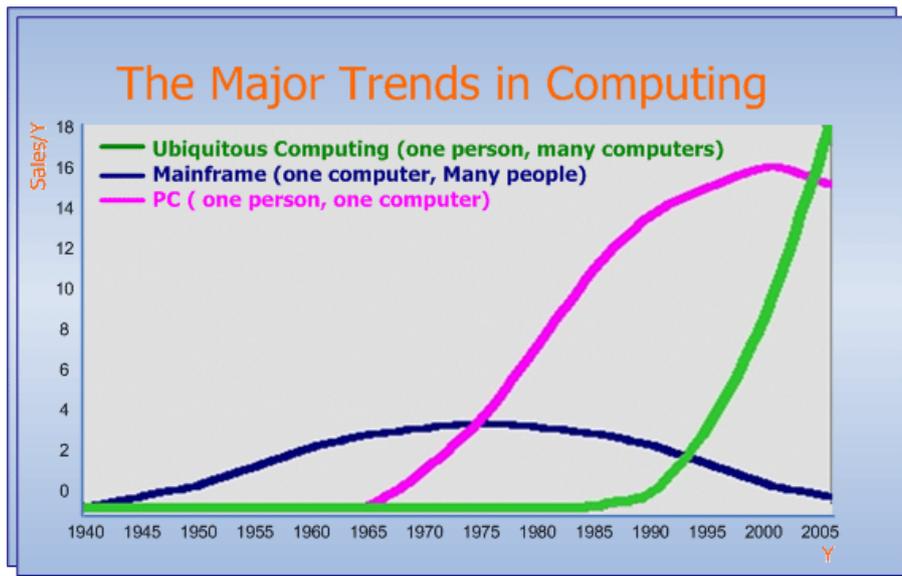


Figura 18: evolução das três gerações de computadores

(imagem proveniente do [Software Engineering Laboratory INHA university](#))

Actualmente, distinguimos nesta evolução tecnológica três gerações de computadores (figura 18). Na primeira geração de dispositivos computacionais, tínhamos por norma um computador a servir as necessidades de muitas pessoas, a chamada *mainframe computing*. Com a evolução da tecnologia dos circuitos integrados e o surgimento dos microprocessadores, a diminuição de tamanho e dos preços e o aumento da acessibilidade aos computadores, vieram os computadores de 2ª geração – o computador pessoal - possibilitando a norma de um computador por utilizador. A 3ª geração, ou dos sistemas computacionais ubíquos, surge motivada por quatro tendências tecnológicas [49]:

- **Aumento do número de componentes em circuitos integrados:** esta primeira tendência também foi a mesma evolução tecnológica que suportou a 2ª geração de sistemas computacionais. Traduz-se na capacidade de incluir cada vez mais componentes em circuitos integrados, capacidade esta que evolui consoante a Lei de Moore a par do aumento da capacidade de armazenamento.
- **Evolução das Tecnologias de Comunicação:** nas últimas duas décadas assistimos a uma evolução muito grande das tecnologias de comunicação: da fibra óptica, às tecnologias de rede sem fios (GSM, 3G, 4G, UMTS, *wireless* LAN, Bluetooth, entre outras), às *Personal Area Networks*, entre outros exemplos.

- **Novas tecnologias de sensores:** GPS, sensores rádio, câmaras, microfones e outros sensores de reduzido tamanho.
- **Novos materiais:** têm aparecido nas últimas décadas novos materiais com propriedades adequadas ao desenvolvimento das tecnologias de informação tais como semicondutores orgânicos, fibras e polímeros electrónicos, entre outros.

Estas quatro tendências estão relacionadas com os grandes progressos em todas as tecnologias de informação e comunicação, e a sua disponibilização a baixos custos: passou a ser possível ter vários dispositivos computacionais a servir cada utilizador no seu ambiente, e passar a ter ambientes digitais formados por vários dispositivos, em oposição ao computador pessoal. Esta evolução leva-nos agora ao limiar de uma nova era, e foi ela que impulsionou as ideias visionárias da Computação Ubíqua. Nos anos 80, numa altura em que se fizeram grandes avanços na pesquisa de interfaces de utilizador gráficas e nas tecnologias de redes e se pensava já em novos paradigmas da computação, surge o termo “Computação Ubíqua”, mencionado pela primeira vez por Mark Weiser em 88, que desenvolve o conceito baseado nas suas pesquisas anteriores em interacção homem-computador. Mark Weiser propõe “uma nova maneira de pensar nos computadores no mundo, um que tenha em conta o ambiente natural humano”, que os projecte para o segundo plano, fundindo-os nos objectos do nosso dia-a-dia até que sejam indistinguíveis deste [47]. Segundo Marcia Riley, a Computação Ubíqua pode ser vista como “uma mudança de paradigma em que a tecnologia se torna virtualmente invisível nas nossas vidas”. Resumindo, a Computação Ubíqua é um novo tipo de computação em que um ou mais computadores permeiam a vida do utilizador [48], fundindo-se no ambiente que o rodeia de forma transparente e actuando de forma coordenada para facilitar o seu dia-a-dia, e sem ser um entrave à realização das suas tarefas: os objectos do dia-a-dia tornam-se inteligentes (têm dispositivos computacionais embutidos) e estão interligados. Por transparência entendemos o menos visível possível (com o menor impacto possível no ambiente natural que o rodeia), devendo idealmente estar apenas visível a interface de utilizador. Este conceito de transparência pressupõe que se tire partido de interfaces transparentes, ou seja, que se esconda a sua presença o mais possível do utilizador, tirando partido de tecnologias como reconhecimento de gestos, discurso, e outros tipos de percepção, e recorrer ao mínimo às interfaces de manipulação directa que temos hoje em dia, com teclados, ratos e monitores. Outra característica importante dos sistemas de computação ubíquos é a *context awareness*, ou seja,

que o sistema tenha percepção e compreenda o contexto em que se encontra (localização e tempo por exemplo), para agir em conformidade (exemplo: personalizando rapidamente os serviços).

3.2.1.2 Comunicação Ubíqua

A Comunicação Ubíqua permite a comunicação entre os dispositivos que integram o sistema de computação ubíquo, e que permitem ao utilizador aceder à informação “em qualquer sitio, a qualquer hora”. Devido à heterogeneidade dos sistemas ubíquos, e às características dos seus componentes com vista à invisibilidade (dimensões, autonomia, comunicação *wireless*, entre outras), a comunicação entre os seus componentes merece as maiores preocupações e levanta grandes desafios. Um sistema de computação ubíquo é constituído por uma série de diferentes elementos com diferentes características e funções: actuadores, sensores, ecrãs interactivos, câmaras, informação táctil, e outros dispositivos que estabelecem a comunicação com o utilizador e o ambiente, e dispositivos computacionais com funções de processamento e análise, armazenamento dos dados, ou de gestão da rede. Como tal, a rede de comunicação ubíqua deve preencher alguns requisitos. Um dos primeiros passa pela capacidade da rede de comunicação ubíqua de suportar um grande número de dispositivos, e que o canal tenha largura de banda suficiente para suportar o grande volume de dados que se espera. Por outro lado, é preciso medir a necessidade e conveniência de utilizar comunicação com/sem fios, e encontrar a solução que melhor permite atingir o propósito do sistema. A interoperabilidade é um factor importante: deve suportar vários tipos de dispositivos com diferentes especificações, e permitir a fácil adição, remoção ou substituição destes no ambiente digital. Para além disso deve suportar diferentes tipos de dados para todos estes dispositivos, como por exemplo vídeo, áudio, imagens, discurso, entre outros. O baixo consumo de energia é também um factor importante, devido ao facto de haver vários dispositivos, e podendo muitos deles não estar ligados à corrente eléctrica, levantarão problemas relativamente à autonomia. A par do consumo de energia, a velocidade e capacidade de armazenamento são também muito importantes: é muito importante procurar um equilíbrio entre o consumo de energia e o desempenho do sistema ubíquo que maximize a realização dos requisitos do sistema.

3.2.1.3 Interfaces Inteligentes para Utilizadores

A evolução das tecnologias de informação, o conseqüente crescente uso de dispositivos computacionais para um número cada vez maior de tarefas, e a capacidade destes dispositivos para lidar com complexidades cada vez maiores, são acompanhados de um aumento da complexidade dos programas de computador e das suas interfaces, ao ponto de estes se tornarem um problema. Por exemplo, se olharmos para a maior parte dos programas que o utilizador comum usa no seu dia-a-dia, verificamos que têm tantas funcionalidades que a generalidade das pessoas acaba por não as utilizar ou conhecer a todas, necessitando até de recorrer a extensos manuais e livros para realizar o que deseja. Estas dificuldades são acrescidas com iniciantes aos computadores ou a dados programas, idosos ou pessoas incapacitadas. Estes factores justificam a crescente importância de boas interfaces entre homens e máquinas, que facilitem a compreensão e utilização das funcionalidades que as máquinas oferecem: a sua importância torna-os já essenciais e um importante factor de escolha, ao invés da ideia generalizada de que tem apenas um sentido estético.

As interfaces de utilizador sofreram uma grande evolução desde a sua criação nos anos 60 – década antes da qual o conceito era praticamente inexistente [50]. Enquanto que no passado os computadores só aceitavam *inputs* em formatos rígidos e definidos, hoje em dia estão munidos de interfaces flexíveis e consideravelmente intuitivas, recorrendo a metáforas como a metáfora do “desktop” ou área de trabalho, pastas e documentos (ficheiros), e exibindo-os através de janelas. Estes modelos actuais de interface, apesar de servirem minimamente a maior parte dos utilizadores, não reconhecem as diferenças entre os utilizadores, e têm fracas capacidades de personalização, tendo a personalização de ser feita pelo utilizador por tentativa e erro até encontrar as condições de utilização que melhor se adaptam às suas características e necessidades. Os avanços feitos nos últimos anos nas tecnologias de informação, Inteligência Artificial, e nos Métodos de Comunicação com o utilizador, tais como o reconhecimento do discurso natural, de gestos, entre outros, permitem pensar em novas soluções para melhorar a interacção entre pessoas e máquinas: as **Interfaces Inteligentes para Utilizadores**.

Enquanto que uma Interface de utilizador pode ser definida como um método de comunicação entre um utilizador humano e uma máquina, uma interface de utilizador inteligente alarga esta definição, e pode definir-se como “uma interface com a habilidade de se adaptar ao utilizador, comunicar com ele e resolver problemas por ele” [50]. Por outras palavras, as interfaces de utilizador inteligentes tiram partido de tecnologias inteligentes para permitir aos utilizadores interagir e controlar o ambiente inteligente de forma natural (gestos, voz) e

personalizada (preferências, contexto).[51] As Interfaces de utilizador inteligentes são um sub campo de investigação da interacção entre pessoas e maquinas, sendo também influenciados por outras áreas de conhecimento, tais como as Ciências Cognitivas e Sociais, Psicologia, Ergonomia, entre outras.

As Interfaces Inteligentes para Utilizadores procuram resolver, entre outras, as seguintes lacunas das interfaces de utilizador normais:

- **Personalização:** as Interfaces Inteligentes para Utilizadores conhecerão os utilizadores, e as suas diferentes preferências, hábitos, ambiente e métodos de trabalho, e utilizarão essa informação para comunicar com o utilizador, criando assim um método personalizado de interacção.
- **Excesso de informação:** as Interfaces de Utilizador Inteligentes ajudarão a pesquisar informação ou a exibir apenas a informação relevante para o utilizador, reduzindo assim a carga cognitiva para o utilizador, podendo também adicionar nova informação, que considerem útil para o utilizador, de fontes que este desconheça.
- **Fornecimento de assistência com programas complexos ou novos para o utilizador:** sistemas de ajuda inteligentes podem detectar e corrigir desafios comuns aos utilizadores relativamente ao uso de programas novos ou complexos, tais como má interpretação por parte do utilizador, explicar conceitos e fornecer informação relativamente a tarefas simples para simplificar a tarefa do utilizador.
- **Assumir tarefas do utilizador:** as Interfaces Inteligentes para Utilizadores podem reconhecer acções e intenções, reconhecer padrões e assumir tarefas (com prévio consentimento do utilizador), permitindo que o utilizador se foque noutras tarefas.

Para atingir os seus objectivos de melhorar a comunicação entre utilizador e máquinas, as Interfaces de Utilizador Inteligentes usam tecnologias inteligentes de *input*, tais como seguimento e reconhecimento de gestos, reconhecimento de expressões faciais, reconhecimento de linguagem natural, *gaze tracking*, entre outros. Também devem utilizar técnicas de modelação de utilizadores, para os sistemas com Interfaces Inteligentes para Utilizadores poderem manter e

inferir conhecimento sobre os utilizadores, e técnicas de adaptação ao utilizador (*machine learning, context awareness*), para que a comunicação entre utilizador e máquina seja personalizada consoante o utilizador e a situação. Também têm de ser capazes de gerar explicações das acções ao utilizador para facilitar o entendimento do sistema e esclarecer eventuais dúvidas, podendo para isso utilizar *feedback* táctil, agentes inteligentes de interface, discurso como *output* entre outras técnicas. Para atingir estes objectivos e assim melhorar a comunicação entre utilizador e máquinas, têm de ser flexíveis, no sentido de terem a capacidade de adaptação e aprendizagem, e de terem a capacidade de personalização, ou seja, de guardar uma representação do utilizador, com dados relativamente ao seu conhecimento, aos seus gostos, capacidades, comportamento, que utiliza para comunicar com ele, e para inferir novo conhecimento sobre ele (baseado nos dados que recebe dele e da história de interacção do utilizador com o sistema).

A sua aplicação não se limita aos computadores, mas também a outras máquinas computadorizadas, como os carros, máquinas de café, frigoríficos e televisões, e a todos os componentes que possam ser incluídos num ambiente inteligente e justifiquem o uso de Interfaces Inteligentes para Utilizadores.

3.2.2 Inteligência Ambiente e a Saúde

As primeiras ideias relativamente à Inteligência Ambiente orientadas para o conforto e bem-estar das pessoas nos seus ambientes familiares, como casa ou escritório, rapidamente evoluíram para terem um impacto mais profundo na vida das pessoas, nomeadamente na sua saúde. Dado o grande número de pessoas que precisa de recorrer aos serviços de saúde regularmente nos dias de hoje e a tendência desse número para aumentar devido ao envelhecimento da população, rapidamente se tornaram evidentes os benefícios sociais e humanos de ter serviços de saúde de elevada qualidade que não fossem limitados aos espaços das instituições, mas pudessem ser levados a casa das pessoas, aos seus locais de trabalho e ao seu dia-a-dia.

As ideias e serviços propostos pela Inteligência Ambiente, a evolução da tecnologia de sensores biométricos, dos dispositivos computacionais móveis e das tecnologias de comunicação tornam possível dotar os serviços remotos de saúde, como os apresentados na secção sobre a telemedicina, de inteligência e capacidade de decisão. Isto permite uma nova geração de

serviços remotos de saúde para prevenção e seguimento de pacientes, caracterizada pela sua inteligência e sofisticação. Nesta linha de ideias da Inteligência Ambiente, não só temos casas, escritórios, clínicas e hospitais capazes de seguir e controlar o estado de saúde do utilizador e do ambiente, como ainda expandimos o conceito para um ambiente digital móvel. Em vez de o ambiente digital estar montado num ambiente estático, este é implementado em torno do utilizador (no seu corpo e nas suas roupas), monitorizando-o (aos seus sinais vitais) e ao ambiente que o rodeia, com o objectivo de prevenir e detectar eventuais problemas de saúde e de segurança, e tomar decisões sobre estes (por exemplo, lançar alertas para os familiares ou profissionais de saúde, avisar o utilizador, entre outros).

A linha de arquitectura mais geral para este tipo de sistemas pressupõem uma rede de sensores acoplados ao corpo ou embutidos na roupa do utilizador, o mais confortáveis e menos intrusivos possível, ligados a um dispositivo computacional móvel (por exemplo um PDA ou um *smartphone*) que assegura a comunicação com o exterior. O utilizador é assim envolvido num ambiente digital que o vigia e age para proporcionar a sua segurança e bem-estar. Para além da monitorização activa e da tomada de decisões relativas à saúde do utilizador, o efeito psicológico deste tipo de ambiente inteligente móvel é também muito importante, pela sensação de controlo e segurança de que os seus utilizadores usufruem.

Esta expansão da Inteligência Ambiente permite alargar o apoio ao utilizador para além das fronteiras da sua casa ou local de trabalho, apoiando-o no seu dia-a-dia em esferas para além do seu conforto e produtividade. As duas abordagens, contudo, não são dissociativas, podendo o ambiente inteligente em casa e ambiente inteligente móvel ser bons aliados para o seu bem-estar: o primeiro mais orientado a facilitar o conforto em casa, o segundo mais orientado para a sua saúde e auxílio no dia-a-dia.

3.3 Conclusão

Neste capítulo, apresentamos os campos do saber nos quais o projecto que apresentamos neste documento assenta os seus alicerces. Apresentamos os conceitos inerentes à Telemedicina, a vasta gama de aplicações que abrange e os benefícios que o uso delas nos traz. Vimos também alguns dos problemas inerentes à sua implementação. Vimos também o que significa Inteligência Ambiente, as tecnologias que esta engloba e o seu impacto no futuro, e de que forma esta pode ser vantajosa se a aplicarmos à saúde, fundindo-a com as ideias da

telemedicina. Os conceitos, as motivações, tecnologias e os potenciais benefícios destas áreas permitem-nos perceber melhor o mundo em que as queremos integrar e com que motivações o queremos fazer. O seu entendimento permite-nos também planear melhor o futuro do nosso projecto, complementando as ideias que tínhamos formadas com as linhas orientadoras destas duas áreas.

4 Unimon - Monitorização Independente de Utilizadores

4.1 Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde, as doenças crónicas (doenças cardiovasculares, diabetes, doenças respiratórias entre outras), representam aproximadamente 59% do total de 57 milhões de morte por ano (metade das quais estão associadas a doenças cardiovasculares) e 46% do total de doenças [53]. Nas últimas décadas, registaram-se grande progressos no combate a estas doenças, com novos mecanismos de diagnóstico, novos tratamentos e uma melhor prevenção destas doenças. Contudo, as soluções oferecidas pelos serviços de saúde da actualidade não são ainda suficientemente eficazes. Segundo o estudo “Premature mortality from chronic disease” realizado pelo Australian Institute of Health and Welfare, 83% das mortes prematuras (de pessoas com menos de 75 anos) na Austrália no ano de 2007 foram causadas por doenças crónicas, e 64 % destas mortes eram potencialmente evitáveis (mais de 3 em cada 5 mortes) [52]. Estes números podiam ser drasticamente reduzidos através da prevenção, diagnóstico precoce e um controlo mais eficaz do estado de saúde dos portadores de doenças crónicas. Nos dias de hoje, já estão disponíveis tecnologias que permitiriam seguir constantemente o estado de saúde de um paciente de forma automatizada, e de forma confortável para este.

O projecto Unimon [59], no qual se insere parte do trabalho descrito neste documento, visa responder ao desafio associado a monitorização de pacientes e ao processamento da informação recolhida, de modo a permitir um sistema automático de avisos que facilite o trabalho aos profissionais de saúde e a vida aos pacientes. No presente, a prática mais comum é que um profissional de saúde atenda um único paciente de cada vez, muitas vezes sem a certeza de que a visita do paciente seja necessária e sendo esta muitas vezes custosa quando se trata de um paciente com dificuldades de deslocação ou que mora num local geograficamente distante. Este novo modelo permitirá que os profissionais de saúde estejam constantemente ligados a vários pacientes em simultâneo e foquem a sua atenção num só paciente em caso de necessidade, graças aos avisos automáticos gerados por um sub-sistema de suporte à decisão integrado neste projecto. Este projecto prevê também a integração com outros sistemas e serviços de saúde de última geração, de modo a permitir combater os problemas do utilizador

em várias frentes de diferentes naturezas e contribuir assim com uma solução mais completa para o seu bem-estar. Entre estes sistemas destaca-se o VirtualECare, no âmbito do qual este projecto é desenvolvido, que nos propõe um sistema inteligente multi-agente com a capacidade de monitorizar e interagir com os seus utilizadores: pacientes e pessoas responsáveis pelo seu bem-estar, familiares e profissionais de saúde. Um exemplo de um sistema que poderá complementar o apresentado neste capítulo e que também se integra no VirtualECare, é a agenda inteligente iGenda que receberá informação dos outros sistemas de apoio ao utilizador com o qual se interliga, e terá a função de planear e organizar eventos e tarefas na vida do utilizador da maneira mais conveniente, lembrando-o e consultando-o quando for oportuno (para tomar a medicação, ou ir a uma consulta, por exemplo).

O Unimon tira partido das últimas tecnologias de comunicação sem fios e dos últimos dispositivos computacionais móveis *off-the-shelf*, apresentando-se assim como uma solução com potencial de adaptação e integração com outros projectos a baixo custo.

4.1.1 VirtualECare

O projecto Unimon visa a integração no projecto VirtualECare, que propõe uma solução eficaz e de baixo custo aos problemas associados à saúde dos idosos nos seus ambientes domésticos e meios habituais onde se deslocam. O VirtualECare procura diferenciar-se das poucas soluções que há neste campo pela sua completude, ou seja, pelo leque alargado de problemas que se propõe resolver, e pelo baixo custo associado à sua implementação.

O VirtualECare propõe um sistema inteligente multi-agente com a capacidade de monitorizar e interagir com os seus utilizadores, que são os pacientes, os seus familiares e os profissionais de saúde. Também terá a função de interligar outros sistemas com diferentes funcionalidades, como sistemas de informação para a saúde ou sistemas que proporcionem serviços variados aos utilizadores (por exemplo compras ou lazer), servindo-se para isso de uma arquitectura modular distribuída assente numa rede de comunicações (WAN,MAN,LAN) [54] [55]. As suas componentes e funcionalidades (figura 19) são as seguintes:

- **Utente (SupportedUser):** o sistema proposto pelo projecto Unimon, descrito neste capítulo e que suporta este documento, encaixa nas necessidades deste

módulo, que é uma componente central do sistema. Dadas as necessidades especiais de saúde dos pacientes em torno dos quais se centra o VirtualECare, a sua monitorização constante e o acesso à informação são requisitos do VirtualECare. A informação médica é enviada para o CallCareCenter e redireccionada para o Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo - e com base nesta os outros componentes do sistema interagem para assegurar a segurança e conforto do paciente.

- **Casa(Home)** : este componente consiste no ambiente em que o paciente se desloca (casa, quarto de hospital entre outros) que é descrito por um conjunto de sensores que capta a informação sobre o ambiente natural e dados clínicos sobre o paciente. A informação é enviada para o Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo e é mantida constantemente disponível para análise por parte dos outros componentes e utilizadores (o que requer uma rede com um elevado grau de segurança e confiabilidade), que utilizam a informação para manter o ambiente confortável e seguro consoante as necessidades do paciente.
- **Familiares (Relatives)**: familiares e outras pessoas mais chegadas podem ter (e têm geralmente) um papel importante a desempenhar na saúde de uma pessoa debilitada, assistindo o paciente quando necessário (companhia, tomar medicamentos, deslocações, entre outros), fornecendo informação complementar e vigiando activamente o seu ente querido.
- **Sistemas de Apoio a Decisao em Grupo (Group Decision Support System)**: as decisões no sistema VirtualECare são tomadas por grupos multidisciplinares apoiados por um sistema inteligente de suporte baseado em conhecimento.
- **Central de Atendimento de Saude (Call Care Centre)**: este componente do sistema é responsável pelos recursos computacionais e humanos (pessoal qualificado, ou seja, profissionais de saúde e seus auxiliares), e tem a funcionalidade de receber e analisar dados vitais e clínicos e tomar acções em conformidade.

•**Central de Atendimento de Serviços (Call Service Centre):** componente do sistema constituída pelos recursos computacionais e pessoal qualificado necessários para analisar outro tipo de dados (que não sejam relativos à saúde do paciente) e tomar medidas apropriadas para manter o seu bem-estar.

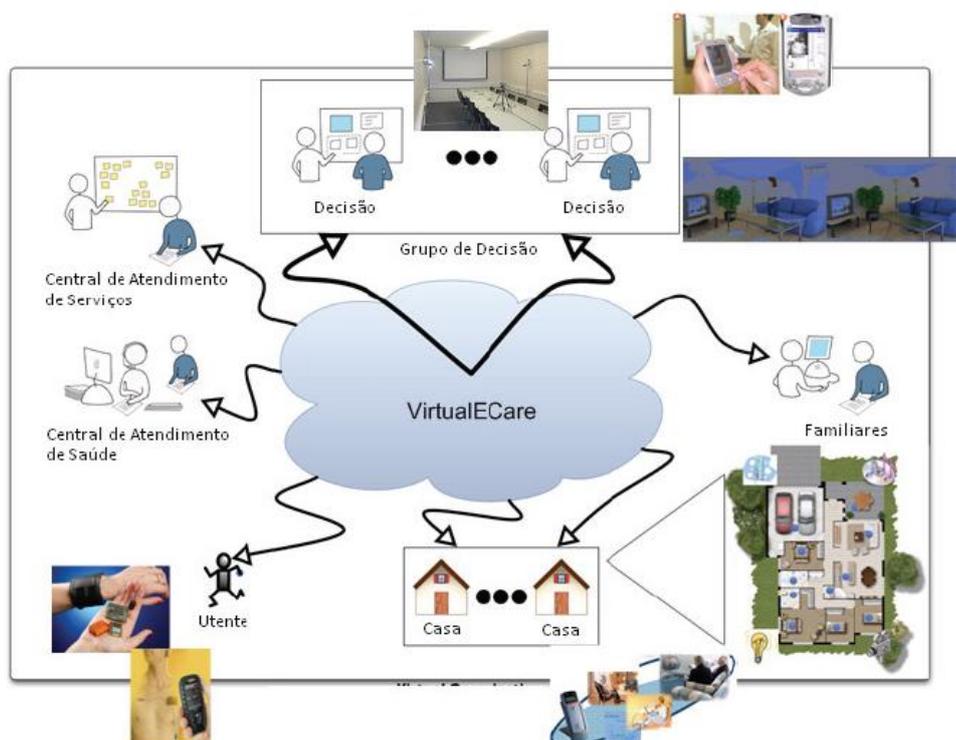


Figura 19: Arquitectura da Plataforma VirtualECare

4.1.2 iGenda

O iGenda é um assistente de memória inteligente que visa a integração no VirtualECare, desenvolvido na Universidade do Minho. O iGenda tem como função interagir com o utilizador para o ajudar a lembrar-se de informações relevantes ou eventos, tendo por base um *smartphone* ou um PDA. Poderá, por exemplo, avisar o utilizador que tem que tomar a sua medicação, ou avisá-lo antecipadamente que tem uma consulta. Também tem como função facilitar a interacção entre usuários, podendo ser assim também um promotor social [57]. O objectivo do iGenda é ligar os vários sistemas que integram a plataforma VirtualECare e o paciente, facilitando ao último uma ferramenta simples e intuitiva para receber e perceber as

decisões tomadas pelos grupos de decisão que constituem o VirtualECare [56]. É uma agenda inteligente porque tem a capacidade de efectuar automaticamente a marcação de eventos ou tarefas de acordo com as necessidades e características do paciente, gerindo eventuais conflitos conforme a prioridade dos eventos em questão para o seu bem-estar. Esta gestão de conflitos é feita tirando partido de uma plataforma que usa uma hierarquia de estados e eventos para organizar e maximizar as tarefas recebidas. A iGenda pressupõe o rápido processamento de informação e que o utilizador esteja sempre em contacto com ela para que, no caso de se dar algum evento de extrema importância (como por exemplo a detecção por parte de um sistema de monitorização de um estado anormal de saúde), a sua agenda possa ser alterada. Outro requisito é que a iGenda utilize os protocolos de comunicação definidos na plataforma VirtualECare para possibilitar a comunicação [57]. Para a realização dos objectivos apresentados, e seguindo os princípios de escalabilidade e modularidade que suportam a plataforma VirtuaECare, a iGenda baseia-se numa arquitectura (figura 20) dividida nos seguintes módulos [56], apresentados na figura seguinte:

- **Gestor de Agenda(Agenda Manager):** faz a interligação entre o resto da plataforma do VirtualECare e o sistema de agendamento, gerindo o envio e transmissão dos pedidos de agendamento/alertas para os outros módulos do sistema (Gestor de Conflitos e Gestor de Tempo Livre), e accionando estes módulos quando necessário.
- **Gestor de Conflitos:** este módulo tem a função de receber os eventos do Gestor de Agenda e certificar-se que não há sobreposição de actividades. No caso de existir sobreposição de actividades, reorganiza as actividades na agenda utilizando métodos de gestão de conflitos inteligentes, consoante a categoria destes eventos na hierarquia definida. Se há dois eventos com a mesma prioridade na hierarquia, é devolvido um erro ao módulo do Grupo de Decisão do VirtualECare, delegando assim, neste último, a decisão. Cabe ao Gestor de Agenda a função de accionar este módulo quando necessário.
- **Gestor de Tempos Livres (Free Time Manager):** este módulo tem a função de ocupar os espaços livres do calendário com actividades recreativas, culturais, sociais e educacionais, de forma a contribuir para o seu bem-estar. Estas actividades são escolhidas com base num plano individual definido para cada utilizador e aprovado pelo

Grupo de Decisão do VirtualECare. Este plano é elaborado a partir de informação guardada num reportório de dados sobre as suas actividades favoritas.

- **Gestor de Interface:** encarregue de personalizar a interface de utilizador, para que esta vá de acordo às suas preferências e seja de fácil utilização para o utilizador.
- **Módulos de Comunicação:** têm a função de assegurar a eficiência e confiabilidade da comunicação entre os vários módulos da iGenda, e entre esta e a plataforma VirtualECare.

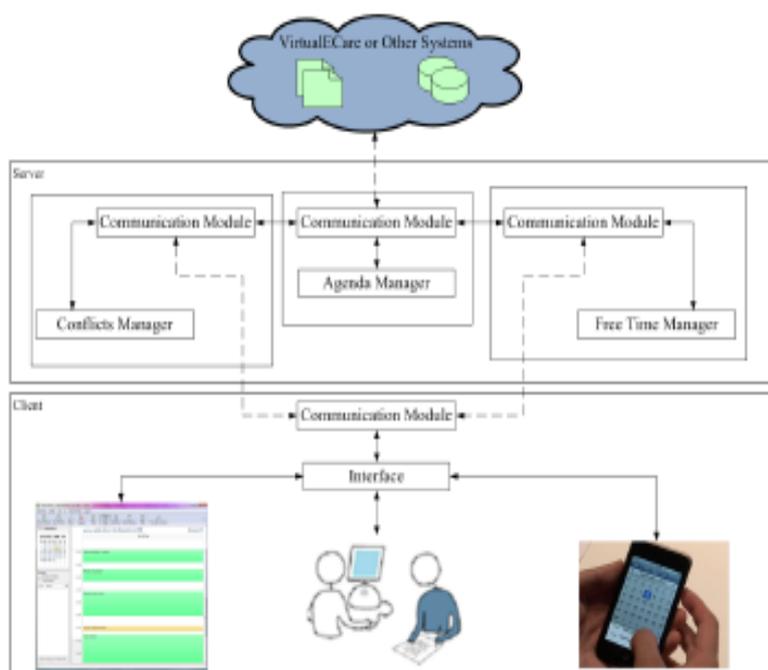


Figura 20: Arquitectura da iGenda

4.1.3 Integração do Unimon

O sistema de monitorização que apresentamos neste capítulo, complementado com as funcionalidades do iGenda, proporcionaria pois ao paciente uma ferramenta importante para

controlar as tarefas relacionadas com a sua saúde e bem-estar e aos profissionais de saúde um importante meio de comunicação e seguimento das actividades do paciente. A marcação de visitas aos serviços de saúde automáticas ou no caso de detecção de anomalias passaria a ser uma realidade possível, para além da maneira útil e agradável como esta informação seria transmitida ao utilizador. Complementando o VirtualECare com estes dois subsistemas, obter-se-ia uma plataforma de serviços de saúde e bem-estar mais completa, desenvolvida a pensar na qualidade de vida do utilizador e no seu bem-estar. O bem-estar do paciente é um conceito chave nos novos serviços de saúde e na nossa plataforma, dada a natureza da utilização e os longos períodos de tempo de utilização a que se destinam. Nesta secção mostramos como e com que outros sistemas pretendemos interligar a nossa plataforma de monitorização, o que nos ajuda a demonstrar a sua utilidade e funcionalidade. Vamos então agora descrever mais pormenorizadamente o sistema que nos propusemos a desenvolver e os desafios inerentes ao seu desenvolvimento.

4.2 Tecnologia num Sistema de Monitorização Médico

A procura e a escolha das tecnologias apropriadas são de fundamental importância no desenho e desenvolvimento de um sistema de monitorização médico de pessoas. Este tipo de sistemas tem características especiais que tornam esta tarefa difícil: por um lado, o conforto e bem-estar do utilizador são da maior importância, importância esta agravada se o estado de saúde do utilizador for frágil (o que acontecerá na generalidade dos casos em que estes sistemas vão ser utilizados). Por outro lado, a captura e gestão de dados médicos levanta certos requisitos de segurança, pelo carácter pessoal da informação e pela importância dos dados: perder dados sobre uma análise médica pode ter consequências muito graves para o paciente e para a instituição de saúde envolvida. Por outras palavras, a tolerância a falhas, erros ou omissões não pode ser descurada em fase alguma do desenho e implementação de um sistema desta natureza. Ora esta robustez e confiabilidade, num sistema que tem como pilar fundamental a comunicação entre os seus módulos, alguns destes fisicamente distantes, depende muito das tecnologias apropriadas, pelo que um estudo exaustivo das soluções disponíveis e as escolhas apropriadas podem poupar muito trabalho no futuro. Num sistema de

monitorização de pacientes como o apresentado neste capítulo podemos distinguir várias fases que envolvem diferentes tecnologias:

- **Captura dos dados:** captura (ou recolha dos dados através de interfaces) através do uso de sensores e envio dos mesmos para uma localização apropriada para gestão dos dados. Nesta fase, na qual se foca o trabalho descrito neste capítulo, recorreremos às tecnologias de sensores e a tecnologias de comunicação.
- **Processamento e Análise da Informação:** o processamento e a análise da informação recolhida envolve tecnologias de diferentes áreas, tais como processamento de sinais, multimédia e extracção de conhecimento [33].
- **Armazenamento da Informação:** após o processamento da informação, é necessário guardá-la em formatos adequados à sua utilização posterior. Visto que o acesso e o armazenamento da informação são da maior importância para diversos intervenientes no sistema, as tecnologias de bases de dados têm um papel muito importante.

4.2.1 Tecnologias de Sensores

Há um grande leque de dados diferentes que se podem recolher de uma pessoa, tal é a complexidade do corpo humano: de uma ponta a outra do corpo, dentro dele ou ao redor do mesmo, podem-se recolher tantos tipos de informação e de tantas maneiras diferentes, que seriam necessários vários volumes para os descrever. Para além disto, a recolha de todos estes tipos de informação tem várias particularidades que devem que ser atendidas na captura dos mesmos. Assim sendo, descrevemos nesta secção as particularidades dos sensores de ECG que utilizamos neste projecto, para dar conta das considerações necessárias e dos cuidados que estas tecnologias podem suscitar.

4.2.1.1 Percepção de Eléctrodos BioPotenciais

A actividade eléctrica abunda no corpo humano e é essencial ao seu bom funcionamento. O cérebro e o coração transmitem mensagens ao resto do corpo através de

impulsos eléctricos e cada órgão tem o seu próprio conjunto de sinais eléctricos, actividade esta que já foi amplamente medida e estudada. Entre outras actividades eléctricas, contam-se, por exemplo, o Electrocardiograma (ECG), a Electroencefalografia (EEG) e a Electromiografia (EMG), que são obtidas através de medições que nos fornecem informação sobre o cérebro, o coração, os músculos, entre outros. Estas são medidas pelos potenciais eléctricos através de eléctrodos na superfície de tecido relevante, que corresponde ao estímulo nervoso e contracção muscular durante o período de tempo da medição. Esta é depois traduzida em representações gráficas destas ondas biomedicamente geradas, que nos apresentam a amplitude da corrente eléctrica ao longo do tempo [33].

4.2.1.2 Electrocardiograma

O Electrocardiograma é o registo da actividade eléctrica do coração humano e permite-nos observar os impulsos eléctricos gerados pelo bater do coração humano. Esta informação permite-nos detectar actividades anormais no batimento cardíaco e deduzir possíveis causas, sendo muito útil para detectar e monitorizar inúmeros problemas cardíacos, tais como enfartes cardiovasculares, prevalência de hipertrofia ventricular esquerda ou doença arterial coronária. Para além disso, o ECG, assim como o EEG, permite-nos calcular outras medidas do corpo humano, tal como a frequência cardíaca. A sua medição é efectuada com 3, 5 ou 12 eléctrodos, e durante a mesma não é efectuada o envio de electricidade pelo corpo durante todo o processo. O sinal medido é sensível e pode ser afectado por várias fontes de ruído (cautério eléctrico, ablação, desfibrilação, entre outros) e qualquer impulso de ruído de amplitude excessiva e curta duração pode afectar a detecção de anomalias no sinal. A eficácia da captura do ECG também é sensível a certos procedimentos de medição, e por vezes são necessárias condições específicas para detectar certas doenças cardíacas: por exemplo, quando há suspeita de estreitamento das artérias para o coração, a medição deve ser efectuada durante a prática de exercício físico numa passeadeira. Por outro lado, os movimentos e os choques também podem afectar a precisão das medições, visto que os eléctrodos são afixados ao corpo em zonas sujeitas ao movimento, tal como o peito. A duração das medições também é variável, podendo ir de um a dez minutos, sendo menos provável que uma medição curta seja sujeita a ruído do que uma de maior duração. A análise da onda ECG (figura 21) é normalmente efectuada por um profissional de

saúde através da análise das ondas (denominadas P,T,U e complexo QRS) , intervalos (PR) e períodos (PP,RR) gerados pelo batimento cardíaco e pela detecção de possíveis irregularidades destas, sendo já possível a análise automática por parte de sistemas computacionais, recorrendo a técnicas da inteligência artificial, bases de conhecimento e técnicas de reconhecimento de padrões [76].

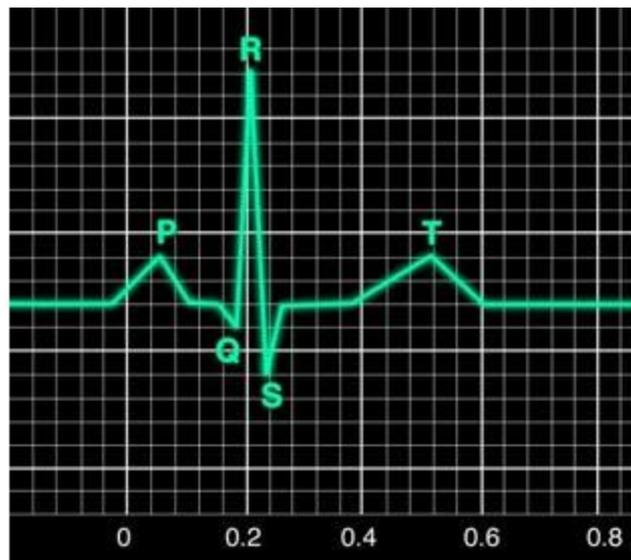


Figura 21: Onda ECG

4.2.2 Tecnologias de Comunicação

4.2.2.1 Dispositivos com fios *versus* Dispositivos sem fios

Uma vez que o nosso sistema pressupõe a interligação de uma série de dispositivos numa rede em torno do utilizador, é preciso analisar as tecnologias existentes para o fazer e as vantagens e desvantagens de cada uma. A primeira questão que se coloca quanto à comunicação, prende-se com o uso de cabos para interligar os dispositivos ou não. Analisemos as vantagens e desvantagens de cada um destes meios de comunicação.

A comunicação através de cabos é já utilizada há mais de um século e registou uma grande evolução desde a invenção do telefone, até ao surgimento da fibra óptica, que permite

comunicar com grande velocidade e um elevadíssimo grau de confiabilidade [33]. Também não precisa de medidas auxiliares de segurança, já que sem acesso físico ao cabo não é possível extrair informação. Por outro lado, dotar o utilizador de cabos em redor do seu corpo não parece viável, visto que o sistema de monitorização pressupõe longos períodos de monitorização, e os cabos em redor de seu corpo provavelmente trariam bastante desconforto ao paciente.

As tecnologias de comunicação sem fios também datam de há mais de um século, desde a invenção do rádio, que evoluiu para a emissão televisiva e continuou a evoluir até às redes móveis de hoje em dia, que permitem trocar dados a grande velocidade e com grande flexibilidade geográfica. Contudo, a sua velocidade e a confiabilidade da comunicação ficam aquém da obtida nas comunicações com fios, o que se deve ao ruído e aos diversos factores que levam à perda de qualidade do sinal que existem no meio natural.

As vantagens que a comunicação com fios apresenta em relação à comunicação sem fios são a confiabilidade, velocidade e baixo custo da sua implementação a curtas distâncias. Contudo, peca pelo conforto e pela falta de flexibilidade, pelo que uma abordagem sem fios é a eleita para este projecto e outros projectos semelhantes. Porém, é preciso precaver possíveis problemas de interferência no sinal e alteração à sua qualidade que possam ser induzidas pelo corpo humano ou por outros aparelhos, bem como a segurança na transmissão dos dados para manter a privacidade do paciente.

4.2.2.2 Body Area Networks

Com a emergência de sensores cada vez mais precisos e compactos, foi crescendo a ideia da monitorização de pacientes a partir de locais geograficamente remotos recorrendo a pequenas redes de dispositivos acoplados ao utilizador. Neste contexto surgiu o conceito de *Body Area Network*. Uma *Body Area Network* pode ser definida como uma combinação entre um conjunto de unidades móveis e compactas que permitem a transmissão de dados sobre os sinais vitais do paciente, em torno da qual ela opera, e uma entidade remota. Esta tecnologia é bem aceite pela comunidade médica e científica pela liberdade de que promete dotar os pacientes, afastando-os dos serviços de saúde de forma controlada. Esta tecnologia está intimamente relacionada com o projecto Unimon, que pretende dotar a funcionalidade que esta oferece de inteligência.

4.2.2.3 Tecnologias *Wireless*

Visto que uma das partes fundamentais do sistema assenta na comunicação sem fios entre os sensores e o *smartphone*, é necessário fazer um levantamento exaustivo das tecnologias sem fios existentes. Da escolha certa de tecnologias para a comunicação com o *smartphone*, dependem, entre outras coisas, a segurança das comunicações, o alcance e fiabilidade das mesmas, e a autonomia dos aparelhos. Entre os vários protocolos de comunicação existentes para as comunicações sem fios de curto alcance distinguimos três protocolos, que analisaremos de seguida: Wi-Fi, Bluetooth e Zigbee.

4.2.2.3.1 Wi-Fi

A tecnologia Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) é uma tecnologia sem fios de curto alcance (até 100 metros) que permite o acesso em banda larga, até 11 Mbps, via rádio, baseado no *standard* IEEE 802.11. Esta tecnologia opera na mesma banda de frequência de 2.4 Ghz, que por sua vez é dividida em canais, não existindo contudo um *standard* global na atribuição dos espectros: 11 nos EUA, 13 na Europa e 14 no Japão. O Wi-Fi possui uma elevada taxa de transmissão de dados e um elevado consumo de energia, comparativamente com o Bluetooth e o ZigBee [60].

4.2.2.3.2 Bluetooth

O Bluetooth é um protocolo de comunicação sem fios que opera na banda livre ISM a 2.45 Ghz. Para evitar conflitos com outros protocolos que utilizam a mesma banda, divide-a em 79 canais, com 1 Mhz cada um e muda de canal até 1600 vezes por segundo. A tecnologia Bluetooth possui um elevado consumo de energia, apesar de este ser menor que a comunicação através de Wi-Fi. É, no entanto, um dos mais antigos e comuns protocolos sem fios e encontra-se presente em inúmeros telemóveis, PDAs e outros dispositivos móveis, razão pela qual é também

dos protocolos mais atacados. Podem ser agrupados até oito aparelhos sendo que a sua topologia é hierarquicamente dividida entre um aparelho mestre e sete aparelhos escravos [61].

4.2.2.3.3 ZigBee

ZigBee é uma especificação para um conjunto de protocolos de comunicação de alto nível, que usa ondas radio-digitais e dispositivos de baixo consumo de energia baseados no *standard* IEE 802.15.4-2003 para redes sem fios de área pessoais (Wireless Personal Area Networks – WPAN). É adequada para o controlo e monitorização em áreas pequenas, tendo um alcance de aproximadamente 70 metros com taxas de transmissão na ordem dos 250 kbps. As redes Zigbee operam em bandas rádio industriais, médicas e científicas, não havendo ainda consenso internacional sobre a especificação da frequência: 868 MHz na Europa, 915 MHz nos Estados Unidos da America e Austrália, e 2.4 GHz noutros países e jurisdições.

O protocolo de comunicação ZigBee é apropriado para aplicações que necessitem de baixas taxas de transmissão de dados, comunicações seguras e baixo consumo de energia (que possibilitem longos periodos de duração de baterias energéticas). Graças ao seu baixo tempo de activação (aproximadamente 15 mili-segundos), o ZigBee pode atingir latências muito baixas e torna os dispositivos muito responsivos, comparativamente com outras tecnologias de comunicação *wireless* como o Bluetooth. A grande autonomia dos dispositivos que utilizam esta tecnologia deve-se ao facto de a comunicação poder estar inactiva durante intervalos de tempo relativamente grandes [62].

4.2.3 Tecnologia Móvel

Uma parte fundamental do nosso sistema é a plataforma computacional móvel que fará a comunicação entre o paciente e as outras componentes do sistema. Para o efeito, dado o amplo leque de opções que o mercado de tecnologias móveis oferece, e as tecnologias existentes para os programar e desenvolver aplicações sobre estes, seria inadequado pensar em desenhar um sistema computacional móvel dados os custos e o tempo inerentes.

Actualmente, temos no mercado centenas de modelos de telemóveis, e uma mão cheia de sistemas operativos dominantes que representam a totalidade do mercado: Android, Symbian,

iPhone, Windows Mobile e Blackberry. Os últimos telemóveis que suportam actualmente estes sistemas operativos dispõem na generalidade das tecnologias necessárias para a implementação das plataformas de que precisamos, nomeadamente capacidade de processamento e memória necessárias, tecnologias de comunicação sem fios [68] [69]. Contudo, algumas plataformas são mais abertas do que outras:

- **iPhone(closed source):** apesar de oferecer a possibilidade de programação em Objective-C e Java, e sendo das melhores escolhas possíveis em termos de hardware e usabilidade, só possibilita a utilização de telemóveis iPhone, e de computadores da Apple para desenvolver. O custo alto dos dispositivos da Apple e esta limitação não fazem do iPhone a melhor escolha para um sistema que se quer aberto e modular [63] [68] [69].

- **Windows Mobile(closed source):** este sistema operativo móvel da Microsoft insere-se na categoria de “*proprietary software*”, ou seja, os fabricantes de telemóveis têm de pagar para incluir este sistema operativo nos aparelhos. É programável em C++ ou .NET, e está dependente de um computador com o sistema operativo Windows para o desenvolvimento de aplicações [67] [68] [69].

- **BlackBerry(closed source):** é um sistema operativo móvel desenvolvido pela RIM para os telemóveis BlackBerry. É programável em C++, e tem o mesmo problema que o iOS: só pode ser corrido em BlackBerrys [64] [68] [69].

- **Symbian(open source):** sistema operativo móvel desenvolvido pela Psion Software que reúne num empreendimento conjunto os seguintes fabricantes de *hardware*: Ericsson, Motorola e Nokia. Tem como vantagens a capacidade de operar aplicações escritas em Python, Ruby, Java e Web Runtime Widgets, e o facto de correr em *hardware* barato comparativamente com o iPhone e o Windows Mobile [65] [68] [69].

- **Android (open source):** é um sistema operativo móvel desenvolvido pela Google para operar em dispositivos móveis e outros aparelhos. Tem como conceito base aliar as companhias tecnológicas com as companhias móveis, para produzir um sistema operativo aberto que possa ser facilmente actualizado por qualquer um e assim melhorar o produto de acordo com as necessidades dos seus utilizadores. A Google fornece gratuitamente um Software Development Kit que pode ser adaptado a vários ambientes de programação, e inclui um emulador que serve para testar os programas e funcionalidades obtidas. A quantidade de dispositivos em que trabalha, as suas funcionalidades, o conjunto de ferramentas que oferece para a sua

programação e a facilidade com que esta tarefa pode ser feita, fazem do Android a plataforma ideal para desenvolver este projecto. Para tal foi escolhido um *smartphone*, que se considerou ter as características adequadas para este projecto, que será apresentado ainda neste capítulo [66] [68] [69].

4.2.4 Outras tecnologias relevantes

J2EE

É um standard industrial para computação Java que facilita o desenvolvimento de aplicações industriais baseadas em componentes, oferecendo um modelo multi-camada distribuído que possibilita a reutilização de componentes e controlo de transações flexível, entre outros serviços [71].

Servidor de Aplicações JBOSS

É um servidor de aplicações gratuito baseado na plataforma J2EE, completamente implementado em Java, e podendo ser corrido em qualquer sistema operativo que suporte Java [72].

WebServices

São componentes que permitem a integração de sistemas e a comunicação remota entre aplicações desenvolvidas em linguagens diferentes, fornecendo uma linguagem universal baseada em XML que permite a estas aplicações enviar e receber dados [73].

As tecnologias escolhidas que apresentamos aqui têm várias vantagens para o desenvolvimento do nosso sistema. Por um lado, são tecnologias maduras e eficientes, muito utilizadas por todo o mundo para as mais variadas funções, desde o desenvolvimento de pequenas aplicações até ao uso em aplicações de grande dimensão por parte de grandes empresas. Este facto, aliado à sua distribuição gratuita, que se traduz num baixo custo de implementação, e o crescimento da sua utilização, geraram uma grande quantidade de documentação: livros, exemplos, *websites* com tutoriais, e toda uma grande quantidade de recursos disponíveis que facilitam a sua utilização. Outra grande vantagem das tecnologias

disponíveis é que são tecnologias que promovem a interoperabilidade entre diferentes sistemas, requisito fundamental no nosso sistema e na plataforma VirtualECare que o envolverá.

4.3 Arquitectura

O sistema que apresentamos aqui visa a monitorização eficiente de um paciente através do uso de uma *Body Area Network*. Esta, formada por um conjunto de sensores, comunicará com um dispositivo computacional móvel, que captura os dados enviados pelos sensores e os comunicará a uma entidade exterior. Esta informação será utilizada para análise e posterior obtenção de um diagnóstico, com a finalidade de se saber remotamente o estado de saúde do paciente e detectar eventuais anomalias. O utilizador também terá disponível uma interface onde pode consultar o seu estado de saúde, e através do qual receberá notificações relativas à sua saúde ou a acções que deve tomar. Para atingir a modularidade e escalabilidade pretendidas, o sistema foi definido segundo uma arquitectura definida por vários módulos (figura 22), que serão caracterizados nas secções seguintes [59].

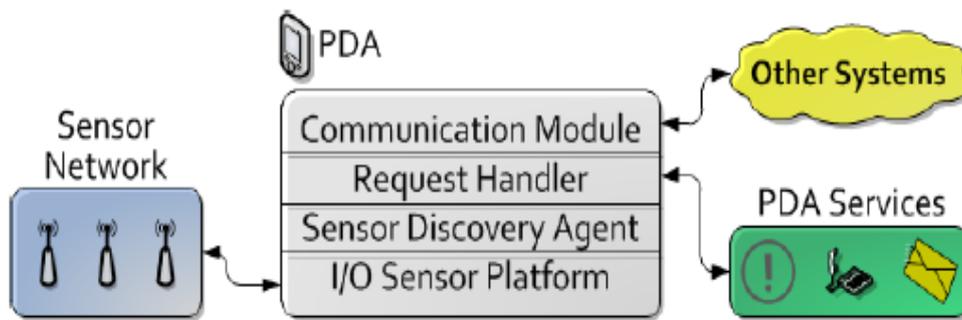


Figura 22: Arquitectura do Unimon

Sensor Network

É formada pela rede de sensores, que deverá ser suficientemente flexível o suficiente para



Figura 23: Sensor ECG utilizado

permitir ligar e desligar sensores sem afectar o funcionamento do sistema. Para este projecto, foi testada a implementação de uma plataforma *wireless* portátil com um sensor ECG de 3 eléctrodos incorporado, desenvolvida na Universidade do Minho (figura 23). Este módulo sensorial utiliza o protocolo ZigBee para entregar em tempo real os dados capturados e o estado da bateria.

- **I/O Sensor Platform:** este módulo será responsável por gerir os dados de entrada e saída dos sensores pertencentes à Body Area Network. Para tal terá de suportar diferentes protocolos de comunicação que estes possam ter e uniformizar a comunicação com o resto do sistema, encapsulando de maneira conveniente as mensagens entre os sensores e os outros intervenientes do sistema. Para cada tipo de sensor existirá no sistema um agente especializado de *software*, que o controlará e agirá como “mensageiro” entre este e outros intervenientes do sistema.
- **Sensor Discovery Agent:** esta entidade tem a funcionalidade de disponibilizar às outras entidades do sistema um meio de procura dos sensores activos. Para tal, o Sensor Discovery Agent comunica com os agentes de *software* especializados nos sensores, requisitando informação a estes agentes e recebendo por parte destes notificações cada vez que estes se ligam ou desligam à Body Area Network.
- **Request Handler:** é necessária a existência de um componente que faça pedidos bidireccionais entre o Sensor Discovery Agent e a entidade remota, para lidar tanto com a informação pedida pela entidade remota, mas também com a informação sobre a saúde do utilizador que este deve ter disponível.
- **Communication Module:** este módulo do sistema é responsável pelo encaminhamento da informação, encapsulando-a e enviando-a através da rede para a entidade remota que a solicita, sem interferir com o seu processamento. É uma componente abstracta do sistema encarregue de tratar dos detalhes de baixo nível da comunicação.
- **Other Systems:** a plataforma apresentado pressupõe a interligação com outros

sistemas, tais como o VirtualECare.

O sistema deverá permitir ainda que a plataforma móvel sobre o qual assenta (PDA) forneça os seus serviços normais.

A arquitectura apresentada foi concebida com base em três características: modularidade, escalabilidade e integração. A integração está patente nos objectivos do nosso sistema, porque a monitorização remota de saúde só faz sentido se houver uma parte remota do sistema que possa analisar os dados e seguir atentamente o paciente. Esta característica é garantida pelo módulo de comunicação, que deverá seguir os protocolos de comunicação da plataforma na qual pretendemos integrar o nosso sistema.

A modularidade da nossa arquitectura está patente na separação de funções e diferentes características das diferentes componentes do sistema e permite que as alterações necessárias, que se possa vir a ter de fazer no nosso sistema, sejam feitas separadamente em cada um dos módulos sem grande impacto na arquitectura apresentada.

A escalabilidade depende em muito da modularidade conseguida nesta arquitectura: a alteração, remoção ou adição de funcionalidades é uma tarefa muito mais fácil num sistema modular do que num sistema que seja construído como um único bloco e sem as componentes e funcionalidades bem separadas. Por exemplo, para adicionar um sensor novo ao sistema, só temos de preparar a **I/O Sensor Platform** para a detecção e reencaminhamento dos dados do novo sensor. Isto também dota a nossa arquitectura de um carácter universal, que lhe permite adaptar-se facilmente a um grande número de situações de monitorização, podendo ser assim utilizada como uma ferramenta eficaz para combater um grande número de diferentes situações clínicas.

4.4 Trabalho realizado e Ambiente de Simulação

No âmbito do projecto apresentado, era objectivo deste trabalho a implementação dos módulos de comunicação apresentados, ou seja, a interligação entre os sensores e o sistema computacional móvel, e deste com as entidades externas, com o encapsulamento necessário e a respectiva uniformização das comunicações. Infelizmente não foi possível ter o acesso físico a

um ou mais sensores *wireless* que permitissem testar a plataforma convenientemente. O sensor apresentado anteriormente foi testado durante um breve período de tempo, e os dados recolhidos foram utilizados para a criação de uma plataforma de simulação.

O *hardware* utilizado para o desenvolvimento e simulação é o seguinte:

Tabela 1: Hardware utilizado para desenvolvimento e simulação

	Computador Portátil	SmartPhone
Modelo	Fujitsu-Siemens Esprimo Mobile V5515 (Esprimo Mobile V Serie)	Samsung Galaxy Gio
Processador	Intel Pentium Dual Core T2080	Qualcomm MSM 7227 a 800MHz
Memória RAM	1 Gb	512 Mb
Sistema Operativo	<u>Windows XP</u>	Android 2.2
Placa Gráfica	<u>SIS Mirage 3 671MX</u>	?
Foi utilizado juntamente com este computador um adaptador USB Bluetooth 1.2 CN-BTU3 (723 kbps, 10 metros).		

Tabela 2: Ambiente de desenvolvimento

Ambiente de Desenvolvimento	
Linguagem de programação	Java
Software	JDK 6, IDE Eclipse 3.2, Android SDK

Esta plataforma de simulação (figura 25) dividiu-se em 4 componentes:

- **Simulador da rede de sensores (com um sensor incorporado):** foi criado um programa em Java, que simula a captura de dados ECG, do sensor referido acima, com uma taxa de amostragem de 5 ms, e que procede ao envio dos dados devidamente encapsulados através de bluetooth. Este programa corre no computador referido acima, que serve de plataforma de desenvolvimento e simulação.

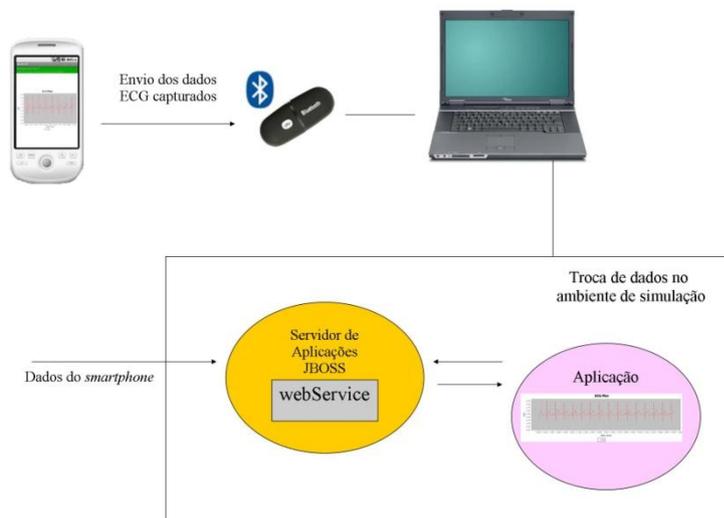


Figura 25: Ambiente de Simulação para o Unimon

- **Aplicação no telemóvel:** esta aplicação corre no telemóvel referido acima, e recebe os dados do simulador da rede de sensores através de Bluetooth, detectando a presença ou ausência deste. Existindo ligação à Internet através de Wi-Fi, a aplicação invoca um Webservice que corre no servidor de aplicações Jboss, que trata de receber os dados recolhidos periodicamente. A aplicação permite ver o gráfico ECG obtido.
- **Webservice no Servidor de Aplicações Jboss:** este Webservice fornece métodos

para a transferência da informação recolhida pelo smartphone para o mesmo servidor, onde esta informação é guardada no sistema de ficheiros, e para consultar a mesma informação. O Servidor é implementado no computador utilizado para desenvolvimento e simulação.

- **Aplicação para simular entidade remota:** foi criada também uma aplicação Java, que invoca o mesmo Webservice a correr no Servidor de Aplicações Jboss, para que lhe devolva o último ficheiro com informação guardado, e a traduz num gráfico ECG. Esta aplicação também corre no computador utilizado para desenvolvimento e simulação.

4.5 Resultados da Simulação

A simulação é uma ferramenta que assume um papel particularmente importante em projectos e produtos que acarretam riscos materiais e humanos e amplamente utilizada nas mais diversas áreas e contextos. A sua utilização permite-nos verificar que, quando passarmos à implementação real do sistema, este irá funcionar e que não vamos ter de o redesenhar e utilizar novas componentes ou métodos (o que poderia ser particularmente custoso). Quando estamos a lidar com o peso da responsabilidade de estar a lidar com um projecto directamente relacionado com o bem-estar e a saúde de pessoas, o papel da simulação é ainda mais fundamental.

Para provar a validade da arquitectura desenvolvida, decidimos aqui simular os principais componentes do sistema: simulamos a existência de um sensor a enviar através de Bluetooth os dados guardados de uma medição efectuada com o sensor ECG, descrito atrás, para o telemóvel com intervalos de tempo diferentes: com um intervalo de tempo de 1 segundo, com um intervalo de tempo de 5 segundos e um intervalo de tempo de 30 segundos. Simulámos também uma entidade remota a solicitar e receber dados, através de uma aplicação a solicitar e a receber dados, recorrendo ao Webservice. Esta aplicação simula a integração do nosso sistema numa plataforma de serviços de saúde como o VirtualECare. Por fim, recorrendo ao telemóvel com a aplicação desenvolvida, simulamos durante um período de cerca de 5 minutos a utilização real do nosso sistema. Verificámos que os dados foram correctamente enviados pelo

simulador de sensor, e correctamente recebidos e transmitidos pela aplicação a correr no telemóvel, quando solicitados pela entidade remota. Esta por sua vez também recebeu correctamente os dados, pelo que apresentamos uma amostra do output gerado na imagem seguinte:

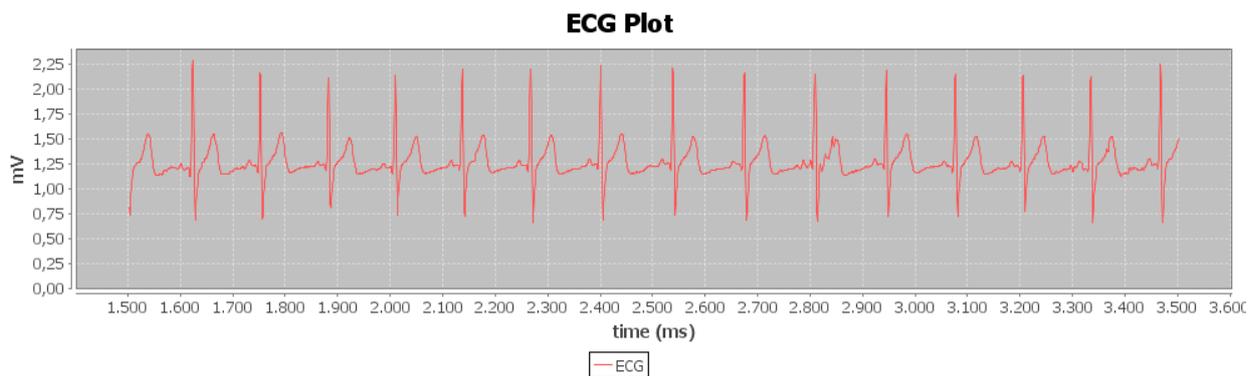


Figura 26: exemplo de output do Gráfico ECG obtido na aplicação remota

A implementação do sistema apresentado e do respectivo ambiente de simulação permite a captura, processamento e envio remoto de dados médicos capturados de uma pessoa real de modo contínuo, indo de encontro aos objectivos do projecto e sendo um primeiro e importante passo na concretização deste tipo de sistemas. Os resultados são bons pois permitem já vislumbrar o funcionamento do sistema de monitorização de pacientes pretendido, apesar de ainda não ser uma solução robusta e confiável que possa ser utilizada em situações reais de monitorização. Dadas as limitações temporais, não foram implementadas algumas funcionalidades importantes para que tal acontecesse. Faria falta, por exemplo, implementar um sistema de avisos para quando o sensor não estivesse a ser detectado, estivesse com pouca bateria ou algum problema de funcionamento. Também seria interessante, por exemplo, simular a existência de mais do que um sensor, e simular o mau funcionamento de um ou vários destes. Estas ideias ficam então para trabalho futuro sobre o projecto desenvolvido até agora. Dados os resultados obtidos, podemos considerar que com este trabalho se lançaram os alicerces para a

realização e maturação da plataforma pretendida, e que a arquitectura desenvolvida cumpre os objectivos propostos.

5 Projecto Sleep Assessment

Para complementar a pesquisa feita no âmbito desta dissertação sobre o tema monitorização e sensorização, foi realizado um estágio profissional na Philips Research no departamento Personal Health Solutions, em que se participou activamente no projecto Sleep Assessment. O trabalho realizado para o projecto Unimon centrou-se na primeira fase da monitorização de pacientes, ou seja, a captura imediata dos dados e na interligação entre a *Body Area Network* e a plataforma de *input/output* dos dados. Numa segunda etapa, proceder-se-ia ao armazenamento dos dados em formatos adequados à sua utilização para consultar e derivar conhecimento. Seguindo esta linha de continuidade, desenvolveu-se também parte de uma plataforma para a aquisição inobtrusiva, gerenciamento e análise de dados para estudos de sono doméstico. Este trabalho complementa a pesquisa feita no âmbito desta dissertação sobre o tema monitorização e sensorização, por introduzir o manuseamento de novos sensores em ambientes de diferente natureza, e por lidar com o gerenciamento, comunicação e armazenamento dos dados obtidos. Este trabalho foi realizado no âmbito de um estágio profissional na Philips Research, no departamento Personal Health Solutions. Este capítulo é dedicado à descrição do projecto e do trabalho realizado.

5.1 O Sono

A definição de sono ou vigília não é de todo fácil, nem existe uma definição apropriada para todos os casos, já que é um comportamento complexo que se manifesta num grande leque de espécies: verificam-se padrões circadianos de descanso/actividade não só em mamíferos, répteis, peixes, como em organismos unicelulares e plantas [74].

O sono é um comportamento complexo e altamente organizado, caracterizado por um relativo desligamento do mundo, com actividade cerebral variável mas específica. É normalmente acompanhado de pouca actividade muscular, uma postura estereotípica e reduzida resposta a estímulos do ambiente. É uma actividade indispensável ao bom funcionamento do organismo, podendo contudo ser adiada. É gerada endogenamente, homeostaticamente regulada e reversível [74]. O sono humano normal divide-se em duas fases distintas, conhecidas como REM (*rapid eye movement*) e NREM (*non-rapid eye movement*). A primeira, por sua vez, divide-se em duas etapas: fásica e tónica, dividindo-se a segunda em quatro etapas, e tendo todas elas

características diferentes, que podem ser reconhecidas através de variações Electroencefalográficas (EEG), Electrooculográficas (EOG) e Electromiográficas (EMG)[74].

O sono foi sendo estudado ao longo dos tempos desde há milhares de anos, dada a sua importância no nosso bem-estar e o tempo que nos ocupa. O seu estudo foi feito através da observação natural, alterações patológicas e manipulação experimental, mas os grandes progressos no seu entendimento estiveram dependentes de avanços tecnológicos que possibilitaram finalmente observar e entender o funcionamento do sistema nervoso central, do qual o sono é um produto e através do qual é regulado. [74] A dificuldade do seu estudo também é acrescida pelo tempo que a actividade consome, o que torna seu estudo ainda mais complicado. Apesar de se terem feito muitos progressos no seu entendimento nos últimos anos, ainda há um sem fim de questões cujas respostas a ciência ainda não encontrou e que aguardam novos estudos e progressos tecnológicos, com vista a um entendimento mais completo deste comportamento e à procura de soluções para as patologias associadas. A plataforma descrita neste capítulo procura fornecer uma resposta adequada aos problemas associados à sua observação.

5.2 Plataforma Não-Intrusiva de Avaliação do Sono em casa

O sono é de importância fundamental na nossa vida, dadas as suas características reparadoras, e o tempo que nos ocupa – aproximadamente um terço das nossas vidas. A sua importância motiva continuamente o seu estudo e a procura de soluções para os seus distúrbios e a maximização das suas capacidades reparadoras. Para estudar e recolher dados da generalidade das outras actividades humanas, pode-se recorrer a laboratórios, onde se dispõe de um ambiente perfeitamente controlado, e para o qual a deslocação do indivíduo ao mesmo não tem implicações no estudo em questão. De maneira geral, para o estudo de outras actividades que requeiram a deslocação do indivíduo no seu ambiente natural, a utilização por parte do utilizador de aparelhos pouco intrusivos também não tem impacto no estudo. Porém, dadas as características do sono, o seu estudo requer outra sensibilidade para com o utilizador. Em primeira mão, a recolha de dados tem de ser efectuada sobre longos períodos de tempo (horas) e com regularidade, geralmente durante vários dias. Isto implica que não seja viável deslocar o indivíduo que se estuda diariamente para um laboratório, pois ao fazê-lo estaríamos a influenciar os seus hábitos e o seu dia-a-dia, e conseqüentemente o seu sono, pois por muito que um

laboratório recrie as condições em que alguém dorme, a deslocação a este induz novos factores que influenciam esta actividade. Por outro lado, é uma actividade muito sensível, dada a grande quantidade de factores que a influenciam: as boas ou más práticas de saúde do indivíduo, tais como a regularidade com que dorme e os horários que pratica, o meio em que o faz (cama, luz, temperatura, humidade), entre muitos outros. Por fim, todos estes diferentes factores que afectam o sono têm diferentes pesos na qualidade do sono de pessoa para pessoa: por exemplo, algumas pessoas são mais sensíveis à luz e ao ruído sonoro que outras.

Os factores apresentados fazem com que a avaliação do sono seja mais exacta se esta for realizada no ambiente natural do sujeito de estudo, a sua casa. Porém, levar a avaliação do sono a ambientes domésticos levanta também outros desafios. Uma das questões essenciais prende-se com o impacto que os aparelhos usados para a avaliação do sono têm no ambiente em que o sujeito dorme. Se usarmos aparelhos ruidosos ou luminosos para avaliar o sono de um indivíduo, estamos a influenciar a avaliação e provavelmente a degradar a qualidade do seu sono. Por outro lado, no caso de utilizarmos dispositivos sensoriais que o sujeito de estudo tenha de usar no seu corpo ou perto deste, o utilizador não os deve sentir, e não deve ser influenciado por estes (por exemplo, mudar de posição devido à existência destes). A autonomia também é uma questão importante, já que o período ideal de sono é de aproximadamente 8 horas. Por outro lado, temos a questão da segurança e privacidade: sendo a recolha de dados feita em casa das pessoas no seu ambiente íntimo, é de todo importante que a privacidade do sujeito de estudo seja precavida, e que os dados não caiam em mãos erradas. É preciso arranjar mecanismos que providenciem a privacidade desejada pelo utilizador e a segurança necessária na recolha, armazenamento dos dados e análise destes para salvaguardar esta privacidade.

5.3 Arquitectura do sistema

Com as ideias propostas na secção anterior em mente, idealizou-se uma arquitectura modular (figura 27) para uma plataforma não-intrusiva de avaliação de sono em casa que tenha em mente todas as ideias apresentadas até agora. Esta plataforma divide-se em vários módulos:

- Modulo de Aquisição de Dados: compreende um dado número de sensores não-intrusivos ligados a um pequeno computador que adquire e sincroniza os dados captados pelos sensores durante a noite.
- Modulo de Gestão de Dados: transfere os dados recolhidos para um repositório central de dados, onde estes são convenientemente preparados e guardados para providenciar o acesso aos mesmos.
- Modulo de Análise dos Dados: este módulo sera responsável pelo pós-processamento e análise dos dados para determinar parâmetros e estatísticas relativas ao sono.

Estes módulos deverão ser escaláveis para possibilitar a adaptação do sistema a outros requisitos, ou a actualização do mesmo, com novos e melhores sensores e outras funcionalidades.

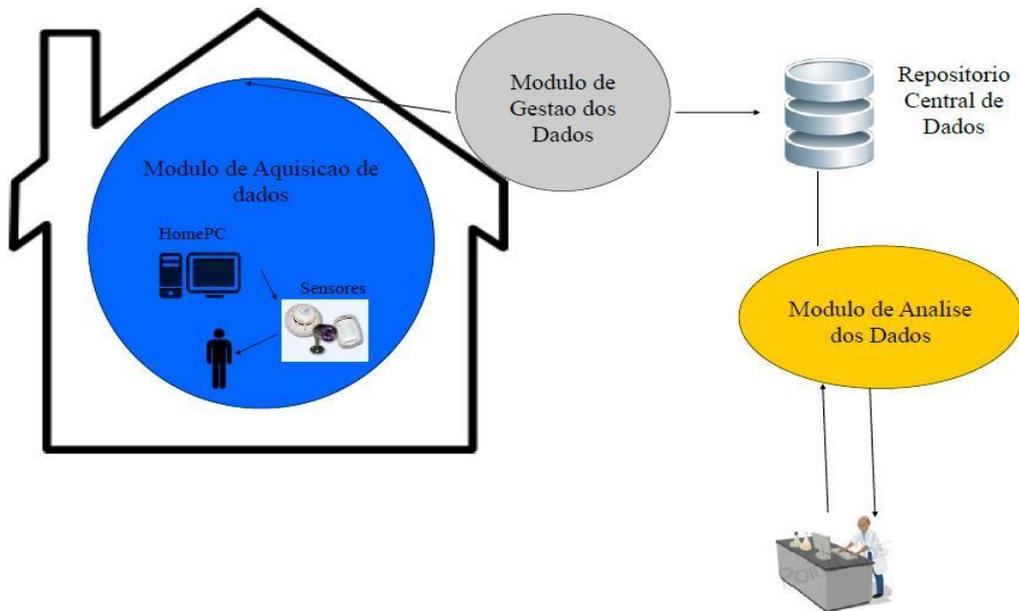


Figura 27: Arquitectura para o projecto SleepAssessment

5.3.1 Módulo de Aquisição de Dados

Este subsistema da nossa plataforma não-intrusiva de avaliação de sono em casa é o módulo sobre o qual se concentra toda a atenção sobre o utilizador e o seu conforto. É constituído por um computador e por um conjunto de sensores ligado a este, que transmite os dados sobre o sujeito da avaliação de sono e sobre o meio em que dorme. O computador utilizado, a que chamaremos de aqui em diante HomePC, tem de ter características especiais para não influenciar a avaliação do sono. Em primeira mão, é um requisito obrigatório que este seja absolutamente silencioso e que não emita o mais pequeno ruído. Nisto se distingue já dos computadores convencionais, cujas sistemas de refrigeração e disco duro emitem ruídos que podem influenciar o sono do utilizador. Para além do mais, não pode estar dotado de um monitor nem de luzes de presença, para não influenciar a luminosidade da habitação.

O computador escolhido para o efeito, apresentado na figura 28, tem as seguintes características:

Tabela 3: Características do HomePc

Características do HomePC	
Processador	Intel Atom CPU @ 1.80GHz
Motherboard	Intel D525MW
Memoria RAM	4 GB
Disco rígido	Intel SSDSA2CW600G3 600 GB Internal Solid State Drive
Tipo de Sistema	Windows 7 Professional (32 bit)

e comunicar com outros sensores, tais como pedómetros, sensores de frequência cardíaca, entre outros aparelhos baseados em transmissores de radio frequência.



Figura 29: uEye Camera



Figura 30: Chronos Watch

Actualmente está também a ser inserido o sensor Phidgets 1125 de temperatura e humidade. Os dados são encriptados e guardados no disco rígido do HomePC, ficando os dados assim protegidos contra eventuais acessos não autorizados. O acesso aos dados é possibilitado pelo Módulo de Gestão de Dados.

5.3.2 Módulo de Gestão de Dados

O Módulo de Gestão de Dados tem como objectivo interligar o HomePC e o repositório central dos dados. As suas tarefas compreendem a descriptação dos dados, e o seu posterior armazenamento em formatos adequados à sua consulta e análise. Também permite fazer a gestão de registos de pessoas.

Este módulo é constituído por duas componentes:

5.3.3 DataCollector

Este componente é uma aplicação que correrá no HomePC e que será utilizada pelo pessoal especializado para realizar o envio e a gestão dos dados. Para esse efeito, o HomePC será recolhido da casa do sujeito de avaliação de sono por pessoal especializado, que após a realização da autenticação, através de uma chave criptográfica guardada num dispositivo de armazenamento dos dados USB (como uma *pendrive* por exemplo), terá acesso à interface apresentada na figura 31, com a qual associa os dados as pessoas, e selecciona os dados que devem ser enviados para o Repositório Central de Dados, sendo o seu armazenamento tarefa da segunda componente do Módulo de Gestão de Dados, o DataHandler. Os dados são enviados ainda encriptados, por questões de segurança, e por questões de performance, dados os recursos mais limitados do HomePC. Esta aplicação foi desenvolvida em Java.

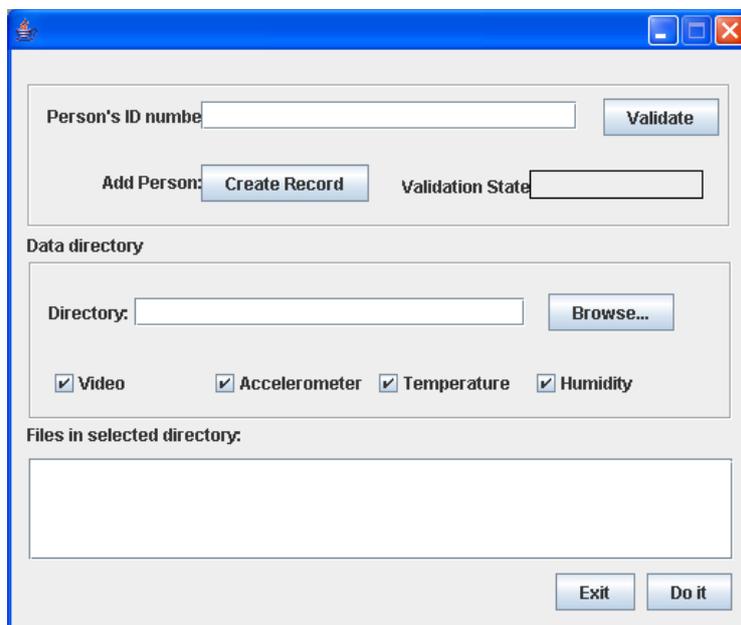


Figura 31: Interface do DataCollector

5.3.4 DataHandler

Este componente do Módulo de Gestão dos Dados é formada por um conjunto de *webservices* baseados em SOAP/XML a correr num servidor de aplicações JBOSS na máquina do servidor. Estes *webservices* serão utilizados pela aplicação do DataCollector para o envio, armazenamento e descriptação dos dados, como mencionado acima. São desenvolvidos seguindo um modelo multicamada (*business, logic, client*), para manter um bom grau de robustez e de modularidade, segundo a linha orientadora do J2EE. Os *webservices* são decompostos para obter uma modularização óptima do sistema, de modo a que cada *webservice* implemente um conjunto coerente e independente de funcionalidades do sistema. Esta característica vai de encontro à escalabilidade mencionada acima como requisito, pois permite alterar ou adicionar funcionalidades ao sistema com grande facilidade. Para evitar o excesso de operações *input/output*, utiliza-se o conceito de Objectos de Transferência: classes serializáveis que agrupam atributos relacionados, formando um valor composto, que são usadas como tipo de retorno de métodos da camada de negócio remotos.

As aplicações-cliente recebem instâncias desta classe como retorno de métodos de negócio *coarse-grained* (ou seja, que encapsulam os dados em componentes maiores), e depois acedem localmente aos valores dentro do objecto de transferência. Isto permite que se devolvam vários valores num só acesso ao servidor, reduzindo o tráfego de rede, uso do servidor e a latência [75].

Na figura 32 é apresentada em maior detalhe a comunicação dos dados entre os vários módulos apresentados e os componentes que os constituem.

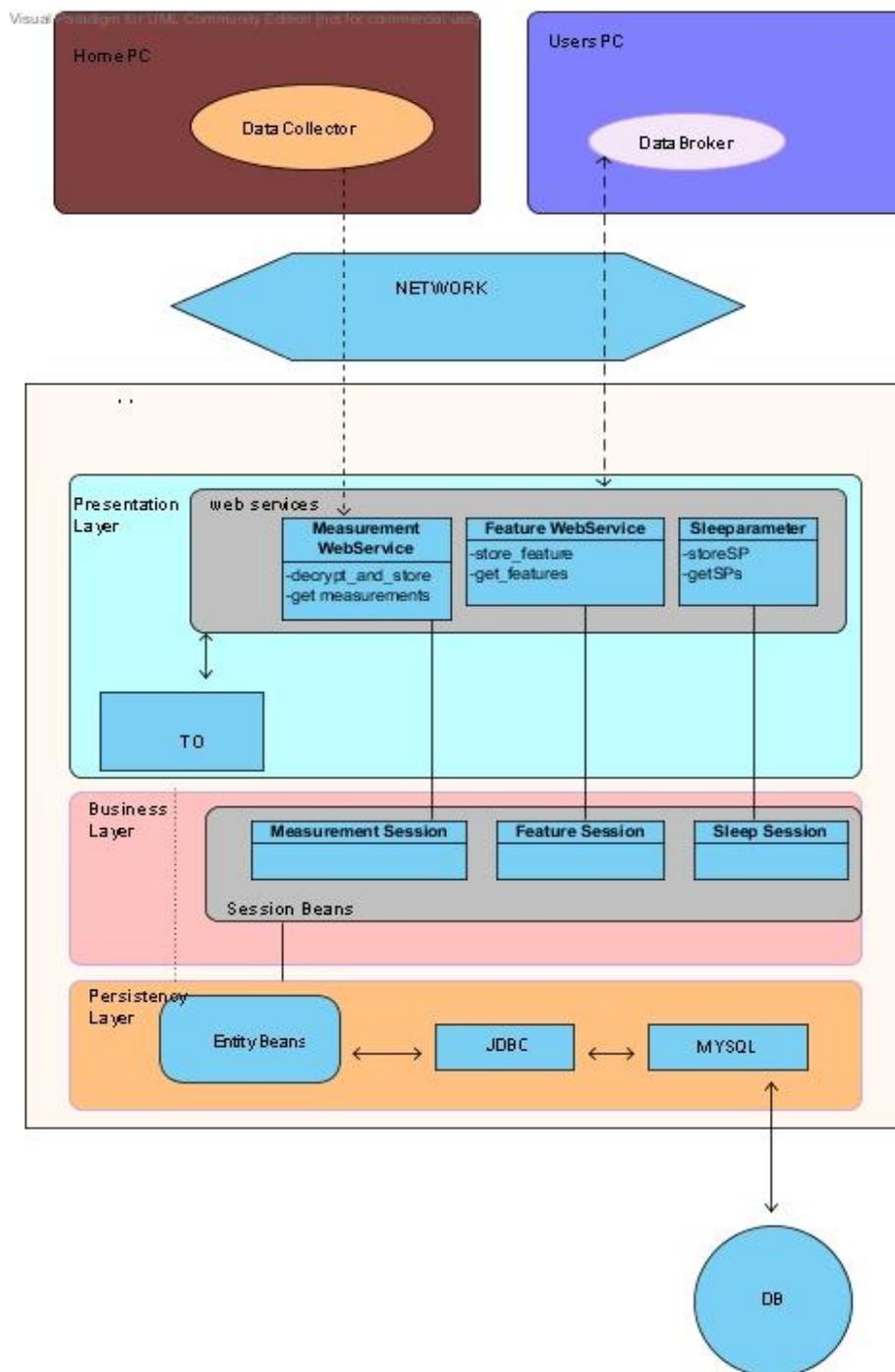


Figura 32: Arquitectura detallada da plataforma de aquisição de dados SleepAssessment

5.3.5 Repósitorio Central de Dados

O Repósitorio Central de Dados utilizará a tecnologia de bases de dados MySQL para guardar todos os dados relativos às medições efectuadas, os dados relativamente aos sujeitos de

avaliação do sono, e também informação relativa a parâmetros do sono e outras estatísticas. Para guardar a informação recolhida por sensores, foi criado um tipo genérico de medição, como apresentado na figura seguinte que apresenta o modelo de dados. De salientar aqui a composição entre *ScalarValue* e *VectorValue*: todos os valores de um *VectorValue* têm a mesma unidade, enquanto que muitos valores escalares podem ter vários tipos de unidades. Isto permite evitar problemas como o de guardar uma medição de pressão sanguínea, cuja medição tem 2 unidades: sistólica e diastólica.

Devido ao tamanho dos dados recolhidos pela câmara, os ficheiros com a informação vídeo serão guardados no sistema de ficheiros, e serão guardadas na base de dados informações relativas à informação contida nestes, de modo a permitir extrair a informação pretendida: *timestamp* inicial, *timestamp* final, tamanho das *frames*, entre outros.

Os dados relativos a parâmetros de sono (*sleep_parameters*) e a estatísticas (*calc_parameters*), apesar de terem estruturas idênticas às das medições, são guardados em tabelas diferentes devido às diferentes utilizações que lhes estão destinadas. Enquanto que os dados recolhidos pelos sensores, uma vez guardados, são mantidos definitivamente no Repositório Central de Dados, o resto dos dados poderá ser apagado e sofrer actualizações. Todos os dados serão associados a alguma pessoa (sujeito de avaliação do sono, no *data model* referido como *patient*), assim como os dispositivos que utilizar. O modelo de dados utilizado é apresentado na figura 33.

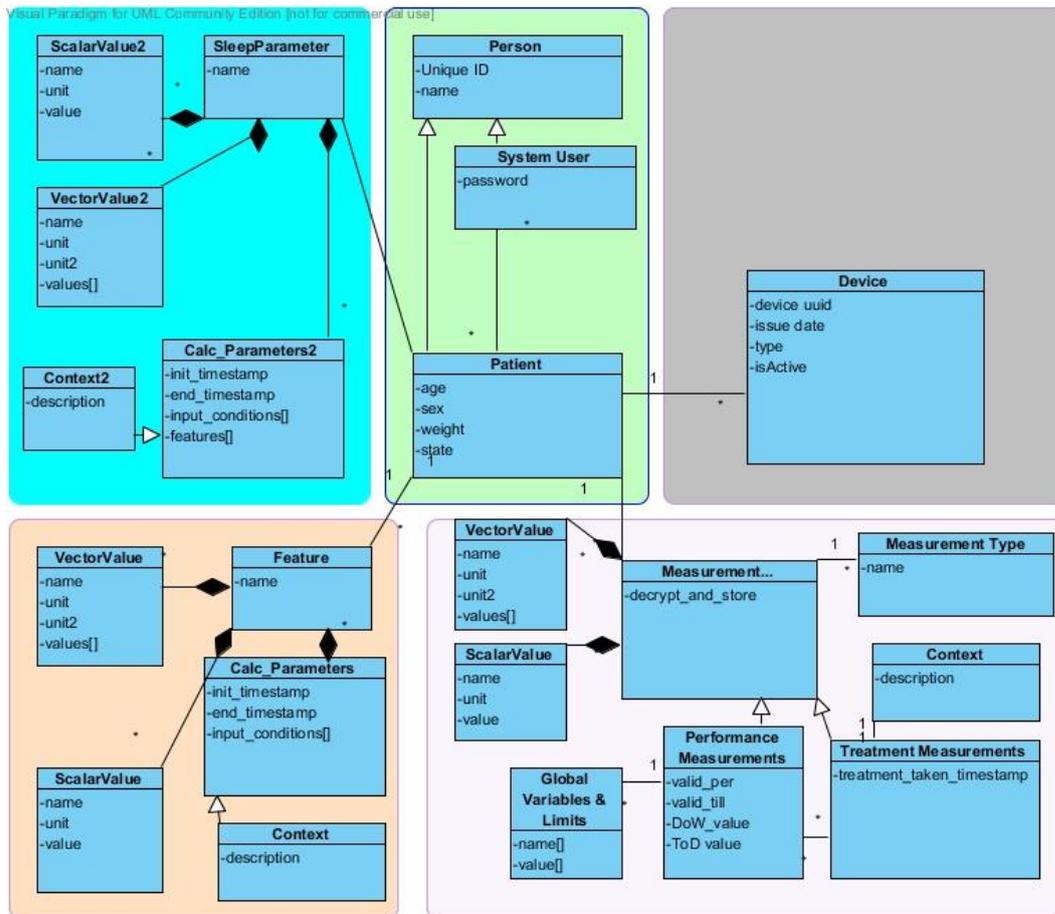


Figura 33: Modelo de Dados utilizado

5.4 Segurança

As medidas de segurança para salvaguardar a privacidade do sujeito da avaliação de sono são um requisito importante do sistema, pelo que vários esforços foram realizados para o alcançar. Uma medida de segurança importante passa por reduzir o acesso ao HomePC por parte do sujeito da avaliação ao mínimo essencial (para evitar que altera a configuração, por exemplo). O HomePC também não estará ligado à rede em ambientes domésticos, apenas será ligado à rede interna pelos profissionais especializados para gerir e armazenar os dados.

Para salvaguardar a segurança dos dados, estes são sujeitos a encriptação antes de serem armazenados no HomePC. A encriptação é feita da seguinte maneira: os dados são encapsulados num pacote com o algoritmo de chave simétrica por blocos AES de 128 bits, e a chave é encriptada com o algoritmo de chave pública RSA 1024. Os algoritmos assimétricos,

como o RSA 1024 não são adequados para decifrar grandes quantidades de dados, devido à complexidade dos cálculos e tamanho das chaves, ao contrário dos algoritmos simétricos como o AES 128. Como estes algoritmos oferecem boas garantias de segurança, utilizamos uma combinação dos dois para garantir uma maior segurança ao sistema. A chave encriptada e a chave pública são incluídas no cabeçalho do pacote de dados. Quando o sistema é recolhido do ambiente doméstico por um profissional e ligado à rede interna onde está o servidor, o utilizador insere um dispositivo de armazenamento dos dados USB que contém a chave privada, e com ela descodifica a chave AES. Esta chave é então utilizada para obter os dados descodificados. A última medida de segurança está relacionada com o acesso aos *webservices* (os ficheiros wsdl), que é protegido através da utilização de um endereço não publicado para os *webservices*.

6 Conclusões e Trabalho futuro

Os problemas trazidos pelo envelhecimento da população, com enfoque particular nas doenças crónicas, e o previsível agravamento da necessidade de serviços de saúde por parte da população, requerem uma evolução urgente dos serviços de saúde. Acreditamos que a monitorização remota de pessoas e ambientes desempenhará um papel importantíssimo no futuro dos serviços de saúde, fornecendo soluções para melhorar:

- A qualidade de vida dos pacientes dando-lhes mais atenção e liberdade;
- A qualidade dos serviços de saúde dotando-os de maior personalização, maior disponibilidade e eficácia no atendimento ao paciente;
- As instituições de saúde, aliviando-as graças à diminuição do número de visitas de pacientes.

Com o trabalho realizado que descrevemos nesta dissertação, demonstramos que já é possível, utilizando apenas tecnologias atuais, criar e implementar ambientes de monitorização com diferentes características e propósitos (por exemplo, monitorização de pessoas com necessidades especiais, monitorização de ambientes, como demonstramos neste documento), facilmente personalizáveis e com a capacidade de integração em sistemas maiores de vigilância e assistência. Demonstramos, com o trabalho desenvolvido nos dois projectos apresentados, que é possível monitorizar a saúde das pessoas reduzindo o impacto desta actividade no seu dia-a-dia ao mínimo, possibilitando assim um aumento da sua qualidade de vida, e dando um novo passo na evolução dos serviços de saúde com vista a uma maior personalização dos seus serviços e automatização das suas acções.

6.1 Síntese do Trabalho Realizado

Os principais objectivos para este trabalho focavam-se no estudo da monitorização e sensorização e nos desafios inerentes ao desenho e desenvolvimento de uma arquitectura flexível para uma plataforma de monitorização de sinais vitais integrável com outros sistemas. Para atingir estes objectivos, foram várias as contribuições do trabalho realizado no âmbito desta dissertação. O trabalho realizado dividiu-se em duas partes: a primeira parte foi realizada na

Universidade do Minho, no projecto Unimon, integrado no desenvolvimento da plataforma VirtualECare; por fim, no âmbito de um estágio profissional, foi realizado trabalho no âmbito do Projecto Sleep Assessment na Philips Research em Eindhoven, no departamento de Personal Health Solutions.

Na primeira fase do projecto, depois de estudar amplamente o tema da monitorização e sensorização, procedeu-se ao desenho de uma arquitectura para um sistema móvel de monitorização de sinais vitais de pacientes, caracterizada pela sua capacidade de integração, pela sua modularidade e pela universalidade da sua arquitectura, que lhe permite adaptar-se facilmente a diferentes situações e necessidades de monitorização. Para validar a arquitectura obtida e as ideias que a geraram, realizou-se na etapa seguinte o desenho e implementação de uma plataforma de simulação para testar e validar o sistema desenhado. Tendo esta etapa sido realizada com sucesso, procedeu-se por fim à divulgação dos resultados através da publicação do artigo **“Systems to Monitor an Ambulatory Patient”** e da sua apresentação no International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence (DCAI'11) Salamanca, 6th - 8th April 2011.

Na segunda fase do trabalho realizado, no âmbito do Projecto Sleep Assessment, procedeu-se, numa primeira etapa, ao estudo das particularidades da recolha de dados em estudos de sono e ao cruzamento deste conhecimento com o obtido na primeira parte do trabalho para se proceder com o desenho de uma plataforma para a aquisição, armazenamento e análise de dados para estudos de sono em ambientes domésticos. Por fim, para validar a arquitectura obtida, procedeu-se à implementação e teste do módulo responsável pela recolha e armazenamento dos dados desta plataforma.

6.2 Trabalho Futuro para o projecto Unimon

Para este projecto há ainda muito trabalho futuro a considerar para que esta plataforma se evidencie das suas semelhantes, e para poder utilizar um seu protótipo em cenários reais.

Entre as várias portas abertas, seguindo a linha de continuidade do trabalho descrito neste documento, uma das tarefas mais importantes para a utilização do sistema seria dotar o sistema de mais sensores: a implementação do ambiente de simulação foi baseada apenas num

sensor de ECG. Seria útil e interessante (e de acordo com a funcionalidade pretendida para o sistema) aumentar as funcionalidades do sistema, dotando-o de mais sensores com diferentes características. Por exemplo, seria interessante dotar o sistema de sensor de temperatura corporal, sensor de respiração, de EMG, de actividade electrodermal, entre muitos outros, que permitiriam inferir muito mais conhecimento sobre o estado de saúde do paciente e permitir uma monitorização e análise do seu estado de saúde mais completas.

Uma ideia promissora seria a utilização do GPS para fornecer aos fornecedores de serviços de saúde e familiares a localização do paciente. O GPS vem incluído em grande parte dos últimos *smartphones* actuais, pelo que a sua inclusão provavelmente não acrescentaria grandes custos ou mais *hardware*. Com o GPS, a localização do paciente seria sempre conhecida e a assistência em caso de emergência facilitada.

Outra ideia interessante seria utilizar o acelerómetro e o axiómetro, sensores embutidos no telemóvel utilizado, para dotar o sistema da capacidade de detecção de quedas. O grau de confiança deste sistema teria de ser muito elevado, dadas as consequências dos falsos alarmes (mobilização de recursos e de profissionais de saúde em vão).

Outra importante tarefa para viabilizar a utilização do sistema seria dotar o sistema de mecanismos que garantam a protecção dos dados, privacidade do paciente e confiabilidade do sistema: a confidencialidade dos dados é um assunto fundamental que tem de ser abordado, dada a natureza pessoal dos dados, independentemente das necessidades do paciente. Neste mesmo campo, seria preciso dotar o sistema de maior robustez e solidez, e resolver todas as possíveis questões relacionadas com a tolerância a falhas: uma vez que a saúde e bem-estar dos utilizadores é o objectivo principal deste sistema, não é admissível que o sistema possa falhar em momentos críticos.

Em termos de ampliação das capacidades do sistema desenvolvido, o sistema implementado poderia ser dotado de um dado grau de inteligência e proactividade, detectando casos anormais (baseados em conhecimento) e reagindo em conformidade (lançando alertas para as actividades e para o paciente ou transmissão da sua localização às entidades competentes em caso de emergência, por exemplo). O sistema também teria a iniciativa de transmitir alertas ao doente com vista à sua segurança e bem-estar, como, por exemplo, lembrá-lo de tomar a medicação, de repousar se estiver sobressaltado, entre outros casos. Uma ideia

importante e que já foi referida antes neste trabalho, é a possibilidade de integrar este sistema com uma agenda inteligente, como o iGenda, que ajude o paciente a organizar a sua vida, lembrando-o de eventos importantes, inclusive os relacionados com a sua saúde (avisá-lo para tomar medicamentos, consultas, entre outros exemplos).

Por fim, faz ainda falta testar o sistema e os resultados obtidos em ambientes reais de utilização: os testes efectuados e os resultados obtidos foram obtidos num ambiente de simulação. A utilização de sensores reais e o teste com utilizadores em tempo real possibilitaria testar o sistema num ambiente adequado ao propósito para o qual foi desenhado, e detectar e eliminar possíveis lacunas no seu desenho e implementação.

6.3 Trabalho Futuro para o projecto SleepAssessment

O projecto SleepAssessment levanta ainda muitos desafios. O sistema desenvolvido carece ainda das interfaces adequadas para a consulta dos dados por parte dos profissionais responsáveis. O Desenvolvimento das interfaces adequadas para a disponibilização dos dados, e a sua disponibilização em diferentes formatos que satisfaçam as necessidades dos profissionais que utilizarão os dados para análise (matlab, excel, entre outros).

Outra tarefa importante passa por dotar o sistema de mais sensores: procurar e adaptar outros sensores a este sistema, com a sensibilidade inerente à sua função de recolha de informação não-obtrusiva durante o sono. Como exemplos de sensores que seria interessante incluir no sistema: ECG, EMG, temperatura corporal, humidade, temperatura na habitação do paciente, entre outros). Uma ideia interessante seria integrar este sistema com outras plataformas de vigilância e possibilitar assim a recolha de dados em tempo real para acompanhar a saúde da pessoa, em evz da actual utilização *offline* para a qual o sistema está preparado.

Por fim, seria interessante dotar o sistema da capacidade de criar cópias *offline* dos dados: pode ser do interesse dos investigadores aceder aos dados fora do laboratório onde reside o Repositório de Dados onde os dados são guardados.

6.4 Trabalho futuro comum aos dois projectos

Há linhas comuns nos dois projectos que se fundem em ideias de trabalho futuro, do qual os dois projectos beneficiariam. Uma das ideias passa pelo uso de sistemas de localização. No caso do sistema Unimon, já referimos a utilização do GPS. Contudo, se o paciente se encontrar no seu ambiente doméstico ou numa instituição, seria uma mais-valia a utilização de sistemas de localização mais precisos: o RFID poderia ser utilizado pelos dois sistemas para detectar a presença do utilizador no seu ambiente doméstico, e agir em conformidade. No caso do primeiro sistema, em caso de detecção da presença do utilizador em casa, poder-se-ia, por exemplo, comunicar aos serviços de saúde a sua localização. No caso do SleepAssessment, sendo detectada a sua presença no quarto, poder-se-ia accionar automaticamente o sistema de vigilância de sono.

A utilização das novas tecnologias em vez de serviços prestados directamente por profissionais de saúde é uma ideia nova e estranha para muita gente, sobretudo nas faixas etárias dos mais idosos. Um requisito importante para a implementação deste tipo de sistemas passa por avaliar a aceitação destas tecnologias por parte dos utilizadores: a alta componente tecnológica presente nos dois sistemas poderá suscitar desconfiança por parte dos utilizadores, especialmente por parte dos mais idosos. Um estudo detalhado acompanhado com testes sobre a sua utilização na vida real deve ser realizado.

Uma filosofia importante neste tipo de sistemas passa por não deixar de procurar ideias para os melhorar. Não se deve deixar de acompanhar a evolução das tecnologias de informação e comunicação: com a evolução destas tecnologias, surgirão naturalmente tecnologias e componentes que permitirão melhorar ou completar sistemas constantemente (por exemplo, sensores melhores, com maior autonomia, entre outros)

Por fim, é preciso precaver eventuais problemas legais: devido às diferentes leis relativas a tecnologias, saúde e privacidade dos dados em vigor em diferentes países ou zonas, é preciso estudar detalhadamente as questões legais que a utilização destes sistemas possa levantar.

7 Bibliografia

1. Congressional Budget Office. Global Population Aging in the 21st Century and Its Economic Implications. 2005.
2. United Nations. World Population Ageing 1950-2050. 1998.
3. Bloom David E., Canning David, Fink Günther. Population Aging and Economic Growth. 2008.
4. Turner Dave, Giorno Claude, De Serres Alain, Vourch Ann, Richardson Pete. The Macroeconomic Implications of Ageing in a Global Context. 1998.
5. Christ Grace, Diwan Sadhna. Chronic Illness and Aging. Grace. 2008.
6. Busse Reinhard, Blümel Miriam, Scheller-Kreinsen David, Zentner Annete. Tackling chronic disease in Europe: strategies, interventions and challenges. World Health Organization; Observatory Studies Series No. 20;pp xiii + 128 ; 2010; ISBN 9789289041928.
7. Coutinho Clara P., Sousa Adão, Dias Anabela, Bessa Fátima, Ferreira M^a José, Vieira Sandra. Investigação- Acção: Metodologia Preferencial nas Práticas Educativas. Colégio Internato dos Carvalhos; Revista Psicologia, Educação e Cultura; 13:2 355-379; Dezembro, 2009; ISSN 0874-2391.
8. HermanMiller. Coordinating Care in a Age of Chronic Illness. 2010.
9. Malan David, Fulford-jones Thaddeus, Welsh Matt, MoultonCodeBlue Steve. An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care. In Proceedings of the MobiSys 2004, Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004). 2004.
10. Shnayder Victor, Chen Borrong, Lorincz Konrad, R. F. FulfordJones Thaddeus, Welsh Matt. Sensor Networks for Medical Care. Harvard University Technical Report TR-08-05, April 2005.
11. Konrad Lorincz, David J. Malan, Thaddeus R.F. Fulford-Jones, Alan Nawoj, Antony Clavel, Victor Shnayder, Geoff Mainland, Steve Moulton, and Matt Welsh. Sensor Networks for Emergency Response: Challenges and Opportunities. Sensor Networks for Emergency Response: Challenges and Opportunities. IEEE Pervasive Computing. October - December, 2004.

12. Yang Maohua, Lüpkes Christian, Dogac Asuman, Yuksel Mustafa, Tunçer Fulya, Namlı Tuncay, Plöbning Manuela, Ulbs Jürgen, Eichelberg Marco. iCARDEA - An approach to reducing human workload in cardiovascular implantable electronic device follow-ups. *Computing in Cardiology*; 2010.
13. Konstantas Dimitri, Bults Richard, Van Halteren Aart, Wac Katarzyna, Jones Val, Widya Ing, MobiHealth: Ambulant Patient Monitoring Over Public Wireless Networks. *Proceedings of MEDICON 2004*; July 31 - August 5, 2005; ISBN 88-7780-308-8.
14. Van Halteren Art, Bults Richard, Wac Katarzyna, Konstantas Dimitri, Widya Ing, Dokovsky Nicolai, Koprinkov George, Jones Val, Herzog Rainer. *Mobile Patient Monitoring: the MobiHealth System. Journal on Information Technology in Healthcare*; vol.2 ; 2004.
15. Jones Val, Van Halteren Art, Bults Richard, Konstantas Dimitri, Widya Ing, *MobiHealth: Mobile Healthcare (IST-2001-36006)*; University of Twente; 2003.
16. Weil David, *Population Ageing, Working Papers 2006-09*, Brown University, Department of Economics, 2006.
17. United Nations. *World Economic and Social Survey 2007*; 2007.
18. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. *Chronic Diseases: The Power to Prevent, the Call to Control. At a Glance*; 2009.
19. Commins John, *Cleveland Clinic's New Health Center Will Feature 'Patient Navigators' to Coordinate Care. HealthLeaders Media*; 2010.
20. Costa, Angelo. *Memory Assistant: Planeamento e Organização de Agendas. Universidade do Minho. 2010.*
21. Costa, Luis da. *Apoio à Tomada de Decisão em Grupo na Área da Saúde. Universidade de Trás os Montes e Alto Douro. 2009.*
22. Carneiro, Davide. *Simulating and Monitoring Ambient Assisted Living. Universidade do Minho. 2010.*
23. MyGlucoHealth. *MyGlucoHealth Sheet. Entra Health Systems. 2009.*
24. PLUX. *bioPLUX Research. PLUX Wireless Biosignals. 2010.*

25. VitalJacket. VitalJacket: wearable ECG. 2010.
26. Reid, Jim. A Telemedicine Primer: Understanding the Issues. Innovative Medical Communications; 1996.
27. Brown, Nancy. Telemedicine Coming of Age. Telemedicine Information Exchange; 1996.
28. American Telemedicine Association. Telemedicine Defined. Retrieved from: <http://www.americantelemed.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3333>; 2011.
29. Allan, Roger. A brief history of Telemedicine. Retrieved from: <http://power.elecdesign.com/Articles/Index.cfm?ArticleID=12859>; 2006.
30. Bashshur Rashid L., W. Shannon Gary. History of Telemedicine. Mary Ann Liebert Publishers Inc., 2009.
31. Welsh, Teresa Smith. Telemedicine. The University of Southern Mississippi; Retrieved from: <http://ocean.otr.usm.edu/~w146169/telemed.htm>; 1999.
32. Departamento de Ciências da Informação e da Decisão em Saúde da Universidade do Porto. Telemedicina. Curso de Informática Médica. 2006.
33. Fong Bernard, Fong , Li C.K. Telemedicine Technologies. John Wiley and Sons, 2009.
34. Markets and Markets. Telemedicine Market in Brazil, Russia, India, China (BRIC). 2010.
35. Timm-Giel Andreas, Stefan Aust Amadou, Görg Carmelita, Ehrichs Lars, Kus Mehmet, Wischnewsky Manfred B. UMTS Application Trials: Teleambulance in the IST project xMOTION IST Mobile Summit 2003; Aveiro Portugal; June 2003.
36. Timerman, Sergio. Telemedicina e sua Aplicação em Emergências. Retrieved from: Treinamento Integrado em Medicina de Emergência; 2008.
37. Laboratório de Telemedicina da PUCRS. TeleEducação. Pontificia Universidade Católica de Rio Grande do Sul. 2009.
38. MedCenter. MedScape. Retrieved from: www.medcenter.com; 2010.
39. Cremorne, Lowel. Cisco's Virtual Hospital Opens. The Metaverse Journal; 2008.

40. Ministério da Saúde. Portal da Saúde. Retrieved from: <http://www.min-saude.pt/portal>; 2011.
41. PlayStudies. Ambient Intelligence – Philips and ISTAG. Shapers of Experience - Towards the affect of intimacy. December 1, 2010.
42. Clark, Simon Birrell. From Devices to "Ambient Intelligence". Digital Living Room Conference; 1998.
43. CNN. The laboratory shaping our future. December 2, 2004.
44. Europe's Information Society. Ambient Intelligence. 2004.
45. Sampson, Fred. Why Do I Want Ambient Intelligence? "Pushing the Envelope" from ACM interactions; 2005.
46. Philips Research Technologies. Ambient Intelligence. 2004-2011.
47. Weiser, Mark. The Computer for the 21st Century. Scientific American, No. Communications, Computers, and Network; 1991.
48. Craiger, J. Philip. Ubiquitous Computing. Leading Edge; 2002.
49. Goel, Anita. Computer Fundamentals. Pearson Education India; 2010.
50. Ehlert, Patrick. Intelligent User Interfaces: Introduction and Survey. Delft University of Technology. 2003.
51. Ahola, Jari. Ambient Intelligence. ERCIM News No.47; 2001.
52. Australian Institute of Welfare. Premature mortality from chronic disease. Bulletin no. 84; 2010.
53. World Health Organization. Noncommunicable Diseases and Mental Health. 2011.
54. Davies, Ken. Powering Preventative Medicine. Bio-IT World; 2011.
55. Costa, Ricardo. Collaborative networks in Ambient Assisted Living. Universidade do Minho. 2009.
56. Costa, Angelo. IGenda: An Intelligent Agenda Organizer. Universidade do Minho; 2009.

57. Memory Assistant: Planeamento e Organização de Agendas. Araújo, Ângelo Gonçalo. Universidade do Minho, Departamento de Informática. 2010.
58. KligField, Paul. Automated Analysis of ECG Rythm. Clinical Window Web Journal: Window on Cardiology, Vol. 20; 2005.
59. Costa A., Barbosa G., Melo T., Novais P., Using Mobile Systems to Monitor an Ambulatory Patient, in International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence, Abraham A., Corchado J.M., Rodríguez González S., de Paz Santana J.F. (Eds.), Springer - Series Advances in Intelligent and Soft Computing, vol. 91, ISBN: 978-3-642-19933-2, pp. 337–334, 2011.
60. Pejman, Jonathan Leary. 802.11 Wireless Lan Fundamentals. Cisco Press; 2004.
61. Wang Tongyuan. A Review of Bluetooth Technology Fundamentals and its Application to Scatternets: Concepts, principles, applications and perspectives. LAP LAMBERT Academic Publishing; December 10; 2010. ISBN-10: 3843377952.
62. Gislason, Drew. Zigbee Wireless Networking. Newnes Publications; 2008,
63. Dave Mark, Jeff LaMarche. Beginning iPhone Development: Exploring the iPhone SDK. Apress; 1st ed. 2009. Corr. 4th printing edition; November 21, 2008. ISBN-10: 1430216263.
64. Wargo, John M. BlackBerry Development Fundamentals. Addison-Wesley Professional; 1 edition; November 15, 2009. ISBN-10: 0321647424
65. Aubert Michael. Quick Recipes on Symbian OS: Mastering C++ Smartphone Development. Wiley; 1 edition; August 26, 2008. ISBN-10: 0470997834
63. Professional Android 2 Application Development. Wrox; March 1, 2010. ISBN-10: 0470565527. ISBN-10: 0735623589.
67. Wigley Andy, Moth Daniel, Foot, Peter. Microsoft Mobile Development Handbook. Microsoft Press; 1 edition; May 30; 2007.
68. Oliver, Earl. A Survey of Platforms for Mobile Networks Research. University of Waterloo.
69. A Survey of Mobile Platforms for Pervasive Computing. der, Hielko van. University of Groningen Computing Science. 2010.

70. Jian, Betty Barlow. A Java case study: The power of J2EE. Retrieved from: javaworld.com; Accessed August 20, 2011.
71. Oracle. Java 2 Platform, Enterprise Edition (J2EE) Overview. Retrieved from: <http://java.sun.com/j2ee/overview.html>; Accessed August 10, 2011.
72. Norman, Sam Griffith. JBoss: A Developer's Notebooks. O'Reilly, 2005.
73. Monson-Haefel, Richard. J2EE Web Services: XML SOAP WSDL UDDI WS-I JAX-RPC JAXR SAAJ JAXP. Addison-Wesley Professional, 2003.
74. Lee-Chiong, Teofili L. Sleep: A Comprehensive Handbook. Wiley-Liss; 2005.
75. Oracle. Design Patterns: Transfer Object. Accessed October 10, 2011.
76. Sabbatini, Renato M.E. O Computador no Processamento de Sinais Biológicos. Revista Informédica; Vol. 2, pp. 5-9; 1995.

