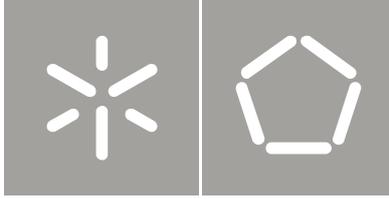


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Alberto Cardoso Marques

**Inteligência Ambiente em Serviços de
Saúde baseada em Ontologias e na
Descoberta de Conhecimento em Bases de
Dados e/ou Bases de Conhecimento**

junho, 2012



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Alberto Cardoso Marques

**Inteligência Ambiente em Serviços de
Saúde baseada em Ontologias e na
Descoberta de Conhecimento em Bases de
Dados e/ou Bases de Conhecimento**

Tese de Doutoramento

Engenharia Biomédica

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor José Carlos Ferreira Maia Neves

Professor Cesar Analide Rodrigues

Junho, 2012

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, _____/_____/_____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Não obstante a minha ambição de obter o presente Doutoramento, sem o apoio de muitos, professores, colaboradores do SI do CHTS,EPE, alguns amigos ligados ao sector da saúde, e a família, não teria sido possível encontrar a capacidade e a vontade necessárias para superar a menor disponibilidade que as funções inerente à responsabilidade de PCA do CHTS,EPE exigiam.

Quero, por isso, agradecer em primeiro lugar aos meus orientadores, Professor Doutor José Maia Neves e ao Professor Doutor Cesar Analide, o constante incentivo e a superior orientação científica, sem o qual não teria sido possível chegar até aqui.

Um agradecimento muito especial aos professores e colegas co-autores dos trabalhos realizados, particularmente ao Professor Doutor José Maia Neves pelas sugestões e contribuições que sempre disponibilizou, que em diversas momentos tiveram impacto positivo nas minhas decisões de gestão e na modernização dos Serviços de Saúde a custos económicos sustentáveis.

Um abraço apertado à minha mulher, Rosa, e aos meus filhos Helena, Luís e Mariela, que incondicionalmente, e com sacrifícios, sempre me apoiaram em todos os momentos da minha vida profissional.

Resumo

Avanços em novas Metodologias para a Resolução de Problemas e o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) possibilitam uma nova conceção dos processos ao nível dos Serviços de Saúde, baseados no uso e na integração de dados e conhecimentos a todos os níveis, num ambiente relacionado com Instituições de Saúde. De facto, as novas tecnologias de comunicação suportarão a transição de uma aproximação baseada na instituição, para uma abordagem baseada no utente, i.e., o Sistema de Saúde está confrontado com uma série de desafios, nomeadamente os relacionados com a qualidade da informação e o custo de tais processos. Por outro lado, o nível de saúde já atingido em Portugal não permite uma degradação do nível e qualidade de serviços já oferecidos aos cidadãos a quem constitucionalmente é garantido o direito à saúde. Importa encontrar formas de concertar a governação clínica (*clinical governance*) com a gestão económica dos serviços de saúde, muito particularmente para a desejada sustentabilidade do Serviço Nacional de Saúde.

A prestação de cuidados de saúde a custos controlados, dotando o utente de capacidade para participar nesse processo, e a utilização e reutilização de informação, são aspetos importantes para a instituição prestadora de cuidados de saúde.

O nosso principal intuito será o de encontrar formas e métodos de superação da atual dispersão de informação nos diversos serviços, departamentos e setores da saúde, muito coincidentes com a situação deficitária, por vezes desagregada, dissociada dos problemas, onde impera a desmotivação e se propiciam assimetrias nos cuidados de saúde sejam hospitalares, ou ao nível dos cuidados primários e outros.

Importará garantir a acessibilidade aos cidadãos, particularmente aos doentes, disponibilizando cuidados de saúde oportunos, integradores, que respeitem as reais necessidades de saúde das pessoas e sejam administrados segundo as melhores práticas de gestão clínica e de

administração. Para promover tal desiderato importa articular e integrar procedimentos, controlar metas e resultados.

Importará maximizar a utilização das TIC's, exigindo-se para tal soluções de integração e interoperabilidade de processos, criando verdadeiros sistemas de informação integrados, multidisciplinares, que considerem as necessidades e legítimos interesses dos *stakeholders* da saúde.

As infraestruturas das TIC's deverão, por conseguinte, refletir a visão do sistema de prestação de cuidados de saúde de forma não intrusiva, onde a informação possa fluir de forma transparente entre as instituições e os profissionais de saúde. Assim, o trabalho desenvolvido e apresentado nesta tese abordará aspetos chave que deverão estar relacionados com a utilização da tecnologia e dos sistemas de informação numa visão centrada no utente, na prestação de cuidados de saúde e na gestão e prevenção de doenças. Tratar-se-á de consolidar uma visão global da assistência hospitalar, articulada e integrada com outros setores e saberes, oferecendo aos cidadãos cuidados de saúde garantidamente adequados, sustentados em processos de integração da informação e de automação aceitáveis e oportunos, atendendo às ontologias médicas e melhores práticas profissionais, que transmitam maior proximidade aos utentes, permitindo, no limite, monitorizar e tratar os doentes no seu domicílio.

Abstract

Advances in new Methodologies for Problem Solving and Information Technology enable a fundamental redesign of health care processes based on the use and integration of data and/or knowledge at all levels, in a healthcare environment. Indeed, new communication technologies will support the transition from institution centric to patient-centric based applications, i.e., the health care system is faced with a series of challenges, namely those concerning quality-of-information and the cost-effectiveness of such processes. On the other hand, the health level achieved in Portugal does not allow anymore the degradation of the quality of services provided to citizens, to whom, constitutionally, is guaranteed the right to have health care treatments. It is important to gather clinical governance with the economic management of health care services, particularly to achieve the desired sustainability of the National Health Service (Serviço Nacional de Saúde).

The distribution of cost-effective health care allowing the patient to take active part in the caring process, provision of evidence based care on all levels in the system and effective use and reuse of information are key issues for the health care organization.

Our main aim will be the finding of ways and methods to overpass the actual scattering of information through the services, departments and health sectors, where personal motivation is difficult to attain, and the health care treatments are becoming disparate, at all levels.

It should be guaranteed, to the citizens, mainly the sick or the needy, providing timely health care concerning the real needs of people through practices recognized as the best, from the clinical point of view. To promote such goal it is important to integrate procedures and to control results.

The use of IT's should be maximized through the application of interoperability procedures, creating truly integrated information services, considering the needs and interests of the health care stakeholders.

The information and communication technology infrastructure should, therefore, reflect the view of the health care system as a seamless system where information can flow across organizational and professional borders. Thus, the work presented in this thesis, it will be address key principles that must be at the center of patient-centered use of technologies for the health care and disease management and prevention.

A global vision of hospital assistance will be gathered, integrated with other sectors an know-how, providing citizens with adequate health care services, supported by information integration and automation procedures acceptable and secure, respecting clinical ontologies and the best medical practices, insuring the needed proximity to citizens, allowing, at the limit, to monitor ant to give care to patients at home.

Tabela de Conteúdos

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	7
ABSTRACT.....	9
TABELA DE CONTEÚDOS	11
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS.....	17
ABREVIATURAS	19
1 INTRODUÇÃO	21
1.1 Motivação.....	24
1.1.1 <i>Clinical governance</i> e gestão hospitalar: a cumplicidade necessária.....	25
1.1.2 Inovar para gerir melhor: desafios do Séc. XXI.....	26
1.2 Enquadramento.....	27
1.2.1 A experiência em funções de organização e gestão de serviços de saúde.....	27
1.2.2 O Sistema de Informação do Hospital Padre Américo – Vale do Sousa	30
1.2.3 A informação na governação clínica e económica da saúde.....	33

1.3	Estado da Arte.....	34
1.3.1	Inteligência Ambiente	34
1.3.2	<i>Business Integration for Healthcare</i>	35
1.3.3	Cooperação Interinstitucional.....	35
1.4	Hipótese de trabalho	37
1.5	Objetivos	39
1.6	Planeamento de atividades	42
1.6.1	Descrição das Tarefas	42
1.6.2	Metodologias Experimentais.....	43
1.7	Estrutura do Documento.....	43
2	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	45
2.1	A Gestão da Saúde	45
2.2	Interoperabilidade.....	52
2.2.1	Interoperabilidade Semântica.....	55
2.3	Inteligência Ambiente	56
2.4	Aprendizagem Máquina: Ferramentas e Ambientes de Trabalho	57
2.5	Extração de Conhecimento e Sistemas Inteligentes	58
3	TRABALHOS CIENTÍFICOS.....	61
3.1	Ambient Assisted Living.....	62
3.2	Uma abordagem multi-agente ao ensino médico utilizando a Web	76
3.3	Patient Monitoring under an Ambient Intelligence Setting.....	92
3.4	The inference process with quality evaluation in healthcare environments.....	102
3.5	Archetype-based semantic interoperability in healthcare	110

3.6	AIDATrace : interoperation platform for active monitoring in healthcare environments	116
3.7	Sensorization and Intelligent Systems in Energetic Sustainable Environments	122
4	TRABALHOS E CASOS EXPERIMENTAIS.....	129
4.1	Monitorização Embebida na Prestação de Cuidados de Saúde (Projeto EMON).....	130
4.2	Criação de Sistema de Apoio à Decisão (Projeto SAD)	132
4.2.1	Metodologia para Definição, Desenvolvimento, Utilização e Manutenção de KPIs ..	132
4.2.2	Princípios Gerais.....	132
4.2.3	Desenvolvimento e Utilização	133
4.3	2009 Joint Comission Executive Briefings – Genoa, Italy	138
4.4	“SINAIH” – Hospital IS, as a strategy to sustain quality improvements.....	139
4.5	Interoperação de Sistemas – Projeto TraceMe.....	144
5	CONCLUSÕES	157
6	REFERÊNCIAS	161
	ANEXO A	165
	ANEXO B.....	177

Lista de Figuras

Figura 1.1: Integração de Informação.....	22
Figura 1.2: SIS integrado do CHTS.....	24
Figura 1.3: Estratégia para o SIS.....	27
Figura 1.4: Sistema Integrado de Informação	29
Figura 1.5: Ideal de integração de sistemas de informação.....	31
Figura 1.6: Modelo para a integração de sistemas de informação	32
Figura 1.7: Arquitetura para a interoperabilidade em SIS com integração.....	32
Figura 1.6: Sistema multiagente inteligente	35
Figura 1.7: Processo de Extração de Conhecimento	37
Figura 1.10: Modelo de integração de pessoas, processos e tecnologias.....	38
Figura 1.11: Virtual ECare Framework (AIDA)	39
Figura 1.11: SIS, políticas de privacidade.	40
Figura 2.1: Plano Nacional de Saúde 2011-2016	47
Figura 2.2: Repartição funcional da despesa pública em Portugal.....	48
Figura 2.3: Despesa pública por funções (% do PIB)	49

Lista de Tabelas

Tabela 4-A: Fatores Críticos de Sucesso	136
Tabela 4-B: Medidas de FCS	136
Tabela 4-C: Objetivos de negócio em KPI's.....	137

Abreviaturas

ACSS	Administração Central do Sistema de Saúde
ACES	Agrupamentos de Centros de Saúde
Aml	<i>Ambient Intelligence</i>
ARS	Administração Regional de Saúde
BC	Bases de Conhecimento
BD	Bases de Dados
BI	<i>Business Intelligence</i>
BSC	<i>Balanced Score Card</i>
CCI	Cuidados Continuados Integrados
CDA	Arquitetura para a Documentação Clínica
CHTS	Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa
CSP	Cuidados de Saúde Primários
DM	<i>Data Mining</i>
EC	Extração de Conhecimento
GPS	Ganhos Potenciais em Saúde
GS	Ganhos de Saúde
HL7	<i>Health Level 7</i>
HSA	Hospital de Santo António
IAm	Inteligência Ambiente
KPI	<i>Key Performance Indicators</i> (Indicadores de Desempenho)

MCDT	Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica
PCE	Processo Clínico Eletrônico
PIB	Produto Interno Bruto
PNS	Plano Nacional de Saúde
SAM	Sistema de Apoio ao Médico
SAPE	Sistema de Apoio à Prática de Enfermagem
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
SINAIH	Sistema de Informações Hospitalares
SINUS	Sistema de iNformação para Unidades de Saúde
SNS	Serviço Nacional de Saúde
SIS	Sistemas de Informação na Saúde
SONHO	Sistema integradO de iNformação HOspitalar
TI	Tecnologias da Informação
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação
USF	Unidades de Saúde Familiar
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>

1 Introdução

O Programa Doutoral em Engenharia Biomédica, proporcionado pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho, constitui uma oportunidade de aprendizagem, de atualização de conhecimentos, e de enriquecimento global face à complexa tarefa da gestão e do desempenho operacional nos Serviços de Saúde, no caso, a liderança na gestão de um Hospital.

A governação clínica de uma instituição de saúde tão complexa como um hospital ou uma rede hospitalar, terá melhores resultados se baseada em metodologias que permitam, em tempo útil, conhecer e monitorizar a realidade, aproximando os saberes dos seus profissionais e a informação que é recolhida, aos imperativos e de uma gestão eficiente que considere as necessidades dos doentes e a sua qualidade de vida.

Desta forma, torna-se possível e sustentável administrar os recursos disponíveis: financeiros, materiais e humanos, simultaneamente ao encontro das reais necessidades dos utentes, no caso dos hospitais: os cidadãos doentes, e dos objetivos de boa gestão da saúde.

O paradigma da saúde para todos, que caracterizou as duas últimas décadas, está cada vez mais em debate face à crise económica nacional e internacional.

O económico sobrepõe-se, não raras vezes, ao social e ao civilizacional. Pode mesmo ignorar o interesse do doente, dada a exigência de despesas com a prevenção e a reabilitação de doentes. Tais condicionalismos e a limitação económica crescente, resultam também das alterações demográficas, com forte envelhecimento da população e diminuição da percentagem de população ativa, com diminuição dos rácios de atividade e produtividade. Também o crescimento dos problemas de saúde com a emergência de novas doenças, de doenças crónicas com crescentes taxas de prevalência e diagnósticos cada vez mais precoces, representam novas dificuldades, hoje possíveis pelo avanço tecnológico da saúde. Os tratamentos mais

prolongados e conseqüentemente mais exigentes financeiramente, como é o caso das doenças oncológicas, desequilibram os orçamentos. É, assim, emergente criar um sistema de informação para a saúde que não só recolha a mais diversa informação operacional da saúde que se refere ao cidadão doente, mas que seja capaz de a relacionar com os custos e a investigação sobre as situações de doença e da sua ausência.

A utilização das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) constitui um elemento estratégico na modernização e na qualificação em qualquer Unidade de Saúde, devendo garantir aos seus clientes e demais *stakeholders*, além de acessibilidade e qualidade de serviço, a eficiência e a informação adequadas.

Nesta linha de intervenção, com um sistema de informação integrado, inteligente, e adequada às necessidades dos *stakeholders*, será possível otimizar os princípios de uma boa governação e gestão operacional segundo valores éticos e civilizacionais atuais e ao encontro de objetivos realistas para melhorar e manter os diversos serviços e atos clínicos hospitalares (Figura 1.1).

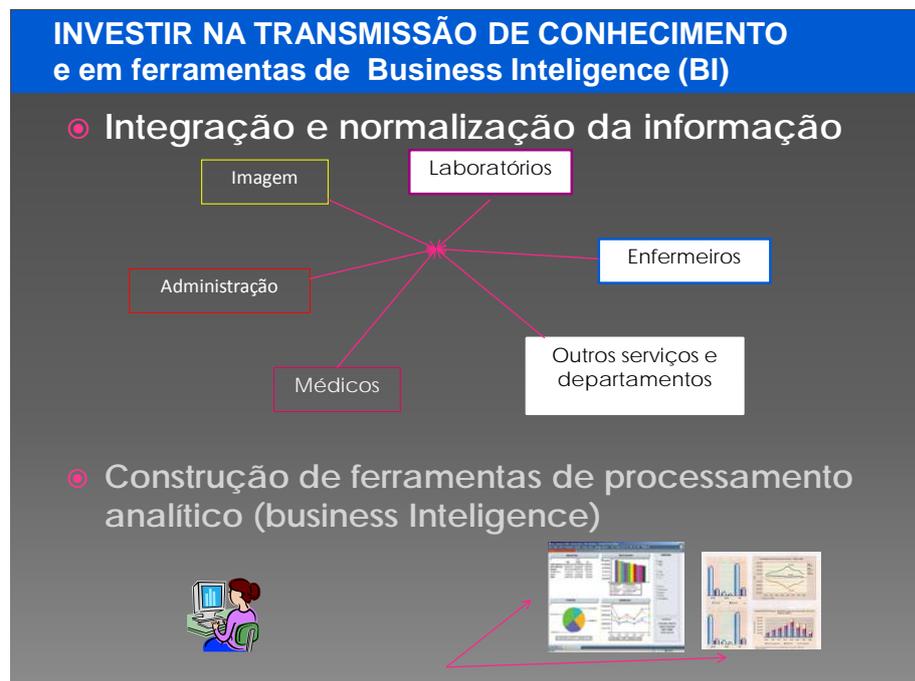


Figura 1.1: Integração de Informação

No trabalho que apresentamos, tentamos ilustrar o estudo efetuado em ordem a se construírem e utilizarem “ferramentas informáticas” acessíveis técnica e economicamente, como as que

experienciámos nos últimos anos, particularmente no exercício de funções de gestão no Centro Hospitalar do Tâmega–Sousa (CHTS) entre os anos de 2005 e 2010.

O processo de modernização desenvolvido no CHTS submeteu-se a um Plano estratégico para os sistemas de informação, que delineámos para o período 2007-2012, organizado em torno de um conjunto de eixos de atuação que passo a indicar:

- Apoio à Decisão/ *Business Intelligence*:
 - Custos cirúrgicos reais;
 - Informação de suporte à gestão e decisão (BI); e
 - Validação de dados RHV.
- Monitorização de sinais vitais e parâmetros analíticos;
- Complementar o Registo Clínico:
 - Documentação clínica/administrativa.
- Colaboração entre profissionais:
 - Plataforma colaborativa e de apoio à decisão em grupo.
- Articulação com os Centros de Saúde:
 - Circuito de pedido e agendamento eletrónico de MCTD's e consultas.
- Relação com os utentes/PRM:
 - Envio bidirecional de SMS.
- *Ambient Intelligence*:
 - *Ambient Assisted Living*, e
 - *Context-Aware*.
- Suporte:
 - Interoperação de novos sistemas (e.g. Auditoria e Acreditação (JCI International) a qualquer altura ou momento).
- Investigação e Desenvolvimento.

Como meta organizacional no *Clinical governance*, estes eixos de atuação e os seus objetivos levariam a uma perspetiva de *Balanced Score Card* (BSC).

Um sistema de informação do Hospital ou do Serviço de saúde, na perspetiva que aqui consideramos, permitirá executar e desenvolver operações assistenciais articuladas entre cada

grupo profissional e todos os demais sistemas de apoio (farmácia, laboratórios, MCDT's, hotelaria, etc.).

O Sistema de Informação Hospitalar (SIH) deverá ir assim ao encontro de uma estratégia integradora de processos e da informação das operações clínica e de gestão, num horizonte de garantia de qualidade assistencial. A nossa experiência na montagem de soluções de integração da informação e de interoperabilidade privilegiou o envolvimento da Universidade no desenvolvimento de soluções de integração e de Automação de procedimentos (Figura 1.2).

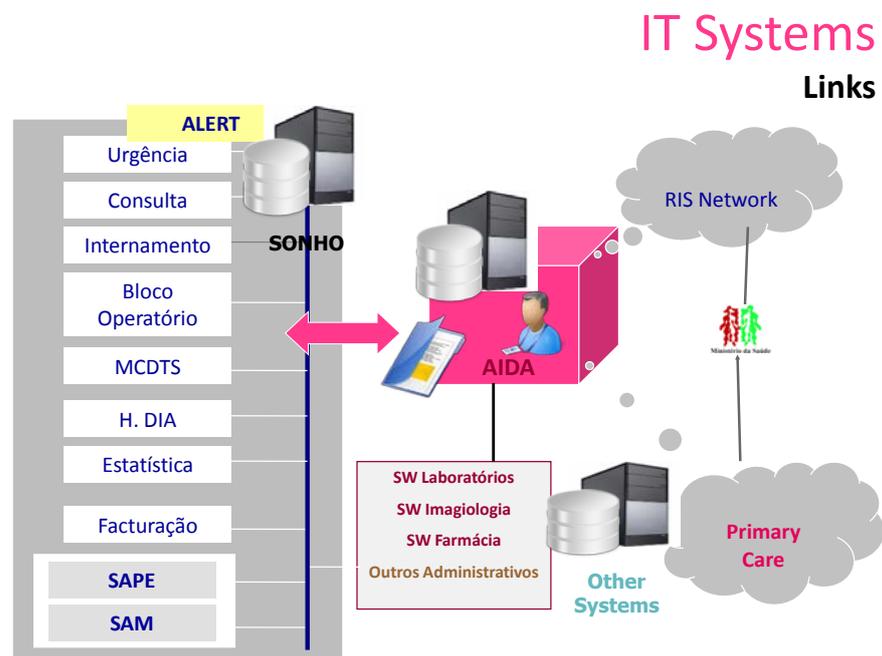


Figura 1.2: SIS integrado do CHTS

Foi neste contexto operacional que construímos uma estratégia de desenvolvimento da produtividade do Hospital fortemente apoiada nas TIC's para um Processo Clínico Eletrónico (PCE) virtual extensível aos Cuidados Primários e outros.

1.1 Motivação

A decisão, talvez atrevida, de me candidatar com o tema escolhido não foi tarefa fácil. A disponibilidade pessoal, limitada pela exigência operacional das minhas funções e

responsabilidades e a complexidade das tarefas inerentes às metrologias propostas suscitaram natural temor pelo alcance dos objetivos propostos.

Este projeto de doutoramento tem subjacente uma **Visão** e uma **Estratégia** de inovação na Saúde, em ordem a desenvolver e melhorar os resultados já obtidos.

Enquanto médico gestor de saúde, frequentemente encontrávamos dificuldades e obstáculos por falta ou incapacidade de utilização da muita informação gerada nos diversos departamentos e serviços, quer clínicos quer de logística e gestão.

Conscientes da imaturidade tecnológica do Sistema de informação, procurámos encontrar apoio e consultoria junto de académicos e dos técnicos residentes, a quem importava motivar e conquistar para se desenharem e desenvolveram soluções para maximização do sistema de informação.

Pretendia-se, então, obter soluções simples, criativas, credíveis e de boa aceitabilidade pelos profissionais, particularmente os médicos e enfermeiros, e que proporcionassem a todos, clínicos e gestores, soluções eficazes ao encontro das capacidades e saberes instalados e dos objetivos clínicos e da gestão do Centro hospitalar. As soluções de integração de informação e de extração de conhecimento deveriam assumir e respeitar os mesmos valores e padrões de qualidade assistencial e de boas práticas exigidas aos profissionais.

A janela de oportunidade de melhoria global e de aumento de produtividade do Hospital incentivou a instituição de centenas de normas escritas a aplicar nos diversos departamentos e procedimentos, já que simultaneamente se desenvolveu um processo de acreditação internacional pela *Joint Commission International*, que viria ter pleno êxito com a atribuição de tal Acreditação em 2008.

1.1.1 *Clinical governance* e gestão hospitalar: a cumplicidade necessária.

A visão assumida, de “modernizar para garantir o futuro, servindo com qualidade e satisfação”, centra-se na aplicação de boas práticas e na continuidade da reforma da organização e gestão do Serviço Nacional de Saúde (SNS).

Foi nossa convicção, de que com este processo dinâmico de qualificação das práticas e de integração e desenvolvimento do Sistema de informação do Hospital, se obteriam vantagens e melhoria assistencial aos doentes, com conseqüente impacto na melhoria da saúde dos cidadãos da região, particularmente para os idosos, crianças e grupos de maior risco.

No caso que desenvolvemos no Centro Hospitalar Tâmega-Sousa (CHTS), a estratégia de modernização dedicou particular enfoque na maximização do uso de TIC's, admitindo-se que por essa via se obteriam, também, ganhos de saúde importante e o aumento da credibilidade e do reconhecimento externo da qualidade do serviço de Saúde oferecido à Comunidade. Tal veio a ser demonstrado pelos resultados operacionais clínicos e económicos obtidos, que se publicaram nos sucessivos relatórios e contas de 2006 a 2010. Na dimensão orçamental e económica, registe-se que a execução do contrato programa anual, celebrado entre o Centro Hospitalar e a Tutela do Ministério da Saúde, dependerá igualmente da eficácia e transparência do sistema de Informação em uso.

1.1.2 Inovar para gerir melhor: desafios do Séc. XXI

A prestação de cuidados de saúde de qualidade e em tempo útil, bem como o desempenho do ambiente em que este se processa, instituiu-se como um dos maiores desafios das organizações do setor Saúde.

Na atualidade portuguesa, neste setor, apesar dos esforços e recentes investimentos, verifica-se não ter havido, até ao momento, o cuidado e uma efetiva utilização de todo o potencial e informação já existente em Hospitais, Centros de Saúde e demais Serviços de Saúde e Rede Social ao nível das BD's e BC's.

Uma adequada utilização desta informação configura-se da maior importância para mais ganhos de eficiência e efetividade do Sistema, não só para uma mais ampla socialização dos serviços, mas também para a sua racionalização e sustentabilidade, que se pretende objetiva e que, no limite, atenda às necessidades de saúde e expectativas das populações (Figura 1.3):

- A proliferação das BD's e das BC's nestas organizações é real e dispersa; contudo, a sua utilização como suporte à prestação de cuidados de saúde é frequentemente reduzido a meras estatísticas ou a processos de simples interrogações de BD/BC.
- Os Sistemas de Informação fundados nestes procedimentos, apesar do esforço de modernização e significativos investimentos, revelam-se, não raras vezes, insuficientes ou mesmo incapazes de responder às necessidades quer dos gestores, quer dos profissionais do setor, quer dos utentes e dos contribuintes.

Estratégia 2005-2010

"inovar para garantir o futuro..."

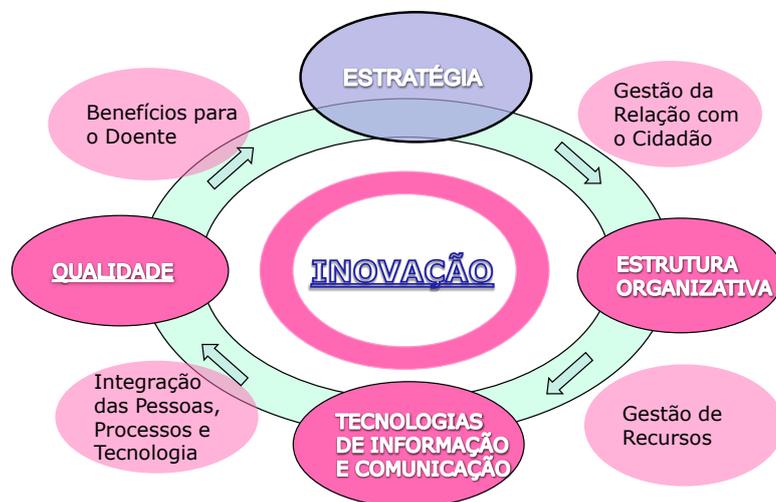


Figura 1.3: Estratégia para o SIS

1.2 Enquadramento

1.2.1 A experiência em funções de organização e gestão de serviços de saúde

Uma ideia Inicial: integrar informação de hospitais e Centros de Saúde.

Por força da experiência vivenciada logo no início da carreira médica nos anos 78/80, preocupações com a melhoria da organização e o planeamento da saúde, centrado nos

problemas das pessoas, estiveram sempre presentes na nossa atividade médica. No entanto, uma maior tomada de consciência de que a gestão/organização da saúde no nosso país tradicionalmente se fundava muito mais no histórico da “boa” execução orçamental do ano findado do que na realidade operacional e da efetiva qualidade assistencial dos Serviços, cedo nos fez despertar para uma intervenção de mudança para uma realidade diferente, mais centrada nos saberes e na efetiva capacidade operacional dos profissionais, e dos meios disponíveis, sendo que programaticamente toda a atividade deveria ser apoiada por ferramentas de registo e análise, utilizando as TIC na promoção do ato de registar e na articulação, na avaliação e na investigação de saúde.

Taticamente tal deveria fazer-se facilitando o registo dos profissionais e centrando a análise da informação nos utentes/doentes, em todo este sistema complexo que é a saúde.

Os profissionais, particularmente os médicos, nem sempre valorizavam o registo sistemático das ocorrências e dados clínicos observados diariamente junto dos doentes.

Igualmente, nos cuidados primários de saúde, frequentemente, os utentes eram observados e medicados, mas pouca era a informação registada. A informação não tinha tradicionalmente a valorização que se exige e justifica.

Quando, na década de oitenta, enquanto médico de família, exerci simultaneamente funções de responsável pelo planeamento de saúde a nível concelhio e distrital, tomei pleno conhecimento da situação atrás referida, razão principal da relativa impotência para a mudança de errados hábitos, instituídos pelo tempo e pelo centralismo de um Sistema centrípeto, mais orientado para os profissionais que para os interesses do doente e nos fatores que influenciam a sua saúde e qualidade de vida.

Do mesmo modo, a resolução dos principais problemas de saúde que sucessivos diagnósticos de situação de saúde identificavam, invariavelmente “esbarravam” na limitação ou ausência de informação sobre a atividade assistencial, parca em estatísticas particularmente de índices e indicadores de morbilidade. Em termos práticos, o planeamento da saúde parte de diagnósticos muito baseados em taxas de mortalidade e de cobertura vacinal, que positivamente se vinha

consolidando desde finais da década de 70. Por exemplo, os dados de morbilidade hospitalar eram insipientes, por fundados em registos muito incompletos.

Emergia, então, a codificação dos internamentos por GDH. Estes registos, além de incipientes na sua efetiva aplicação, não eram trabalhados em bases de dados fiáveis e acessíveis, muito menos se extraia conhecimento de utilidade para a governação clínica e gestão dos hospitais.

Como gerir clinicamente sem informação de ordem clínica, obtida em tempo oportuno e fiável?

A governação clínica não se pode materializar sem ferramentas de análise que permitam cruzar a operacionalidade com a natureza dos problemas, os diagnósticos, as situações que trazem os utentes aos serviços!

A governação da saúde, no essencial, limitava-se à mera gestão de recursos humanos e de orçamentos históricos que importava executar até ao último cêntimo, de modo a justificar um crescimento no orçamento do ano seguinte. Talvez por isso se tenha chegado ao arrastado *deficit* crónico do setor público da saúde.

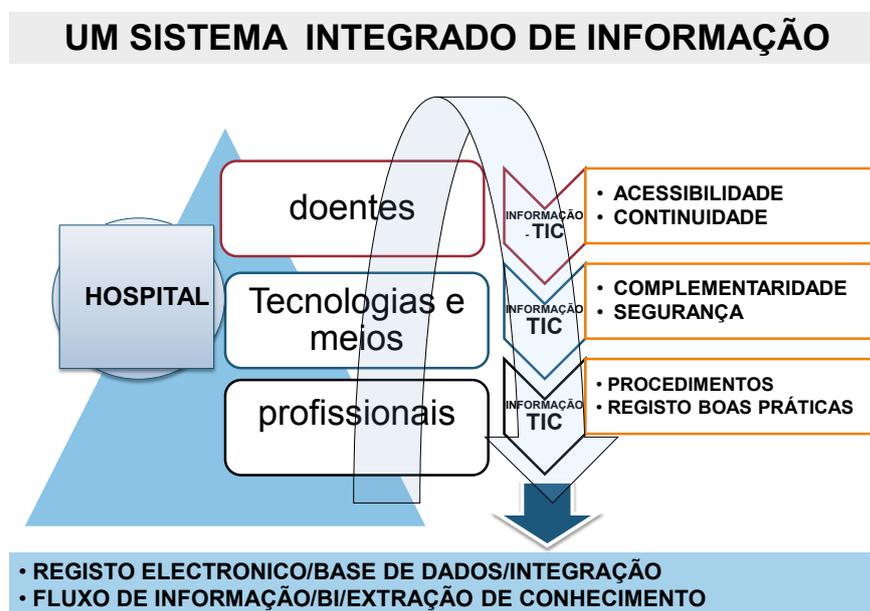


Figura 1.4: Sistema Integrado de Informação

A visão de uma solução de integração surgiu-nos quando, em 2001, no âmbito da definição de uma estratégia para a informação de saúde no âmbito regional Norte, no âmbito das competências da Administração Regional de Saúde (ARS) do Norte, a cujo Conselho de Administração então presidia (Figura 1.4).

Pretendia-se integrar a informação obtida nos diversos sistemas dos Hospitais e Centros de Saúde, em início de implementação, designadamente o SAM (Sistema de Apoio ao Médico), o ENFIN/ENFINCO, hoje designados SAPE (Sistema de Apoio à Prática de Enfermagem), o SONHO (Sistema integradO de iNformação HOspitalar), o SINUS (Sistema de iNformação para Unidades de Saúde). Esta informação seria igualmente relacionada com a contabilidade analítica dos Estabelecimentos de Saúde, Hospitais e Centros de Saúde concelhios, e, ainda, com os Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica (MCDT), do setor público e convencionado, de modo a se obterem informações fiáveis, mais completas, coerentes com as operações assistenciais dos diversos setores, em ordem a se criar um processo clínico único, centrado nos utentes, criando-se aquilo que poderia ser uma base de dados dos serviços locais como um modelo de plataforma de informação “integrada” na Região Norte.¹

1.2.2 O Sistema de Informação do Hospital Padre Américo – Vale do Sousa

Em 2006 implementamos um Sistema de Informação Hospitalar (SIH) que, ao encontro de uma visão de integração de aplicações e sistemas informáticos existentes e futuros, e utilizando a norma *Health Level7* (HL7), materializou a modernização do Hospital Padre Américo – Vale do Sousa, com bons resultados assistenciais e operacionais a todos os níveis (Figura 1.5).

¹ Tendo, nessa altura, como assessoria técnica, em Protocolo com a Universidade do Minho, o Professor Doutor José Maia Neves, desenvolveu-se e materializou-se, com o seu grupo de investigação, essa “visão” de integração de Aplicações e Bases de Dados (BD) e Bases de Conhecimento (BC) em um projeto compatível com a estratégia desenhada na altura. O Hospital de Santo António (HSA), no Porto, viria a acolher esse Projeto, que durante os anos de 2002 e 2003 aí se veio a desenvolver com a implementação da Plataforma AIDA.

CHTS,EPE - Sistema de Informação - 2006



Figura 1.5: Ideal de integração de sistemas de informação

Neste processo privilegiou-se a automação de processos, com forte enfoque no registo da informação ao nível de todos os profissionais e equipamentos com “interface” nos doentes. Fixamos como objetivo “major” o de se obter um processo clínico totalmente eletrónico, virtual, que se “constrói” no momento em que é necessário, utilizando o SAM como seu visualizador (Figura 1.6).

Neste contexto de Sistema de Informação Integrado e de Automação, uma aplicação correta da tecnologia, combinada com os dispositivos e os serviços inteligentes, o indivíduo poderá, por exemplo, permanecer no seu ambiente, mesmo em situações em que é medicamente assistido. Foi neste contexto que se criou o “hospital virtual”, oferecendo aos Centros de Saúde uma ligação operacional com o hospital, com integração da informação produzida do lado dos Centros de Saúde, no processo clínico hospitalar, ou vice-versa (Figura 1.7).

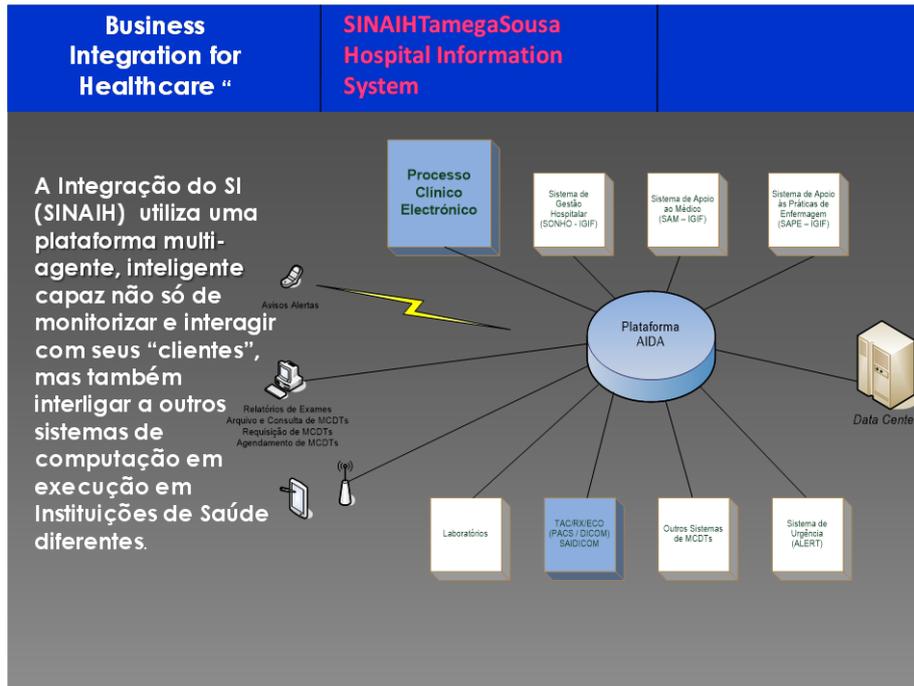


Figura 1.6: Modelo para a integração de sistemas de informação

Do mesmo modo, partindo da informação integrada, se criou o "atendimento/balcão automático", em quiosque, na consulta externa.

CHTS - Sistema de Informação - 2007

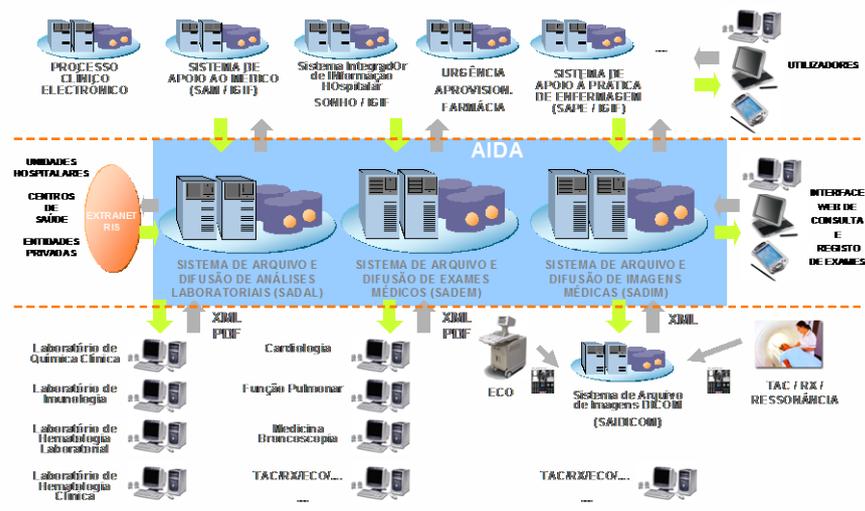


Figura 1.7: Arquitetura para a interoperabilidade em SIS com integração

1.2.3 A informação na governação clínica e económica da saúde

A informação, a infinidade de índices e indicadores que permite, é pedra basilar para a decisão e o seu tratamento e a extração de conhecimento que proporciona são fundamentais para uma efetiva gestão da Saúde. O conhecimento da realidade assenta necessariamente em informação diversa e dispersa, que se presume fiável e atual. Infelizmente, regra geral, esta situação ideal não se verifica. Longe disso, a informação necessária não existe ou não é conhecida, a informação existente é muitas vezes incompleta e sem garantia de rigor e atualidade temporal. Na saúde, mais propriamente no Serviço Nacional de Saúde (SNS), nos casos que conhecemos, a dispersão da informação e o seu desfasamento temporal com o momento de planeamento local, a dispersão e distanciamento temporal do momento de decisão tem sido a regra predominante.

São diversas as soluções para recolher, tratar e utilizar a informação em saúde, de entre eles destacam-se na atualidade os sistemas baseados em Inteligência Ambiente (IAm) (Cook, Augusto, & Jakkula, 2009), as suas potencialidades permitem:

- Demonstrar utilidade a todos aqueles que têm necessidade de ajuda nas suas atividades diárias, ou a se integrarem o melhor possível no seu meio social, onde a inovação pode melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, particularmente dos mais idosos e/ou a necessitar de cuidados de saúde (Sneha & Varshney, 2009), mitigar os problemas económicos de uma população em envelhecimento e criar novas oportunidades, quer económicas quer de mercado social.
- Receber suporte social e/ou médico de uma forma inteligente, resolvendo problemas e orientando a atividade do setor saúde com base em sistemas de informação centrados no doente, de arquitetura integrada e processos de interatividade, em que a extração de conhecimento (Santos & Azevedo, 2005) contribua para melhorar a qualidade de vida para muitas pessoas, particularmente os idosos e portadores de deficiência.
- Melhorar a qualidade de vida para indivíduos a necessitarem de cuidados de saúde e atender ao aumento do contingente de idosos, está a transformar-se num complexo problema para as sociedades de hoje. A qualidade de vida de um indivíduo, jovem ou

idoso, está dependente da eficiência, do conforto com que um serviço de Setor Social lhe é prestado e no lugar que corresponde ao seu ambiente natural e familiar.

A prestação de cuidados de saúde de qualidade e em tempo útil, bem como o desempenho do ambiente em que este se processa, instituiu-se como um dos maiores desafios das organizações do setor Saúde.

Na atualidade portuguesa, neste setor, apesar dos esforços e recentes investimentos, verifica-se não ter havido, até ao momento, o cuidado e uma efetiva utilização de todo o potencial e informação já existente em Hospitais, Centros de Saúde e demais Serviços de Saúde e Rede Social, ao nível das BD's e BC's.

1.3 Estado da Arte

1.3.1 Inteligência Ambiente

A Inteligência Ambiente (IAm) (Cook, Augusto, & Jakkula, 2009), ou *Ambient Intelligence* (Aml) na sua designação anglo-saxónica, é um paradigma recente em Tecnologia da Informação (TI), no qual as pessoas são capacitadas, por meio de um ambiente digital, que não só é consciente da sua presença, como é sensível, adaptável e que responde às suas necessidades, hábitos, gestos e paixões. Um cenário dotado de IAm é construído sobre tecnologias avançadas de rede e de computação, formado por um amplo conjunto de dispositivos e componentes (por exemplo, dispositivos móveis). Adicionando métodos adaptativos de interação utilizador-sistema, ou, melhor dito, utilizador-ambiente, com base em novas perspetivas sobre o modo como as pessoas interagem com dispositivos de computação (por exemplo, interfaces embebidos), ambientes digitais podem ser moldados a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas, agindo em seu nome e/ou em seu benefício.

1.3.2 Business Integration for Healthcare

O Sistema de Informações Hospitalares (SINAIH) do Centro Hospitalar do Vale do Sousa é baseado num sistema multiagente inteligente (Abelha, Machado, & Neves, 2003) (Figura 1.8) a que incumbe, não só acompanhar e interagir com os clientes (designadamente as pessoas idosas e/ou os seus familiares), mas também garantir a interligação a outros sistemas de computação, execução em diferentes instituições de saúde, centros de lazer, cuidados continuados, de formação, e outros.

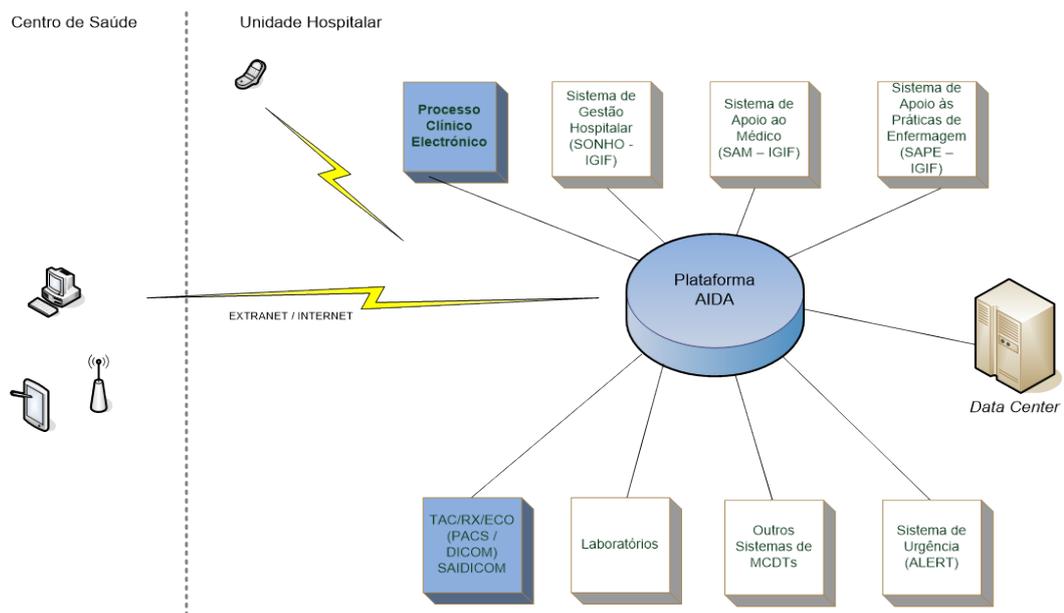


Figura 1.8: Sistema multiagente inteligente

1.3.3 Cooperação Interinstitucional

A Cooperação Interinstitucional, na base da qual poderão estar os designados Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo (Marreiros, Ramos, & Neves, 2006) (na nomenclatura anglo-saxónica, *Group Decision Support Systems – GDSS*), é cada vez mais reconhecida como fundamental para alargar o Conhecimento. Há fatores do meio local que podem ser vistos como processos sociais incorporados e que permitem às organizações obter conhecimentos complementares, no âmbito da interação entre diferentes atores, ou seja, o local ou meio regional deve incluir não só assuntos relacionadas com a estrutura de serviço ou de gestão, mas também de carácter social,

cultural e institucional. Assim, na interação dos diferentes atores, os elementos de cooperação podem ser encontrados numa espécie de linguagem comum, relações sociais, normas, valores e instituições, potenciando uma extensão para a linguagem de programação em lógica, sendo as suas bases de conhecimento construídas como teorias lógicas que encontram os seus fundamentos sobre essa forma de computação em lógica. Nos últimos anos, temos assistido a um crescente interesse em combinar os avanços em TI, ou seja, computação, telecomunicações e de apresentação, a fim de criar Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo (Marreiros, Ramos, & Neves, 2006). Com efeito, a nova economia, juntamente com o aumento da concorrência em ambientes de negócios, hoje em dia, complexos, leva as empresas a procurar complementaridades, a fim de aumentar a sua competitividade e reduzir os riscos. Sob essa configuração, o planeamento assume um papel importante na vida da empresa.

No entanto, o planeamento eficaz depende da geração e análise de ideias (inovadoras ou não) e, por essa razão, a geração de ideias e o processo de gestão fazem toda a diferença. Em qualquer caso, o processo de Extração de Conhecimento (EC), entendido como um conjunto de procedimentos de análise e exploração de dados e conhecimento a partir do conteúdo das BD/BC, torna-se essencial para alcançar estes objetivos de eficácia e sucesso na geração e na gestão de ideias.

O potencial de inovação subjacente à informação, disponível em BD/BC e em atividades de prestação de cuidados de saúde, pode ser explorado através do desenvolvimento dos processos de EC (Figura 1.2), os quais se podem definir como “processos não triviais para a identificação de padrões presentes nos dados compreensíveis, válidos, novos e potencialmente úteis”, e que passam por uma definição de objetivos, estudo e preparação dos dados/conhecimento, *data mining* (seleção e aplicação de algoritmos para determinação de padrões) e avaliação dos resultados.

O processo de Extração de Conhecimento (EC) (Santos & Azevedo, 2005), entendido como um conjunto de procedimentos de análise e exploração de dados e conhecimento, que, a partir do conteúdo das BD/BC, permite acrescentar valor aos atos do administrador e/ou profissional do setor, no contexto da organização, em diversas dimensões e variáveis internas e externas,

permite identificar, diferenciar, integrar, qualificar e satisfazer, promovendo ganhos efetivos na saúde individual e social.



Figura 1.9: Processo de Extração de Conhecimento

Atenta uma visão holística, existe potencial de desenvolvimento humano subjacente à informação disponível em BD/BC.

Este potencial dependerá da qualidade e efetividade das soluções subjacentes à informação disponível, dependentes da origem, processamento, interação e integração da informação relativa à prestação de cuidados de saúde e elementos particulares de cada doente/utente.

1.4 Hipótese de trabalho

“Concertar o conhecimento de *Clinical governance* com os métodos da gestão económica para ganhos de saúde e económicos.”

A experiência pessoal de mais de trinta anos na exercício de funções clínicas, de organização e de gestão de Serviços de saúde, quer nos cuidados primários quer no hospitalares e na saúde pública, leva-me, como a muitos, a considerar que um Sistema Integrado de Informação da Saúde, terá um papel de motor para a inovação em saúde. Por isso, a Inteligência Ambiente

(IAm) em Serviços de Saúde baseada em Ontologias e na Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados e/ou Bases de Conhecimento, a designação escolhida para este trabalho de doutoramento, surgiu pela perspectiva de que as suas potencialidades poderão constituir a melhor forma de promover melhores resultados e induzir uma articulação estratégica e operacional, mesmo de uma “cumplicidade” de saberes e de utilização do conhecimento, no efetivo exercício da Governação clínica e económica de um hospital ou serviço de saúde. Admitimos como hipótese que os resultados já obtidos com esta nossa experiência na gestão do Centro Hospitalar do Tâmega-Sousa (CHTS), onde desenvolvemos a maioria dos projetos apresentados, possa, de alguma forma, contribuir para a disseminação destas soluções e da melhoria de processos já conseguidos.

Neste campo, foi possível ultrapassar as limitações organizacionais, redesenhar alguns dos processos de cuidados de saúde com base na utilização e integração de dados e/ou conhecimento, em todos os níveis, num ambiente de cuidados de saúde. A Integração do SI do CHTS utiliza uma plataforma multi-agente, inteligente, capaz não só de monitorizar e interagir com seus “clientes”, mas também de interligar a outros sistemas de computação em execução em Instituições de Saúde diferentes (Figura 1.9).



Figura 1.10: Modelo de integração de pessoas, processos e tecnologias.

Neste contexto, o sistema de informação do Hospital teve como principais pilares (Figura 1.11):

- Centrar na atividade ao doente, no ato clínico, toda a integração de informação existente nos aplicativos da Instituição de Saúde;
- Reorientar o Sistema de Informação de Saúde como um sistema contínuo, aberto à articulação inter-Serviços e acessível em qualquer lugar, onde a informação possa fluir através das fronteiras organizacionais e profissionais;
- Estruturar um cruzamento de conhecimentos entre as áreas da Gestão, da Inteligência Artificial e da situação de Saúde.

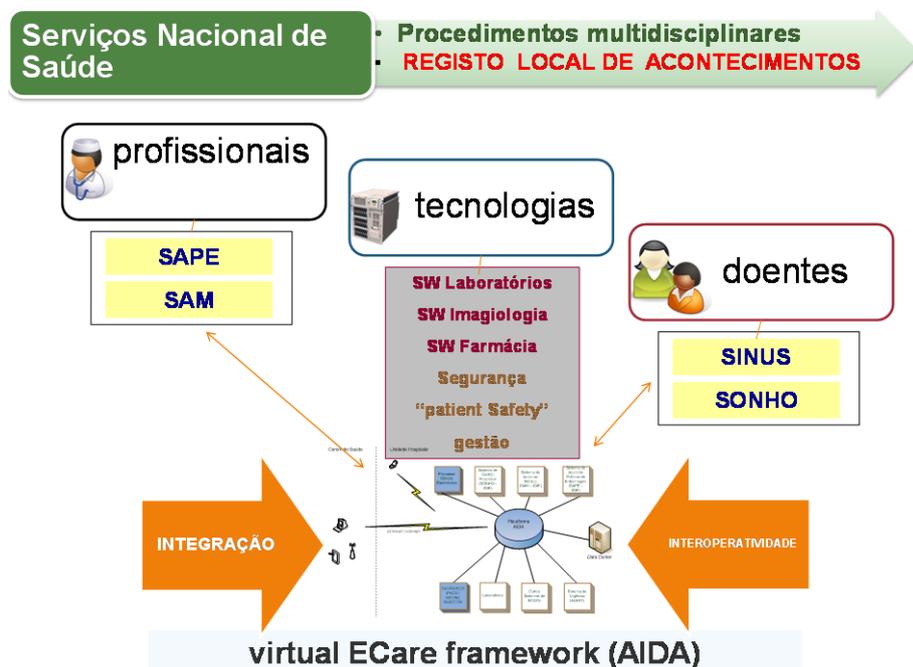


Figura 1.11: Virtual ECare Framework (AIDA)

1.5 Objetivos

As infraestruturas tecnológicas de informação e de comunicação devem refletir a visão do sistema de saúde como um sistema contínuo, onde a informação pode fluir através das fronteiras organizacionais e profissionais, sempre centradas no doente/utente que é a razão da existência do Sistema.

Por outro lado, uma condição prévia para o uso apreciável destas tecnologias passa pela sua integração em estruturas que dão suporte a sistemas de informação vigentes e, preferencialmente, a sua alavancagem através de Sistemas de Informação em Saúde com automação, que recorram ao uso de sensores (Moreno & Nealon, 2004).

A aplicação de técnicas de EC, em atividades de gestão hospitalar e na área de prestação de cuidados de saúde, assim como a satisfação do utente, soma alguns condicionantes, devido à especificidade dos conhecimentos necessários para a sua execução e aplicação.

Por outro lado, verifica-se frequentemente um desencontro de interesses entre aqueles que têm a seu cargo a administração de sistemas de BD/BC, nas organizações, e aqueles que necessitam de as analisar e explorar em maior detalhe e profundidade, designadamente, os prestadores e os investigadores clínicos, exigindo-se a definição de políticas de privacidade e de controlo de acessos, no registo de saúde eletrónico (Figura 1.11).

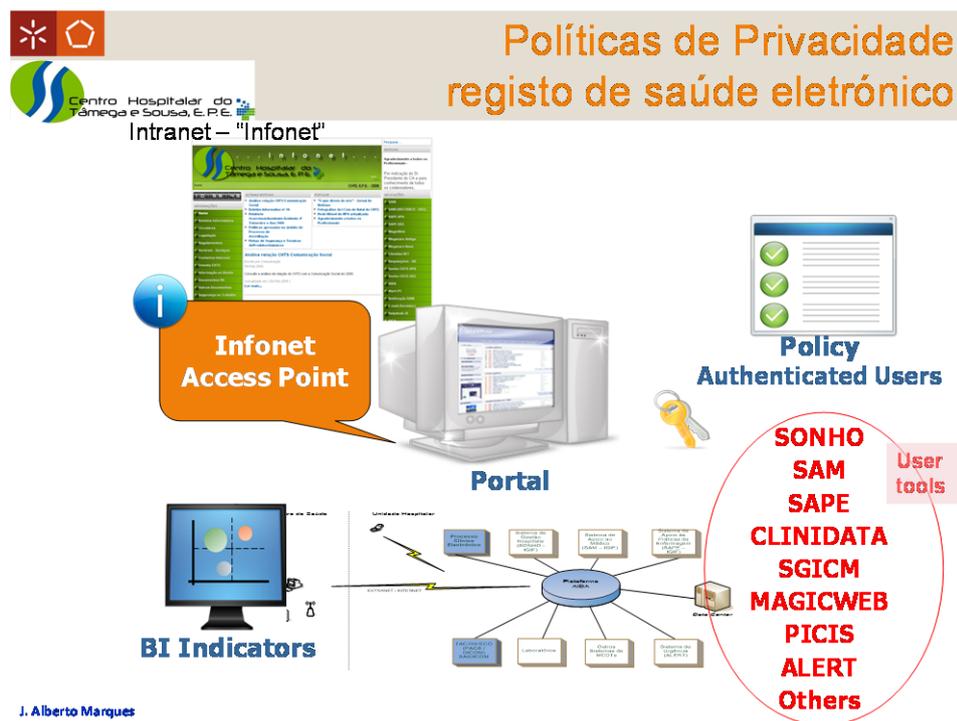


Figura 1.12: SIS, políticas de privacidade.

Os principais objetivos a perseguir no decurso deste projeto de doutoramento são:

1. Ultrapassar as limitações organizacionais expostas, redesenho dos processos de cuidados de saúde com base na utilização e integração de dados e/ou conhecimento, em todos os níveis, num ambiente de cuidados de saúde.
2. Centrar na atividade ao doente toda a integração de informação existente nos aplicativos da Instituição de Saúde.
3. Reorientar o Sistema de Informação de Saúde como um sistema contínuo, aberto à articulação inter-Serviços e acessível em qualquer lugar, onde a informação pode fluir através das fronteiras organizacionais e profissionais.
4. Estruturar um cruzamento de conhecimentos entre as áreas da Gestão, da Inteligência Artificial e da Saúde.

Na fixação de objetivos consideraram-se as diversas potencialidades para a saúde individual e para as preocupações organizativas e operacionais do Setor Saúde que a área emergente *Ambient Intelligence* (Aml) poderá introduzir. Trata-se de um novo paradigma tecnológico emergente das áreas científicas da Inteligência Artificial e dos Sistemas Inteligentes, em que novas capacidades são disponibilizadas às pessoas através de um ambiente digital que não só toma consciência da sua presença, como é sensível, adaptável, e até pode atender às suas necessidades, hábitos, gestos e paixões.

A Aml é baseada em tecnologias avançadas de comunicação e computação, formatada por uma ampla gama de elementos e componentes diversos (por exemplo, dispositivos móveis de computação e de sensorização) em que se adicionam métodos de interação adaptativos aos Sistemas e Utilizadores com base em novas perspetivas no modo de interação das pessoas com dispositivos de computação (por exemplo, interfaces sociais com o utilizador). Os ambientes digitais podem ser moldados, a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas, atuando no seu próprio meio.

1.6 Planeamento de atividades

1.6.1 Descrição das Tarefas

A prestação de cuidados de saúde, suportada em soluções de uma forma descentralizada, personalizada, estando centrada no paciente e tendo acesso às mais diversas fontes de informação, em que a segurança dos dados é de importância primordial, dada a quantidade e a granularidade dos dados pessoais a ser usados em um SIH, exige uma visão integrada do sistema de informação.

O desenvolvimento de métodos adequados para a análise de dados será igualmente crucial. Um desafio, em particular, será o da quantificação (em termos da qualidade de informação), integração e fusão de dados, quer contínuos quer discretos, seja ao nível técnico, seja ao nível do diagnóstico:

- Criar uma matriz para a gestão e prestação de cuidados de saúde que permita estabelecer relações entre estas atividades, seus objetivos e os blocos de informação necessários ao seu desenvolvimento. As atividades de gestão e prestação de cuidados de saúde, inscritas na matriz, terão um alinhamento com a ontologia selecionada;
- Desenvolver uma metodologia que permita, de um modo vertical, utilizar as BD/BC relacionadas com a gestão hospitalar e a prestação de cuidados de saúde e *Data Warehouses* em atividades de *Ambient Intelligence*, monitorizando todo o processo que irá, desde a origem dos dados (i.e., recolha seletiva, filtragem, preparação e modelação) até à sua aplicação concreta nas atividades de gestão (hospitalar) e a prestação de cuidados de saúde, através de processos de EC;
- Criação de uma base de conhecimento suportada em modelos de *data mining*, para suporte a atividades de gestão hospitalar e a prestação de cuidados de saúde;
- Validação da operacionalização e funcionalidade da metodologia;
- Manutenção da ontologia de uma forma automatizada, através da utilização dos modelos de *Data Mining* e numa perspetiva de gerar metaconhecimento sobre todo o processo.

Pretende-se, no final deste trabalho, a constituição de uma metodologia de resolução de problemas, que oriente o desenvolvimento de atividades de IAm, baseada em ontologias e na problemática associada à EC, onde se utilizem plataformas de integração e interoperação e *standards* para a representação de dados, tais como a HL7 CDA (Arquitetura para a Documentação Clínica).

1.6.2 Metodologias Experimentais

A tradicional prestação de cuidados clínicos, de uma forma algo difusa, ajusta-se como uma luva a disciplinas emergentes que se centram sobre o desenvolvimento e a aplicação de tecnologia de computação ubíqua para a área da Saúde, no que respeita à prestação de cuidados médicos e/ou de preservação do bem-estar (Lanzola, Gatti, Falasconi, & Stefanelli, 1999).

A articulação da informação, obtida pelas soluções de EC com tecnologias de RFID ou outros processos de sensores inteligentes, possibilitarão a disponibilidade de cuidados médicos a qualquer um, a qualquer momento e em qualquer lugar, independentemente da posição, do tempo ou de quaisquer outras restrições, sendo a prestação de cuidados de saúde suportada em soluções de uma forma descentralizada, personalizada, estando centrado no paciente e tendo acesso às mais diversas fontes de informação (Carneiro, Novais, Costa, Gomes, & Neves, 2009).

1.7 Estrutura do Documento

Para além deste primeiro capítulo onde se apresentam as motivações e os objetivos do projeto de doutoramento, este documento é composto por mais seis capítulos.

O segundo capítulo ilustra o enquadramento teórico que serve de base ao trabalho desenvolvido.

No terceiro capítulo apresenta-se uma compilação dos trabalhos científicos desenvolvidos no decurso dos trabalhos de doutoramento, juntamente com um enquadramento que presidiu ao *rationale* para o seu desenvolvimento no contexto do presente projeto de doutoramento.

O quarto capítulo descreve alguns dos trabalhos experimentais e de investigação que foram acompanhando o evoluir deste trabalho de investigação e desenvolvimento, e, ainda, os casos de aplicação mais relevantes em que participei durante o período de doutoramento.

Os dois capítulos finais são o de conclusões e as referências bibliográficas utilizadas durante o trabalho.

No anexo compilam-se documentos complementares, ainda assim relevantes no decurso deste trabalho.

2 Contextualização

A gestão de Serviços de Saúde considerando os interesses e necessidades dos doentes e utentes dos Serviços.

2.1 A Gestão da Saúde

O Serviço Nacional de Saúde (SNS) é a principal estrutura prestadora de cuidados de saúde em Portugal, tendo sido criado pela Lei n.º 56/79, de 15 de setembro, como instrumento do Estado para assegurar o direito à proteção da saúde a todos os cidadãos, independentemente da sua condição económica e social, bem como aos estrangeiros, em regime de reciprocidade, apátridas e refugiados políticos. O SNS integra todos os cuidados de saúde, desde a promoção e vigilância à prevenção da doença, diagnóstico, tratamento e reabilitação médica e social (MS, 2010). Desde o ano de 1998 que é objetivo central do Plano Nacional de Saúde (PNS) obter ganhos de saúde (GS), que se traduzem na melhoria dos índices de saúde e bem-estar (Nutbeam D, 1998), exprimindo-se por ganhos em anos de vida, pela redução de episódios de doença ou encurtamento da sua duração, diminuição da incapacidade temporária ou permanente, pelo aumento da funcionalidade física e psicossocial e, ainda, pela redução do sofrimento e melhoria da qualidade de vida relacionada ou condicionada pela saúde (MS, 2000). Mais recentemente introduziu-se o conceito de Ganhos Potenciais em Saúde (GPS) que são os resultam da capacidade de intervenção sobre causas evitáveis, controláveis ou resolúveis, considerando os meios existentes.

O PNS, da responsabilidade do governo, é renovado a cada quatro anos. No essencial, é o instrumento estratégico da saúde, que identifica e define o estado de saúde dos Portugueses,

assinalando e analisando indicadores de morbimortalidade, níveis assistenciais, ambientais, etc. Igualmente, apresenta as tendências e prioridades para a saúde, a curto e a médio prazo.

Reiteradamente, a cada quatro anos, vem-se reassumindo políticas promotoras da saúde e do desenvolvimento da qualidade de vida das pessoas, com destaque para programas de saúde específicos que trabalham com relativo êxito as diversas doenças e problemas de saúde de grupos de risco, desde a Vacinação, os Acidentes, a Alimentação e a Nutrição, o Controlo da Diabetes, as Doenças Oncológicas, as Doenças Respiratórias Crónicas, a Luta Contra o VIH/SIDA, a Prevenção e Controlo das Doenças Cardiovasculares, Saúde Mental, etc.

Em matéria de políticas públicas de saúde, a última década foi marcada por um conjunto de reformas, com especial incidência nas urgências hospitalares, nos Cuidados de Saúde Primários (CSP) e nos Cuidados Continuados Integrados (CCI). Os 363 Centros de Saúde concelhios foram organizados em 74 Agrupamentos de Centros de Saúde (ACES).

Em termos de estrutura organizativa do SNS, no início de 2011, existiam 298 Unidades de Saúde Familiar, 158 Unidades de Cuidados de Saúde Personalizados, 18 Unidades de Saúde na Comunidade (MS, 2011) e 84 Unidades de Cuidados na Comunidade (CSP, 2011). Em 2011 a rede hospitalar é formada por 101 Hospitais públicos e 4 Maternidades, integrados em 24 Centros Hospitalares; 86 hospitais privados e 15 hospitais das Misericórdias. A Rede Nacional de Cuidados Continuados Integrados tem atualmente 196 Unidades: 32 de convalescença, 66 de média duração e reabilitação, 86 de longa duração e manutenção e 12 de cuidados paliativos (Despacho nº 6132, 2010). Fonte: (MS, 2011; INE, 2010; União das Misericórdias, 2010).

O PNS (Figura 2.1), que nem sempre é conhecido e valorizado pelos cidadãos, engloba um diversificado conjunto de recursos, humanos, tecnológicos, patrimoniais e financeiros, que importa colocar ao serviço das necessidades dos cidadãos e utilizar da melhor forma.

Estrutura do PLANO NACIONAL de SAUDE 2011-2016

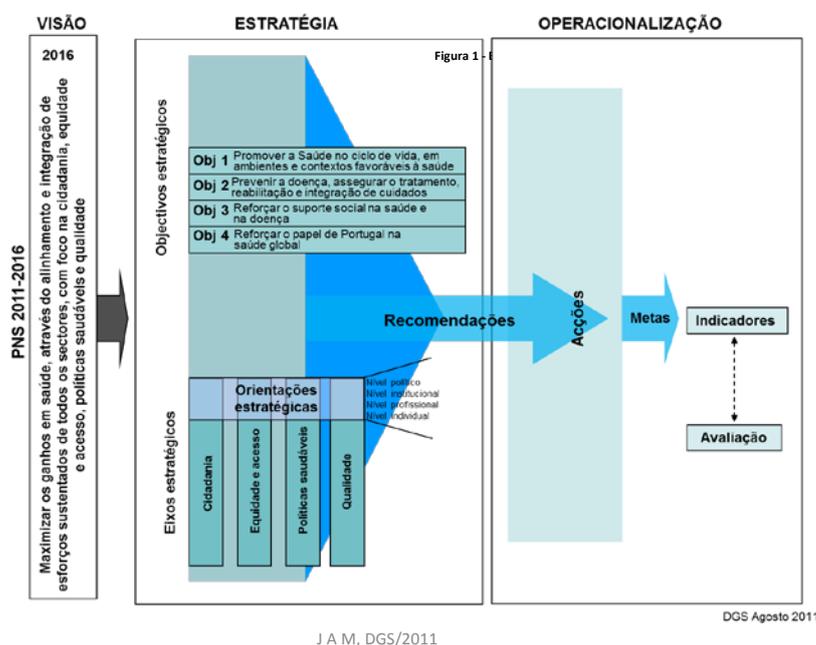


Figura 2.1: Plano Nacional de Saúde 2011-2016

Se é certo que os principais indicadores de saúde, como a mortalidade infantil e neonatal, têm evoluído muito favoravelmente, colocando Portugal no topo do *ranking* europeu, simultaneamente têm sido referidas ameaças à sustentabilidade do SNS. No panorama global da saúde, Portugal tem, nas duas últimas décadas, um padrão de gastos *per capita* progressivamente crescente, colocando-se, em termos de percentagem do PIB gasto com a saúde, entre os países da Europa que maior esforço relativo desenvolvem para garantirem o direito à saúde de todos os cidadãos. No entanto, quando considerados os gastos *per capita* em moeda, mantém-se o seu tradicional posicionamento de menor valor absoluto, situando este indicador no patamar inferior, no seio da zona euro (fonte OCDE).

Processo de financiamento público da Saúde em Portugal

A saúde em Portugal é, essencialmente, financiada pelos impostos pagos ao estado, via Orçamento geral anual, e pelo esforço individual de cada cidadão. Sendo o PIB *per capita* mais

baixo que a média europeia, e o custo percentual acima dessa média, explica-se, desde logo, muita da dificuldade na sustentabilidade financeira do SNS.

O Serviço Nacional de Saúde (SNS) é maioritariamente (90%) financiado pela tributação, os diversos subsistemas de saúde pelos trabalhadores e empregadores, e o privado por copagamentos e pagamentos diretos do utente, bem como pelo prémio dos seguros de saúde.

Os dados oficiais da OCDE indicam que, em 2006, 71,5% dos gastos totais de saúde em Portugal foram financiados pelo Orçamento de Estado (OCDE Health Data 2010; Tribunal de contas, 2011 - vol.2).

O peso da despesa pública com o setor da saúde no PIB apresentou uma tendência crescente até 2005, tendo posteriormente diminuído 2,2 pontos percentuais até 2008, abaixo da média dos países do euro, mas aproximando-se da média europeia, situação de crescimento que se explica, principalmente, pelo crescente peso relativo das despesas com proteção social que, de 1998 a 2008, aumentaram mais de 5 pontos percentuais do PIB, absorvendo mais de 1/3 da despesa pública total (Figura 2.2).

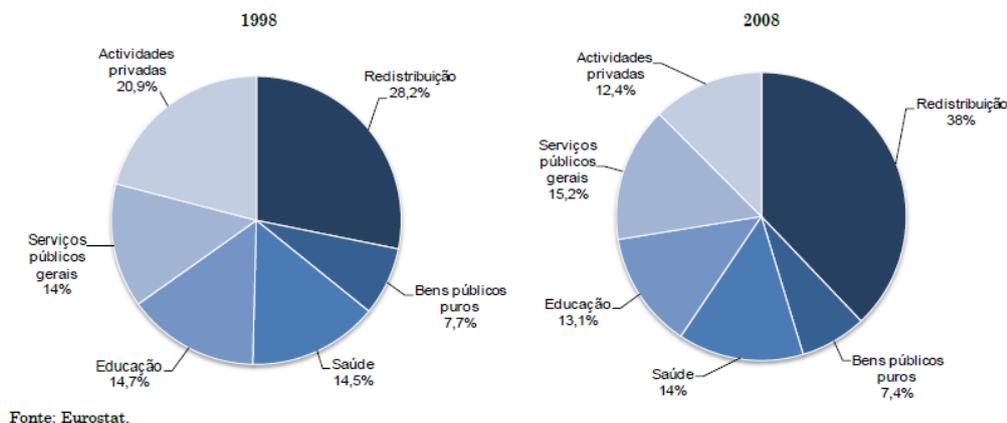


Figura 2.2: Repartição funcional da despesa pública em Portugal

Despesa Pública por Funções na União Europeia

A saúde surge como a segunda componente com maior peso na despesa pública, na generalidade dos países da UE27. As despesas com proteção social, saúde e educação

representavam em 2008, na generalidade dos países, incluindo Portugal, mais de 2/3 da despesa pública total (Figura 2.3).

Categorias COFOG	Serviços gerais da administração pública		Defesa, Segurança e Ordem Pública		Assuntos económicos		Saúde		Educação		Protecção social		Outras		Total	
	G01		G02 e G03		G04		G07		G09		G10		G05, G06 e G08		1998	2008
Código	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008
Bélgica	11,4	8,5	2,8	2,8	4,4	5,4	6,2	7,4	5,9	5,9	17,9	17,8	2,0	2,1	50,4	50,0
Alemanha	6,7	6,0	2,9	2,6	4,0	3,4	6,1	6,2	4,3	4,0	21,7	19,7	2,3	1,9	48,0	43,7
Irlanda	5,8	:	2,5	:	4,7	:	5,7	:	4,3	:	9,8	:	1,7	:	34,5	42,0
Grécia	12,1	8,6	3,0	3,2	5,6	6,7	3,9	5,1	2,8	3,1	16,0	20,2	1,2	1,3	44,3	48,3
Espanha	6,7	4,7	3,1	3,0	4,8	5,1	5,2	6,1	4,4	4,6	13,6	13,9	3,3	3,7	41,1	41,1
França	7,9	7,1	3,5	3,0	3,2	2,8	7,2	7,8	6,4	5,8	21,2	21,8	3,2	4,3	52,7	52,8
Itália	11,4	9,0	3,0	3,2	4,0	3,7	5,6	7,1	4,8	4,6	17,7	18,8	2,7	2,3	49,2	48,8
Chipre	8,8	9,8	3,8	3,8	4,7	4,2	2,7	3,0	6,0	7,8	7,7	9,9	3,1	4,0	36,7	42,6
Luxemburgo	4,9	4,0	1,3	1,2	4,4	4,4	4,8	4,5	4,9	4,5	16,9	15,7	3,9	3,5	41,1	37,2
Malta	5,5	6,8	2,6	2,3	7,4	7,4	4,6	5,6	5,4	5,5	13,4	14,4	3,9	3,0	43,0	44,8
Países Baixos	9,5	7,3	3,0	3,1	4,6	4,9	3,8	6,0	4,8	5,2	17,8	16,1	3,2	3,2	46,7	45,9
Áustria	8,2	6,5	2,6	2,5	5,3	4,9	8,3	7,7	6,1	5,3	21,2	20,0	2,2	2,0	54,0	49,0
Portugal	6,0	7,0	3,4	3,4	6,4	4,5	6,2	6,4	6,3	6,0	12,1	17,5	2,5	1,2	42,8	46,1
Eslovénia	:	5,1	:	3,0	:	4,7	:	6,1	:	6,2	:	15,9	:	3,4	:	44,3
Eslováquia	6,3	3,7	5,4	3,7	7,8	5,4	5,4	6,7	3,6	3,3	14,5	9,8	2,7	2,1	45,8	34,8
Finlândia	7,8	6,6	3,1	2,8	5,4	4,7	5,8	7,1	6,2	5,9	22,4	20,4	2,1	1,8	52,9	49,5
Área do Euro	8,3	6,7	3,1	2,9	4,1	3,9	6,1	6,9	5,1	4,8	19,4	18,9	2,7	2,9	48,6	46,8
Búlgaria	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	37,3
Républica Checa	4,0	4,5	3,7	3,2	9,5	7,2	5,8	7,2	4,0	4,7	12,6	12,9	3,4	3,3	43,2	42,9
Dinamarca	9,3	6,7	2,7	2,5	3,6	2,9	6,4	7,8	7,2	7,0	24,2	22,4	2,9	2,6	56,3	51,8
Estónia	4,5	2,9	4,0	4,5	4,7	4,9	4,4	5,2	7,2	6,7	10,8	11,7	3,5	4,0	39,2	39,9
Letónia	8,0	4,0	3,5	3,8	4,4	6,2	2,2	4,8	5,7	6,5	14,2	9,4	2,2	4,0	40,2	38,6
Lituânia	:	3,9	:	3,3	:	4,5	:	5,0	:	5,8	:	12,4	:	2,4	:	37,4
Hungria	11,4	9,3	3,1	2,9	7,5	5,9	5,2	4,9	5,1	5,2	14,9	17,8	3,3	3,2	50,4	49,2
Polónia	:	5,5	:	3,4	:	4,9	:	5,1	:	5,8	:	15,6	:	3,0	:	43,3
Roménia	:	3,8	:	3,8	:	6,2	:	4,2	:	4,8	:	11,9	:	2,9	:	37,6
Suécia	10,2	7,6	3,8	2,9	4,5	5,0	6,2	7,0	7,4	6,9	23,1	21,5	3,7	2,1	58,8	53,1
Reino Unido	5,4	4,5	4,6	5,1	1,9	4,8	5,4	7,4	4,5	6,3	15,4	15,9	2,2	3,3	39,4	47,3
União Europeia	7,9	6,3	3,3	3,3	3,7	4,2	6,0	6,9	5,1	5,2	18,9	18,2	2,6	2,9	47,5	46,9

Fonte: Eurostat. Dados de 2008 de acordo com a 1ª notificação de 2010 dos Estados-membros no âmbito do Procedimento dos Défices Excessivos.

Figura 2.3: Despesa pública por funções (% do PIB)

As políticas de saúde em Portugal, respeitando as suas obrigações constitucionais de garantir o direito à saúde a todos os cidadãos, têm sido continuadas pelos sucessivos governos da nação. Nesta sua fase recente, iniciada com as reformas do final da década de 90, o estado assumiu a separação entre os seus papéis de prestador e de financiador, criando a função “agência”, cujo principal papel será o de intermediar a contratualização entre os prestadores, públicos e privados, e o ministério da saúde como comprador/financiador desses serviços oferecidos aos cidadãos utentes.

De entre as reformas iniciadas no final da década de 90, destaca-se essa da Contratualização com os serviços locais de saúde: Hospitais; Unidades Locais de Saúde (ULS); ACeS e privados convencionados. Esta contratualização garante o financiamento, na sua quase totalidade, aos

serviços públicos de saúde. É regulada pela Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) e pelas Administrações Regionais de Saúde (ARS's) através de uma “função de agência” que atribui financiamento por via de um contrato prospetivo com os hospitais empresa (EPE), as Unidades Locais de Saúde (ULS), e, mais recentemente, também com os Agrupamentos de Centros de Saúde (ACeS) onde se situam as Unidades de Saúde Familiar (USF). No essencial, o financiamento destes estabelecimentos públicos de saúde, e sua operacionalidade, está condicionado ao cumprimento a 100% deste Contrato programa anual, que desta forma garantirá o necessário financiamento à produção. A sua monitorização, e o controle da execução económico-financeira, fazem-se por diversos indicadores de produção, de qualidade e de eficiência, previamente contratualizados entre o ministério da saúde e as administrações dos hospitais empresa. Esta reforma, mais efetiva a partir de 2005, veio introduzir um novo fator de eficiência na gestão pública da saúde, e está muito condicionada pela capacidade, qualidade da informação e a fiabilidade do Sistema de Informação instalado. A conjuntura de crise nacional e internacional reforça a necessidade de dar continuidade a medidas de controlo da despesa e de redução de custos. Impõe-se a tomada de medidas sobre a despesa e a receita, nomeadamente através do controlo exigente das despesas hospitalares, das despesas com medicamentos e das despesas com Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica (MCDT's), com a implementação de planos locais para a redução da despesa.

É assim, neste contexto, ainda maior e mais relevante a existência de um sistema de informação para a saúde, integrado, replicável a nível local, que permita estruturar um cruzamento de conhecimentos entre as áreas da Gestão, Inteligência Artificial e da Saúde (EC). Um tal sistema de informação (SIS) deverá centrar na atividade ao doente toda a integração de informação, e reorientar o sistema de Informação de Saúde como um sistema contínuo, aberto à articulação inter-Serviços, acessível em qualquer lugar em que a Informação possa fluir através das fronteiras organizacionais e profissionais, segundo regras e apertado registo e controlo de acessos. A importância do legado existente deve ser devidamente valorizada, e a arquitetura a desenvolver deverá contemplar o necessário redesenho dos processos de cuidados de saúde. Com base na utilização e integração de tais bases de dados (BD) e/ou de conhecimento (BC) será possível um efetivo controlo da situação em termos dos imperativos gestionários e de contexto, e simultaneamente garantir um efetivo controlo do estado de saúde dos cidadãos.

No âmbito operacional, à presente data, a manterem-se as políticas e recomendações vigentes, as Instituições públicas de saúde estarão obrigadas a estruturar um cruzamento de conhecimentos entre as áreas da Gestão, Inteligência Artificial, e da Saúde. Será, deste modo, mais fácil estabelecer planos anuais para a redução da despesa, designadamente com uma melhor afetação de recursos e controlo estrito dos orçamentos e de rigoroso controlo dos investimentos, a par da necessidade de obter reduções efetivas dos custos com pessoal, do controlo dos consumos e dos fornecimentos de serviços externos, salvaguardando igualmente a qualidade dos cuidados de saúde prestados aos cidadãos, considerada a maior eficiência económica e adequada governação clínica.

Tratar-se-á de um novo desafio de adequar a governação clínica e a gestão económica do Setor saúde às necessidades e direitos dos cidadãos utentes, gastando menos mas fazendo mais ou, pelo menos, fazendo melhor.

Esta nova realidade, de um novo padrão de gestão dos serviços de saúde, que começam a competir pelo financiamento às respetivas atividades, propicia o desenvolvimento de novas preocupações e metodologias de garantir a informação necessária não só à monitorização do desempenho e da produção hospitalar, como para a validação e prestação de contas sobre a utilização dos bens públicos aos cidadão contribuintes e aos utentes clamando por acessibilidade e qualidade adequadas às respetivas necessidades de saúde e sociais.

Na atualidade, no ano de 2012 e seguintes, mais se acentua a premência na otimização de processos, na organização e gestão dos Serviços públicos de saúde, por se revelarem condição necessária para a sustentabilidade económico-financeira do SNS, em cenário de diminuição significativa de financiamento, relativamente a anos anteriores. Como exemplo das dificuldades de sustentar a evolução das despesas com a saúde, veja-se que a despesa em saúde *per capita* tem registado aumentos graduais, alcançando os 1.627,4€ em 2008 (INE, 2010). Em Portugal, em 2011, só os gastos com medicamentos constituem 21,8% dos custos totais com a saúde, num total de 3.362 M€, o que corresponde a 2,1% do PIB. No entanto, o financiamento público desta despesa é apenas de 55,9%. Nos hospitais do SNS, a terapêutica do cancro, os antirretrovirais e os medicamentos biológicos representam 70% das despesas com medicamentos.

Em termos nominais, o valor dos gastos em medicamentos mais que duplicou, entre 2002 e 2009, registando-se um crescimento médio anual acima dos 10% (Tribunal de Contas, 2011 – Vol.1 e 2).

Esta nova realidade, mais difícil, cria contudo uma nova janela de oportunidade para a inovação e aperfeiçoamento do Sistema de informação da saúde, abrindo um incentivo para se utilizar convenientemente a informação produzida no sistema. Sendo adquirido que a prestação de cuidados se deve basear no princípio da racionalidade, evitando-se a duplicação de exames e a variabilidade assente em práticas não validadas e onerosas e a decorrente contenção dos custos da não-qualidade, será de grande utilidade, neste processo, a descoberta de conhecimento em Bases de Dados e/ou Bases de Conhecimento (BD/BC), num sistema de informação integrado e interoperacional. Como consequência, o desenvolvimento dos sistemas de informação e comunicação em saúde será um elemento determinante da Estratégia Nacional para a Qualidade na Saúde. Será possível, utilizando soluções de inteligência ambiente que facilitem alguns procedimentos operacionais, reduzir custos, pela integração de padrões de qualidade em todo o circuito do doente e a atribuição clara de responsabilidades, permitindo o melhor uso dos recursos disponíveis, integrando-os e harmonizando-os caso a caso, ao mesmo tempo que a continuidade dos cuidados é assegurada sem ruturas.

É neste sentido que a utilização de soluções de interoperabilidade, como a que vimos desenvolvendo no CHTS desde 2007, poderão aumentar os ganhos de saúde e obter melhores resultados económicos com melhores resultados líquidos ao nível da gestão e mais e melhores serviços clínicos oferecidos aos utentes.

2.2 Interoperabilidade

Atualmente, as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC's) em medicina e na prestação de cuidados de saúde defrontam-se com um cenário em que a diversidade dos prestadores de saúde introduziu soluções tecnológicas nos seus fluxos de trabalho com algum grau de independência. Esta independência poderá ser causa de dificuldades na interoperabilidade entre sistemas de informação (Peixoto, Machado, Neves, & Abelha, 2010). A

sobrecarga de sistemas de informação numa instituição pode levar a problemas com o acesso à globalidade da informação necessária, uma vez que é difícil, para um técnico de saúde, seja médico, enfermeiro, auxiliar ou outro, aceder a todas as fontes de informação de uma forma correta e num período de tempo aceitável. Na última década, os Sistemas de Informação da Saúde (SIS) ganharam grande importância e cresceram em quantidade e em qualidade. Com esta sobrecarga de informação, torna-se necessário conhecer que informação é relevante ser registada no Processo Clínico Eletrónico (PCE) e os sistemas de apoio à decisão deverão permitir estabelecer mecanismos de raciocínio baseados em conhecimento incompleto, ambíguo ou incerto.

Investigadores da área dos Sistemas de Informação Hospitalar (SIH) têm dedicado muita atenção e esforço no campo da qualidade da informação. Uma Unidade de Saúde é passível de ser representada em termos computacionais por um conjunto heterogéneo de aplicações que comunicam através de diferentes linguagens, personalizados de acordo com diferentes clientes de informação. Assim, torna-se imprescindível o desenvolvimento de plataformas de comunicação efetiva e prática, entre diversos sistemas de informação, baseando em princípios que consideram a qualidade da informação (Peixoto, Machado, Neves, & Abelha, 2010).

Cada serviço inclui pequenos sistemas de gestão de bases de dados, onde informações específicas sobre os pacientes são registadas, relacionadas interesses particulares. Esta rede computacional gera problemas de desenvolvimento. Contudo, estas aplicações são usadas por profissionais com elevados graus de satisfação, apesar de tal cenário não permitir uma visão transversal dos pacientes ao longo dos diversos serviços e especialidades; os sistemas não podem crescer com facilidade e, por vezes, não são atendidos procedimentos baseados em segurança nem em confiança. O uso de aplicações em ambientes distribuídos é um enorme problema quando essas aplicações não foram desenvolvidas especificamente para partilhar conhecimento.

Os Sistemas de Informação estão em acelerado crescimento e exploração e são um recurso tecnológico que se encontra num estado de evolução perfeitamente estável. No entanto, tanto os utilizadores como os desenvolvedores de *software* têm de lidar com desafios sempre novos e inovadores. O PCE é um tópico de discussão já amplamente abordado e explorado, trazendo

inovações e avanços a cada dia. Neste contexto, os novos requisitos são de conseguir gerir toda a informação que é produzida em unidades e instituições de prestação de cuidados de saúde, por forma a garantir a qualidade e a troca de informação entre os diversos sistemas de informação hospitalar. É necessário o recurso a novas e emergentes soluções tecnológicas.

A Interoperabilidade é um tema que tem estado relegado para segundo plano nas discussões da área das TIC's. Apesar de a tecnologia desempenhar um papel crucial na capacidade de se realizarem negócios de forma coerentemente simples, as infraestruturas para a troca de informação necessária a estes processos são insignificantes se todos os outros aspetos fundamentais para as colaborações negociais não forem interoperacionais. Assim, o conceito de Interoperabilidade do Negócio (*Business Interoperability*) vai muito para além das TIC's, no que concerne aos aspetos organizacionais do negócio, incluindo o nível de interação pessoal. Fluxos de trabalho mais suaves também significam que os processos de negócio originados numa instituição podem, suavemente, fluir para outra instituição parceira, sem que os processos sejam condicionados por aspetos burocráticos que influenciam negativamente o percurso da informação entre organizações diferentes.

Nos últimos anos, muitos projetos têm procurado alcançar a interoperabilidade em sistemas de informação de suporte ao PCE. As diferentes aproximações têm proposto soluções baseadas em tecnologias e *standards* específicos, de modo a satisfazer as necessidades de cenários particulares, não existindo esforços no sentido de produzir um *framework* padrão global de interoperabilidade. Alguns países planeiam, já, a adoção de uma linguagem médica unificada para garantir que a informação registada obedece a uma mesma sintaxe e semântica. A Unified Medical Language System (UMLS) é um projeto da National Library of Medicine (NLM), dos Estados Unidos da América, que providencia um *framework* conceptual para a categorização de conceitos. O acesso à informação é simples e efetivo, disponibilizando, aos seus utilizadores, informação de qualidade (Peixoto, Machado, Neves, & Abelha, 2010).

Existem grupos de investigação a desenvolver trabalho relacionado com a web semântica, o que inclui a área médica. Jentsch e seus colegas desenvolveram um sistema de suporte à área farmacêutica, que permite a interligação entre drogas, tratamentos, curas e testes de laboratório, através de uma web semântica. Este sistema ilustra de que forma uma planta medicinal chinesa

alcançou o objetivo de obedecer aos requisitos para ser administrada a pacientes humanos (Jentzsch, Zhao, Hassanzadeh, Cheung, Samwald, & Andersson, 2009). A equipa de trabalho de Jentzsch demonstra como construir sistemas de suporte à decisão em atividades clínicas. Estas tecnologias serão de grande interesse e importância, requerendo apenas alguns aspetos de adaptação por parte dos desenvolvedores de *software* para sistemas de informação hospitalar (Jentzsch, Zhao, Hassanzadeh, Cheung, Samwald, & Andersson, 2009).

2.2.1 Interoperabilidade Semântica

A informação a transferir entre processos deve ser normalizada no sentido de evitar diferentes estruturas de representação e interpretações incorretas. Também se deve tomar em consideração a semântica dos dados, de modo a que a informação possa ser compreendida de forma correta por diferentes sistemas. Adicionalmente, o uso de "standards" garante a melhor comunicação entre os profissionais da saúde e a interoperabilidade entre sistemas, o que permite a automatização de processos de registos entre diversas instituições de saúde. Os *standards* utilizados em PCE dividem-se em três áreas:

- *standards* para a representação de informação clínica;
- *standards* para a comunicação;
- *standards* para a representação de imagem médica.

As normas ICD-9-CM - International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification, SNOMED-CT - Systematized Nomenclature of Medicine-Clinical Terminology e ICNP - International Classification for Nursing Practice, são *standards* para a classificação de doenças e terapias clínicas, em que, cada terapia ou doença, está associada a um código reconhecido internacionalmente. A utilização destes *standards* garante que o PCE possa ser lido e reconhecido por qualquer profissional de saúde em qualquer parte do mundo, permitindo a aplicação de procedimentos computacionais de tratamento de dados por forma a interpretar sintomas e auxiliar os médicos na realização de diagnósticos e no planeamento de tratamentos (Duarte, Portela, Abelha, Machado, & Santos, 2011). Como um *standard* de comunicação, o

AIDA-PCE adota a norma HL7 - *Health Level 7*, como um protocolo para a transferência de mensagens, em arquiteturas web e orientadas ao serviço (SOA - Service Oriented-Arquitecture).

Existem numerosas vantagens no recurso à *web* semântica, mas também algumas desvantagens. Um aspeto negativo é, certamente, a complexidade da implementação e o domínio específico da área da saúde.

2.3 Inteligência Ambiente

A Inteligência Ambiente (IAm) é uma tecnologia comumente encontrada na área de atuação do presente projeto de doutoramento e que teve como origem três tecnologias emergentes: a Computação Ubíqua (*Ubiquitous Computing*), a Comunicação Ubíqua (*Ubiquitous Communication*) e os Interfaces com o Utilizador (*User Interfaces*).

Em cooperação, estas tecnologias pretendem mudar a forma como as pessoas usam a tecnologia e o seu meio ambiente, integrando conceitos das áreas da Psicologia, Ciências Sociais e Inteligência Artificial, para incrementar a qualidade de vida.

A IAm pretende antecipar e prever necessidades e desejos futuros, ao mesmo tempo que tem em consideração aspetos como a segurança, a economia e o conforto (Acampora & Loia, 2008). De modo a dar capacidade de aprendizagem, estes sistemas necessitam de adquirir dados do ambiente, normalmente composto por sensores e atuadores. Os sensores monitorizam o ambiente e captam dados, utilizáveis em processos cognitivos e de raciocínio (Aztiria, Izaguirre, & Augusto, Learning patterns in ambient intelligence environments: a survey, 2010). Por outro lado, os atuadores agem no ambiente executando ações tais como o controlo de temperatura, da luminosidade e de outros aparelhos.

A divisão de sensores em classes pode ser entendida tomando em consideração o papel do sensor no ambiente. Deste modo, os sensores podem ser divididos em sensores estáticos embebidos nos objetos, sensores de contexto e sensores de movimento (Aztiria, Augusto, & Izaguirre, Spatial and temporal aspects for pattern representation and discovery in intelligent environments, 2008) (Aztiria, Augusto, Bagoiti, Izaguirre, & Cook, 2012). É igualmente

importante considerar estes aspetos bem como o objetivo de aplicação e principais tecnologias disponíveis quando da integração de sensores de um ambiente numa rede sem fios de sensores (*Wireless Sensor Network* - WSN). (Yick, Mukherjee, & Ghosal, 2008)

Juntamente com técnicas de Aprendizagem Máquina, é, também, possível obter dados de hábitos de utilizadores de um ambiente dotado de IAm. Relacionado com este assunto, há exemplos de diversos algoritmos que realizam tarefas de captação de dados de sensores no ambiente. Estes algoritmos recorrem-se de teorias de *Sequence Discovery* (Aztiria, Izaguirre, & Augusto, Learning patterns in ambient intelligence environments: a survey, 2010) Fuzzy Logic (Hagras, Doctor, Callaghan, & Lopez, 2007), *Genetic Programming, Multi-Layer Perceptron* e combinações destas técnicas (Wang, Abdulla, & Salcic, 2009).

2.4 Aprendizagem Máquina: Ferramentas e Ambientes de Trabalho

As ferramentas mais utilizadas para realizar *Data Mining* (DM) e aplicar técnicas de aprendizagem máquina a instituições e empresas são soluções proprietárias. Foram analisados os documentos de Gartner (Rita & al., 2011) e Forrester (Evelson, 2010), assim como os designados *magic quadrants* e os *wave charts*. Estes estudos referem que as soluções mais utilizadas na área do *Business Intelligence* (BI) são da IBM, SAS, SAP, Oracle e Microsoft. Ainda mais, estes dois relatórios, além de indicar os líderes de mercado entre estas tecnologias, também descrevem as tendências futuras e as necessidades do cliente para futuros desenvolvimentos. Alguns dos pontos mais destacados sobre as necessidades atuais dos clientes incluem:

- A necessidade de mudar de uma forma de análise baseada em métricas para uma análise preditiva;
- O desenvolvimento de melhores ferramentas de predição;
- Maior ênfase na realização de análises baseadas em conteúdos;
- A necessidade de executar tarefas de otimização de previsão.

Forrester (Kobielus, 2010) realizou um estudo mais detalhado sobre ferramentas de DM que incluem funcionalidades de análise preditiva, de entre as quais se destacam as soluções do SAS

Institute, da SPSS, da IBM e da Oracle, líderes de mercado no fornecimento destes produtos. Foram adicionados a esta lista os produtos KXEN e Portrait Software, como líderes de mercado neste contexto específico. Todos estes fornecedores de soluções de DM implementam, nos seus produtos, capacidades como:

- Funcionalidades de preparação de dados;
- Análise de dados;
- Visualização de modelos preditivos e de resultados;
- Manipulação de diversas plataformas de bases de dados.

Como as ferramentas analisadas só estão disponíveis no mercado comercial, sendo produtos muito dispendiosos, apresentam-se, também, algumas ferramentas disponíveis sem custos de utilização (*free* ou *open source*). Neste contexto, produtos como RapidMiner (Mierswa & al, 2006) ou Weka (Witten & Frank, 2005) proporcionam um vasto leque de recursos de DM e de técnicas de aprendizagem (*machine learning*), que podem ser utilizadas em conjunto com qualquer outra aplicação. Estas duas soluções disponibilizam, igualmente, bibliotecas de código aberto, utilizáveis para o desenvolvimento de soluções próprias. A título de curiosidade refira-se que o Rapidminer é utilizado pelo Bank of America.

2.5 Extração de Conhecimento e Sistemas Inteligentes

Os Sistemas Multiagente (SMA) e o DM emergiram como sistemas de áreas de desenvolvimento separadas e de forma independente. Contudo, recentemente, tem-se notado uma mudança no sentido da convergência destas duas abordagens. A investigação em áreas como o desenvolvimento de agentes de DM, apresenta-se, por si só, como uma oportunidade no desenvolvimento de soluções que tiram partido das vantagens da interação entre agentes inteligentes e os algoritmos de aprendizagem do DM (Cao, Luo, & Zhang, 2007).

Estudo recente (Venkatadri & Reddy, 2011) salienta o facto de que a evolução do DM tem sido feita em direção à área do *soft computing*, com a integração de soluções de computação em nuvem e SMA, em áreas como as de serviços e de análise de pesquisa. A par, estudos recentes também consideram o interesse por soluções de DM na área dos serviços bancários, como

forma de abordar problemas clássicos como a classificação de risco, gestão de risco e relação com o cliente (Dan, 2008). A área da banca tem sido usada, igualmente, como um caso de estudo para abordagens que tentam o desenvolvimento de arquiteturas de DM baseadas em SMA multinível (XinLi & Chosler, 2007).

Outras áreas de uso que associam SMA com DM estão relacionadas com as capacidades de distribuição da computação inerente aos primeiros. O trabalho com agentes inteligentes colaborativos permite que, num SMA, partilhem informação quando necessário, enquanto realizam tarefas próprias, tendo em conta a contribuição para o benefício do sistema global. Neste contexto, tarefas de DM podem ser distribuídas e implementadas, com sucesso, num SMA (Zhou, Rao, & Lv, 2010).

Sistemas distribuídos de DM também são usados para lidar com problemas complexos de descoberta de conhecimento, tais como em cadeias de suprimento financeiro (*supply chain finance*), devido à natureza heterogénea das fontes de dados que devem ser tomadas em consideração (Xiang, 2008).

O uso de SMA como base para o desenvolvimento de sistemas de DM distribuídos tem sido observado em diversas contribuições científicas já ao longo de alguns anos. A ideia chave é a de combinar as propriedades intrínsecas dos SMA e das capacidades de comunicação dos agentes neles envolvidos, para o desenvolvimento de tarefas de DM de forma distribuída e colaborativa. Uma forma de uso mais comum de tais sistemas relaciona-se com a descoberta de padrões relevantes num *data warehouse*, através do uso de agentes inteligentes, que atuam em colaboração e que realizam ações colaborativas (Khan, 2008).

3 Trabalhos Científicos

Neste capítulo são apresentados os principais trabalhos de divulgação científica que foram realizados durante o percurso efetuado neste projeto de doutoramento.

Todos estes trabalhos se relacionam com os ambientes de prestação de cuidados de saúde onde tenho ou tive intervenção, em particular, nas áreas da Inteligência Ambiente, dos Sistemas Inteligentes, da Extração de Conhecimento, sempre em áreas relacionadas com os Serviços de Saúde.

3.1 Ambient Assisted Living

Costa R., Carneiro D., Novais P., Lima L., Machado J., Marques A., Neves J., Ambient Assisted Living, in *Advances in Soft Computing*, Vol. 51, Springer-Verlag, ISBN 978-3-540-85866-9, pp. 86-94, 2008 (3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008 (UCAMI 2008), Salamanca, Spain, 22-24 October 2008).

A qualidade da prática em cuidados de saúde é de difícil julgamento. De facto, a prestação de apoio e de cuidados de saúde tem um cariz muito pessoal, isto é, as avaliações dos casos são individualizadas, levando à disponibilização de serviços de cuidados específicos, envolvendo serviços sociais, trabalhadores da saúde e agências de prestação de cuidados de saúde.

Por outro lado a discussão sobre a qualidade destes serviços é de difícil implementação e argumentação. Espera-se privacidade quando solicitados estes serviços e, igualmente, confidencialidade por parte de quem os pratica.

Por conseguinte, existe a necessidade urgente de promover novas aproximações à resolução de problemas, baseadas em soluções tecnológicas e fundamentadas formalmente, à medida que aumenta a população com necessidades especiais de cuidados de saúde (os idosos, por exemplo). O envelhecimento da população é uma realidade presente nos últimos anos, com tendência para continuar e, até, aumentar, nos próximos anos.

Nesta linha de raciocínio, o trabalho que se apresenta em sequência, aborda o “VirtualECare framework”, um sistema multiagente inteligente, capaz de monitorizar, interagir e servir os seus clientes em necessidade de prestação de cuidados de saúde. O sistema proposto é baseado em *standards* tecnológicos abertos, como o OSGi e o R-OSGi, com a expectativa, não só de cumprir os objetivos enunciados, mas também de ultrapassar os problemas induzidos pelo uso de novas tecnologias e formalismos.

Ambient Assisted Living

**Ricardo Costa¹, Davide Carneiro², Paulo Novais², Luís Lima¹, José Machado²,
Alberto Marques³ and José Neves²**

¹College of Management and Technology - Polytechnic of Porto, Felgueiras, Portugal
{rfc,llima}@estgf.ipp.pt

²DI-CCTC, Universidade do Minho, Braga, Portugal
pg10906@alunos.uminho.pt, {pjon,jmac,jneves}@di.uminho.pt

³Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, EPE, Penafiel, Portugal

Abstract. The quality of care practice is difficult to judge. Indeed, support and care provision is very personal, i.e., assessments are individual and lead to specific care packages, involving social services, health workers, care agencies. On the other hand, we are often reluctant to discuss it with others. We expect privacy in our own affairs and confidentially from those to whom we disclose them. Therefore, we are in an urgent need for new, technological and formal approaches to problem solving, as the increase of population with special care requirements (e.g., the elderly) has become a reality in recent years and it is known to continue, even speeding up, in the years ahead. Following this line of thought, it is one's goal to present the VirtualECare framework, an intelligent multi-agent system able to monitor, interact and serve its customers, which are in need of care services, based in open standards, like OSGi and R-OSGi, expecting not only to fulfil the objectives referred to above, but also to overcome the problems induced by the use of new technologies and formalisms.

Keywords: Ambient Intelligence, Group Decision, Virtual Organization, Healthcare, Assisted Living.

1 Introduction

Many healthcare systems around the world are imploding. Indeed, healthcare costs are rising rapidly, but the quality-of-service is often poor or simply non-existent, as it is the lack of admission and choice of services. Definitely, some changes must be done, and the use of new technologies and practices is inevitable,

i.e., patients, especially the ones with chronic diseases, have to be empowered, through the use of Information Technology (IT) enabled diseases management systems, allowing them to take control of the situation and even lowering the healthcare costs. Under this scenario, their treatment will take place at home, through the use of technologies and appliances that will allow real time monitoring and evaluation of critical data, triggering alarms and making recommendations, in case of necessity. Family and relatives will also be empowered, as they will have access, in real time, to the collected information [1].

Under this line of thought, several IT healthcare based systems are in development [2-8]. However, some are simple “panic buttons”, others use domotics smart sensors and, the most advanced ones, focus the development on context-aware interfaces for older people and/or the development of “smart-homes” for aging-in-place. There are also generic frameworks aimed to integrate the systems referred to above, one of these is Telecare.

1.1 Ambient Intelligence

Ambient Intelligence (AmI) is a relatively new paradigm in Information Technology (IT), in which people are empowered through a digital environment that is not only aware of their presence, but sensitive, adaptive, and responsive to their needs, habits, gestures and passions [6]. *AmI* is built on advanced networking technologies, shaped by a broad range of bits and pieces (e.g., mobile devices). Adding adaptive user-system interaction methods, based on new insights in the way people interact with computing devices (e.g., social user interfaces), digital environments may be twisted in order to improve quality-of-living of people by acting on their behalf. These context aware systems combine ubiquitous information, communication, and entertainment, with enhanced personalization, natural interaction and intelligence. The path to pursue, in order to achieve this goal, relies on a mix of different receptiveness from Artificial Intelligence, Psychology or Mathematical Logic (just to name a few), coupled with different computational paradigms and methodologies for problem solving, such as the conceptualization of figures (e.g., the one of software agent), and its social counterpart in the form of Group Decision Support Systems [10].

1.2 Inter-organization Cooperation

In Inter-Organization Cooperation there are factors that tend to be surrounded in the local milieu, which according to Dosi [11], can be seen as the social embedded processes that allow organizations to obtain outside complementary knowledge and be innovative in the course of interaction among different actors, i.e., the local or regional milieu needs to include not only the substances related to the service

structure or economics terms, but also social, cultural and institutional ones [12]. Thus, in the interaction of the different actors, the cooperation elements can be found in a kind of common language, social relationship, norms, values and institutions, which in our work will be set in terms of an extension to the logic programming language, being their knowledge bases built as logical theories that found their foundations on this extension [13]. Conclusions are supported by deductive proofs, or by arguments that include conjectures and motivate new topics of inquiry, i.e., if deduction is fruitless, the agent inference engine resorts to abduction, filling in missing pieces of logical arguments with plausible conjectures to obtain answers that are only partly supported by the facts available (to the inference engine).

1.3 Group Decision Support Systems

In the last years we have assisted to a growing interest in combining the advances in IT, i.e., computing, telecommunications and presentation, in order to create Group Decision Support Systems (GDSS). Indeed, the new economy, along with increased competition in today's complex business environments, takes the companies to seek complementarities in order to increase their competitiveness and reduce risks. Under this setting, planning assumes a major role in a company life. However, effective planning depends on the generation and analysis of ideas (innovative or not) and, for this reason, an idea generation and management process may make the difference.

Undeniably, our objective is to apply the above presented GDSS to a new sector. We believe the use of GDSS in the Healthcare sector will allow professionals to achieve better results in the analysis of one's Electronic Health Record (EHR). This achievement is vital, regarding the explosion of knowledge and skills, together with the growing need to use limited resources more efficiently.

2 Business Integration for Healthcare

Our objective is to present an intelligent multi-agent system that must be able not only to monitor and to interact with its costumers (being those elderly people and/or their relatives), but also to be interconnected to other computing systems running in different healthcare institutions, leisure centres, training facilities and/or shops. The VirtualECare [9] Architecture is a distributed one, with different components being unified through a network (e.g., LAN, MAN, WAN), each one with a different role (Figure 1). His top-level structure is given below:

SupportedUser – Elderly people with special healthcare needs, whose critical data is sent to the ***CallCareCenter*** and forwarded to the ***Group Decision Supported System***;

Home – SupportedUser natural premises. The data collected here is sent to the **Group Decision Supported System** through the **CallCareCenter**, or to the **CallServiceCenter**, which speak for themselves;

Group Decision – It is in charge of all the decisions taken at the VirtualECare platform. Our work will be centred on this key module;

CallServiceCenter – Entity with all the necessary computational and qualified personal resources, capable of receiving and analyze the miscellaneous data and take the necessary steps according to it;

CallCareCenter – Entity in charge of the computational and qualified personal resources (i.e., healthcare professionals and auxiliary personnel), capable of receiving and analyze the clinical data, and take the necessary actions according to it;

Relatives – SupportedUser relatives which may and should have an active role in the supervising task of their love ones, providing precious complementary information (e.g., loneliness).

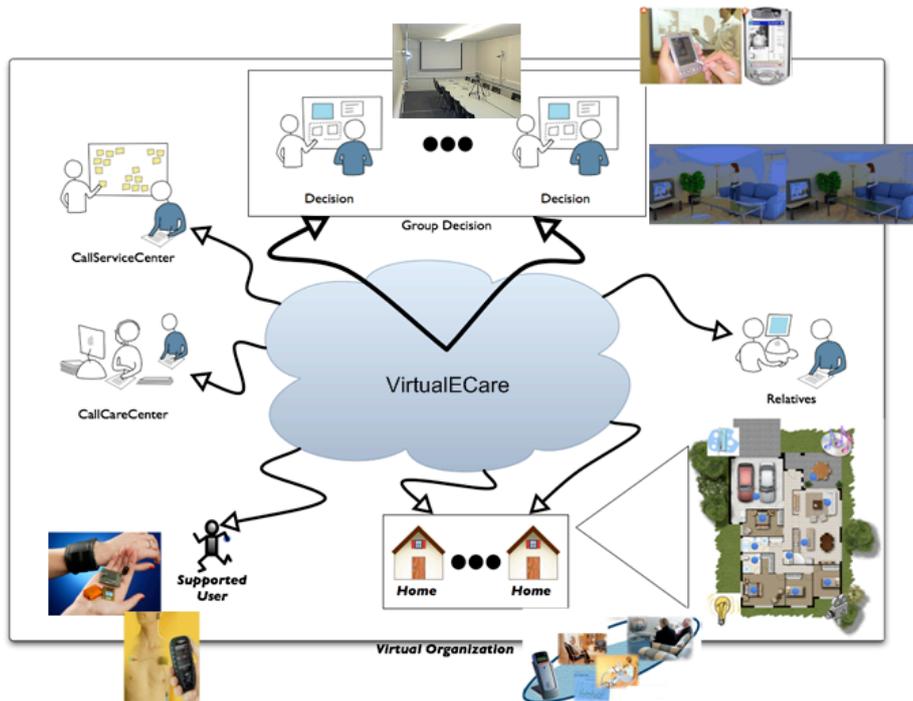


Fig. 1. The System Architecture, VirtualECare

In order to the Group Decision Support System be able to correctly make their decisions, one needs of a digital profile of the SupportedUser, which may provide a better understanding of his/her special needs. In this profile we may have different kinds of relevant information, ranging from the patient Electronic Health Re-

cord to their own personal experiences and preferences (e.g., musical, gastro-nomic).

This solution will help healthcare providers to integrate, analyze, and manage complex and disparate clinical, research and administrative knowledge. It will provide tools and methodologies for creating an information-on-demand environment that can improve quality-of-living, safety, and quality-of-patient care.

3 OSGi

OSGi is an initiative that intends to establish standards in java programming, highly specific, catering for the sharing of java classes, that may be achieved in terms of a services platform paradigm [14, 15]. Indeed, in order to perform tasks on the user's behalf, we need devices and applications able to detect the user's presence (being it physically or not), which may lead us to the so called context-aware systems. These kinds of systems take advantage of the emerging pervasive computing solutions to be able to provide "anytime, anywhere" computing, which has attracted much attention from researchers in recent years in order to demonstrate the technology's usefulness. However, building context-aware applications is relatively complex and requires an adequate infrastructure to support a generic, platform independent framework.

3.1 OSGi overview

The use of this technology will let developers to build java applications on a modular basis. The resulting modules are called bundles, which are not only competent to provide services, but also to use services provided from other bundles. In OSGi, a bundle can be installed, started, stopped or un-installed at run-time and without any kind of system reboot, which makes OSGi-based technologies very modular and dynamic.

The core component of the OSGi specification is the OSGi Framework. This framework provides a standardized environment for running computing programs and is divided into four layers:

- The execution environment, which is to be understood in terms of the specification of the java environment that is being used;
- The modules layer, which defines the policies for loading the java classes, having into account the inherent security issues;
- The life cycle layer, which adds dynamically the new modules and can start, stop or uninstall them;
- Finally, the service registry maintains a list of services as well as the bundles providing them. This layer is also responsible for dealing with the problems that arise from bundles being stopped or uninstalled while

the services they provide are being used. If a bundle needs a service that is not currently unavailable, it is also the service registry that, when that service becomes available, will notify the bundle or bundles waiting on it (i.e., OSGi has the concept of event for more efficiently addressing these kind of problems).

This technology suits very well AmI since one complements the other. AmI can very simplistically be seen, as the provider of services to the user, thus there must be a way of providing them. OSGi comes up as a natural way of implementing AmI services, whether they are java classes or something that runs hidden behind java classes.

Through the adoption of the OSGi specification, we intend to adopt standards that will not only fasten the development phase, but also greatly improve the dynamics of the architecture. OSGi deals with all the problems of dynamically adding and removing classes (i.e., adding or removing services), as well as announcing and subscribing new services. It also makes it easy to add new components into the architecture as long as they are OSGi compatible. These components range from a simple home device to a new member of the VO. The OSGi security policies were also taken into account.

3.2 Adopting OSGi

When adapting the proposed architecture to fit the OSGi specifications we are faced up to some challenge, being the most obvious “how to make the agents, used in some components of the architecture, OSGi compatible (since some of our components are agent based), and how to use OSGi in our distributed architecture (since OSGi is a service-oriented centralized architecture)”. Besides that, agents can be very different among themselves, including the signatures of the methods they declare, so we must ensure that every agent is compatible with each other and with regular OSGi bundles. These issues and the solutions adopted are addressed in the following sections, where it is described how we have made our architecture OSGi compatible.

3.2.1 Multi-Agent Systems and OSGi

Adopting OSGi on each component of our architecture, forced us to find a way to make one`s agents compatible with OSGi bundles. The aim is to make accessible the functionalities of an agent (e.g., its methods) as services to other bundles. It would not be advisable to convert each agent into an OSGi bundle, since it would increase the development time and will throw away the advantages of Multi-Agent Systems (MAS) based methodologies for problem solving. Therefore, the verdict was to create an OSGi bundle that could make the bridge between regular bundles and Jade: the MAS bundle. This bundle can deal with one Agent Container (AC)

and implement the methods declared in the interface of the agents in that AC as its own services. Moreover, this bundle must be able to start and stop agents, which in practice, correspond to the start and stop of the services provided by themselves. The bundle, upon the reception of an invocation for an offered service from any other bundle, sends the invocation to the correspondent agent and delivers the respective result to the calling bundle. It must be noted that an agent, when trying to satisfy an invocation, may require the services provided by other bundles currently available. This is possible through the MAS bundle.

We are now ready to make a more detailed description of the MAS bundle. It has two methods for controlling the bundle that will be used, either by the client or administrator, in order to start or stop the respective bundle. Once this MAS bundle registers the services of the agents it creates, it declares the public methods of the agents on its interface, in order to make them visible to the other bundles as regular services. As for the interface between the MAS bundle and the Jade system, a JadeGateway agent (JGa) is being used. The task of this agent is to act as a bridge between Jade and non-Jade code. This agent is created when the MAS bundle is started, along with the other agents. The JGa has the knowledge of which services are provided by each agent running so whenever a request from a service arrives to the MAS bundle, it knows to which agent that request should be forwarded. When the request arrives, a shared object is created in the MAS bundle: the blackboard. This object has some fields such as the name of the service to be invoked or the content which is the response from the final agent. The MAS bundle simply fills the service name field, which is the name of the service that was invoked by another bundle. Then, the blackboard is passed to the GWa which, interacting with one or more agents, gets the answer needed to the invocation of the service. That answer is then written to the content field of the shared object and returned to the MAS bundle. The final part consists of the bundle resuming the invocation of the service by returning to the calling bundle, the content of the shared object. The bundle that requested the service will never notice all that went on while it waited for the result of the service invocation.

Likewise, if an agent needs to use a service from another bundle, it contacts the MAS bundle, which is responsible for contacting the correct bundle, invoking the service and forwarding the result back to the agent.

The more specific issue of the interaction between agents, inside each platform, is outside the scope of OSGi, and must be, therefore, addressed. Agent communication is indeed a very important subject since it implies directly with the performance and behaviour of the whole system. FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) establishes several agent-related standards, being one of them the Agent Communication Language (FIPA-ACL). This standard defines how to syntactically and semantically construct a message. It specifies the parameters a message may have (e.g., sender, content, performative), and how to use them. The communication between the agents of our architecture complies with FIPA-ACL standard. By doing so, we solve some drawbacks and enlarge the compatibility of the architecture to foreign agents that follow the same standard. At this point, any agent that complies with FIPA-ACL can run inside a container that is controlled by a MAS bundle, and may provide its methods as services.

3.2.2 OSGi locally

Let us describe in this section the role that OSGi will play in our architecture. What we have is a group of nodes (e.g. the supported user, the CallCareCenter) and we use OSGi inside each of these nodes. Let's take as an example the supported user's home. There is a group of components, which are part of the home and should be connected to the system. In one hand we have the 1-Wire sensors, which give the system the knowledge about the temperature, humidity, luminosity and other factors. In another hand, we have the X10 network which allow for house equipments like lights or other electric devices to be controlled from a computer. Our objective here is to connect a group of heterogeneous devices in an integrated way and that is the OSGi contribution at this level.

Inside the house, the sensors are connected to the central computer through the serial port and a bundle is responsible for constantly reading the values from the sensors and registering them. This bundle exports as a service the values of the sensors of the house, which can then be used by the rest of the bundles. There is also a bundle for each X10 equipment and each of this bundles exports as a service the commands that can be issued to the equipment it represents (such as ON, OFF, UP, DOWN, etc).

Let us assume that the air conditioning system has enough autonomy to control the temperature based on the client preferences. It would be a hard task for an X10 equipment to interact with a 1-Wire sensor and acquire information from it without intermediary equipment. With OSGi, the autonomy is given to the bundle, which can easily issue X10 commands to the equipment through the serial port based on the information that it obtains from the sensor bundle. With OSGi, entities that are different may be easily integrated and put to work together ranging from sensors and actuators to house equipments, people or software agents.

Another problem we face when adopting OSGi is the compatibility between bundles. This problem arises from the very different bundles that we can have, aggravated by the fact that with OSGi, any bundle written by anyone can be incorporated into the system. As an example, imagine a class that exports a method which signature is a data structure declared within that same method. The bundle that made the call to the service will not "understand" the result. There is, therefore, the need to ensure the compatibility between all bundles. This was achieved by defining an ontology to be used by all the bundles. This ontology is a java package on which the classes relating to all the objects that can be used by the methods on its signatures are declared. If every bundle imports this ontology, the compatibility is assured and, if a bundle is added which implements a new object, only the ontology must be updated. None of this would however be necessary if all the methods only used standard java classes.

Having addressed these main issues, OSGi can be locally used in the components of our architecture simplifying its implementation. Moreover, OSGi provides a bundle that, off the shelf, allows for UPnP components to be viewed by the other bundles as services, extending its possibilities. Let's look again at the home of the supported user: each bundle can provide local services like the control of the lights or the air conditioning system. If the user has, for example, an UPnP

TV, its control will also be provided as a service to the user the moment he connects it. The fact of OSGi supporting UPnP devices has yet the advantages associated do the zero-configuration needed for including new devices, therefore, for including new services, which is especially useful for the elderly.

Regarding the service providers, like the CallCareCenter, the implementation of OSGi allows for a better local organization. Each qualified health professional or computational resource can, for example, be a local service used by the entity responsible for generating the answer to the user who requested it.

In the next section we will show how OSGi must be expanded so that it interconnects the OSGi cells that are each component of the architecture, enabling the user to access remote services and maintaining the compatibility with the OSGi standard.

3.2.2 OSGi remotely

The fact that OSGi has a centralized architecture while our architecture is a distributed one, raises a last challenge that must be overcome. What we have is standard OSGi cells, each one being a component of the architecture. These cells, when interconnected, create a virtual organization, on a service-sharing basis. There must be, therefore, a way of accessing remote services of other cells since OSGi standard does not address this problem. R-OSGi is an extension to OSGi standard, which allows for a centralized OSGi application to be distributed, using proxy bundles. A proxy bundle is a bundle which provides not only a remote service exactly as if it was a local one, but also allows for local services to be remotely accessed.

The main idea behind R-OSGi is for remote services to be accessed by bundles like they would be if they were local ones, in a completely transparent way. What we do is to add an additional bundle to each cell that provides at least a remote service. This bundle is responsible not only for checking the service registry of the OSGi cell it is on, but also to search for services which should be provided remotely, announcing them on an external port. Remote bundles which want to subscribe its services will make a connection to that port and subscribe it. Moreover, each cell should also start a bundle for each service (or bundle of services) it wants to remotely access. This bundle subscribes the remote service as soon as it is needed and registers it on the local OSGi cell, as if it was the bundle providing it. Subsequently, any local bundle can use the service without the need to know if it is accessing a remote or a local one.

What happens is that, when a local bundle in cell A calls for some remote method, that call goes normally to the proxy bundle as if it was the one providing the service. After receiving the method call, the proxy bundle identifies the remote cell which is providing the service; let us call it cell B. It starts a connection with the proxy bundle of cell B and sends the method invocation. The proxy bundle in cell B receives and forwards it to the right local bundle (it may also need to connect to other remote bundles), which returns the result of the invocation to the proxy bundle. The proxy bundle in B then sends the result to the proxy server in

A, which forwards it to the original bundle that called the method. The next figure is an example of a portable device, which connects to a remote server to satisfy a request of the user to plan a trip. The user, as well as the interface service on his device, does not need to distinguish if a remote service was used or not, but to know the results.

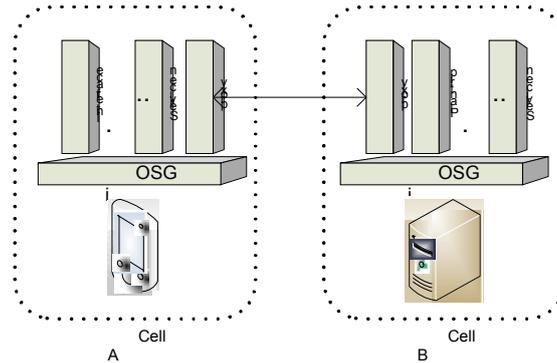


Fig. 2. Using remote services

The main advantage of having a Virtual Organization (VO) implemented with the R-OSGi technology, is on the dynamic configuration of the group. New members willing to join the VO can easily start making part of it and, when no more want to offer a service, they simply stop the bundle which provides that service. Issues raised from stopping services being used remotely are treated locally by the service registries of each OSGi cell, and constitute no new problem to be addressed, since even local services can stop being available, once the service registry already takes care of that.

In Figure 3 we present an example of the architecture from the OSGi point of view. The OSGi network will be made of standard OSGi artifacts (i.e., the OSGi cells), that may interact with one another. In this example, components in the area of the user body, such as a heart beat monitor, a handheld device or his personal assistant, are an OSGi cell, the devices and equipments of the user's house are another one, and the group decision along with the persons or equipment that make it, create even another OSGi cell. The red proxy bundles provide the local services of their cells as remote services, and the green proxy bundles provide a remote service as local services in their OSGi cells. In this implementation, the Personal Agent uses a remote service to plan the weekend, provided by the Group Decision OSGi, when the user requests it. It also uses the lights service provided by the Home OSGi to turn the lights on or off, based on the location of the user. At last, the Temperature Monitor bundle uses the location service and the preferences of the user provided by the Location and Personal Agent to control the temperature at the home through the Air Conditioning bundle. Note that a service that is provided by an agent and is to be remotely accessed, is registered locally by the MAS bundle and remotely by the proxy bundle.

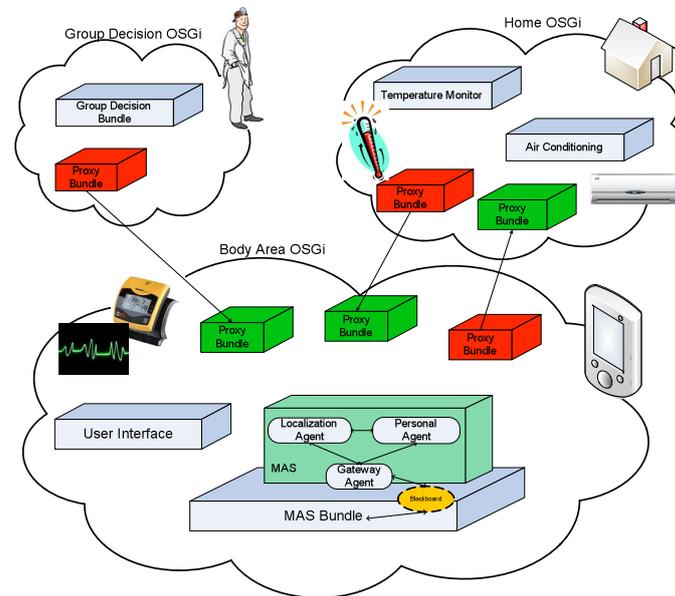


Fig. 3. The architecture from the OSGi point of view

4 Conclusion

Following the decision of using proxies in R-OSGi we were using Java reflection API to dynamically creating the classes of the new unknown bundles that could be added. However, we concluded that the increase in complexity and the decrease of performance in the key components of the architecture were reasons strong enough for us to abandon this idea and let each bundle that needs to connect to a remote service to connect on its own. This option was yet encouraged by the fact that R-OSGi makes remote method invocation very simple to use so there is no reason for us not to stick with it.

Based on open standards, we have presented a framework to an early deployment of a prototype for the VirtualECare system. In future work, we expect to elaborate on real life scenarios and situations, in order to make the necessary's developments to set a working prototype, that could provide to the population in general, and the elderly, in particular, a certain amount of remote services (e.g., healthcare, entertainment), without delocalizing or messing up with their routines, in a more effective and intelligent way.

5 References

1. 'Healthcare 2015: Win-win or lose-lose?', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Healthcare 2015: Win-win or lose-lose?' (IBM Global Business Services, 2006, edn.), pp.
2. Nehmer, J., Becker, M., Karshmer, A., and Lamm, R.: 'Living assistance systems: an ambient intelligence approach', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Living assistance systems: an ambient intelligence approach' (2006, edn.), pp. 43-50
3. Giráldez, M., and Casal, C.: 'The Role of Ambient Intelligent in the Social Integration of the Elderly' (IOS Press, 2005. 2005)
4. Aguilar, J., Cantos, J., Expósito, G., and Gómez, P.: 'Tele-assistance Services to Improve the Quality of Life for Elderly Patients and their Relatives: The Tele-CARE Approach', *The Journal on Information Technology in Healthcare*, 2004, 2, (2), pp. 109-117
5. Sarela, A., Korhonen, I., Lotjonen, J., Sola, M., and Myllymaki, M.: 'IST Vivago® - an intelligent social and remote wellness monitoring system for the elderly', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book IST Vivago® - an intelligent social and remote wellness monitoring system for the elderly' (2003, edn.), pp. 362-365
6. Riva, G.: 'Ambient Intelligence in Health Care', *CYBERPSYCHOLOGY & BEHAVIOR*, 6, (3), 2003
7. Holmlid, S., and Björklind, A.: 'Ambient Intelligence to Go', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Ambient Intelligence to Go' (2003, edn.), pp.
8. Brown, S.J.: 'Next generation telecare and its roles in primary and community care', *Health and social care in the community*, 2003, 11, (6), pp. 459-462
9. Costa R., Novais P., Machado J., Alberto C., Neves J., Inter-organization Cooperation for Care of the Elderly, in *Integration and Innovation Orient to E-Society*, Wang W., Li Y, Duan Z., Yan L., Li H., Yang X., (Eds), Springer, ISBN: 978-0-387-75493-2, 2007.
10. Marreiros G., Novais P., Machado J., Ramos C., Neves J. An Agent-based Approach to Group Decision Simulation using Argumentation, *Proceedings of the International MultiConference on Computer Science and Information Tecnology, Workshop Agent-Based Computing III, Wisla, Poland, ISSN 1896-7094*, pp 225-232, 2006
11. Dosi, G.: 'Sources, procedures and microeconomics effects of innovation', *Economic Literature*, 1998, 26, pp. 1120-1171
12. Malmberg, A.: 'Industrial Geography: agglomeration and local milieu': 'Progress in Human Geography' (1996), pp. 392-403
13. Neves, J.: 'A Logic Interpreter to Handle Time and Negation in Logic Data Bases', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book A Logic Interpreter to Handle Time and Negation in Logic Data Bases' (1984, edn.), pp. 50-54
14. Initiative, O.S.G.: 'Osgi Service Platform, Release 3' (IOS Press, 2003. 2003)
15. Chen, K., and Gong, L.: 'Programming Open Service Gateways with Java Embedded Server(TM) Technology' (Prentice Hall PTR, 2001. 2001)

3.2 Uma abordagem multi-agente ao ensino médico utilizando a Web

Alves, Víctor; Marques, Alberto; Nelas, Luís; Neves, José, Uma abordagem multi-agente ao ensino médico utilizando a Web, CONGRESSO LUSO-MOÇAMBICANO DE ENGENHARIA, 5, Maputo, Moçambique, 2008 – “CLME2008”. [Maputo : s.n., 2008]. ISBN 978-972-8826-19-2, 2008

O ensino baseado na Web, utilizando Sistemas Tutoriais Inteligentes (STI's), é considerado um dos mais bem sucedidos empreendimentos da Inteligência Artificial. Na verdade, há uma longa lista de STI's já testados e que demonstraram facilitar o processo de aprendizagem, entre os quais se encontram os que respondem por disciplinas como a Álgebra, a Geometria, as Línguas e a Informática.

Estes STI's utilizam uma grande variedade de paradigmas computacionais, tais como Sistemas de Produção, Redes *Bayesianas*, Esquemas de *Templates*, Prova de Teoremas e Raciocínio Baseado em Casos.

Neste contexto, espera-se que a próxima geração de STI's vá mais longe, adotando, não só, interfaces inteligentes, mas, também, centrando-se na integração de sistemas.

No trabalho que se apresenta de seguida, são abordadas algumas das particularidades de um sistema tutorial em desenvolvimento na área médica, que permite a integração de fontes de informação heterogéneas numa base de conhecimento coerente, tanto do ponto de vista do tutor, como da perspetiva das unidades temáticas suportadas.

Deste modo, os conteúdos do sistema são criados de forma dinâmica pelos médicos e restantes profissionais em saúde, no seu labor do dia-a-dia. Isto passa por se aproveitar o normal funcionamento das unidades de saúde para construir, em tempo real, uma base de conhecimento de casos e de dados para fins de investigação e ensino.

UMA ABORDAGEM MULTI-AGENTE AO ENSINO MÉDICO UTILIZANDO A WEB

Victor Alves¹, Alberto Marques², Luís Nelas³ e José Neves¹

¹Universidade do Minho, Departamento de Informática – Braga - Portugal

²Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, EPE – Penafiel - Portugal

³Radiconsult, S.A. – Braga, Portugal

e-mail: ¹{valves,jneves}@di.uminho.pt, ²marquestris@hpamerico.min-saude.pt,
³luis.nelas@radiconsult.com

RESUMO

O ensino baseado na *Web*, utilizando Sistemas Tutoriais Inteligentes (STIs), é considerado um dos mais bem sucedidos empreendimentos da Inteligência Artificial. Na verdade, há uma longa lista de STIs já testados e que demonstraram facilitar o processo de aprendizagem, entre os quais se encontram os que respondem por disciplinas como a Álgebra, Geometria, Línguas e Informática. Estes STIs utilizam uma grande variedade de paradigmas computacionais, tais como Sistemas de Produção, Redes Bayesianas, Esquemas de *Templates*, Prova de Teoremas, e/ou Raciocínio Baseado em Casos. Espera-se, por conseguinte, que a próxima geração de STIs vá um pouco mais longe, adoptando não só interfaces inteligentes, mas centrando-se na integração de sistemas. Neste artigo iremos abordar algumas das particularidades de um sistema tutorial que se está a desenvolver na área médica, que permite a integração de fontes de informação altamente heterogêneas numa base de conhecimento coerente, tanto do ponto de vista do tutor, como das unidades temáticas em si, ou seja, os conteúdos do sistema são criados de forma dinâmica pelos médicos e restantes profissionais em saúde, no seu labor do dia-a-dia. Isto passa por se aproveitar o normal funcionamento das unidades de saúde para construir, em tempo real, uma base de conhecimento de casos e de dados para fins de investigação e ensino.

1 INTRODUÇÃO

Tecnologias como a das Redes de Banda Larga, onde Hipermédia, Realidade Virtual, Inteligência Ambiente e Inteligência Artificial se conjugam, constituindo-se como os alicerces do chamado mundo *e-learning*, são uma realidade. Por outro lado, Sistemas de Informação e de Conhecimento desenvolvidos sob a forma de *front-ends* apoiados pela tecnologia *Web* têm proliferado. De facto, existem *sites* de *e-learning* na *Internet* que integram e difundem informação para médicos, pacientes e uma imensa panóplia de utilizadores (e.g., estudantes), e isto apenas para citar alguns. Estes portais têm-se desenvolvido de uma forma tão rápida, omnipresente, que se estão a tornar vítimas de sua própria popularidade (e.g., os problemas tecnológicos relacionados com a manutenção de um elevado número de *sites* em que se condiciona o fluxo de informações, conhecimentos e serviços têm vindo a ser detalhadamente descritos [Machado,2002]).

Para superar estes inconvenientes, existe trabalho a ser desenvolvido em metodologias de consolidação e integração de múltiplos *Web sites* em uma só entidade, i.e., o chamado portal de *e-learning* (portal na *Internet* é um novo termo que se vulgarizou nos últimos tempos). Referimo-nos, em termos gerais, a um sítio base, que inclui um motor de pesquisa, para além

de outros conteúdos, tais como notícias ou informação de entretenimento, destinadas a manter os utilizadores no portal o máximo de tempo possível. Utilizando portais com informação centralizada consegue-se obter eficiência operacional e redução dos custos, orientando negócios ou processos educacionais, porventura levando os próprios utilizadores a um processo de socialização, com reflexos no *e-business*, *e-procurement*, *e-health*, culminando no *e-learning*.

A vitalidade de um portal reside no seu potencial de integração, no apoio a comunidades virtuais de entidades as mais diversas, assim como na recolha, organização e difusão de informação, i.e., qualquer estratégia para a criação de um sistema deste tipo deve capitalizar neste ponto. Será pois de esperar que as organizações, escolas ou outras formas de entidades, que normalmente apresentam diferentes arquitecturas (e.g., com ou sem redundância de informação), com diferentes pessoas ou bens a seu cargo, procurem consolidar estes itens em um só (i.e., em termos de um portal).

1.1 Ensino Médico

Hoje mais do que nunca, o ensino médico é objecto de um enorme desafio. Exige o desenvolvimento não só de uma vasta gama de competências, sejam estas manuais, intelectuais, visuais e/ou tácteis, bem como ter-se em consideração grandes quantidades de informação (e.g., informação factual). Há ainda que não descurar o muito que se faz em termos de investigação na área da Medicina, com novos medicamentos e práticas para o acto médico a surgir a todo o momento, e a que o clínico não se pode furtar; ora isto torna o ensino em contínuo essencial.

Tradicionalmente, o ensino médico era baseado em textos, palestras e formação junto ao paciente acamado, sendo a mais comum a aprendizagem individual auto-orientada a partir do livro. Ora acredita-se que a ensino médico tradicional e a aprendizagem individual, em particular, pode ser complementada com sistemas electrónicos difundidos na *Internet/Intranet*. Na verdade, uma das vantagens dos sistemas electrónicos de ensino está em que estes abrem o caminho para se aumentar a participação do aluno. O aluno pode definir o ritmo, escolher os conteúdos e seleccionar o modo de apresentação, de acordo com as suas preferências ou situação. A consciencialização do processo de aprendizagem aumenta, bem como a satisfação obtida a partir dos conhecimentos adquiridos, i.e., o ensino médico pode ser bem mais célere e eficaz.

1.2 e-Learning

A aprendizagem utilizando meios electrónicos, que se passará a designar por *e-learning*, pode ser definida, em termos gerais, como os sistemas electrónicos de ensino / aprendizagem que são produzidos através da tecnologia *Web*. Entre os seus componentes encontram-se conteúdos que são difundidos em vários formatos, experiências na administração do ensino, comunidades de alunos, criadores de conteúdos e especialistas. Assim, o termo *e-learning* refere-se à utilização de tecnologias *Internet* para fornecer uma ampla gama de soluções que melhoram o conhecimento e o desempenho em processos de ensino / aprendizagem [Rosenberg,2000][Hartley,2000].

Um dos principais impactos do *e-learning* na educação reside no facto de proporcionar oportunidades para criar recursos que flexibilizam o processo de aprendizagem. Isto implica uma relação diferente entre professores e alunos, e mesmo entre as instituições, no sentido de

que os alunos passam a participar na sua própria formação, em que a hierarquia, tradicionalmente vertical, tende a tornar-se cada vez mais horizontal.

1.3 Sistemas Multi-Agente

Sistemas Multi-agente (SMA) podem ser vistos como uma nova metodologia de resolução de problemas, inerentemente distribuídos, via prova de teoremas, i.e., a computação baseada em agentes tem sido saudada como uma brecha na resolução de problemas em ambientes distribuídos e/ou de uma nova revolução na análise e desenvolvimento de software [Neves et.al.1997] [Faratin et.al.,1997] [Alves et.al.2001a] [Alves et.al.2001b] [Wooldridge,2003]. De facto, os agentes são o foco de interesse em muitas sub-áreas das Ciências da Computação, sendo utilizados numa ampla variedade de aplicações, desde os pequenos sistemas a sistemas abertos, complexos e críticos [Gruber,1991] [Abelha,2004]. Agentes não dão só corpo a uma tecnologia muito promissora a ser usada na resolução de problemas, mas estão a surgir como uma nova forma de pensar, um paradigma conceptual para resolução de problemas, para a concepção de sistemas, para lidar com a complexidade, a distribuição e a interactividade. Podem até ser encarados como uma nova forma de Computação e Inteligência.

Para desenvolver tais sistemas é necessário uma ferramenta de especificação, e acredita-se que um dos factores chave para a sua ampla aceitação é a simplicidade [Heinze et.al.,2000]. Na verdade, a utilização de agentes inteligentes para compreender terceiros (neste caso uma particular classe de utilizadores, os alunos) e os seus conhecimentos, e para inferir a estratégia mais apropriada de ensino a partir da interação com estes (os alunos), disponibiliza o potencial para definir uma prática de análise e de desenvolvimento de software, e uma metodologia de *design* que não faz a distinção entre agente e humanos até à fase de implementação.

Sendo o planeamento orientado deste modo, a construção destes sistemas, em que os seres humanos e os agentes se confundem, é altamente simplificado, i.e., a modificação e o desenvolvimento de um modo incremental, de sistemas de *e-learning* baseados em diferentes Sistemas Multi-Agente, em que o (agente) humano se encontra integrado, está a tornar-se fundamental no processo de desenvolvimento e análise de software [Machado,2002] [Neves et.al.,2000] [Alves,2002].

1.4 Agentes Tutoriais Inteligentes

Uma das possíveis utilizações de agentes e Sistemas Multi-Agente no ensino médico, vulgo *e-learning* e Inteligência Artificial (IA), verifica-se na concepção de agentes tutoriais que supervisionam e apoiam as acções do utilizador em ambientes em que se faz o processamento de informação; são agentes de interface que cooperam com os utilizadores (e.g., estudantes, profissionais de saúde) para atingir um dado objectivo [Sleeman & Brown,1982] [Burns et.al.,1991].

A ideia subjacente é a de que os computadores podem ser utilizados como veículos (i.e., ferramentas) para compreender os alunos e o respectivo estado de conhecimento, assim como para inferir a estratégia mais apropriada de tutoria. No entanto, vários factores têm atrasado o desenvolvimento de agentes tutoriais inteligentes, nomeadamente o escasso conhecimento que estes têm sobre a cognição e o comportamento humano. Esta situação irá melhorar, contudo, na sequência dos progressos registados nestes domínios (e.g., o problema da adaptação do ambiente às necessidades dos estudantes [Gauthier et. al.,2000]).

A complexidade do problema de concepção de agentes tutoriais inteligentes deve-se em parte à arquitectura monolítica em que se têm vindo a basear. Uma abordagem à concepção desses sistemas, e outros dentro do campo da IA, tenta resolver este problema aplicando uma estratégia do tipo "dividir para conquistar", que dá origem ao chamado Sistema Multi-Agente ou agências [Bradshaw,2001]. Estes tipos de sistemas são formadas por uma série de agentes que funcionam como entidades computacionais com total autonomia, e que comunicam entre si para executar uma dada tarefa.

Para incorporar nesta arquitectura um certo grau de adaptabilidade a possíveis e diferentes formas de utilização, permitindo uma aprendizagem personalizada, os agentes inteligentes devem ser desenvolvidos de forma a que cada agente se adapte em função das necessidades do sistema [Bigus & Bigus,2001] [Hendler,1996] [Maes,1995] [Maes,1996]. Por inteligentes queremos significar que o agente procura atingir os seus objectivos e executa as suas tarefas de modo a otimizar uma qualquer medida relacionada com o seu desempenho [Alves,2002] [Weiss,1999] [Edwards et.al. 2001].

2 O SISTEMA MULTI-AGENTE

Nesta secção descrevemos os nossos esforços e experiências na concepção de Sistemas Multi-Agente (SMA) de suporte a *e-learning* na área médica. No núcleo do sistema desenvolvido encontra-se um repositório com a base de dados dos agentes e uma grande quantidade de ficheiros (e.g., de imagens médicas, vídeos, som, texto). Esta informação é complementada com a base de conhecimentos que define a sua estrutura e classifica e define as relações entre os seus elementos. Sobre esse núcleo foi desenvolvido um SMA que acede à informação e a apresenta de acordo com as tarefas específicas a que se destina, que poderá ir desde a simples referência de informação textual ou a um roteiro por uma unidade temática, até uma reconstrução tridimensional de um conjunto de imagens anotadas de uma estrutura orgânica funcional (e.g., interfaces para alunos e profissionais da saúde) (Figura 1). Também foram desenvolvidos um conjunto de agentes auxiliares, que tratam da actualização da base de dados e do repositório, efectuando as ligações com as fontes de dados. A prioridade em termos de implementação foi dirigida para o campo da imagiologia médica, indo da aquisição e arquivo de exames até às interfaces para médicos, professores e alunos. Em termos da representação da informação foram utilizados formatos, normas e protocolos amplamente aceites nesta área (e.g., DICOM, HL7). Esta opção foi mandatória para conseguirmos uma grande flexibilidade na manipulação do processo de automatização da recolha de dados, evitando desse modo o risco de ficarmos dependentes de software e/ou hardware de um determinado fornecedor, viabilizando a escalabilidade do sistema.



Figura 1. Estrutura por camadas do Software

2.1 Arquitectura do Sistema Multi-Agente

Nesta secção iremos abordar os agentes de software desenvolvidos, começando com uma breve descrição dos principais tipos de agentes e especificando a forma como estes interagem entre si. Tendo em atenção este objectivo, os agentes foram agrupados em quatro conjuntos, complementares, correspondendo às interfaces de Aquisição de Dados Médicos, Profissionais da Saúde, Recursos de Ensino e Utilizadores (i.e., Estudantes) (Figura 2).

As interfaces de Aquisição de Dados Médicos permitem a aquisição a partir de equipamentos médicos, principalmente a partir de imagiologia médica e de registos clínicos electrónicos.

As interfaces dos Profissionais de Saúde são utilizadas principalmente por médicos que complementam a informação médica existente no sistema (e.g., classificação das imagens, casos de estudo), e utilizam a informação disponível nas suas tarefas do dia-a-dia (e.g., consulta de uma colecção de casos semelhantes ao do paciente que têm entre mãos).

As interfaces de Recursos de Ensino permitem a introdução e manutenção de novos conteúdos de carácter formativo. Nestas interfaces é possível aos formadores criar e actualizar casos de estudos, exercícios e conteúdos para o processo de *e-learning*. Eles consultam e criam hiperligações a ligar os seus conteúdos pedagógicos com a base de conhecimentos e com as informações médicas arquivadas automaticamente pelo sistema.

Os utilizadores do sistema (i.e., de um modo geral os alunos), são os elementos-chave, estão registados no sistema e o seu perfil definido (i.e., escolhendo temas e áreas de interesse), pesquisam material de estudo, efectuam testes de diagnóstico utilizando os casos de estudo e resolvem os exercícios e exames disponíveis. Podem também questionar o sistema e executar simulações.

O sistema está preparado para executar alguns procedimentos de um modo automático, tal como avaliar a sua utilização por parte dos seus utilizadores (e.g., estudantes, formadores e

profissionais de saúde), adaptando as interfaces do modo mais adequado. Isto é conseguido em termos de conteúdos e não do *design* da interface.

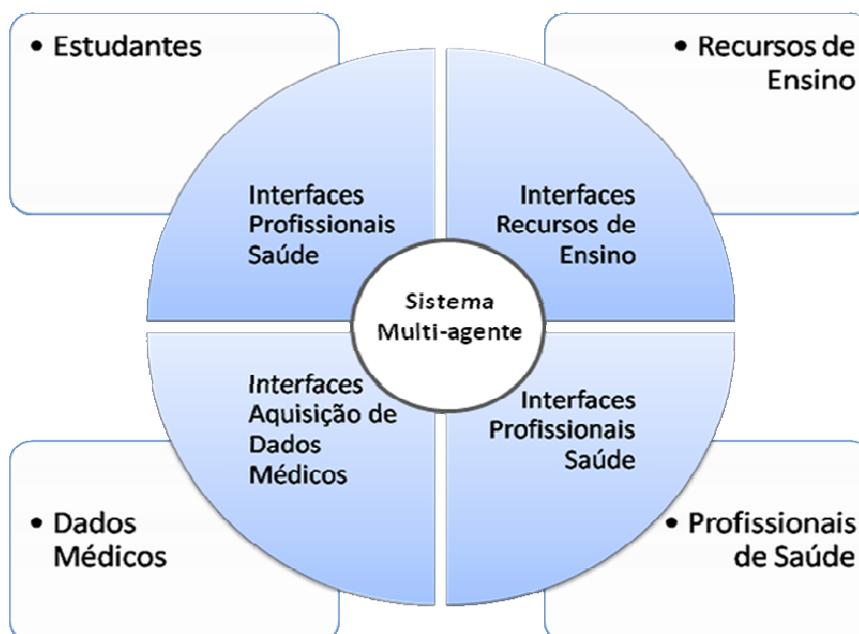


Figura 2. Arquitectura do Sistema

2.2 Objectivos e Tarefas dos Agentes

Para implementar o Sistema Multi-Agente (SMA), foram definidos seis tipos de agentes. Na Tabela 1 são apresentados os agentes, pelo que respondem e as suas principais tarefas.

Tabela 1. Objectivos e tarefas dos Agentes

Agentes	Objectivos	Tarefas	Interfaces
Agentes de Perfil	Optimização de interfaces.	Registo das preferencias e das tarefas executadas pelos utilizadores.	-Estudantes; -Profissionais de Saúde.
Agentes de Avaliação	Avaliar as interfaces dos utilizadores.	Avaliar as preferencias e tarefas executadas pelos utilizadores; Apontar possíveis melhorias nas interfaces.	
Agentes Produtores de Informação	Preparar informação para o sistema (e.g., conteúdos, imagens médicas, casos de estudo, interfaces).	Acrescentar ou alterar conteúdo e funcionalidades do sistema.	
Agentes de Pesquisa	Disponibilizar informação com qualidade e de acordo com o pedido pelo utilizador.	Procurar informação na Base de Conhecimento.	-Estudantes; -Recursos de Ensino; -Profissionais de Saúde.

Agentes de Interrogação	Responder a questões colocadas pelos utilizadores.	-Tentar encontrar respostas para as questões colocadas pelos utilizadores; -Avaliar os recursos necessários para o ensino de novos tópicos.	-Estudantes; -Recursos de Ensino.
Agentes de Anonimização	Esconder a identificação dos pacientes nos dados.	Produzir réplicas anonimizadas da informação médica.	-Produtor de Dados Médicos; -Profissionais de Saúde.

2.3 Interacção entre Agentes

O sistema está dividido em cinco partes. As quatro primeiras correspondem às áreas principais e a última representa o núcleo do sistema.

2.3.1 Interfaces de Aquisição de Dados Médicos

O esquema da Figura 3 ilustra o modo como as interfaces de Aquisição de Dados Médicos adquirem informação para o sistema. Quando a Aquisição de Dados Médicos envia os dados para a Base de Conhecimento, um agente de Anonimização é activado, criando réplicas anonimizadas dos dados que poderão ser utilizados pelos Agentes de Produção de Informação, para gerar novos conteúdos formativos (o processo de produção pode utilizar informação já existente na Base de Conhecimento). Os dois tipos de agentes interagem e publicam o seu estado interno por troca de mensagens, servindo-se da figura de Quadro Negro (memória partilhada).

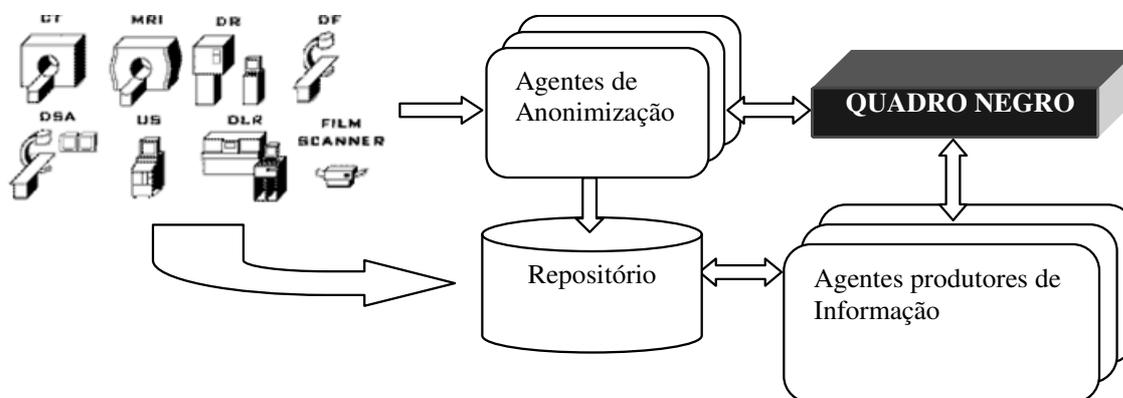


Figura 3. Aquisição de Dados Medicos

2.3.2 Interfaces dos Profissionais de Saúde

Os profissionais de saúde são também fornecedores de informação para o sistema. O comportamento do sistema é semelhante ao do das interfaces de Aquisição de Dados Médicos. Uma vez que estes profissionais necessitam de aceder a informação do sistema, recorrem aos Agentes de Pesquisa, que lhes disponibilizam informação com qualidade e de acordo com o pedido feito (Figura 4).

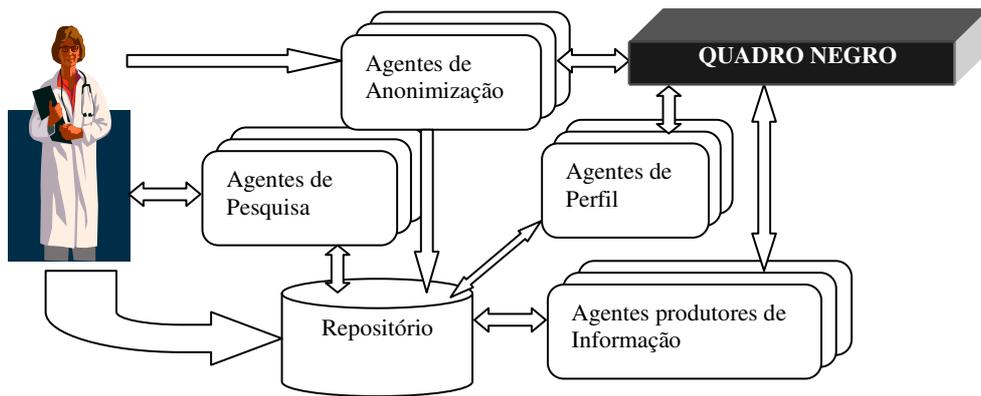


Figura 4. Interface dos Profissionais de Saúde

2.3.3 Interfaces de Recursos de Ensino

Os recursos de ensino têm a ver, essencialmente, com os professores que podem fornecer ao sistema novos conteúdos e/ou responder a questões colocadas pelos utilizadores. Os professores utilizam um agente de pesquisa para encontrar informação no sistema, a qual é, posteriormente, utilizada na produção de novos conteúdos. Os agentes de perfil são responsáveis por tratar da melhoria das interface disponíveis através da aprendizagem e análise das preferências de cada utilizador. Os Agentes de Interrogação tentam obter a melhor resposta para as questões colocadas (Figura 5).

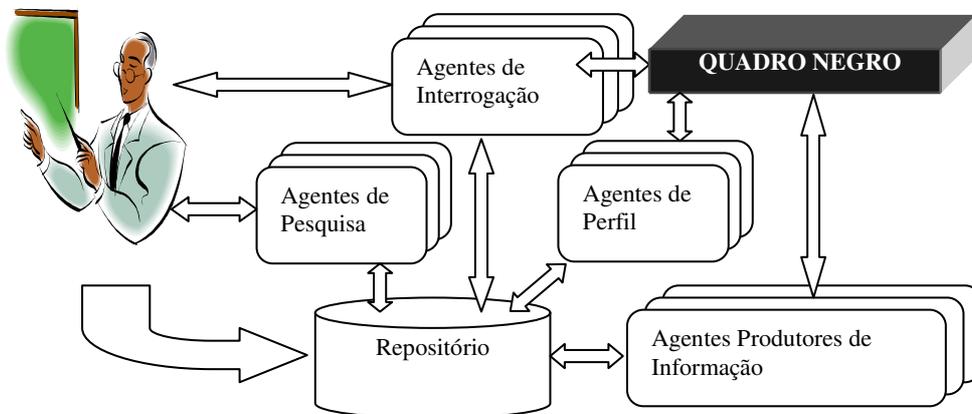


Figura 5. Interface dos Recursos de Ensino

2.3.4 Interfaces dos Utilizadores

Os utilizadores do sistema utilizam os Agentes de Pesquisa para obter roteiros de formação, conteúdos, testes, diagnóstico, exames, apenas para mencionar uns tantos. Poderão ainda fazer uso dos Agentes de Interrogação para colocar perguntas ao sistema e obter respostas. Os Agentes de Perfil podem ser usados pelos utilizadores para personalizar o sistema, embora estes estejam, a todo o momento, a tentar adaptar o comportamento do sistema aos perfis de utilização de cada utilizador (Figura 6).

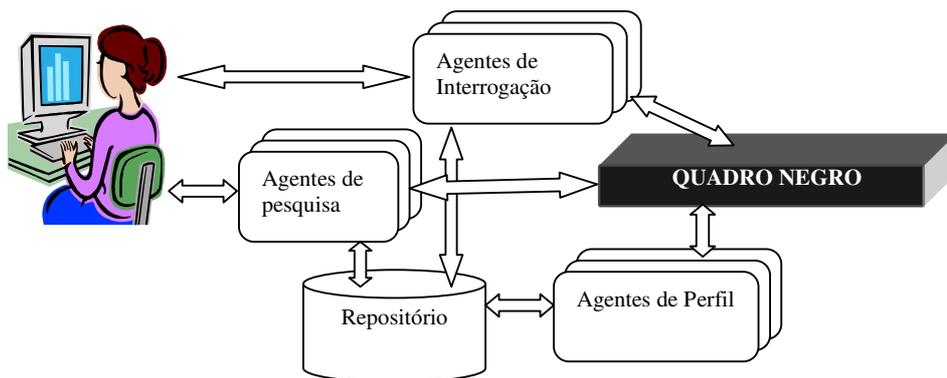


Figura 6. Interface dos Utilizadores

2.3.5 Sistema

A partir do esquema que se segue dá-se uma ideia do funcionamento do sistema na sua procura por um melhor desempenho. Os Agentes de Avaliação estão, permanentemente, a processar os registos compilados pelos Agentes de Perfil, sugerindo que se faça alteração de conteúdo nas interfaces aos Agentes Produtores de Informação. O estabelecimento de uma parceria com o utilizador é fundamental para o sucesso do sistema, tal como no ensino tradicional, onde os estudantes obtêm respostas dos docentes para as suas dúvidas (Figura 7).

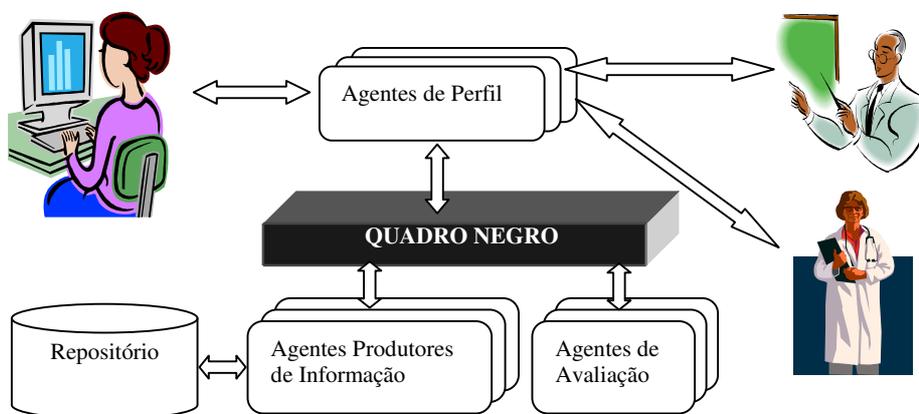


Figura 7. Adaptação de perfis pelo sistema Multi-agente

3 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MULTI-AGENTE

Para se atingirem os objectivos desejados, os sistemas electrónicos de apoio ao ensino médico devem cumprir requisitos bem definidos. Do lado da infra-estrutura computacional é necessário dispor de uma arquitectura cliente/servidor, onde uma SAN (Storage Area Network) trata do arquivo dos dados médicos (e.g., exames de imagiologia) e a Base de Conhecimento dos diversos agentes.

A rede informática deve permitir transferências rápidas de informação com baixa latência, para evitar tempos de espera. Do lado do cliente, a utilização de tecnologia da Internet irá garantir independência do sistema quanto à plataforma computacional seleccionada. Na Tabela 2, dá-se uma visão geral das tecnologias e ferramentas utilizadas.

Tabela 2. Tecnologias/ferramentas utilizadas no desenvolvimento

Tecnologia/ferramenta	Objectivos
<i>Oracle version 9</i> , Ferramentas: <i>WebDB</i>	Base de Dados Relacional
<i>Linux</i>	Sistema Operativo e implementação do Quadro Negro
<i>PHP para Oracle</i>	Programação <i>Web</i>
Apache	Servidor <i>Web</i>
<i>Adobe Acrobat (PDF)</i>	Formato da Documentação
<i>Java Servlets</i>	Programação <i>Web</i>
C (GTK)	Programação de Agentes
CGI and PERL	Programação de Agentes
Serviços DICOM	Arquivo, Envio e <i>Plug-in</i> com visualizador de imagem médica

A prioridade em termos de implementação foi direccionada para o campo da imagiologia médica, indo da aquisição e arquivo de exames até às interfaces para os utilizadores (e.g., médicos, professores e alunos). O sistema AIDA (Agência de Integração, Difusão, e Arquivo de Informação Médica [Alves,2001] [Abelha,2004]) (que está em funcionamento em várias unidades de saúde na região Norte de Portugal), foi a nossa opção para integração de dados, dados estes procedentes de diferentes aplicativos e de grande heterogenidade. O desenvolvimento do sistema tutorial teve origem na nossa intenção de transformar esse enorme repositório de informações em uma base de conhecimento para e-learning. Esta base de conhecimento tem potencial para se constituir como alicerce de um sistema de ensino na área médica suportado por uma rede digital.

3.1 Arquitectura Computacional

O sistema contempla, para além do já referido em epígrafe, um certo número de funcionalidades que lhe permitem ter um comportamento pró-activo, nomeadamente na detecção de situações críticas (e.g., falhas em equipamentos e/ou balanceamento de cargas), i.e., em termos de arquitectura computacional, houve que prover a sua escalabilidade e consolidação, de acordo com o que se apresenta a seguir (Figura 8):

- **Camada I** – Servidores de Aplicações *Web*, onde são geradas as interfaces dos utilizadores e é executado o software do sistema;
- **Camada II** – Servidores de Bases de Dados e de aplicações, onde é efectuada a aquisição e processamento dos dados médicos;
- **Camada III** – Servidores de Armazenamento, onde os dados são arquivados (e.g., imagens médicas, dados clínicos, relatórios, base de conhecimento).

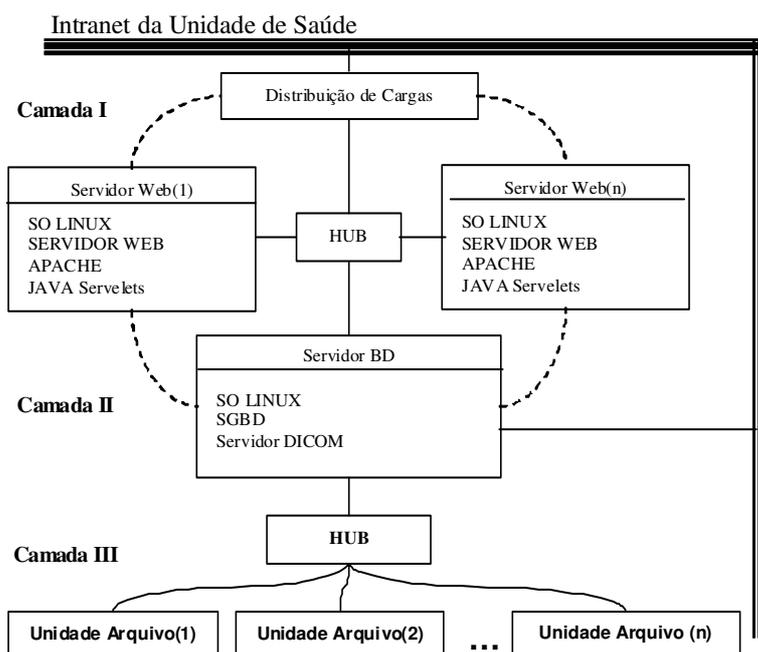


Figura 8. A arquitectura computacional de três camadas

3.2 Desenvolvimento do Sistema e Equipa do Projecto

Neste projecto tivemos a colaboração de quatro engenheiros de sistemas e informática nas tarefas de programação, um *designer* gráfico na concepção de interfaces, quatro técnicos de radiologia especializados nos diversos equipamentos de imagiologia (i.e., Tomografia Computorizada, RX Digital, Ressonância Magnética e Mamografia), três médicos (um Neuroradiologista e dois radiologistas), assim como alguns apoios por parte dos fabricantes de equipamento (e.g., o CIT - Centro de Imagiologia da Trindade é um local de referência da Hitachi).

O sistema foi testado e está sendo parcialmente utilizado no Hospital da Ordem da Trindade (Hospital) e na Universidade do Minho, no Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica.

Apesar do sistema ter sido concebido para uma utilização específica no campo do ensino médico, os sub-sistemas que implementa algumas das funcionalidades acabaram por ser utilizados em permanência pelas instituições envolvidas, nomeadamente em unidades prestadoras de cuidados de saúde e centros de diagnóstico (Figura 9).

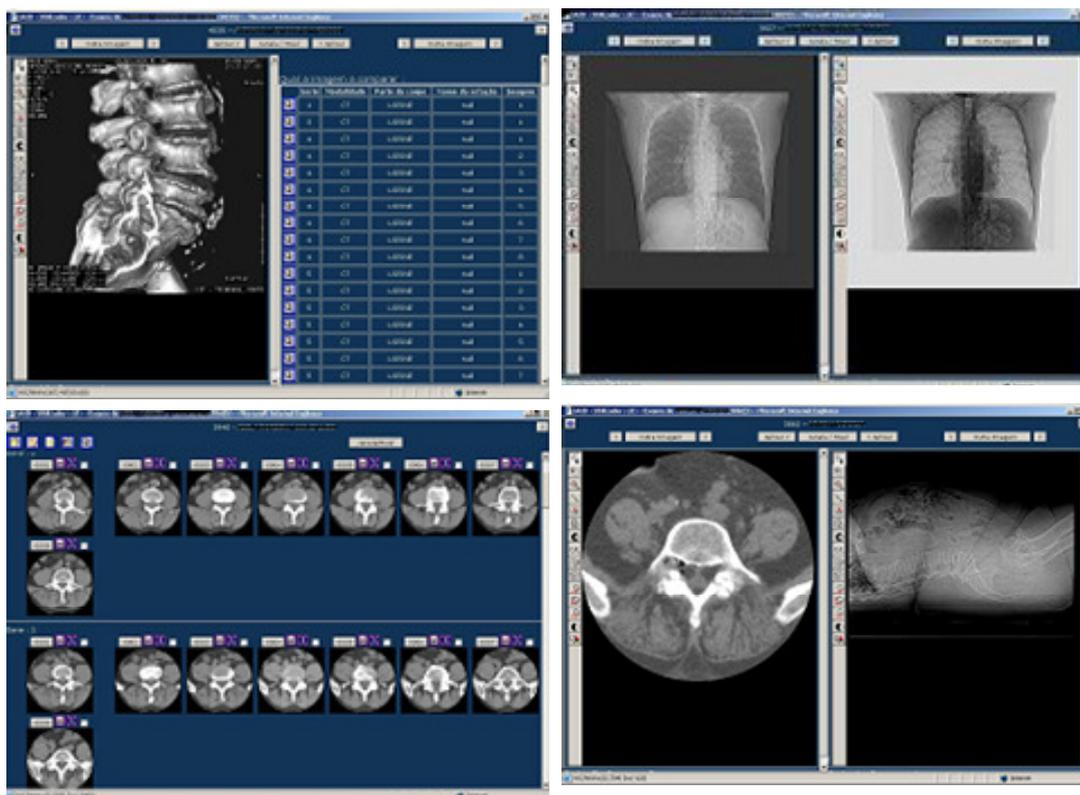


Figura 9. Aspecto das Interfaces

4 CONCLUSÕES

A ideia de que os sistemas informáticos devem ser capazes de se adaptarem às necessidades, tanto dos indivíduos, em termos do seu perfil, como das diferentes classes de utilizadores, é particularmente atractiva, embora pouco comum na prática. As aplicações iniciais de sistemas adaptativos foram algo decepcionantes, revelando-se o problema muito mais difícil de tratar do que o inicialmente previsto

Neste trabalho procuramos apresentar uma perspectiva unificadora de um sistema adaptativo, que facilita a integração de diferentes sub-sistemas. Na verdade, são utilizados os mais recentes avanços nas metodologias de resolução de problemas através de Agentes e SMA, quando aplicados ao desenvolvimento e implementação de sistemas de *e-learning*, neste caso na área médica.

Um dos factores chave que contribuiu para o sucesso deste projecto, passou pela participação na sua equipa de análise e desenvolvimento de software, de médicos (Neuroradiologistas e Radiologistas), de técnicos de radiologia, de centros de diagnóstico que disponibilizaram os dados (e.g., exames médicos), motivados para trabalhar em equipe.

Agradecimentos

Estamos em dívida para com o Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, EPE, a Radiconsult.com-Consultoria Informática e Radiologia, CIT-Centro de Imagem da Trindade, e Hospital da Ordem da Trindade, pela ajuda em termos de peritos, técnicos e disponibilização de equipamentos.

REFERÊNCIAS

- Abelha, A., Tese de Doutoramento, “Sistema Multiagente de Apoio ao Trabalho Cooperativo em Uniddes Hospitalares”, Departamento de Informática, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2004.
- Alves V., Tese de Doutoramento, “Resolução de Problemas em Ambientes Distribuidos – Uma Contribuição nas Áreas da Inteligência Artificial e da Saúde”, Departamento de Informática, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2002.
- Alves, V., Neves, J., Maia, M., Nelas. L., “Computer Tomography based Diagnosis using Extended Logic Programming and Artificial Neural Networks”. Actas do *International NAISO Congress on Information Science Innovations ISI2001*, Dubai, U.A.E., 2001a.
- Alves V., Neves J., Maia M., Nelas L., “A Computational Environment for Medical Diagnosis Support Systems”. *ISMDA2001*, Madrid, Espanha, 2001b.
- Bigus, J.P. & Bigus, J. “Constructing Intelligent Agents using Java”. NY: John Willey & Sons, 2001.
- Bradshaw, J. M. (Ed.) “Software agents”, Cambridge, MA: MIT Press, 1997.
- Burns, H. L., Parlett, J. W. & Redfield, and C. L. (Eds.). “Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design”. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.
- Edwards, P., Bayer, D., Green, C. L., Payne, T., “Experience with Learning Agents which Manage Internet-Based Information”. *AAAI Spring Symposium on Machine Learning for Information Access*, AAAI Press, Menlo Park, CA, 1996, pp.31-40, 2001
- Faratin, P., Sierra C. and N. Jennings “Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents” em *Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 24(3-4):159-182, 1997.
- Gauthier, G. , Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.). “Intelligent Tutoring Systems”, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Berlin: Springer Verlag, 2000.
- Gruber, T.R. “The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases”, nas actas da *Second International Conference (KR’91)*, J. Allen, R. Filkes, and E. Sandewall (eds.), paginas 601-602 Cambridge, Massachusetts, USA, 1991.
- Hartley, D. E., “On-Demand Learning: Training in the New Millennium”. Boston, MA: HRD Press, 2000.
- Heinze, C., Papisimeon, M., and Goss, S., “Specifying Agent Behaviour with Use Cases, in Design and Applications of Intelligent Agents” – Actas da *Third Pacific Rim International Workshop on Multiagentes PRIMA 2000*, eds. C. Zhang and V. Soo, 128-142 (Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1881) 2000.
- Hendler, J.A. (Ed.) “Intelligent Agents: Where AI meets Information Technology”, Special Issue, IEEE Expert, 1996.
- Machado, J., Tese de Doutoramento, “Agentes Inteligentes como Objectos de um Sistema Distribuido de Realidade Virtual”, Departamento de Informática, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2002.
- Maes, P., “Modeling Adaptive Autonomous Agents”, Artificial Intelligence Magazine, 1995.
- Maes, P., “Agents that Reduce Work and Information Overload”, Communications of the ACM, 1994.

Neves, J., Alves V., Nelas L., Maia M., and Cruz R. “A Multi-Feature Image Classification System that Reduces the Cost-of-Quality Expenditure”, Actas da *Second ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems*, Paisley, Scotland, UK, pages 594-554, 2000.

Neves, J., Machado, J., Analide, C., Novais, P., and Abelha, A. “Extended Logic Programming applied to the specification of Multi-agent Systems and their Computing Environment”, Actas da *ICIPS'97 (Special Session on Intelligent Network Agent Systems)*, Beijing, China, 1997.

Rosenberg, M. J., “E-Learning: Strategies for Delivering Knowledge in the Digital Age”. New York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2000.

Sleeman, D., & Brown, S. (Eds.). “Intelligent Tutoring Systems”. Computers and People Series. London: Academic Press, 1982.

Weiss, G. (Ed.), “Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence”. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

Wooldridge, M., “Introduction to MultiAgent Systems”, 1ª edição, John Wiley & Sons, Chichester, 2002.

3.3 Patient Monitoring under an Ambient Intelligence Setting

Pedro Gomes, Alberto Marques, Ângelo Costa, Paulo Novais, José Neves: Patient Monitoring under an Ambient Intelligence Setting, in Ambient Intelligence, Future Trends - International Symposium on Ambient Intelligence (ISAml 2010), Augusto JC., Corchado JM, Paulo Novais, Analide C. (Eds.), Springer - Series Advances in Intelligent and Soft Computing, 72: 185-188, 2010, ISBN: 978-3-642-13267-4, DOI: 10.1007/978-3-642-13268-1_22

No decurso dos últimos anos tem havido um crescente interesse pelo desenvolvimento de sistemas baseados em Inteligência Ambiente, por forma a criar ambientes inteligentes, para monitorização tanto dos utentes como dos ambientes propriamente ditos.

De facto, sistemas de monitorização de alto nível, que usam informação vital dos utentes e dos ambientes que os rodeiam, representam um incremento substancial na qualidade dos serviços de saúde prestados.

No trabalho que se transcreve em seguida, é proposta uma arquitetura para um sistema multiagente baseado em perfis de utilizadores para a monitorização de pacientes, com o objetivo de promover e melhorar a assistência e os cuidados prestados.

Este sistema integra mecanismos de raciocínio baseados em formalismos lógico-matemáticos e tecnologias cientes do contexto. Apresenta-se, ainda, um caso baseado num cenário desenvolvido numa das maiores instituições de saúde portuguesas.

Patient Monitoring under an Ambient Intelligence Setting

Pedro Eduardo Gomes, Alberto Marques, Ângelo Costa, Paulo Novais and José Neves

Abstract In recent years there has been a growing interest in developing Ambient Intelligence based systems in order to create smart environments for user and environmental monitoring. In fact, higher-level monitoring systems with vital information about the user and the environment around him/her represents an improvement of the quality of care provided. In this paper, we propose an architecture that implements a multi-agent user-profile based system for patient monitoring aimed to improve the assistance and health care provided. This system mixes logical based reasoning mechanisms with context-aware technologies. It is also presented a case based on a scenario developed at a major Portuguese healthcare institution.

Key words: Ambient Intelligence, eHealth, Patient Monitoring, Multi-Agent Systems, Logical Based Reasoning, RFID

1 Ambient Intelligence

Computer Science is a fairly new field of scientific research in the healthcare arena and, despite having emerged recently, it has gone through important transformations and improvements during the last years. These changes led to many interesting experiences, generating a high expectation on the possibility of producing and developing various technologies to improve the way the environment can interact with us. This possibility has been explored in an area called Ambient Intelligence (or AmI). The concept of AmI emerged in 1998 and the evolution of technology was

Pedro Eduardo Gomes, Ângelo Costa, Paulo Novais, José Neves
CCTC, Departamento de Informática, Universidade do Minho, Braga - Portugal, e-mail: p.eduardogomes@gmail.com, acosta@di.uminho.pt, pjon@di.uminho.pt, jneves@di.uminho.pt

Alberto Marques
Chairman of the Board of Directors - CHTS, Penafiel, Portugal, e-mail: josealbertomarkes@gmail.com

a predominant factor for this birth. The revolution in the 80's led to the emergence of the computer as a tool for the masses that has enabled its generalization and its use in all sectors of the society. Furthermore, with the advent of microprocessor, the increasing of computing power is astonishing, being used embedded in objects we use daily such as home appliances, mobile phones, PDAs or GPS navigational systems [1, 2]. A new question arises: What is Ambient Intelligence?

Ambient Intelligence emerges as a vision of the future information society which will combine computing, ubiquitous communication and user-friendly interfaces with support for interaction with humans. There are some clues for its classification and many of them reflect the expectations that arise around this new area, i.e. to be sensitive, adaptive, intelligent, transparent, ubiquitous and responsive. The AmI capacity of being transparent is well associated with the notion of ubiquitous computing. This was envisioned by Weiser [3] who stated that the "most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.". In the design and development of AmI, effective use of sensors is vital because they provide information that will be analysed by intelligent agents, that may enable them to perform appropriate actions [4, 5].

1.1 Patient Monitoring

The vision of Mark Weiser is closely associated with that of other authors, i.e. those that see it as new paradigm of computing, an ubiquitous one. Healthcare seems to be the domain where the development of ubiquitous systems is more needed, once one has to make decisions based on factual information when needed. Therefore, it is considered that the health care sector represents a window of opportunity for the creation and implementation of this kind of systems. Given the current needs in terms of health care is essential to develop new support systems that are able to create safe and adaptive environments in order to satisfy the needs of each patient. It is felt that in the future, all healthcare institutions will be equipped with systems capable of interacting with the environment [2].

2 Ambient Assisted Living in Healthcare

In the recent years, many proposals of intelligent monitoring systems have been implemented. One of the projects described is AMADE, a multi-agent architecture that enables the control and supervision of home care environments. This incorporates intelligent agents, identification and localization technologies, wireless networks and mobile devices. This provides mechanisms for access through mobile phones or PDAs that connect to the system through wireless networks. It has alarms triggered by a notification management module and notifications that are sent trough SMS

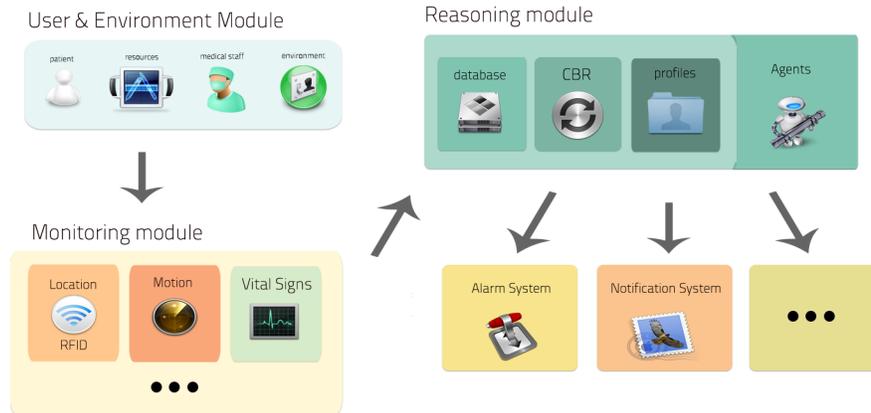


Fig. 1 The architecture for the monitoring system being proposed.

and MMS. The identification of users and their location is provided by the use of technologies based on Java Card and RFID [6]. The Java Card technology provides a secure environment for running applications on smart cards and RFID refers to a method of radio frequency identification through the use of labels (tags) attached to a person or object [7]. Another example is the system called ALZ-MAS [8], a multi-agent system design to improve care for the elderly, especially those suffering from Alzheimer's disease. This system is based on a technology called FUSION (Flexible and User Services Oriented Multi-Agent Architecture) [9]. This proposes to facilitate and optimize the development of AmI systems through the integration of intelligent agents with Service-Oriented Architecture (SOA). In addition, this system uses several context-aware technologies that allow the access to information from users and the environment. In parallel to the project being described, it was developed another one called AGALZ (Autonomous monitoring aGent for ALZheimer's patients) which aims the development of deliberative agents using algorithms of Case-Base Reasoning as a way to implement a sensitive and adaptive system [10]. The EMon (Embodied Monitoring) project proposes a device attached to a patient, which collects information about him/her and the surrounding environment. This device is especially designed for monitoring the elderly people. In this project, it's presented a first prototype of this device that is capable of measuring environmental parameters like temperature and luminosity that allows the determination of the exact location of each patient through the use of a GPS module [11], being at the same time not invasive.

3 An Ambient Intelligence based Architecture for Patient Monitoring

This is a system that aims to ensure a continuous and effective monitoring of patient treatment by specialized staff and equipment in any healthcare facility, allowing for the precise location of a specific position or point in physical space, either in terms of professionals or equipment resources [11]. It is a multi-agent that includes reasoning mechanisms and context-aware technologies for monitoring patients, healthcare professionals, physical resources and the environment that surrounds them. Due to its modular design can be integrated with other systems existing in the hospital, like alarms, management or notification systems, among others. The proposed architecture is built on 3 (three) different modules, as it is depicted in Figure 1:

- **User & Environment module:** This module refers to the patients and the entire environment that surrounds him/her. It is related to a high level monitoring of patients, health professionals and resources. The information obtained makes the input data of the entire system;
- **Monitoring Module:** The monitoring module intends to guarantee an effective monitoring through the use of diverse sensors and context-aware technologies. The location of patients, resources and medical personnel can be assured through the use of RFID sensors. It would be also possible to measure the atmospheric conditions present in each area (e.g. temperature, humidity levels, the concentration of O₂) or to measure the vital signs of each patient; and
- **Reasoning Module:** The main function of this module is to perform actions according to the conditions verified and it is responsible for managing the information gathered through the previous modules. The system includes reasoning mechanisms brought by the integration of an Case Based Reasoning (CBR) module. Thus and so, when the system is faced with a new situation it will search for similar cases in the knowledge base. Upon selection of the closest case, it may happen that the cases are too similar and the system will subscribe the action performed, or the cases are so different that this new situation is considered to be a new case. This module also includes the different profiles of the possible users. Patients, doctors, nurses or visitors are clearly identified so the system can determine who and where each user is. This feature aims to improve the security and the quality of healthcare services by enhancing the monitoring acuity.

To better understand the functioning of this system in a healthcare institution, consider the case of a healthcare unit that implements the architecture referred to above. All patients, healthcare professionals and the resources are monitored and fully traceable through the use of RFID tags. Imagine that a patient moves from one room to one another. This event triggers a notification to the doctor(s) that is(are) responsible for his/her condition, sending them its geographic coordinates. When the patient returns to his/her previous location, the system will send another message to warn about the new situation. The same principle is applied to the resources when they are being used or have been transferred to other units. Monitoring of the hospital environment is also crucial to ensure the necessary balance. For example,

by using motion detectors, it is possible to detect the presence of foreign elements which may be harmful to the patients or professionals. With the implementation of different profiles of identification, the system could distinguish whether it is a patient, a doctor, a nurse or even a person who wants to visit any of these actors. It is allowed different levels of permissions on each of the different spaces. Suppose that a given patient is hospitalized in critical condition and that only doctors and nurses can enter the room where he/she is admitted. If it detects a foreign user or an unauthorized profile, it sends notification to the alarm system that will take the actions needed to stop this threat. Every new situation will increase the number of cases to be used by the reasoning module that may help to increase the level of efficiency of the system. These were some examples of the operational framework. However, due to its characteristics, they may be adapted to different contexts and communicate with systems with different features.

4 The Architecture

As seen before, the system proposed must, first of all, be able to accept and integrate a very heterogeneous group of devices and technologies. This means that the architecture to be considered must provide the means for these components to coexist and work together. It is therefore mandatory that the architecture will provide a communication and information mechanism where all different components can make a profit on how communication is a key factor in cooperative systems. The architecture must also integrate very different devices or components and provide means for their intercommunication. It should be dynamic and expansible, ready to accept new functionalities and new devices. To ensure this, it will be used two different service-oriented standards: OSGi and WebServices. The OSGi [5] Service Platform is a Java-based application server for networked devices, ranging from computers or mainframes to mobile phones or other hand-held devices, which means it can be deployed to any platform running the Java Virtual Machine. The resulting modules are called bundles, which can provide not only services but also to use services provided by other bundles. In OSGi, a bundle can be installed, started, stopped or un-installed at run-time and without any kind of system reboot, which makes OSGi-based technologies very modular and dynamic. Since in Aml there are multiple entities communicating with one another, providing and requesting services, it is easy to understand the interest in using such technology. Web Services can be seen simplistically as a way of sharing information over a network. Each component that provides information declares Web Services that are then requested by the other components that need to access that information. Under this computational framework, we gain interoperability and platform independence. This means that the system proposed can be used by any other higher level architecture and use services provided by that architecture, therefore implementing a system of sharing services and possible improvements. It also results in a very expansible architecture as it is easy to add new components, which does not affect the components already present.

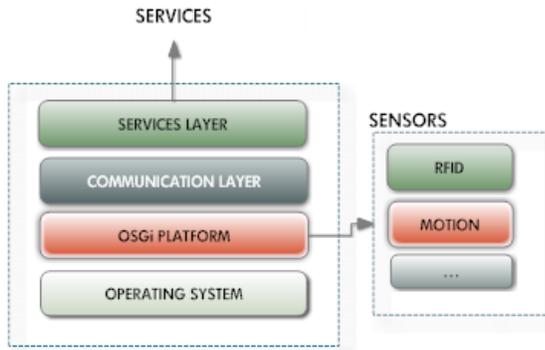


Fig. 2 The communication architecture.

5 An Implementation in a Real Environment



Fig. 3 An overview of the system implemented in CHTS - E.P.E.

Thefts of newborns are not a rare phenomenon and the number of new cases rises every year. From 1983 to 2008, 267 newborn infants were abducted from U.S. hospitals, according to data from the National Center for Missing and Exploited Children [13]. This is a scourge that must be tackled with the adoption of measures where safety is the keyword. Therefore the implementation of an AmI system that allows a constant and continuous monitoring of newborns may be a valid solution. Aware of this, the administration of the *Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, E.P.E.* (CHTS) enforced procedures to guarantee the safety of newborns, one measure being the implementation of an RFID based location system. To each newborn it is attached an RFID bracelet that allows their identification and location. After that, the tag becomes active and it is registered a new entry in the system, associating all the newborn's information with the tag. On the other hand each doctor, nurse or

visitor has an identification card with RFID tags. So, it could be known who enters or leaves the nursery, at any time. All the events are registered to a database, which allows for a complete record of all activities being carried on.

This location system can be adapted to fit into the architecture features that are being proposed in this work. By the application of logic based reasoning mechanisms to the data obtained and stored, and using a model of the different user profiles, the security and monitoring efficiency may be enhanced. In this way, the alert level would be different if a doctor or nurse picks up a newborn and leaves the nursery from that of any other person that does the same. As more situations arises, the e-learning module has more cases to consider, therefore enhancing the ability of the system to react to unexpected situations.



Fig. 4 a) An RFID bracelet attached to a newborn feet b) An RFID Card for the hospital employees c) Screen-shot of the application control and management of newborns' RFID tags.

In this healthcare facility all the services reported to the same entity, a computational framework called AIDA (an Agency for the Integration, Diffusion and Archive of information). It enables the interoperation between the existing systems and applications by using SOA (Subjective, Objective Assessment planning). The communication is established through normalized protocols (like HL7), i.e. AIDA caters for a safe, flexible and efficient environment for access, record and diffusion of clinical data in a real environment, on time. As represented in Figure 4, the reasoning module proposed communicates with AIDA, and then may interact with other systems or simply using the information directly received. Using this modular approach has numerous advantages because it allows for other systems to be integrated into an existing structure without affecting it.

6 Conclusions

In this paper it was presented a logic based framework for patient monitoring. It includes context-aware technologies that associated to knowledge representation and reasoning mechanisms (e.g. CBR) aims to create a safe, adaptable environment where patients, doctors and resources may be monitored at any time. With the utilization of open-standards of communication like OSGi and WebServices, the system may be expansible and easily integrated with other ones, which represents a

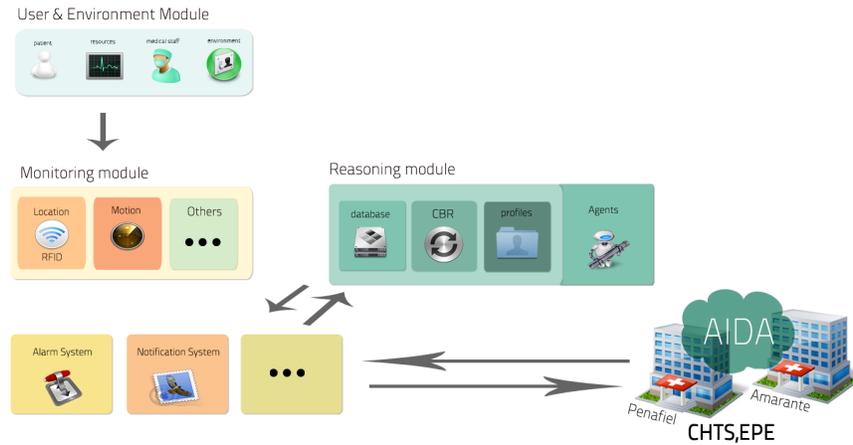


Fig. 5 Integration between the proposed system and the AIDA framework that runs in the CHTS-E.P.E..

gain in interoperability. We just started the implementation of the architecture proposed on the nursery unit of the CHTS - E.P.E., Portugal.

References

1. D. J. Cook, J. C. Augusto, and V. R. Jakkula, "Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 5, 2009.
2. S. Sneha and U. Varshney, "Enabling ubiquitous patient monitoring: Model, decision protocols, opportunities and challenges," *Decision Support Systems*, vol. 46, no. 3, pp. 606 – 619, 2009. Wireless in the Healthcare.
3. M. Weiser, *The Computer for the 21 Century*. Scientific American, 1991.
4. A. Moreno and J. L. Nealon, *Applications of Software Agent Technology in the Health Care Domain*. Birkhauser (Architectural), 2004.
5. G. Lanzola, L. Gatti, S. Falasconi, and M. Stefanelli, "A framework for building cooperative software agents in medical applications," *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 16, no. 3, pp. 223–249, 1999.
6. L. Byunggil and K. Howon, "Ubiquitous rfid based medical application and the security architecture in smart hospitals," in *ICCIT '07: Proceedings of the 2007 International Conference on Convergence Information Technology*, (Washington, DC, USA), pp. 2359–2362, IEEE Computer Society, 2007.
7. J. A. Fraile, J. Bajo, and J. M. C. Rodríguez, "Multi-agent architecture for dependent environments. providing solutions for home care.," *Inteligencia Artificial. Special Issue 7th Ibero-American Workshop in Multi-Agent Systems (Iberagents 2008)*, vol. 42, 2009.
8. Óscar García, D. I. Tapia, A. Saavedra, R. S. Alonso, and I. García, "Alz-mas 2.0; a distributed approach for alzheimer health care," *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008*, vol. 51, 2009.
9. D. I. Tapia, S. Rodríguez, J. Bajo, and J. M. Corchado, "Fusion@, a soa-based multi-agent architecture," in *DCAI*, pp. 99–107, 2008.

10. J. M. Corchado, J. Bajo, Y. de Paz, and D. I. Tapia, "Intelligent environment for monitoring alzheimer patients, agent technology for health care," *Decision Support Systems*, vol. 44, no. 2, pp. 382–396, 2008.
11. D. Carneiro, P. Novais, R. Costa, P. Gomes, and J. Neves, "Emon: Embodied monitorization," in *Aml '09: Proceedings of the European Conference on Ambient Intelligence*, (Berlin, Heidelberg), pp. 133–142, Springer-Verlag, 2009.

3.4 The inference process with quality evaluation in healthcare environments

Ribeiro, J., Abelha, A., Machado, J., Marques, A., Neves, J., The inference process with quality evaluation in healthcare environments, (2010) Proceedings - 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, ICIS 2010, art. no. 5591957, pp. 183-188.

O desenvolvimento de sistemas inteligentes exige capacidade para implementar mecanismos de raciocínio baseados em informação incompleta, porque, em cenários reais, mesmo que em ambientes muito controlados, é muito difícil poder-se assumir que se trabalha com informação perfeita e completa. Ao longo dos últimos anos, têm sido propostos diversos formalismos que visam lidar com a incerteza e a incompletude em bases de dados e, mesmo, na programação em lógica.

Contudo, modelos qualitativos e raciocínio qualitativo são assuntos alvo de desenvolvimento na área científica da Inteligência Artificial há já bastante tempo, em grande medida devido à necessidade de oferecer suporte a processos de tomada de decisão.

A avaliação do conhecimento que emana de programas em lógica tornou-se uma área de investigação por si. O conceito Qualidade-da-Informação demonstrou a sua aplicabilidade em diversos ambientes dinâmicos e para propósitos de tomada de decisão.

No trabalho que aqui se apresenta, ilustra-se o processo de inferência levado a efeito na tomada de decisão em ambientes de prestação de cuidados de saúde. Suportado pela Extensão à Programação em Lógica para a representação de conhecimento, apresenta-se uma perspectiva evolutiva do processo de inferência como forma de alcançar teorias lógicas que correspondem ao melhor teorema para a resolução de um problema ou uma tomada de decisão. Para a avaliação da melhor teoria lógica usam-se métodos de quantificação da Qualidade-da-Informação que emana de um programa em lógica.

The Inference Process with Quality Evaluation in Healthcare Environments

Jorge Ribeiro

School of Technology and Management
Viana do Castelo Polytechnic Institute
Viana do Castelo, Portugal
jribeiro@estg.ipv.pt

José Machado

Informatics Department
University of Minho
Braga, Portugal
jmac@di.uminho.pt

António Abelha

Informatics Department
University of Minho
Braga, Portugal
abelha@di.uminho.pt

Alberto Marques

Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa
Penafiel, Portugal
marquestris@cchts.min-saude.pt

José Neves

Informatics Department
University of Minho
Braga, Portugal
jneves@di.uminho.pt

Abstract— Intelligent Systems require the ability to reason with incomplete information, because in the real world complete information is hard to obtain, even in the most controlled situation. In recent years, many formalisms have been proposed tackling the matter of uncertain, incomplete in logic programs and databases. However, qualitative models and qualitative reasoning have been around in Artificial Intelligence research for some time, in particular due the growing need to offer support in decision-making processes. The evaluation of knowledge that stems out from logic programs becomes a point of research. The Quality-of-Information concept demonstrated their applicability in many dynamic environments and for decision making purposes. In this paper we present an illustrative example of the inference process in decisions in healthcare environments. Under the Extended Logic Programming paradigm to knowledge representation and reasoning, we present the evolutive perspective of the inference process to achieve logical programs (or theories) corresponding to the best theorems to solve a problem or take a decision. For the evaluation of the best theories we use a quantification of the quality-of-information that stems out from a logic program.

Keywords— *Incomplete Information; Quality-of-Information; Healthcare Decision Support Systems; Logic Programming.*

I. INTRODUCTION

Logic and Logic programs [1, 2] have emerged as an attractive knowledge representation formalism and an approach to solving search problems. However, knowledge and belief are generally incomplete, contradictory, or error sensitive, being desirable to use formal tools to deal with the problems that arise from the use of incomplete, contradictory, ambiguous, imperfect, nebulous, or missing information [3, 4]. In the past few decades, many non-

classical techniques for modelling the universe of discourse and reasoning procedures of intelligent systems have been proposed [5-10]. A part from the need to treat the problem of uncertain information there exists a second need related to the problem of incomplete information. The Logic Paradigm presents a powerful and attractive knowledge representation formalism approach to for solving search problems in environments with defective information. The evaluation of knowledge that stems out from logic programs becomes a point of research [11-15]. Lucas and Hommersom [12] work is a good example of quality evaluation using logic. They used abduction [10] and temporal logic for quality-checking of medical guidelines, proposing a method to diagnose potential problems in a guideline, regarding the fulfillment of general medical quality criteria at a meta-level characterization. They explored an approach which uses a relational translation to map the temporal logic formulas to first-order logic and a resolution-based theorem prover [6]. The Quality-of-Information concept (*QoI*) demonstrated their applicability in many dynamic environments and for decision making purposes. The objective is to built a quantification process of the quality-of-information that stems from a logic program or theory during the evolutive process to solve a problem in environments with incomplete information. Based on the principles of [5], Machado et al. [16] presented a work related with medical dilemmas and an approach to modelling morality with extended logic programming. They present an example that shows that is possible, for a machine, to abstract an ethical principle from examples of correct ethical judgments, given in terms of logic theories or programs, and use that principle to guide its own behavior. In [17] Costa et al., extended the studies presented the

quality of service in healthcare services. They present the VirtualECare, a system aimed at sustaining online healthcare services. In order to represent the knowledge of the system it is used a Multi-valued Extended Logic Programming language for imperfect information representation and reasoning. The *QoI* concept is another time used in Lima et al. [18]. It is presented a study a process model for group decision making with Quality Evaluation. They use the *QoI* concept to present a model embodying the quality evaluation of the information, along the several stages of the decision making process in the context of a GDSS for VirtualECare [17].

II. MODELLING INCOMPLETE INFORMATION AND QUALITY-OF-INFORMATION

With respect of the computational paradigm ot were considered the Extended Logic Programming Paradigm with two kind of negation, classical negation, \neg , and default negation, *not*. Intuitively, *not* p is true whenever there is no reason to believe p (close world assumption), whereas $\neg p$ requires a proof of the negated literal. An Extended Logic Program (ELP for short) [6, 5], on the other hand, is a finite collection of rules of the form [19]:

$$q \leftarrow p_1 \wedge \dots \wedge p_m \wedge \text{not } p_{m+1} \wedge \dots \wedge \text{not } p_{m+n}$$

$$? p_1 \wedge \dots \wedge p_m \wedge \text{not } p_{m+1} \wedge \dots \wedge \text{not } p_{m+n}$$

where $?$ is a domain atom denoting falsity, and q and

every p_i are literals, i.e. formulas like a or $\neg a$, being a an atom, for $m, n \in \mathbb{N}_0$. ELP introduces another kind of negation: strong negation, represented by the classical negation sign \neg . In most situations, it is useful to represent $\neg A$ as a literal, if it is possible to prove $\neg A$. In EPL, the expressions A and *not* A , being A a literal, are extended literals, while A or $\neg A$ are simple literals. Intuitively, *not* p is true whenever there is no reason to believe p , whereas $\neg p$ requires a proof of the negated literal.

Every program is associated with a set of abducibles. Abducibles can be seen as hypotheses that provide possible solutions or explanations of given queries, being given here in the form of exceptions to the extensions of the predicates that make the program. To reason about the body of knowledge presented in a particular knowledge, set on the base of the formalism referred to above, let us consider a procedure given in terms of the extension of a predicate called *demo*, using ELP as the logic programming language. This predicate allows one to reason about the body of knowledge presented in a particular domain, set on the formalism referred to above. Given a question it returns a solution based on a set of assumptions. This meta predicate (program 4) will be defined as: A meta theorem-solver for incomplete information represented by signature $demo:T, V \rightarrow \{true, false, unknown\}$, infers the valuation V of a theorem T in terms of the truth value *false* (or 0), truth value *true* (or 1) and *unknown* (with truth values in the

interval $]0,1[$), according to the following set of productions:

Definition 1– The extension of meta-predicate *demo*

$$demo(T, true) \leftarrow T.$$

$$demo(T, false) \leftarrow \neg T.$$

$$demo(T, unknown) \leftarrow \text{not } T, \text{not } \neg T.$$

where the first clause establish that is a question recurring to a knowledge base of positive information; the second clause determines that the questions reveals false recurring to the negative information and the knowledge represented in the level; and the third clause is based on the concept of unknown/incomplete information is connected to that of null values. As a simple example, let us now consider the following case study to show some examples of how null values can be used to represent unknown situations. This example represents the knowledge using the ELP and it will be considered the extensions of the predicates that denote some properties of a patient in healthcare environments. This may be formally stated in terms of the predicates *itch*, *fever* and *pain*, in the form:

$$itch: Name \times Value$$

$$fever: Name \times Value$$

$$pain: Name \times Value$$

where the first argument denote the name of the patient and the second represents the value of the predicate.

Program 1 - Knowledge representation in terms of the extension of predicate *itch*.

1. $\neg itch(X, Y) \leftarrow \text{not } itch(X, Y), \text{not } abducible_{itch}(X, Y).$
2. $abducible_{itch}(X, Y) \leftarrow itch(X, \perp).$
3. $itch(kevin, \perp).$
4. $itch(john, 1).$
5. $abducible_{itch}(john, 0.6).$
6. $abducible_{itch}(carol, 0.8).$
7. $? ((abducible_{itch}(X_1, Y_1) \vee abducible_{itch}(X_2, Y_2)) \wedge \neg (abducible_{itch}(X_1, Y_1) \wedge abducible_{itch}(X_2, Y_2)))$

In Program 1, the symbol ' \neg ' represents the strong negation, denoting what should be interpreted as false, and the term *not* designates negation-by-failure. The first clause represents the closure of the predicate *itch*. In the second clause the symbol ' \perp ' represents a null value of undefined type, in the sense that it is a representation that assumes that any value is a potential solution but without given the clue to conclude about which value one is speaking about. Computationally, it is not possible to determine from the positive information the value of *itch* for the patient (third clause); the fourth clause represents the positive knowledge that the value of *itch* for the patient "john" is 1. The clauses five and six present the fact that the value for the predicate

p_2 is unknown but one knows that it is specifically 0,6 or 0,8. The seventh clause presents the invariant that implements the XOR operator, i.e. it states that itch for the patient 'carol' is either 0,6 or 0,8 but not an amalgam of both.

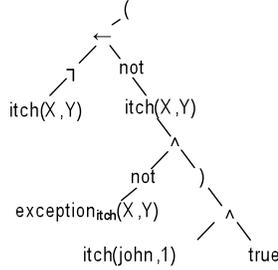


Fig. 1. Tree-Base representation of the program itch for the patient with the name "john".

Following the link between ELP and Genetic Programming approach the figure 1 presents the representation of the program 1 in a tree-base fashion. With this representation and the link referred above, it is possible to create dynamic models in order to address the problem of the halt condition in genetic programming [20], where the candidate solutions are seen as evolutionary logic programs or theories. The Knowledge Base is given by in terms of the logic programs:

Program 2 - Knowledge representation in terms of the extension of predicate fever.

1. $\neg fever(X,Y) \leftarrow not\ fever(X,Y), not\ abducible_{fever}(X,Y).$
2. $abducible_{fever}(X,Y) \leftarrow fever(X, \perp).$
3. $fever(john, \perp).$
4. $fever(carol, 1).$
5. $abducible_{fever}(john, 0.50).$
6. $abducible_{fever}(john, 0.75).$
7. $?((abducible_{fever}(X_1, Y_1) \vee abducible_{fever}(X_2, Y_2)) \wedge \neg(abducible_{fever}(X_1, Y_1) \wedge abducible_{fever}(X_2, Y_2)))$

Program 3 - Knowledge representation in terms of the extension of predicate pain.

1. $\neg pain(X,Y) \leftarrow not\ pain(X,Y), not\ abducible_{pain}(X,Y).$
2. $abducible_{pain}(X,Y) \leftarrow pain(X, \perp).$
3. $pain(carol, \perp).$
4. $pain(kevin, 1).$
7. $abducible_{pain}(john, 0.30).$
8. $abducible_{pain}(john, 0.45).$
9. $abducible_{pain}(john, 0.57).$

In program 3 the clauses number seven, eight and nine presents the case where the value of *pain* is unknown for the patient 'john' but can be obtained from a set of values 20, 10 or 5.

Program 4 - Knowledge representation in terms of the extension of predicate pathology.

1. $\neg pathology(X,Y,Z) \leftarrow not\ pathology(X,Y,Z), not\ abducible_{pathology}(X,Y,Z).$
2. $abducible_{pain}(X,Y) \leftarrow pain(X, \perp).$
3. $pathology(carol, flu, ((itch,0), (fever,1), (pain(0.785)))).$
4. $pathology(kevin, thrombosis, ((itch,0.785), (fever,0.785), pain(1))).$
5. $pathology(john, hearthatack, ((itch,1), (fever,0.785), pain(0))).$

A. Quality-of-Information

The Quality-of-Information (*QoI*) with respect to a generic predicate *P* can be analyzed in four situations and can be measure from the interval [0-1], when the information is positive and negative, when the information is unknown, when the information is unknown but can be selected from one or more values, and when the information is unknown but can be derived from a set of values, but only one can be selected. If the information is know (positive) or false (negative) the quality of the information for the predicate is "1" (5) corresponding to the max value from the known knowledge. For situations where the value is unknown the formula of the quality of information is given by:

$$QoI_p = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} = 0 (N \gg 0) \quad (6)$$

For situations when the information is unknown but can be derived from a set of values the *QoI* is therefore given by $QoI_p = 1/Card$ (7), where *Card* denotes the cardinality of the exception set for *p*, if the exception set is disjoint. If the exception set is not disjoint, the quality-of-information is given by:

$$QoI_p = \frac{1}{C_1^{Card} + \dots + C_{Card}^{Card}} \quad (8)$$

where C_{Card}^{Card} is a card-combination subset, with *Card* elements. The next element of the model to be considered is the *relative importance* that a predicate assigns to each of its attributes under observation, i.e. w_{ij} stands for the relevance of attribute *j* for predicate *i*. It is also assumed that the weights of all predicates are normalized, that is:

$$\forall i \sum_{j=1}^n w_{ij} = 1, \text{ for all } i. \quad (9)$$

On the another hand, the predicate scoring function, when associated to a value $x=(x_1, \dots, x_n)$ in a multi-dimensional space defined by the attributes domains in the form:

$$V^i(x) = \sum_{j=1}^n w_{ij}^i * V_{ij}^i(x_j) \quad (10)$$

Therefore, it is viable to measure the *QoI* that occurs as a result of invoking a logic program to prove a theorem (e.g. Theorem), by posting the $V^i(x)$ values into a multi-dimensional space and projecting it onto a two dimensional one. For example, for programs 1, 2 and 3 one may have for the patient *john* (in terms of the dashed area):

and it will be created seven neurons, corresponding to the combinations C_3^3, C_2^3 and C_1^3 with the set of values

$\{pain(john,0.57), pain(john,0.45), pain(john,0.3)\}, \{pain(john,0.3), pain(john, 0.45)\}, \{pain(john,0.3), pain(john,0.57)\}, \{pain(john,0.45), pain(john, 0.57)\}, \{pain(john, 0.57)\}, \{pain(john, 0.45)\}, \{pain(john, 0.3)\}$, respectively and it will be created the interval of neurons four to six. Following the inference mechanism, in the layer four it will be presented the neurons for each value of the sets referred above, in particular the neurons number eleven to nineteen. According to the *QoI* presented in the section two a quantification of the logic program is associated to the context of each neuron.

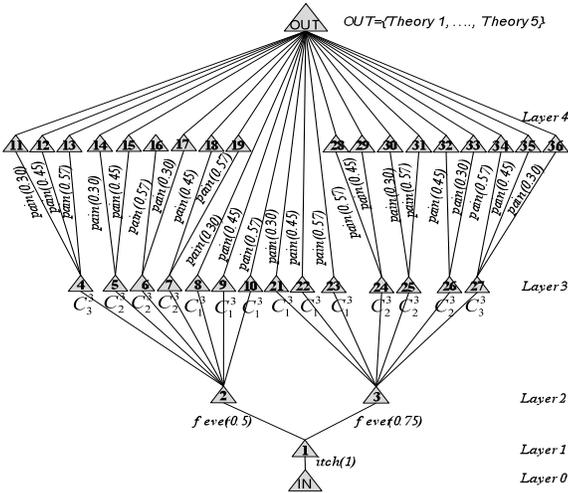


Fig. 4. The dynamic computational model to solve a simple problem.

Considering the scoring function or relative importance of the predicates mentioned in (10) and given, for example, the relevance of 0.25, 0.25 and 0.5 for the predicates *itch*, *fever*, *pain*, it is possible to represent the solutions for each predicates as follows:

$$PredicateID(idP, Relevance, QoI, p_value) \quad (12)$$

where the *idP* represents the identification of the patient, the *predicateID* is the identification of the predicate or the name of the predicate. The *QoI* (or *truth value*) is the quality-of-Information associated to the predicate founded in the evolutionary process. The *p_value* is the value of the predicate. Following this representation the possible solutions and its confidence degree is given in terms of theories (or logic programs) to solve the problem (11):

The extended logic program or theory 1

```
{ ¬ itch(X,Y,Z,W) ← not itch(X,Y,Z,W),
    not abducible_itch(X,Y,Z,W),
  itch(john, 0.25, 0.33, 1),
  ¬ fever(X,Y,Z,W) ← not fever(X,Y,Z,W),
    not abducible_fever(X,Y,Z,W),
```

```
fever(john, 0.25, 0.166, 0.5),
fever(john, 0.25, 0.166, 0.75),
? ((abducible_fever(X1,Y1) ∨
    abducible_fever(X2,Y2)) ∧
  ¬ (abducible_fever(X1,Y1) ∧
    abducible_fever(X2,Y2))),
¬ pain(X,Y,Z,W) ← not pain(X,Y,Z,W),
    not abducible_pain(X,Y,Z,W),
pain(john, 0.5, 0.047, 0.30),
pain(john, 0.5, 0.047, 0.45),
pain(john, 0.5, 0.047, 0.57)
}
```

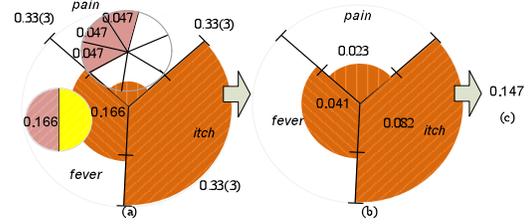


Fig. 5. A measure of the quality-of-information for the logic program or theory 1.

The extended logic program or theory 2

```
{ ¬ itch(X,Y,Z,W) ← not itch1(X,Y,Z,W),
    not abducible_itch(X,Y,Z,W),
  itch(john, 0.25, 0.33, 1),
  ¬ fever(X,Y,Z,W) ← not fever(X,Y,Z,W),
    not abducible_fever(X,Y,Z,W),
  fever(john, 0.25, 0.166, 0.5),
  fever(john, 0.25, 0.166, 0.75),
  ? ((abducible_fever(X1,Y1) ∨
    abducible_p2(X2,Y2)) ∧
  ¬ (abducible_fever(X1,Y1) ∧
    abducible_fever(X2,Y2))),
  ¬ pain(X,Y,Z,W) ← not pain(X,Y,Z,W),
    not abducible_pain(X,Y,Z,W),
  pain(john, 0.5, 0.023, 0.30),
  pain(john, 0.5, 0.023, 0.45)
}
```

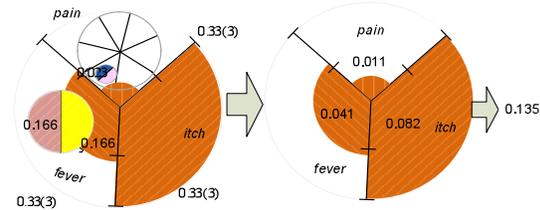


Fig. 6. A measure of the quality-of-information for the logic program or theory 2.

To each theory a measure of the quality-of-information is checked and translated according to the relevance degree of the predicates (see figure 5, 6 and 7). For example, in the figure 5 (a) it is illustrated the *QoI* of the theory 1 and in (b) the representation based on the relevance of the predicates. The quantification of the *QoI*

of the theory 1 is presented in 5 (c) which its value is 0.147, corresponding to the sum of the *QoI* for the three predicates with the relevance degree. Based on the relation order of the *QoI* mentioned above, and for this simple example, the best theory is the one which has a better value than the others.

IV. DISCUSSION

Under the Extended Logic Programming paradigm to knowledge representation and reasoning, we presented a simple example in order to simplify the inference process, however, since we consider environments with incomplete information with millions of records, then the theories to solve a problem will be more complex and the *QoI* will be more useful. Additionally, the inference process will be more complex if we consider functional dependencies and multi-value dependencies between attributes. In the future it will be interesting to evaluate the efficiency and effectiveness of the formalisms presented in our work and their integration with other Mathematical and Artificial Intelligence foundations, like Stochastic Methods, Search Methods and Galois theory. Indeed following the guidelines of [20] where it is presented a conceptual blending theory for implementing convergence methods within creativity programs, in terms of the logic programming framework, we are interested in creating an evolutionary model to optimize the framework, in terms of the theories that are best qualified in terms of the approach referred to above.

V. CONCLUSION AND FUTURE WORK

Qualitative models and qualitative reasoning have been around in Artificial Intelligence research for some time, in particular due the growing need to offer support in decision-making processes. The evaluation of knowledge that stems out from logic programs becomes a point of research. The Quality-of-Information concept demonstrated their applicability in many dynamic environments. In this paper, under the Extended Logic Programming paradigm to knowledge representation and reasoning, we present the evolutive perspective of the inference process in order to select the best theories (or logic programs) to solve a problem. In our approach we use a quantification of the quality-of-information that stems out from a logic program or theory to select the best qualified ones.

REFERENCES

- [1] Ginsberg, M. L.: Readings in Nonmonotonic Reasoning. Los Altos, California, EUA, Morgan Kaufman Publishers, Inc, 1991

- [2] Pereira, L., Anh, H.: Evolution Prospection, in: K. Nakamatsu (ed.), Procs. First KES Intl. Symposium on Intelligent Decision Technologies (KES-IDT'09), Springer Verlag book in Engineering Series, Himeji, Japan, 2009
- [3] Kowalski, R.: The logical way to be artificially intelligent. In: Toni, F., Torroni, O. (eds), Proceedings of the CLIMA VI.LNCS (LNAI), pp.1-22, Springer, Heidelberg, 2006
- [4] Sheridan, F.: A Survey of techniques for inference under uncertainty.", Artificial Intelligent Review 5(1):89, 1991
- [5] Analide, C., Novais P., Machado, M., Neves, J.: Quality of Knowledge in Virtual Entities. In: Encyclopedia of Communities of Practice in Information and Knowledge Management, pages: 436-442. Idea Group Inc, USA, 2006
- [6] Neves J.: A Logic Interpreter to Handle Time and Negation in Logic Data Bases, in Proceedings of ACM'84, The Fifth Generation Challenge, pp. 50-54, 1984
- [7] Subrahmanian, V.: Probabilistic databases and logic programming, In Proc. of the 17th International Conference of Logic Programming, 2001
- [8] Zadeh, L. A. Fuzzy Logic. The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences. R. A. Wilson and F. C. Keil, MIT Press, 2001
- [9] Shafer, G.: The Dempster-Shafer theory. Encyclopedia of Artificial Intelligence, Second Edition. S. C. Shapiro, Wiley, 1992
- [10] Kakas, A., Kowalski, R. and Toni, F.: The role of abduction in logic programming. In Gabbay, D., Hogger, C., and Robinson, I., editors, Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming, volume 5, pages 235-324, Oxford U.P., 1998
- [11] Lucas, P.: Quality checking of medical guidelines through logical abduction. Proc. of AI-2003 20: 309-321, 2003
- [12] Hommersom, A., P. J. F. Lucas and P. van Bommel: Checking the quality of clinical guidelines using automated reasoning tools. Theory and Practice of Logic Programming 8(5-6): 611-641, 2008
- [13] Forbus, K. D.: Qualitative reasoning. CRC Handbook of Computer Science and Engineering: 715-733, 1996
- [14] Kuipers, B.: Qualitative reasoning: modeling and simulation with incomplete knowledge, MIT press, 1994
- [15] Machado J., Abelha A., Novais P., Neves J., Neves J., Quality of service in healthcare units, Int. J. Computer Aided Engineering and Technology, Vol. 2, No. 4, pp. 436-449, 2010
- [16] Machado M., Miranda M., Pontes G., Santos D., Santos M., Abelha A., Neves J., Intelligent Agents and Medical Moral Dilemmas, in Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Applied Computer & Applied Computational Science (ACACOS '09), Hangzhou, China, 2009
- [17] Costa, R., P. Novais, G. Marreiros, C. Ramos and J. Neves: VirtualECare: Group Decision Supported by Idea Generation and Argumentation. The 9th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PRO-VE 2008). Poznan, Poland, 2008
- [18] Lima, L., Costa, R., Novais, P. et al: Quality of Information in the context of Ambient Assisted Living. Advances in Soft Computing, Springer-Verlag. Vol. 50: pp. 624-633, 2008
- [19] Gelfond, M., Lifschitz, V.: Logic programs with classical negation. In: Procs. Of the ICLP, MIT Press, Cambridge, 1990
- [20] Neves, J. Machado, J., Analide, C. Abelha, A., Brito, L.: The Halt Condition in Genetic Programming. . In procs. 13th Portuguese Intl.Conf. on Artificial Intelligence (EPIA'07), pp. 73-86, Springer LNAI 4784, Guimarães, Portugal, 2007.

3.5 Archetype-based semantic interoperability in healthcare

Marques, A., Correia, A., Cerqueira, L., Machado, J., Neves, J., Archetype-based semantic interoperability in healthcare, (2010) ICAART 2010 - 2nd International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Proceedings, 2, pp. 305-308.

Os mais recentes desenvolvimentos alcançados com novas metodologias para a resolução de problemas e as tecnologias da informação permitem e potenciam uma reestruturação dos processos relacionados com cuidados de saúde, baseados na utilização e na integração de dados e de conhecimento, a todos os níveis, num ambiente de prestação de cuidados de saúde.

De facto, novas tecnologias de comunicação são um meio de suporte à transição de aplicações baseadas numa perspetiva centrada na instituição para uma outra centrada no paciente, ou seja, os sistemas de prestação de cuidados de saúde estão confrontados com uma série de desafios, nomeadamente, relacionados com a qualidade da informação e o custo efetivo de tais processos.

São de crucial importância para as organizações responsáveis pela prestação de cuidados de saúde questões como o custo efetivo dos cuidados prestados permitindo que o paciente seja parte ativa nesse processo, o provisionamento de cuidados baseados na evidência a todos os níveis no sistema de saúde, e a utilização e reutilização efetiva da informação disponível em todo o ambiente de saúde.

As infraestruturas proporcionadas pelas tecnologias da informação e da comunicação devem, portanto, refletir a visão do sistema de saúde como um sistema contínuo, onde a informação flui ao longo da organização e através dos seus profissionais.

Consequentemente, no trabalho aqui projetado, são endereçados princípios fundamentais que devem estar na base das tecnologias centradas no paciente no que se refere à gestão e prevenção da doença.

ARCHETYPE-BASED SEMANTIC INTEROPERABILITY IN HEALTHCARE

Alberto Marques, António Correia, Lúcia Cerqueira

Centro Hospital do Tâmega e Sousa, Penafiel, Portugal

marquestris@chts.min-saude.pt, antonio.correia@chts.min-saude.pt and lucia.cerqueira@chts.min-saude.pt

José Machado and José Neves

Universidade do Minho, Departamento de Informática, Campus de Gualtar, Braga, Portugal

jmac@di.uminho.pt, jneves@di.uminho.pt

Keywords: Electronic Health Record, Semantic Interoperability, Quality-of-Information.

Abstract: Advances in new Methodologies for Problem Solving and Information Technology enable a fundamental redesign of health care processes based on the use and integration of data and/or knowledge at all levels, in a healthcare environment. Indeed, new communication technologies may support a transition from institution centric to patient-centric based applications, i.e., the health care system is faced with a series of challenges, namely those concerning quality-of-information and the cost-effectiveness of such processes. The distribution of cost-effective health care allowing the patient to take active part in the caring process, provision of evidence-based care on all levels in the system and effective use and reuse of information are key issues for the health care organization. The information and communication technology infrastructure should therefore reflect the view of the health care system as a seamless system where information can flow across organizational and professional borders. Therefore, in this work it will be address key principles that must be at the center of patient-centered technologies for disease management and prevention, namely those referred to above.

1 INTRODUCTION

The areas referred to above share the basic problem of semantic interoperability, which simply means that semantics is preserved in communication between health care providers using different information systems, a circumstance which should be natural but has proven to be very hard to achieve. Consequently, demands of information handling within the health care sector range from clinically valuable, patient-specific information to a variety of aggregation levels for follow-up and statistical and/or quantifiable reporting. A number of protocols are for this purpose put into use in domains such as diagnosis, health dilemmas, interventions, and modus operandi. The context is to assure quality of service at different levels of abstraction, and to agree to process aggregation according to different appearances or perspectives of utilization.

However, almost all existing Electronic Health Record (EHR) systems are built with an explicit domain model, a common approach in current EHR software development practice. This means that the med-

ical domain knowledge present in these system results in higher cost when new requirements in clinical practices occur. If a research program requires a large amount of data to be collected from different clinical sites using dissimilar EHR systems, this make it much more difficult to add a specific feature so the collected data will be comparable. Indeed, the lack of integration between the different EHR systems is not only an obstacle for a more effective clinical practice and research, but it is also a fact that may lead to a suboptimal care for the individual patient, including potential safety problems and an unnecessary waste of resources. Therefore, the new systems should be able to record data both from clinical routine documentation and experimental studies. The users should not be forced to duplicate the data that already might exist in others different information systems in use at the organization.

On the other hand, the users should be able to link the defined data item to an external terminology, which later can be utilized for possible data aggregation and classification purposes. More importantly, such definitions should be shared and reused by other

users than the original author for data recording, so that the semantics and the quality of service of the data collected from different information systems can be maintained.

2 AGENT ORIENTED PROGRAMMING

Although there is no universally accepted definition of agent, in this work such an entity is to be understood as a computing artefact, being used in hardware or software devices, that exhibit the properties of autonomy, reactivity, pro-activity and social behaviour. To develop such systems, a standard specification method is required, and it is believed that one of the keyfactors for its wide acceptance is simplicity. Indeed, the use of intelligent agents to simulate human decision making in the medical arena offers the potential to set an appropriate software development and analysis practice and design methodology that do not distinguish between agent and human, until implementation.

Agents in a health care facility configure applications or utilities that collect information about the assets in the organization (Alves et al., 2005). Once that information has been collected it can be posted directly to other entities (e.g. a physician), or a server, saved in a file or emailed to someone to be handled at a later date, or sent using HL7 (Health Level 7)¹ or web services in a Service Oriented Architecture (SOA). Indeed, HL7 plays an essential role in extending the interoperability for the development of health information exchange, in the standardization of XML medical document structures and in the specification of robust vocabulary definitions for use in clinical messages and documents (e.g., SNOMED CT),² enabling functional specifications for the EHR³.

3 AIDA

In order to fulfil this goal it was designed and developed an Agency for the Integration, Difusion, and Arquive (AIDA), which allows to interoperate with different information systems at the organization or area levels. The agency conceptually consists of 9 (nine) agent based subsystems: AIDA-

¹<http://www.hl7.org>

²<http://www.ihtsdo.org/>

³AIDA-EHR is a portuguese EHR developed at Centro Hospitalar do Porto and based in Problem Oriented Medical Record methodology (Weed, 1969).

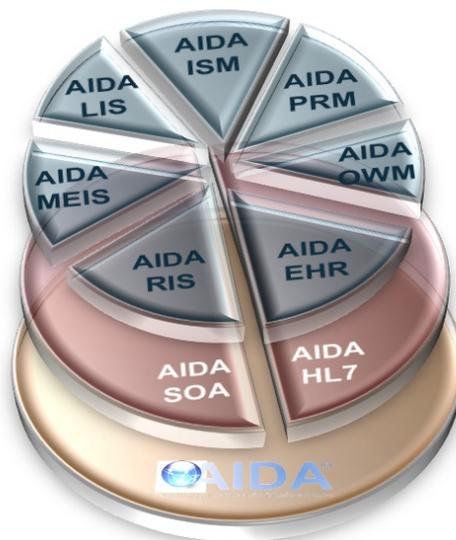


Figure 1: The AIDA Architecture

RIS - Radiological Information System; AIDA-MEIS - Medical Exams Information System; AIDA-LIS - Laboratories Information System; AIDA-ISM - Information System for Monitoring (e.g., vital signals monitoring); AIDA-PRM - Patient Relationship Management (including communication using SMS); AIDA-OWM - Organizartion and Work Management (Including agenda, scheduling, planning and resource management; AIDA-EHR- Electronic Health Records; AIDA-HL7 - Interoperation of systems; and AIDA-SOA - Service Oriented Architecture; where the organization data (e.g. patient data) is stored and managed (Figure 1). These nine subsystems are communicating using web services, in terms of HL7 or XML based messages. The definition of attributes and templates can be shared among different healthcare units having separate information systems. AIDA supports Web based services (AIDA-SOA) to facilitate the direct access to the information and communication facilities set by the humans, i.e. AIDA construction follows the acceptance of simplicity, the conference of the achievement of common goals and the addressing of responsibilities. Indeed, the main goal is to integrate, diffuse and archive large sets of information from heterogeneous sources (departments, services, units, computers, medical equipments). Under these pressuppositions, a Healthcare Information System (HIS) will be addressed in terms of (Figure 1). This system is also now a reality in some major portuguese hospitals, being developed and configured from generated forms of the EHR and sharing information through AIDA.

This system is also now a reality in some major

portuguese hospitals, being developed and configured from generated forms of the EHR and sharing information through AIDA ((Rigor et al., 2008)). Another interesting application of ubiquitous intelligent systems is described in ((Costa et al., 2007)). EHR and AIDA are the starting point for the creation of Ambient Assisted Living practices on an ubiquitous computational environment for improving the quality-of-life of the elderly, being the core system for AIDA-CI Clinical Intelligence and Decision Support and AIDA-IA - Ambient Intelligence.

4 THE COMPUTATIONAL MODEL

With respect to the computational model, and in order to fulfil all the pre-requisites associated to Agent Oriented Programming (AOP) stated above, it were considered extended logic programs with two kinds of negation, classical negation, \neg , and default negation, *not*. Intuitively, *not* p is true whenever there is no reason to believe p , whereas $\neg p$ requires a proof of the negated literal. An extended logic program (program, for short) is a finite collection of rules and integrity constraints, standing for all their ground instances, and is given in the form:

$$p \leftarrow p_1 \wedge \dots \wedge p_n \wedge \text{not} q_1 \wedge \dots \wedge \text{not} q_m; \text{ and} \\ ?p_1 \wedge \dots \wedge p_n \wedge \text{not} q_1 \wedge \dots \wedge \text{not} q_m, (n, m \geq 0)$$

where $?$ is a domain atom denoting falsity, the p_i , q_j , and p are classical ground literals, i.e. either positive atoms or atoms preceded by the classical negation sign \neg (Neves et al., 2007). Every program is associated with a set of abducibles. Abducibles can be seen as hypotheses that provide possible solutions or explanations of given queries, being given here in the form of exceptions to the extensions of the predicates that make the program (Neves, 1984).

These extended logic programs or theories stand for the agents (or programs) that populate the universe of discourse. On the other hand, logic programming enables an evolving agent to predict in advance its possible future states and to make a preference. This computational paradigm is particularly advantageous since it can be used in program synthesis, employing the methodologies for problem solving that benefit from abducibles, in order to make and preserve abductive hypotheses (Kakas et al., 1998)(Kowalski, 2006).

In order to accomplish such goal, i.e., to model the universe of discourse in a changing environment, the breeding and executable computer programs (or agents) will be ordered in terms of the quality of service that stems out of them, when subject to a pro-

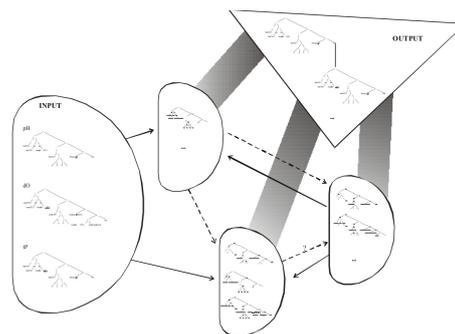


Figure 2: A blended of the agents that make the Universe of Discourse.

cess of conceptual blending (Turner and Fauconnier, 1995). In blending, the structure or extension of two or more predicates is projected to a separate blended space, which inherits a partial structure from the inputs, and has an emergent structure of its own. Meaning is not compositional in the usual sense, and blending operates to produce understandings of composite functions or predicates, the conceptual domain, i.e., a conceptual domain has a basic structure of entities and relations at a high level of generality (e.g., the conceptual domain for journey has roles for traveler, path, origin, destination). In our work we will follow the normal view of conceptual metaphor, i.e., metaphor will carry structure from one conceptual domain (the source) to another (the target) directly (Figure 2). In Figure 2 INPUT denote the agents (or programs) that are object of optimization and correlative evolution.

We construct a dynamic virtual world of complex and interacting population of agents, entities that are built as evolutionary logic programs or theories that compete against one another in a rigorous selection regime, in order to produce the optimal model to a particular problem(i.e., the OUTPUT, Figure 2). In other words, the agents or logical theories evolve in order to model the universe of discourse, in which fitness is judged by one criterion alone, the quality of service (Analide et al., 2008).

It is now possible to measure or quantify the quality of service, which is given in terms of the logic program or theory, defined at meta-level, according to the logic program (or agent) given below:

$$\{-qos(\text{Agent}, Q_{\text{service}}) \leftarrow \\ \text{not } qos(\text{Agent}, Q_{\text{service}}) \wedge \\ \text{not } \text{exception}_{qos}(\text{Agent}, Q_{\text{service}}), \\ \text{exception}_{pa}(ag_{pa}, 0.5), \\ \text{exception}_{pa}(ag_{pa}, 0.33), \\ ?(((pa(ag_{pa}, X) \vee$$

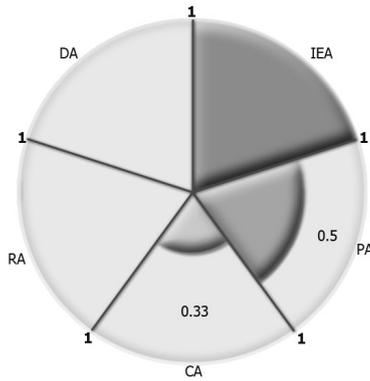


Figure 3: Quality of service reported by the qos agent for the Healthcare Information System.

$$\begin{aligned}
 & pa(ag_{pa}, Y) \wedge \\
 & \neg((pa(ag_{pa}, X) \wedge \\
 & pa(ag_{pa}, Y))), \\
 & exception_{pa}(X, Y) \leftarrow da(ag_{pa}, Y), \\
 & da(ag_{da}, da), \\
 & ca(ag_{ca}, 1), \\
 & \dots \} qosagent
 \end{aligned}$$

where the integrity constraint or invariant for ag_{pa} stated above denotes an exclusive or, i.e., the quality of service associated with the ag_{pa} is tailored by the exceptions referred to above for ag_{pa} (in this case the value of 0.5). Therefore, the quality of service reported by the $qosagent$ for the Healthcare Information System is given by the dashed area of the Figure 3, where pa , da , ca , ra and iea are respectively predicates for evaluating the quality of service of proxy agents, decision agents, computing agents, resource agents and interaction and explanation agents.

5 CONCLUSION

This work presents ongoing research and some developments on improving semantic interoperability of different information systems, using open archetypes. It was introduced an archetype-based agency-independent testing framework, the agency AIDA, that can validate archetype implementations and help ensure quality of service and interoperability of singular information systems. Challenges for integrating archetype and terminology was discussed and a candidate open language for expressing terminological value sets was presented. Finally, advanced archetype-based data sharing using clinically meaningful scenarios was demonstrated. The aim was not only to view the exchanged data but also utilized the

archetype semantics of the data. The scenarios included the use of local decision support rules on received data, namely drug interactions and warnings.

REFERENCES

- Alves, V., Machado, J., Abelha, A., and Neves, J. (2005). Agent based decision support systems in medicine. In *WSEAS on Biology and Biomedicine, Issue 2, Volume 2*.
- Analide, C., Abelha, A., Machado, J., and Neves, J. (2008). An agent based approach to the selection dilemma in cbr. In Badica, C., Mangioni, G., Carchiolo, V., and Burdescu, D. D., editors, *IDC*, volume 162 of *Studies in Computational Intelligence*, pages 35–44. Springer.
- Costa, R., Neves, J., Novais, P., Machado, J., Lima, L., and Alberto, C. (2007). Intelligent mixed reality for the creation of ambient assisted living. In Neves, J., Santos, M., and Machado, J., editors, *Progress in Artificial Intelligence*, volume 4874. LNAI, Springer.
- Kakas, A., Kowalski, R., and Toni, F. (1998). The role of abduction in logic programming. In Gabbay, D., Hogger, C., and Robinson, J., editors, *Handbook of logic in Artificial Intelligence and Logic Programming*, volume 5, pages 235–324. Oxford University Press.
- Kowalski, R. (2006). The logical way to be artificially intelligent. In Toni, F. and Torroni, P., editors, *Proceedings of CLIMA VI*. LNAI, Springer Verlag.
- Neves, J. (1984). A logic interpreter to handle time and negation in logic databases. In *Proceedings of ACM 1984 Annual Conference, San Francisco, USA*.
- Neves, J., Machado, J., Analide, C., Abelha, A., and Brito, L. (2007). The halt condition in genetic programming. In Neves, J., Santos, M. F., and Machado, J., editors, *EPIA Workshops*, volume 4874 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 160–169. Springer.
- Rigor, H., Machado, J., Abelha, A., Neves, J., and Alberto, C. (2008). A web-based system to reduce the nosocomial infection impact in healthcare units. In Cordeiro, J., Filipe, J., and Hammoudi, S., editors, *WEBIST (1)*, pages 264–268. INSTICC Press.
- Turner, M. and Fauconnier, G. (1995). Conceptual integration and formal expression. In Johnson, M., editor, *Journal of Metaphor and Symbolic Activity*, volume 10.
- Weed, L. (1969). Medical records, medical education, and patient care. the problem-oriented record as a basic tool.

3.6 AIDATrace : interoperation platform for active monitoring in healthcare environments

Machado, José-; Miranda, Miguel; Gonçalves, Pedro; Abelha, António; Neves, José; Marques, José Alberto, AIDATrace : interoperation platform for active monitoring in healthcare environments, INDUSTRIAL SIMULATION CONFERENCE, Budapeste, 8, 2010 – “Industrial Simulation Conference”, 2010

A introdução de sistemas de monitorização e controlo apresenta-se com grande potencial para dar suporte à introdução de técnicas baseadas em Inteligência Ambiente em unidades de prestação de cuidados de saúde.

Ainda, a União Europeia tem patrocinado investigação científica onde se tem evidenciado a questão da interoperabilidade como um obstáculo considerável à implementação e exploração das capacidades desta tecnologia emergente.

Por conseguinte, e tomando em consideração a necessidade de ultrapassar tais obstáculos, no trabalho que se discute de seguida, são apresentadas diferentes metodologias colocadas em operação no setor da saúde, suportadas por uma arquitetura de sistemas já utilizada em diversas instituições de saúde, para suportar a implementação de sistemas de monitorização baseados em tecnologia de rádio frequência RFID.

AIDATrace - Interoperation Platform for Active Monitoring in Healthcare Environments

José Machado¹, Miguel Miranda¹, Pedro Gonçalves¹, António Abelha¹, José Neves¹ and Alberto Marques²

¹Universidade do Minho, Departamento de Informática, Braga, Portugal

email: `jmac,miranda,pgoncalves,abelha,jneves@di.uminho.pt`

²Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, Penafiel, Portugal

email: `marquestris@chts.min-saude.pt`

KEYWORDS

Interoperability, Healthcare, HL7, RFID

ABSTRACT

The introduction of monitoring systems may have a great potential to introduce Ambient Intelligence based monitoring techniques in healthcare environments. On the other hand, current research being sponsored by the European Union presents interoperability issues as a considerable obstacle to implement and fully explore the capabilities of such a technology. Therefore, and in order to contribute to overcome this drawback, in this paper we address the different methodologies put into operation in the healthcare sector, supported by a putative architecture which has been used in different healthcare institutions to support RFID monitoring systems.

Introduction

In large-scale healthcare environments, control and spatial monitoring of patients, visits, staff, service providers, medication and equipments are extremely complex and generally do not respond to the needs, nor offer information on time for decision support. These barriers create a demand for new methodologies and technologies for problem solving that have to be studied, analyzed and implemented, in order to improve Quality-of-Service (QoS) and facilitate clinician and other staff work. The unequivocal positioning and identification of an entity (person or object) in a given moment and over time can provide a base for the development of several solutions for critical problems within the healthcare system. Recent academic research and publications are concerned with Radio Frequency Identification (RFID) in the healthcare industry, however much study must still be performed in terms of the integration of such system with existing informations systems. Recent studies directed by the European Union, defining some of the possible and undergoing applications of position identification and monitoring using RFID, state to be possible to orientate this technology towards the needs of control and optimization of medication, lab tests, equipment, patients and staff (Ngai et al. 2009) (Chen et al.

2010) The different projects mentioned in these studies demonstrate the utility of this technology, unleashing some of its potential but also its limitations. From advantages and niches of opportunities of these projects, key limitation elements such as interoperation, integration, security, ubiquity, data quality, price and overload of existing infrastructure (e.g. networks) emerge. On the other hand, the degrees of confidence and excellence are mandatory to healthcare activity, and these environments of lesser forbearance can not flaw, equipments with slower time of response and greater reliability are needed, and intelligent data processing expertise may bring decision support.

In this paper we describe and supporte a putative architecture which has been used in different healthcare institutions to support RFID based monitoring systems. The architecture core is based on a Multi-Agent (MA) and WebServices approach that uses HL7 and other proprietary syntaxes to enable interoperation among the applications in the Healthcare Information System (HIS). Indeed, in healthcare, several standards have been defined for interoperability, being Health Level Seven (HL7) the most uniformly used by healthcare information system providers (HISP).

Interoperation and integration

Interoperation and systems integration are among the major limitations generally appointed to RFID and are relevant fields of study for information systems (IS) in healthcare environments. Theses features are also among the major concerns stated in EU studies, as a secluded tracking and identification architecture limits the flow of information within the institution and threatens independence from service providers, perpetuating lock-ins. Studies using similar middleware and agent-based techniques have been previously purposed, however the devised architecture was implemented together with a interoperable platform specifically oriented towards healthcare, using its standard norms (Kim et al. 2008) (Chen et al. 2010). The flow of information generated and required by the RFID system is greatly enhanced by the existing interoperable platform, which increases the potential of these systems. Other studies,

although in quasi-real setting also mention the importance of systems integration, and find it to be one of the key difficulties in modeling a global institutional RFID architecture in an HIS (Ngai et al. 2009).

Our research group has created partnerships and is involved in research activities with three of the major Portuguese hospital centers, namely the Centro Hospitalar do Porto (CHP, EPE), the Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa (CHTS, EPE), the Centro Hospitalar do Alto Ave (CHAA, EPE) and the Unidade Local de Saúde do Norte Alentejano (ULSNA, EPE).

AIDA Platform

The AIDA (an Agency for the Integration, Difusion and Arquive of information) platform was developed in order to support the diffusion and integration of information generated in the healthcare environment. This platform imbues many different integration paradigms, using mainly Service Oriented Architectures (SOA) and MAS to implement interoperation in a distributed, specific and standardized manner with all the service providers within an healthcare institution. Using this synergy it is maintained the independence and modularity of SOA and the intelligence and autonomy associated to MAS and Artificial Intelligence (Machado et al. 2008) (Machado et al. 2007).

Interoperability Architecture

Being MAS a field of research in Distributed Artificial Intelligence, this technology is intrinsically connected with distributed problem solving, while being distinct in the intrinsic definition of an agent versus the properties of the general middle-wares of the architecture called in its support. Indeed, under this approach a MAS subsumes a distributed architecture. The MAS is able to manage through the agent life cycle, the availability of the modules of the healthcare system and the HIS as a whole, while keeping all the agents that constitute the MAS freely distributed. In fact, new agents with the same characteristics and objectives can be created on-demand by the MAS, according to the necessities of the system they are a part of. The structuring of these agents and of the MAS can be developed according to the services they provide and the logical functionality of the systems they interoperate with, allowing for a conceptual form to take advantages of the SOA.

The SOA core has as a key principle the division of large and complex problems into simpler and modular ones. However, contrary to the common methodologies to address a great number of complex problem solving algorithms, this architecture aims to contribute to be achieved complete independence between these units. This methodology searches distinct areas of logic automation in order to unitarily make available a service that is part of a vaster and more complex service. It

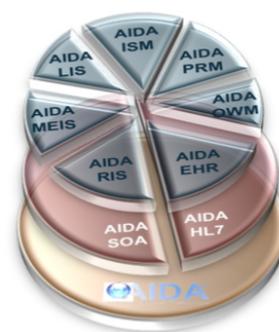


Figure 1: AIDA Architecture

is ensured that in this way each of these units can be replaced by any other unit which performs the same service without concern with other services. These base units can be distributed, providing a service in a distributed way, independently and disassociated of the underlying global services structure (Erl 2005). Although, at first glance it may be extremely similar to the distributed architecture; the difference is in the dependency between distinct distributed units, something that is common in distributed architectures, but that goes against the ideals of a truly SOA. SOA is a concept not bound to one specific technology, it can be based on web-services, agents or any other technology that follows its basic rules. Through the SOA paradigm, a system will not be dependent of its core units. It means that services can be easily replaced and updated by others which provide the same services, enabling modularity, scalability and independence to the infrastructures that use the architecture.

As demonstrated in Figure 1 from (Marques et al. 2010), the agency's top layer of abstraction conceptually consists of 7 (seven) multi-agent based subsystems: AIDA-RIS - Radiological Information System; AIDA-MEIS - Medical Exams Information System; AIDA-LIS - Laboratories Information System; AIDA-ISM - Information System for Monitoring (e.g., vital signals monitoring); AIDA-PRM - Patient Relationship Management (including communication using SMS); AiDA-OWM - Organisation and Work Management (Including agenda, scheduling, planning and resource management; and AIDA-EHR- Electronic Health Records.

AIDA's devised architecture supports intelligent agents that acting as distributed entities on a healthcare environment, gather all the data, transform the underlying information, correct information incoherence and disseminate it thought-out the HIS. The introduction of data validation allows to improve the overall quality of information extracted and avoid the spread of inconsistencies over all involved systems. The quality of the gathered information is important to guarantee that the decisions made in these environments is based on sound principles and are not led astray by incoherent or inex-

istent information.

This platform was engineered under the perspective of a centralized repository for all the significant data in a healthcare institution. Under this happening, the underlying information must be retrieved from and disseminated towards the different service providers in the healthcare institution. Henceforth, the gathered information must be processed and corrected, validating the execution of existing workflows and ensuring the Quality-of-Information (QoI) disseminated to other systems. The presence of a global information and knowledge repository that is oriented towards the whole of the healthcare institution, that has the extensibility to adapt to the heterogeneity within its environment, is an important tool for information validation and knowledge discovery. For this purpose the AIDA platform uses an ORACLE RAC database, structuring most of its clinical and management information in highly compact but well structured XML syntax. The use of XML grants the necessary malleability to adapt the repository configuration to the needs of a specific institution, service or external provider. Clinical reports and other information gathered by the platform are therefore structured and processed in this repository and validated against existing knowledge or information.

An intelligent behaviour is necessary to predict and validate, either semantically or syntactically, the data and information gathered according to the knowledge representation and reasoning techniques used in each middleware agent responsible for systems interoperability. Each of the agents is embedded with the particular behaviours from one another in order to guarantee a good response of a particular agent having in mind the particularities of the service provided. The scalability and modularity of this architecture is essential not only to the selection of new solutions but specially when developing Decision Support Systems (DSS). The multitude and intricacy of services that must be performed by DSS or Group Decision Support (GDSS), require such a platform or otherwise would be inefficiently intertwined with other essential solutions such as the Electronic Health Record (EHR).

Relevance of the Interoperability Platform

Considering the definition of an HIS, AIDA is crucial in the implementation and functioning of an HIS. Its capabilities allow for communication among different and otherwise secluded systems, avoiding centralization and dissemination of end-to-end connections, that may restrict the growth of the infrastructure associated to the HIS. The non-modularity of services adds complexity to updates and improvements extremely complex, increasing the global costs of the information systems (Aier and Schönherr 2006). Therefore, it is understandable the present concern demonstrated by organs and institutions, responsible for financing and regulating the pur-

chase and development projects for new HIS, requiring flexibility, interoperation and integration of heterogeneous systems (Berg 2004). Furthermore, the existence of such a platform enables one to concentrate efforts in systems integration, making needless the everlasting arduous complication of interoperation processes among different providers and the complexity of adding a new one. A global knowledge repository such as AIDA, also provides independence for the healthcare institution relatively to external service providers and legacy applications.

Interoperation between RFID and other HIS Services

Within an HIS, several services must be fully prepared for interoperation with the RFID system, one of the cornerstone of implementing such a system and one of the main current concern of healthcare institution envisioning such a step. The flow of information must be consistent within the existing services. Just to name a few services, one may mention human resources, patient management system, electronic health record and radiological information systems. The AIDA platform already disseminates information among all these services according to previously defined workflows, inherent to the policies of a general healthcare institution and the institution specificities. Therefore, the main concern of integrating an RFID system into an HIS is the communication of this system with AIDA, as the platform already ensures interoperation. The implemented architecture (Figure 2) is centered on key events of the RFID system, which are received, transformed and processed by the AIDA platform. The events are generated when a state is updated or comes from others services of the HIS. To understand the events one must mention the underlying abstract concepts of the RFID implementation.

In this RFID system the main functional units are zones, profiles, tasks and alarms. The areas of the hospital are divided into zones, which are linked to the profile of the patient, staff and visits. The access of a patient to one or more zones is delimited by a task, in which entities and a time frame are worked out. The movement detections between zones of tags associated to profiles generates alarms which may be of different types, depending of certain factors, namely the permission to enter a particular zone.

According to this concept, the events can be divided into demographic communication and active monitoring. Demographic communication events are concerned with the insertion, update and removal of profile information and tag association: Admission, update and discharge of patient profile; Admission, update and removal of equipment profile; Admission, update and removal of staff profile; and Association and dissociation of a tag to a profile. The active monitoring events are centered

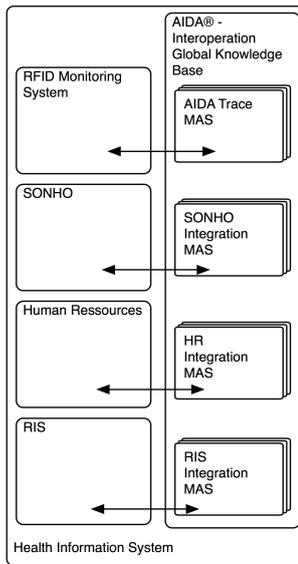


Figure 2: Interoperation Architecture

on the detection events and the association of tasks to active profiles: Managing alarm types; Detection of an alarm event; and Insertion, update and removal of a task. Detectors have been placed in each zone where patients, staff and visits have necessarily to cross when changing zones, as well as in some central areas and crossing points to control their presence. This procedure is adequate in some specific services (e.g. admitted patients and emergency care), but particular administrative procedures have to be set in other ones due to a high number of incoming users (some thousand of RFID tags delivered each day).

Although the detection events and admissions (patient and profile) occur only in one direction, i.e. only the monitoring system detects and sends those events, the other events are bi-directional. As an example of an unidirectional event, the admission of a patient can be performed by the administrative staff using the patient management system (in most of portuguese healthcare intuitions it is used the SONHO application made available by the ACSS) and the AIDA platform would disseminate this information among all defined services for this event, including the monitoring system. In opposition a task associated to an existing patient can be created, altered or deleted in both monitoring and the AIDA platform. The integration architecture uses MAS that communicates using HL7 messages. If the monitoring provider does not make available an HL7 system, the AIDA platform can use specialized agents to transform events into HL7 messages that fit into the according interoperation semantics. The use of HL7 is essential for interoperability given the relevance and dissemination of this standard in the healthcare industry. In fact this is one of the key points of this implementation, as the transformation of such events in HL7 messages grants

the modularity and the generalization of the integration processes. Although some projects such as from (Chen et al. 2010), (Kim et al. 2008) or (Ngai et al. 2009) consider the problem of interoperability, the potential and complications of this process are not yet well defined, and that is where the existing HIS exchange standards as HL7 must be considered.

The modeling of these events in HL7 messages comes naturally, considering the different type of messages for admissions, transfers and other regular processes in an healthcare institution. Moreover, to model and exchange it in any other proprietary syntax and semantic would be a considerable complication if it was not the effort towards the communication process. Upon receiving an event message, the MAS does not register the data, but it extracts the information facing the existing information of the overall HIS. According to this information, one may infer the existence of inconsistency and proactively correct and unify the available information within the HIS. In fact, such situations are common in a naturally complex and heterogeneous environment such as the healthcare one, where information inconsistencies are an active concern of clinicians and administrative staff. The use of such behaviours in the integration agent system improves the results of the RFID architecture, as it enables procedures to correct misreadings or unexpected/error events that may occur in any complex system.

The introduction of intelligent behaviours on information systems in healthcare may, however, be a complex theme for legal and ethical discussion. As defended in (Machado et al. 2009), the requirements of software applications for the healthcare arena, although being rather similar to those of other areas, develops in a completely different dimension due to the value inherent to the legal and moral good, i.e. the health condition of a human being. Considering the introduction of a learning intelligent MAS in healthcare, within this technology different intelligent agents, autonomously and adaptively, defend individually or by means of cooperation their interests and objectives. They concentrate vital functions of the healthcare unit, improving the overall quality of service. These agents are autonomous from each other, having the capacity to interact with its environment and evolve, acquiring new methodologies and information to improve their own qualities and competence, i.e. to solve different problems according to its duties. However, the legal and ethical complexity inherent to most medical decisions carries doubts considering the capability of these agents to act and support the decision making of contexts which carry a great legal and ethical dilemma (Andrade et al. 2004) (Machado et al. 2009). Although the use of intelligent agents for integration of systems may not seem to hold a great deal of ethical significance as these tools improve the security and functionality of the medical information as a whole, the consequences of the loss or adulteration of clinical

information or the permissiveness towards this sort of actions, carries a unmeasurable ethical and moral value. Henceforth, in the case of RFID systems, not only the moral nuances of an individuals right to not be monitored against it's will and if monitored what to do with this information are to important to take under consideration. The legal and ethical limitations and complications associated to the introduction of intelligent agents in both interoperability and decision support based on these RFID systems must be evaluated in order guarantee a proper control over the exiting systems.

Conclusion

The AIDA platform is an example of an application based on AI techniques, namely MAS, to overcome key limitations in the healthcare environment. In this paper, we present an architecture and methodologies for implementing interoperation between ambient monitoring systems and the HIS in a scalable, manageable and productive manner in healthcare. The implementation of SOA using MAS enables HL7 communication using modules and ensuring compliance to the defined specification, even when the monitoring service provider fails due to technological limitations. Furthermore, the scalability of the system enables rearrangements within the MAS parallelization tasks. The introduction of intelligent behaviours in data processing through the modeling of inconsistencies and incompleteness in the existing information available within all solutions that are part of the HIS, has the potential to improve the results of the RFID system itself. Moreover, it can improve the overall quality of information within the HIS, using the information exchange between systems to validate their completeness and detect flaws in workflows and exceptional cases. The development of an RFID monitoring systems has been performed by different other systems such as those developed by (Chen et al. 2010), (Kim et al. 2008) or (Ngai et al. 2009), however the insights in the devised interoperability architecture presents another perspective to improve the behaviour and effectiveness of this genre of tool. Furthermore it strengthens the usefulness of RFID systems by increasing the amount of information that can be extracted from the data events they generate.

As future work, while the system is in a production phase, AI techniques such as evolutionary algorithms, artificial neural networks or decision-trees could be further studied to improve the behaviour of data validation, information consistency and knowledge extraction within the system. The use of interoperation platforms such as AIDA addresses and resolves many of the concerns on existing studies required by the European Union. However future research must be held regarding the improvement of exiting mis-detections and false alarms developed by these monitoring systems, which increase the entropy and error within the HIS.

REFERENCES

- Aier S. and Schönherr M., 2006. *Evaluating Integration Architectures – A Scenario-Based Evaluation of Integration Technologies*. *Trends in Enterprise Application Architecture*, 2–14.
- Andrade F.; Neves J.; Novais P.; and Machado J., 2004. *Software Agents As Legal Persons*. In *Virtual Enterprises and Collaborative Networks*. 123–132.
- Berg M., 2004. *Health Information Management: Integrating Information Technology in Health Care Work*. Routledge.
- Chen M.; Gonzalez S.; Leung V.; Zhang Q.; and Li M., 2010. *A 2G-RFID-BASED E-HEALTHCARE SYSTEM*. *IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS*, 17, no. 1, 37–43.
- Erl T., 2005. *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*. Prentice Hall PTR.
- Kim Y.B.; Kim M.; and Lee Y.J., 2008. *COSMOS: a middleware platform for sensor networks and a u-healthcare service*. In *SAC '08: Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing*. ACM, 512–513.
- Machado J.; Abelha A.; Novais P.; and Neves J., 2008. *Quality of Service in Healthcare Units*. *European Simulation and Modelling Conference 2008*, 291–298.
- Bertelle, C Ayesh, A European Simulation and Modelling Conference OCT 27-29, 2008 European Technol Inst, Havre, FRANCE.
- Machado J.; Alves V.; Abelha A.; and Neves J., 2007. *Ambient intelligence via multiagent systems in the medical arena*. *ENGINEERING INTELLIGENT SYSTEMS FOR ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATIONS*, 15, no. 3, 151–157. ISSN 1472-8915.
- Machado J.; Miranda M.F.M.; Abelha A.; Neves J.; and Neves J., 2009. *Modeling Medical Ethics through Intelligent Agents*. In C. Godart; N. Gronau; S.K. Sharma; and G. Canals (Eds.), *I3E*. Springer, *IFIP*, vol. 305. ISBN 978-3-642-04279-9, 112–122.
- Marques A.; Correia A.; Cerqueira L.; Machado J.; and Neves J., 2010. *Archetype-based Semantic Interoperability in Healthcare*. In J. Filipe; A.L.N. Fred; and B. Sharp (Eds.), *ICAART (2)*. INSTICC Press. ISBN 978-989-674-022-1, 305–308.
- Ngai E.; Poon J.; Suk F.; and Ng C., 2009. *Design of an RFID-based Healthcare Management System using an Information System Design Theory*. *Information Systems Frontiers*, 11, no. 4, 405–417.

3.7 Sensorization and Intelligent Systems in Energetic Sustainable Environments

Fábio Silva, David Cuevas, Cesar Analide, José Neves, Alberto Marques, Sensorization and Intelligent Systems in Energetic Sustainable Environments, IDC 2012 – International Symposium on Intelligent Distributed Computing, Calabria, Italy, 2012, Springer Studies in Computational Intelligence, 2012

A Sustentabilidade é, atualmente, um importante tópico de discussão. Contudo, medir a sustentabilidade e avaliar comportamentos no que à sustentabilidade dizem respeito nem sempre é fácil. De facto e para alcançar este objetivo, no trabalho agora apresentado, é proposta uma arquitetura baseada num sistema multiagente para medir e avaliar indicadores de sustentabilidade, obtidos de um ambiente.

Estas avaliações serão baseadas na observação de comportamentos de utilizadores, passados e presentes, e em especificidades do cenário em análise, conduzindo à avaliação de indicadores como a emissão de gases, o consumo energético e a adequação do utilizador, no que concerne ao ambiente que o envolve.

Presta-se especial atenção à interação do utilizador e aos atributos que caracterizam o utilizador, como forma de cálculo dos indicadores de sustentabilidade para cada tipo de estrutura, ou seja, a finalidade desta arquitetura é a de promover a consciência sobre a sustentabilidade e a realização de ações sustentáveis através do uso de marcadores de sustentabilidade, calculados em termos da informação que é obtida do ambiente.

Sensorization and Intelligent Systems in Energetic Sustainable Environments

Fábio Silva, David Cuevas, Cesar Analide, José Neves and José Marques

Abstract Sustainability is an important topic of discussion in our world. However, measuring sustainability and assessing behaviors is not always easy. Indeed, and in order to fulfill this goal, in this work it will be proposed a multi-agent based architecture to measure and assess sustainable indicators taken from a given environment. These evaluations will be based on past and present behaviors of the users and the particularities of the setting, leading to the evaluation of workable indicators such as gas emissions, energetic consumption and the users fitting with respect to the milieu. Special attention is given to user interaction and user attributes to calculate sustainable indicators for each type of structure, i.e., the aim of this scheme is to promote sustainability awareness and sustainable actions through the use of sustainable markers calculated in terms of the information gathered from the environment.

1 Introduction

Ambient Intelligence (AmI) is still considered an emergent technology that may be embedded into environments, making them both sensitive and responsive. In this sense AmI may be used to achieve several objectives inside such environments, e.g., in sustainability assessment, enforcement and suggestion [5]. In fact, there is an increasing source of concern as more researchers make use of computational resources to find sustainable equilibriums. Sustainable models developed in the literature are also focus of research and improvement, although they may differ on their approach. Some of these models use economical metrics in order to assess sustainability, while others follow social and environmental perspectives in a more accurate form [11]. The work presented uses a multi-agent system to obtain information about an environment so that deliberative and reactive decisions concerning

Fábio Silva, David Cuevas, Cesar Analide, José Neves and José Marques
Department of Informatics, University of Minho, e-mail: {f.aandree, davidjfcuevas@gmail.com},
{analide; jneves}@di.uminho.pt, josealbertomarques@gmail.com

sustainability can be made. Indeed, multi-agent system architectures that foresee these problems, may be found in [9]. Performance tests showed good results for the service discovery in terms of flexibility and interoperability. Decisions are created using reasoning processes upon the data gathered either with machine learning or context-aware computing, so that specialized intelligent decisions may be made for each user present in an AmI setting. With respect to this area of research, Machine Learning inside AmI environments have already been used for feats such as human activity tracking [3]. Current sustainability assessment considers different indicators and sub-models created and used by specialized people. Our work aims to make it simple to assess and determine sustainability indicators in an intelligent environment through the use of multi-agent architecture and environment sensing. It has been demonstrated by previous research that when people are aware of the consequences of their actions in detail, and they are set with an objective, they tend to act in the best manner to attain it, as it was the case with electrical consumption [4]. It is expected that the use of architectures like the one proposed in this paper causes the same effect on sustainable measures and user behaviour as it was demonstrated for electric consumption and user behaviour.

2 Previous Study

In this section there are presented studies related to the research being conducted. As such each category will be presented and a general description will be made.

Sustainability is a subject of concern for the assurance of the steadiness, viability and use of a system. Currently different approaches to measure and assess sustainability were proposed in the literature, with some focusing on an economical perception, while others emphasize on environment or social perspectives [11]. Sustainability indicators have been useful at pointing out unsustainable practices, however, they are not as good to define and guarantee sustainability [7]. A common accepted definition for the notion of sustainability concerns an equilibrium from social, economical and environmental factors. When some of these features cannot be met, the system is not considered sustainable, but it may be pondered viable, bearable or equitable [11]. In contexts like intelligent buildings, there are commitments to build Key Performance Indicators (KPIs) to monitor sustainability, and act as sustainability indicators from information gathered by a panel of experts [2].

Machine Learning (ML) techniques or methods concede the modeling and learning of preferences and habits in different contexts. These methods also sanction the acquiring of past and current trends and predict future results. From information assembled from different environments, ML techniques may derive models of behaviour and interaction based on specialized backgrounds (e.g., users, environment, social interaction or consumption). ML and Data Mining (DM) techniques may also be used to obtain information about user's habits in AmI settings, from data gathered by sensors in the environment, namely using practices such as Sequence Discovery

[3], Fuzzy Logic [6], Genetic Programming, Multi-Layer Perceptron, Evolutionary Intelligence [8] or combinations of these techniques [12].

Context-Aware Computing is a component of a ubiquitous computing environment. One hopes to make personalized decisions based on contextual factors that may lead to different results to the same situation, once placed in different contexts [10]. Evidence of these context-aware systems can be found in e-Commerce, Information Retrieval and Ubiquitous Systems. In these examples context awareness is used to personalize systems and applications to the present user context [1]. Despite the interest in context-aware computing, context definition for applications and systems is still challenging in some situations.

3 Multi-Agent System for Sustainable Environments

This case study presented encompasses an intelligent environment and its user interactions in order to obtain information about its current sustainable condition. The source of such interest may be economical challenges or a conscious mind about the future sustainability of his environment, as described in [4]. The user is supposed to do daily routines such as cooking, sleeping or watching television. Nevertheless, the system records each action on the part of the user interactions, and uses such information to reason about existing sustainability indicators and metrics of control concerning the environment i. e., resource utilization, CO₂ emissions and of its own attendance on each internal premise in the environment for example.

The objective is to use different model representations, for example, environmental variables, ambiental variables, interactions and appliance consumptions. These models may receive input from different sensors distributed in the environment or mathematical formulae. There may also be the case where a different interpretation of the values of a primary model or group of models may derive new ones, i.e., electric costs and carbon emission from electric consumption. Therefore, the user is aware of his impact on his environment.

System Architecture as proposed is a multi-agent system which encompasses a set of agents accountable for the assessment of current sustainability indicators in the environment. These agents communicate with the environment in order to retrieve data about it and use intelligent models to assess it based on sustainability indicators. Indeed, the proposed architecture uses 4 (four) different types of agents, namely:

- Sensing - an agent connected to sensors that is responsible to gather data about the environment, such as user presence or energetic consumption;
- Modeling - an agent responsible to model a representation of the essential aspects of a system which presents knowledge and relies on both mathematical and physical formulas as well as data from the sensing agents;
- Reasoning - an agent that reasons about perspectives, setting a method that fulfills the formal requirements for a theory of context, and offers an explanatory account of contextual reasoning in terms of information flow;

- Actuator - an agent that acts on the environment and monitors the execution of those acts to reassure a correct behaviour on the system.

With this setup the environment has all the necessary agents to gather data, transform and process it into agent's knowledge models.

Sustainability Indicators available in Table 1 are in the form of the three key sustainability categories: economical metrics that include the running costs associated to the environment continuance versus the available income in the same period; social metrics that relate the presence and the possible interaction among the users that populated the environment; and environmental that assesses the the amount of carbon emissions that are generated. The values from the proposed indicator are interpreted as unsustainable if the value is below 1 or sustainable otherwise.

Table 1 Sustainability indicators

Economical	Environmental	Social
$\frac{EnergeticCosts}{IncomeAvailable}$	$\frac{EmissionTreated}{TotalEmission}$	$\frac{TimeInside}{TimeOutside}$

The overall sustainability of the environment is calculated by 1, which denotes a compromise among the three main categories of sustainability indicators.

$$S_{index} = \alpha \times I_{economic} + \beta \times I_{environmental} + \gamma \times I_{social} \quad (1)$$

The equation presented in 1 has three qualifiers, one for each sustainability indicator. The values of such indicators are between 0 and 1 where their addition totals 1. All indicators are calculated either locally or for the entire setting which sums the assessment of all premisses. This way, if the environment is considered sustainable, the user may still assess changes in premises with low supportable standards.

4 Tests and Results

In order to set up initial scenarios both a simulation and a real environment were studied. On both environments it is possible to record consumptions, presence and emissions. User notification is made through a dedicated interface that displays environment configuration, its sensors, and the levels of consumptions and emissions.

For the simulated environment, a model of a traditional home with a bedroom, a living room, a bathroom, a kitchen and a hall was conceived. The actions simulated included user movement and the swapping of the state of the appliances (on or off). Electrical consumption, user presence and carbon emissions were modelled from simulated sensor values for a period of 3 days and a total of 201 actions simulated representing a user presence of about 58% in the environment each day.

The Intelligent Systems Laboratory (ISLAB) at University of Minho was selected as the real environment. ISLAB is made of one room available to researchers where they can gather and work together. This room was modeled containing a set of appliances such as computers and lights. In this room it was also installed sensors which recorded user presence, luminance and temperature for the period of 5 days where 2 of those were holidays. The sensing and modeling agents were used to obtain model representation of user occupancy, lightning and temperature on the ISLAB.

Table 2 Results from simulation

ISLAB Environment			
Room	Carbon emission (g)	Energetic Consumption (kW)	Presence (%)
ISLAB	7078.46	21.80	11
Home Environment			
Room	Carbon emission (g)	Energetic Consumption (kW)	Presence (%)
Bedroom	5.51	0.02	55
Kitchen	3537.32	9.95	9
Living Room	994.43	2.80	32
Bathroom	3.47	0.01	1
Hall	13.87	0.04	3

Results from both simulations are presented in Table 2 according to the formulas presented in Table 1 and data simulated and obtained from sensors. In order to estimate an economic indicator, the user is supposed to have 1,5 euros per day for daily energy consumption. From these results it is possible to calculate the sustainable indexes defined in 1 which are 3.19, 0.67 and 1.38, in the home setup, and 1.92, 0.67 and 0.14, in the ISLAB setup, for the economic, environmental and social indexes. It is also demonstrated, in the home environment, that it is economically viable, however, there is a penalization on the environmental indicator. This points out that the environment under study does not treat efficiently emissions derived from its services. It is a potential source of improvement.

On the ISLAB results it is possible to demonstrate that if there is a budget of 1 euro for electricity on a daily basis then, sustainability indicators show that there is a penalty not only in the environmental indicator but also in the presence indicator due to the limited time the room is occupied and its electrical consumption. Changing the environment generates different simulation results, so simulation can be used to assess the impact of desired changes in the environment in terms of sustainability.

5 Conclusion

The proposed work features the perception of a multi-agent system able to handle sustainable monitoring and assessment in an intelligent environment. Furthermore, the use of formal models, was found to be a bright way to test and assess its sustainable actions and behaviours. It was found that it is possible to derive conclusions

from the use of such systems in order to improve its efficiency and sustainability indicators. This is achieved with user awareness about his current situation, indicating which of his actions are more sustainable. As future work there is the need to further validate the model using real sensors in real world settings and design new metrics for sustainability indicators. The multi-agent system needs to be extended with the ability to monitor different environments in parallel, and explore connections and influences among them, such as a home and an office in the same environment. A recommender system may help in the improvement of the sustainability indicators.

Acknowledgements The research presented is partially supported by a portuguese doctoral grant, SFRH/BD/78713/2011, issued by the Fundação da Ciência e Tecnologia (FCT) in Portugal.

References

1. Adomavicius, G., Tuzhilin, A.: Context-aware recommender systems. In: F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, P.B. Kantor (eds.) *Recommender Systems Handbook*, pp. 217–253. Springer US (2011)
2. Al-Waer, H., Clements-Croome, D.J.: Key performance indicators (kpis) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. *Building and Environment* **45**(4), 799–807 (2009). URL <http://centaur.reading.ac.uk/11750/>
3. Aztiria, A., Izaguirre, A., Augusto, J.C.: Learning patterns in ambient intelligence environments: a survey. *Artif. Intell. Rev.* **34**, 35–51 (2010). DOI 10.1007/s10462-010-9160-3
4. Chetty, M., Tran, D., Grinter, R.E.: Getting to green: understanding resource consumption in the home. In: *Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing, UbiComp '08*, pp. 242–251. ACM, New York, NY, USA (2008). DOI 10.1145/1409635.1409668
5. Ducatel, K., Bogdanowicz, M., Scapolo, F., Leijten, J., Burgelman, J.C.: *Scenarios for Ambient Intelligence in 2010*. Tech. rep., IST Advisory Group (2001). URL <ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/istagscenarios2010.pdf>
6. Hagrais, H., Doctor, F., Callaghan, V., Lopez, A.: An incremental adaptive life long learning approach for type-2 fuzzy embedded agents in ambient intelligent environments. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* **15**(1), 41–55 (2007)
7. Lyon, A., Dahl: Achievements and gaps in indicators for sustainability. *Ecological Indicators* **17**(0), 14 – 19 (2012). DOI 10.1016/j.ecolind.2011.04.032. Indicators of environmental sustainability: From concept to applications
8. Neves, J., Ribeiro, J., Pereira, P., Alves, V., Machado, J., Abelha, A., Novais, P., Analide, C., Santos, M., Fernandez-Delgado, M.: Evolutionary intelligence in asphalt pavement modeling and quality-of-information. *Progress in Artificial Intelligence* **1**, 119–135 (2012). DOI 10.1007/s13748-011-0003-5. 10.1007/s13748-011-0003-5
9. Rui, C., Yi-bin, H., Zhang-qin, H., Jian, H.: Modeling the ambient intelligence application system: Concept, software, data, and network. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on* **39**(3), 299 –314 (2009). DOI 10.1109/TSMCC.2009.2014390
10. Schilit, B., Adams, N., Want, R.: Context-aware computing applications. In: *Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on*, pp. 85 –90 (1994). DOI 10.1109/WMCSA.1994.16
11. Singh, R., Murty, H., Gupta, S., Dikshit, A.: An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators* **9**(2), 189–212 (2009)
12. Wang, K.I.K., Abdulla, W.H., Salicic, Z.A.: Ambient intelligence platform using multi-agent system and mobile ubiquitous hardware. *Pervasive and Mobile Computing* pp. 558–573 (2009)

4 Trabalhos e Casos Experimentais

A tradicional prestação de cuidados clínicos, de uma forma algo difusa, ajusta-se como uma luva a disciplinas emergentes que se centram sobre o desenvolvimento e a aplicação de tecnologia de computação ubíqua para a área da Saúde, no que respeita à prestação de cuidados médicos e/ou de preservação do bem-estar (Lanzola, Gatti, Falasconi, & Stefanelli, 1999).

A articulação da informação, obtida pelas soluções de EC com tecnologias de RFID ou outros processos de sensorização inteligente (Silva, Cuevas, Analide, Neves, & Marques, 2012), possibilitarão a disponibilidade de cuidados médicos a qualquer um, a qualquer momento e em qualquer lugar, independentemente da posição, do tempo ou de quaisquer outras restrições, sendo a prestação de cuidados de saúde suportada em soluções de uma forma descentralizada, personalizada, estando centrado no paciente e tendo acesso às mais diversas fontes de informação (Carneiro, Novais, Costa, Gomes, & Neves, 2009). O desenvolvimento de métodos adequados para a análise de dados será igualmente crucial. Um desafio em particular será o da quantificação, integração e a fusão de dados, quer contínuos quer discretos, seja ao nível técnico seja ao nível do diagnóstico.

No decurso deste trabalho de doutoramento houve o desenvolvimento de dois grandes projetos: a monitorização embebida e o sistema de apoio à decisão, e a participação em ações de divulgação, de que se destaca a que se realizou em Génova, Itália, em 2009.

Ainda, estive envolvido na conceção e desenvolvimento de algumas linhas de orientação e projetos de aplicação prática dos conhecimentos que fui adquirindo e produzindo.

Nesse sentido, apresentam-se, também, alguns desses trabalhos, os considerados mais relevantes para o contexto deste projeto de doutoramento.

4.1 Monitorização Embebida na Prestação de Cuidados de Saúde (Projeto EMON)

Trata-se de um Projeto promovido pela UM, submetida candidatura a apoio por parte da FCT, em que participo como investigador. Na sua configuração, salienta-se a aplicação de ICTs, combinada com os dispositivos e os serviços inteligentes, em que o indivíduo poderá, por exemplo, permanecer no seu ambiente, mesmo em situações em que é medicamente assistido. Por outro lado, uma condição prévia para o uso apreciável destas tecnologias passa pela sua integração em estruturas que dão suporte a sistemas de informação vigentes e, preferivelmente, a sua alavancagem através de Sistemas de Informação em Saúde que recorram ao uso de sensores (seHIS). Este projeto pretende desenvolver tal ambiente computacional, baseado no conceito de Ambientes de Vida Assistida, usando ICTs, para que vivam de uma forma independente no seu ambiente natural.

A prestação deste tipo de cuidados de saúde procura responder a uma miríade de pressões sobre os atuais sistemas, incluindo a incidência sobre estes do modo de vida de pacientes com doenças crónicas, o consumo sempre crescente deste tipo de cuidados, a necessidade de centralizar, quer nestes, quer nas suas famílias, a gestão dos seus próprios timings, sendo isto independente do tempo e do lugar. Vemos a prestação deste tipo de cuidados, segundo duas diferentes perspetivas. Em primeiro lugar, concentrar-nos-emos no desenvolvimento de sistemas computacionais (e.g. recorrendo à computação ubíqua e a formas de Inteligência Ambiente) que suportem a prestação de cuidados de saúde e de bem-estar. Em segundo lugar, procurar fazer com que os cuidados médicos estejam disponíveis a qualquer um, a qualquer momento e em qualquer lugar, independentemente da posição, do tempo ou de quaisquer outras restrições. A nossa aproximação ao problema aponta para que sejam recolhidos dados através de médicos, da indústria e das autoridades nacionais.

Pretende-se obter, por conseguinte:

- Um seHIS que deve suportar a prestação de cuidados de saúde de uma forma descentralizada, personalizada, estando centrado no paciente e tendo acesso às mais diversas fontes de informação;

- Em que a segurança dos dados é de importância primordial, dada a quantidade e a granularidade dos dados pessoais a ser usados em um seHIS;

Em que se utilize standards para a representação de dados, tais como a HL7 CDA (Arquitetura para a Documentação Clínica), por um lado, e, por outro, se faça o mesmo, quando se atende à conectividade e à configuração do dispositivo do sensor, tal como o ISO/IEEE 11073. O desenvolvimento de métodos adequados para a análise de dados será igualmente crucial.

Um desafio em particular será o da quantificação (em termos da qualidade de informação), integração e fusão de dados, quer contínuos quer discretos, seja ao nível técnico seja ao nível do diagnóstico.

No **ANEXO A**, apresenta-se, em detalhe, toda a documentação produzida para a submissão do Projeto EMON para avaliação.

4.2 Criação de Sistema de Apoio à Decisão (Projeto SAD)

O Projeto SAD destina-se a suportar a identificação, o desenvolvimento e a medição de Indicadores de Desempenho (KPI – Key Performance Indicators) para inclusão futura em meios de visualização de informação complexa (e.g., *Dashboards*, *Cockpits*, Gráficos, Relatórios), no contexto do projeto de implementação da componente de *Business Intelligence*/Suporte à Decisão.

4.2.1 Metodologia para Definição, Desenvolvimento, Utilização e Manutenção de KPIs

Envolvendo os *stakeholders* internos, será criado um processo de desenvolvimento e utilização de KPIs. Serão definidos os princípios, tendo em vista a identificação de KPIs e um conjunto de nove passos para o seu desenvolvimento e utilização.

4.2.2 Princípios Gerais

A existência de áreas-chave, na organização hospitalar e respetivas áreas funcionais, permitirá criar e definir KPIs para os diversos Serviços de prestação de cuidados de saúde, de suporte à prestação dos cuidados de saúde, de gestão e logística, ou os demais setores considerados isoladamente ou agrupados por diversas perspetivas: do cliente, dos processos, dos financeiros, ou de aprendizagem e crescimento.

Os KPIs são medidas que permitem monitorizar o desempenho, ao nível dos resultados alcançados em áreas-chave das atividades da organização/negócio, que são absolutamente críticas para o seu sucesso e expansão.

O desenvolvimento de KPIs deverá constituir a base da análise do desempenho corrente da organização, os seus requisitos futuros e as estratégias de melhoramento necessárias ao seu sucesso.

Alguns princípios devem ser levados em conta, relativamente aos KPIs:

- Os KPIs não devem ser considerados um fim em si mesmo, mas antes um meio de auxílio às atividades de gestão. Devem potenciar o debate informado, conducente à definição de um plano de melhoramento contínuo;
- A sua semântica está mais relacionada com o contexto da organização onde se inserem e devem ser utilizados mais no sentido de efetuar análises comparativas temporais (evolução relativamente à coordenada tempo) do que entre organizações;
- O conjunto dos KPIs deve ser balanceado. Por exemplo, as medidas de eficiência deverão ser contrabalançadas com as medidas de efetivação e medidas de qualidade e perceção dos utentes;
- Após a sua definição e aprovação, os KPIs devem ser revistos e atualizados. A revisão determina a utilidade para a gestão associada a cada indicador e a fiabilidade da fonte de dados para garantir a continuidade na sua utilização;
- A descrição do desempenho pretendido, que é definida em termos mensuráveis através dos KPIs, deve ser implementada no nível organizacional que possua autoridade e conhecimento suficientes para assegurar que serão tomadas as ações mais apropriadas.

As propostas iniciais de KPIs serão, naturalmente, imperfeitas. Todavia, é importante que a organização compreenda e aplique os KPIs mais apropriados por forma a acumular experiência na sua utilização e, a partir desta, possa derivar *expertise*.

4.2.3 Desenvolvimento e Utilização

Um conjunto de nove passos constitui o procedimento de desenvolvimento e utilização de KPIs, que é dividido em quatro fases: Início, Desenvolvimento, Implementação e Revisão.

FASE I – Início

Passo 1 – Criar a Equipa de Projeto

Criação de uma equipa interfuncional para implementar a medição dos KPI. Esta equipa deverá ser composta por intervenientes de alto nível, conhecedores dos objetivos e prioridades da

organização. A equipa também deverá estar familiarizada com a medida do desempenho. O número de elementos da equipa dependerá do tamanho da organização e poderá variar entre os 4 e os 6 elementos. Uma estrutura indicativa da equipa de projeto é fornecida na Tabela 1.

Passo 2 – Alinhar os KPIs com as áreas chave e as estratégias de melhoria

Deverá ser estabelecida uma forte correspondência entre as áreas chave, os objetivos da organização a serem atingidos e as estratégias de melhoria a serem seguidas, como os KPIs deverão ser desenvolvidos para suportar essas estratégias. O primeiro passo corresponde à definição das áreas chave e dos respetivos objetivos da organização, que são considerados críticos para a organização e que deverão estar alinhados com os KPIs que se pretende desenvolver. Os objetivos da organização poderão incluir:

- Melhorar a satisfação dos utentes;
- Melhorar a gestão de recursos;
- Melhorar a aprendizagem.

Os KPIs devem ser focados em ideias simples, que representem objetivos chave com muito relevo para a organização em termos do projeto e avaliados por forma a assegurar que a organização compreende a ligação entre estes e a estratégia de negócio.

Passo 3 – Explicar o objetivo da utilização e desenvolvimento dos KPIs

O propósito de medir o desempenho de uma organização é avaliar quão bem estão a ser implementadas as estratégias e planos de ação. Só se pode melhorar o desempenho de uma organização, se se for capaz de o medir primeiramente.

É, portanto, necessário desenvolver KPIs, que corresponderão a um conjunto de indicadores que permitirão, por sua vez, monitorizar o desempenho das áreas chave das atividades do “negócio”. Os KPIs são uma ferramenta importante para suportar o melhoramento, com vista a atingir os objetivos da organização e a prosperidade, de uma forma global. Estes permitem, também, criar um feedback essencial e um mecanismo de aprendizagem para suportar as decisões de gestão.

O objetivo inerente à utilização e desenvolvimento de KPIs deve ser disseminado no seio da organização, desde os colaboradores de mais baixo nível até aos de topo, por forma a fazê-los perceber qual o seu próprio papel, na perspetiva de se envolverem e de auxiliarem a atingir os objetivos da organização, assim como na medição dos indicadores e seu melhoramento.

Passo 4 – Definir um protocolo para o desenvolvimento e utilização dos KPIs

Após a criação da equipa que será responsável pelo desenvolvimento dos KPIs, definidos os objetivos chave, que deverão ser objeto de medição e, portanto, alinhados com os KPIs, e comunicados e disseminados os propósitos da implementação dos KPIs, deverá ser estabelecido um protocolo para o seu desenvolvimento e utilização.

Este processo deverá incluir:

- Definição dos deveres dos membros da equipa;
- Para cada um dos KPI selecionado pela equipa de projeto, um conjunto de procedimentos relativos à Entrada (Input), ao Cálculo, à Saída (Output) e Progresso (Report), deverão ser reportados, durante a fase de implementação, da seguinte forma:
 - Entrada – envolve todos os procedimentos para aquisição dos dados e dos parâmetros utilizados para avaliar os KPIs;
 - Cálculo – envolve todos os mecanismos e cálculos requeridos para determinar o valor de cada KPI, a partir dos dados de entrada;
 - Saída – envolve todos os processos e apresentação de resultados (e.g., gráficos, relatórios, manómetros);
 - Progresso – envolve todos os requisitos para monitorizar a evolução do KPI.

Passo 5 – Identificar os Fatores Críticos de Sucesso da Organização

Os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) são as competências ou capacidades centrais que devem ser efetivadas para que a organização atinja a sua visão. O conjunto de FCS pode incluir, por exemplo, a informação descrita na Tabela 4-A.

Tabela 4-A: Fatores Críticos de Sucesso

Objetivo de “Negócio”	FCS
Melhorar a satisfação dos utentes	Diminuir o número de reclamações

Passo 6 – Definição das medidas e seleção dos KPIs por parte das equipas

A seguir à definição dos Objetivos de “Negócio” e FCS, um conjunto de medidas deve ser definido. Estas medidas deverão especificar o resultado prático que cada organização e projeto deverão atingir, de acordo com os Objetivos de “Negócio” definidos. Serão igualmente úteis na monitorização e avaliação do processo conducente à concretização desses objetivos.

Um conjunto possível de medidas pode incluir, por exemplo, a informação descrita na Tabela 4-B.

Tabela 4-B: Medidas de FCS

FCS	Medidas
Diminuir o número de reclamações	Número decrescente de reclamações oriundas dos utentes

Os KPIs devem possuir um conjunto de características que os tornem efetivos. Nomeadamente, deverão ser:

- Restringidos a um pequeno número de objetivos estrategicamente importantes;
- Baseados em objetivos estratégicos, tornando os mais gerais em mais específicos;

- Consistentes, numa perspetiva balanceada, relacionados com o desempenho financeiro, a satisfação, a eficiência e melhoramento;
- Simples e fáceis de perceber por todos aqueles que irão ser avaliados;
- Associados a dados fáceis de adquirir e de calcular;
- Dinâmicos (revistos pelo menos numa base anual como parte do plano de negócio, como forma de garantir que estes refletem as prioridades do “negócio”);
- Acordados, não impostos pela gestão;
- Comunicados.

Os KPIs não deverão:

- Conflituar com outras medidas sem estabelecer prioridades;
- Produzir informação enganosa;
- Ser ou ser visto como sendo trivial;

Todas estas características devem ser tomadas em consideração, no processo de desenvolvimento dos KPIs. Os KPIs sugeridos, relacionados com as respetivas medidas, FCS e objetivos de “negócio” são as descritas no exemplo da Tabela 4-C.

Tabela 4-C: Objetivos de negócio em KPI's

Medida	KPI
Número decrescente de reclamações oriundas dos utentes	% Reclamações / mês

Passo 7 – Desenvolver os meios de visualização

Os KPIs devem ser visualizados e reportados frequentemente. A tendência dos seus valores deve ser evidenciada. Os gráficos com registos históricos (anteriores) são considerados uma boa prática.

As medições obtidas devem ser objeto de análise e formar a base para o relatório final.

Passo 8 – Facilitar a utilização de KPIs para promover a melhoria de desempenho

Treino e formação permitem facilitar a utilização dos KPIs dentro da organização. Os colaboradores deverão estar motivados e empenhados, dando-lhes uma autoridade controlada e responsabilidade, na melhoria relativamente aos processos de que são responsáveis. Os gestores devem ser encorajados a delegar responsabilidades e os colaboradores a identificar as suas próprias medidas e a procurar soluções.

Passo 9 – Redefinir e refinar os KPIs por forma a manter a sua relevância

Os KPIs devem ser revistos sempre que os FCS forem revistos. Deverão igualmente ser testados em termos da sua relevância e adaptados às alterações eventuais do ambiente, dos processos e condições. Os executivos devem ser envolvidos ativamente na revisão das medidas e liderar os esforços de implementação. A comunicação contínua, tendo em vista o estado e os resultados do sistema de avaliação, é importante para a melhoria contínua do sistema.

4.3 2009 Joint Comission Executive Briefings – Genoa, Italy

A participação na JCI Executive Briefings realizada em Génova, Itália, em 2009, permitiu uma muito interessante troca de experiências e de saberes, com vista à divulgação dos princípios gerais que nortearam o desenvolvimento deste projeto de doutoramento.

No **ANEXO B**, apresentam-se documentos produzidos no contexto da participação neste evento internacional de especialidade.

4.4 “SINAIH” – Hospital IS, as a strategy to sustain quality improvements

Este trabalho está relacionado com a avaliação e o julgamento necessários à medição da qualidade na prática de atos clínicos.

“SINAIH” – Hospital IS, as a strategies to sustain quality improvements

Marques, J. Alberto, MD

Abstract. The quality of care practice is difficult to judge.

Indeed, support and care provision is very personal, i.e., assessments are individual and lead to specific care packages, involving social services, health workers, care agencies. On the other hand, we are often reluctant to discuss it with others. We expect privacy in our own affairs and confidentially from those to whom we disclose them.

Therefore, we are in an urgent need for new, technological and formal approaches to problem solving, as the increase of population with special care requirements (e.g., the elderly) has become a reality in recent years and it is known to continue, even speeding up, in the years ahead.

Following this line of thought, it is one's goal **to present the VirtualECare framework, an intelligent multi-agent system able to monitor, interact and serve its customers, which are in need of care services**, based in open standards, expecting not only to fulfil the objectives referred to above, but also to overcome the problems induced by the use of new technologies and formalisms, **in way to assure the effectiveness and heath care quality.**

1 Introduction

Many healthcare systems around the world are imploding. Indeed, healthcare costs are rising rapidly, but the quality-of-service is often poor or simply non-existent, as it is the lack of admission and choice of services.

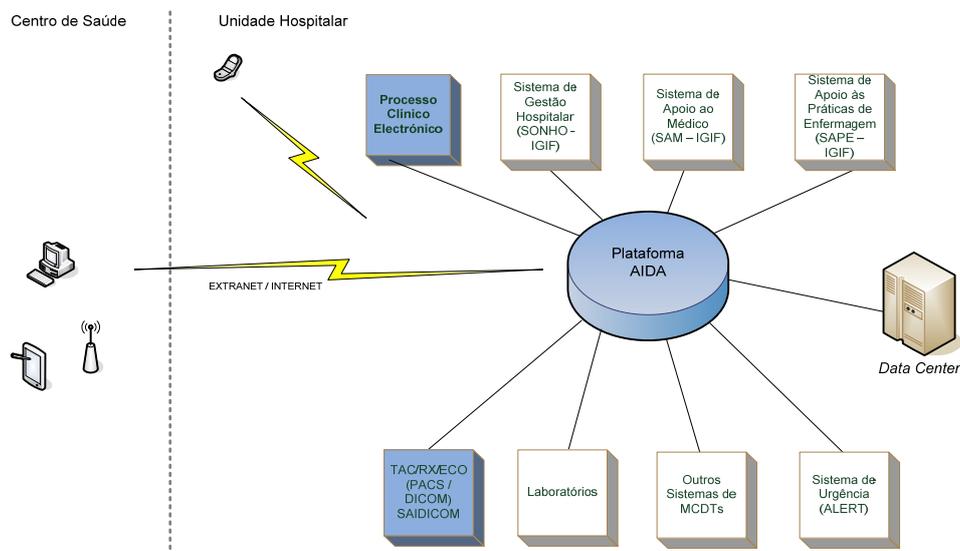
Definitely, some changes must be done, and **the use of new technologies and practices is inevitable**, i.e., **patients, especially the ones with chronic diseases, have to be empowered, through the use of Information Technology (IT) enabled diseases management systems, allowing them to take control of the situation and even lowering the healthcare costs.**

Under this scenario, their treatment will take place at home, or in other level of heath services, through The use of technologies and appliances that will allow **real time monitoring and evaluation of critical data, triggering alarms and making recommendations**, in case of necessity. **Family and relatives will also be empowered**, as they could have access, in real time, to the collected information .



1.1 Ambient Intelligence

Ambient Intelligence (AmI) is a relatively new paradigm in Information Technology (IT), in which **people are empowered through a digital environment** that is not only aware of their presence, but sensitive, adaptive, and **responsive to their needs, habits, gestures and passions** [6]. *AmI* is built on advanced networking technologies, shaped by a broad range of bits and pieces (e.g., mobile devices). **Adding adaptive user-system interaction methods, based on new insights in the way people interact with computing devices** (e.g., social user interfaces), digital environments may be twisted in order to improve quality-of-living of people by acting on their behalf.



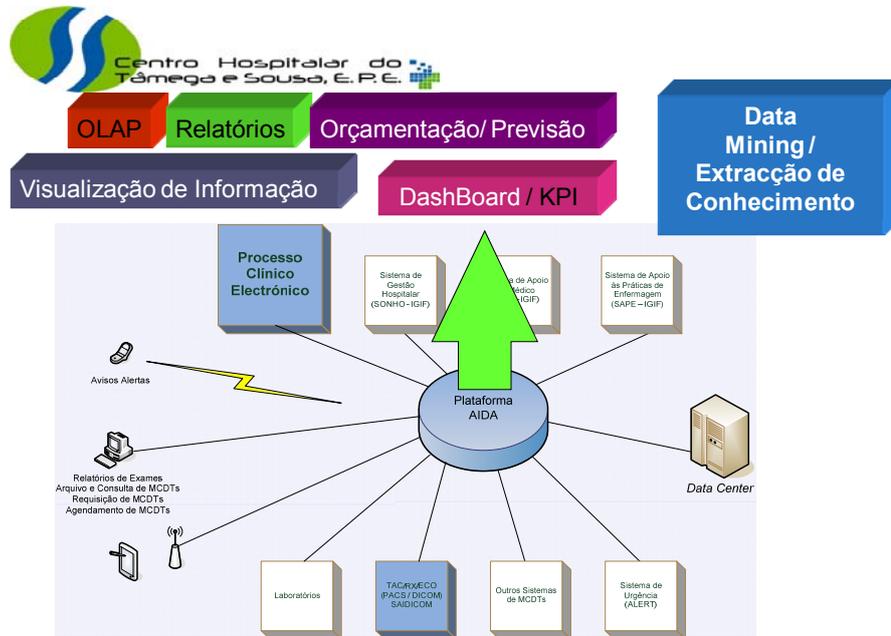
1.2 Inter-organization Cooperation

In **Inter-Organization Cooperation** there are factors that tend to be surrounded in the local milieu, can be seen as the social embedded processes that allow organizations to obtain outside complementary knowledge and be innovative in the course of interaction among different actors, i.e., **the local or regional milieu needs to include not only the substances related to the service structure or economics terms, but also social, cultural and institutional ones** Thus, in the interaction of the different actors, the cooperation elements can be found in a kind of common language, social relationship, norms, values and institutions, which in our work will be set in terms of an extension to the logic programming language, being their knowledge bases built as logical theories that found their foundations on this extension In the last years we have assisted to a growing interest in combining the advances in IT, i.e., computing, telecommunications and presentation, in **order to create Group Decision Support Systems (GDSS)**. Indeed, the new economy, along with increased competition in today's complex business environments, takes the companies to seek complementarities in order to increase their competitiveness and reduce risks. Under this setting, planning assumes a major role in a company life. However, effective planning depends on the generation and analysis of ideas (innovative or not) and, for this reason, an idea generation and management process may make the difference.

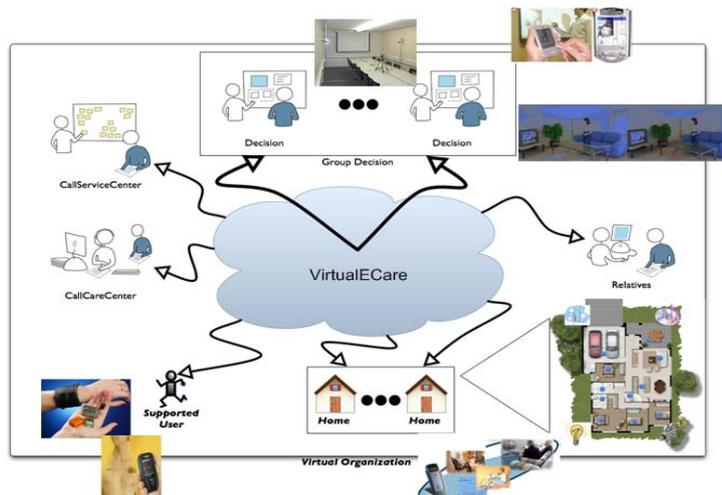


2 Business Integration for Healthcare

Our Hospital Information System (SINAIH) is based in an **intelligent multi-agent system** that must be able not only to monitor and to interact with its costumers (being those elderly people and/or their relatives), but also to be interconnected to other computing systems running in different healthcare institutions, leisure centres, training facilities and/or shops.



Extracção de Conhecimento (EC)



4.5 Interoperação de Sistemas – Projeto TraceMe

Este documento destina-se a estabelecer os requisitos funcionais de interoperabilidade entre o sistema TRACEME e a plataforma AIDA. A linguagem adotada corresponde à norma HL7 V2.3.1 ou V2.4.



Universidade do Minho

Interoperação de Sistemas

TRACEME

(Documento de Trabalho)

12 de Junho de 2009

Controlo de Versões

Autoria e Revisão	Data	Versão
MFS, JMAC, ASA, JMN	15 de Junho de 2009	1.00

Conteúdo

1. Objectivo	4
2. Requisitos de Interoperabilidade	4
2.1 Doentes	4
2.1.1 Admissão	4
2.1.2 Transferências	5
2.1.3 Alta	5
2.1.4 Movimentação	5
2.2 Bébés	6
2.2.1 Partos	6
2.2.2 Alta	6
2.2.3 Como Acompanhante	6
2.2.4 Internamento	7
2.2.5 Movimentação	7
2.3 Acompanhantes e Visitantes	7
2.3.1 Entrada	7
2.3.2 Saída	8
2.3.3 Movimentação	8
2.4 Funcionários	9
2.4.1 Associação de tag	9
2.4.2 Dissociação de tag	9
2.4.3 Movimentação	9
2.4.4 Saída	9
2.5 Equipamentos	10
2.5.1 Associação de tag	10
2.5.2 Dissociação de tag	10
2.4.3 Movimentação	10
2.4.4 Transferência	10
3. Sincronização de Dados	11
4. Especificação das Mensagens em HL7	11

1. Objectivo

Este documento destina-se a estabelecer os requisitos funcionais de interoperabilidade entre o sistema TRACEME e a plataforma AIDA. A linguagem adoptada corresponde à norma HL7 V2.3.1 ou V2.4.

2. Requisitos de Interoperabilidade

Os requisitos de interoperabilidade situam-se ao nível da sincronização de alguns dados contidos em tabelas das bases de dados (para garantir coerência semântica) e ao nível das seguintes unidades:

- **Doentes e bebés;**
- **Acompanhantes e visitantes;**
- **Funcionários (e.g. Médicos, Enfermeiros, Técnicos, Administrativos); e**
- **Equipamentos.**

2.1 Doentes

Deverão ser considerados os seguintes procedimentos associados à localização dos doentes:

2.1.1 Admissão

A admissão dos doentes será registada no sistema SONHO. Para cada admissão serão enviadas duas mensagens HL7 para o sistema TRACEME (M.adm.1 e M.adm.2). O Administrativo prepara as admissões, etiquetas e *tags* em conjunto (as *tags* não estarão activas até serem colocadas no doente).

A associação e activação será realizada na altura em que é colocada a *tag* ou pulseira através da lista de doentes admitidos e ainda não associados (ao nível do sistema TRACEME). Após a associação será enviada uma mensagem para a AIDA com os dados da associação (M.adm.3). O doente vai movimentar-se antes do registo de informação sobre a sua deslocação. A informação será veiculada para a AIDA e o cruzamento de dados será realizado em tempo diferido.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.adm.1	Dados da admissão	AIDA	TRACEME	Para cada admissão registada no SONHO
M.adm.2	Dados do doente actualizados	AIDA	TRACEME	Para cada admissão registada no SONHO
M.adm.3	Dados sobre associação de um <i>tag</i> ou pulseira a um doente	TRACEME	AIDA	Para cada mensagem M.adm.1 enviada

Para se simplificar, as mensagens M.adm.1 e M.adm.2 podem ser substituídas pela primeira.

A admissão no serviço de Urgência segue os trâmites normais definidos anteriormente. Se entretanto houver lugar a uma transferência para o internamento, a tag será mantida.

2.1.2 Transferências

Sempre que um doente seja transferido entre serviços o registo é realizado em tempo diferido. Devido aos problemas que este procedimento pode vir a causar, ficou decidido que não serão tratadas as transferências.

2.1.3 Alta

Sempre que um doente sai da Unidade Hospitalar deverá ser registado no sistema TRACEME a dissociação da *tag* ou pulseira do doente. Será então enviada uma mensagem para a plataforma AIDA. Ao nível da AIDA será tentada a unificação da Alta com o doente da seguinte forma:

1. Sempre que for recebida uma mensagem de dissociação, verifica-se se tem Alta registada, se sim enviar mensagem para o sistema TRACEME; e
2. Sempre que for dada uma Alta, verificar se existe uma dissociação não unificada, se sim, enviar mensagem para o sistema TRACEME.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.alta.1	Dados sobre dissociação de <i>tag</i> ou pulseira	TRACEME	AIDA	Para cada doente que sai da unidade hospitalar
M.alta.2	Dados sobre a alta	AIDA	TRACEME	Para cada alta registada

2.1.4 Movimentação

Sempre que um doente se movimenta de uma zona para outra das premissas em que se encontra, será enviada uma mensagem para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.mov.1	Dados sobre movimentação entre zonas	TRACEME	AIDA	Sempre que um doente muda de zona

2.2 Bébés

Os bebés serão alvo de um tratamento específico, considerando-se os processos:

2.2.1 Partos

As mães terão uma tag ou pulseira associada contemplando um ID, o NOME e EPISÓDIO + MÓDULO. Quando ocorre um parto, as tags ou pulseiras disponíveis (previamente preparadas) serão colocadas no(s) bebé(s) e activados por forma a garantir segurança de zona. Nesta fase não ficarão associadas à tag ou pulseira da mãe.

Ao fazer-se o registo do boletim de nascimento ao nível do sistema SONHO, o identificador da tag do(s) bebé(s) será(ão) registados num dos campos do processo do doente (a definir – até 12 caracteres). A associação da tag ao bebé no sistema TRACEME será realizada à posteriori. A partir deste ponto serão enviadas as seguintes mensagens:

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.part.1	Dados da admissão	AIDA	TRACEME	Para cada registo de boletim de nascimento no SONHO
M.part.2	Dados do bebé actualizados	AIDA	TRACEME	Para cada registo de boletim de nascimento no SONHO
M.part.3	Dados sobre associação de um <i>tag</i> ou pulseira a um bebé	TRACEME	AIDA	Para cada mensagem M.part.1 enviada

Para simplificar, as mensagens M.part.1 e M.part.2 podem ser substituídas pela primeira.

2.2.2 Alta

O processo de alta dos bebés será tratado da mesma forma que para os restantes doentes, incluindo a mãe (ver ponto 2.1.3).

2.2.3 Como Acompanhante

Por vezes os bebés acompanham as mães quando estas são internadas (e.g. devido a acidentes). Esta situação deverá ser analisada futuramente (e.g. através da agregação de unidades).

2.2.4 Internamento

Por vezes os bebés são internados no serviço de neonatologia a partir do serviço de urgência. Nesta situação o bebé será tratado como um doente e a mãe como acompanhante. Na admissão ao serviço de urgência o bebé recebe uma *tag*. Ao ser internado receberá uma pulseira que estará associada a um episódio e módulo diferentes dos da *tag*. É realizada a operação de dissociação relativamente à *tag*. Estas operações ocorrerão em tempos diferidos e serão trocadas mensagens entre os sistemas TRACEME e a plataforma AIDA, da seguinte forma:

Amissão à urgência

M.adm.1

M.adm.2

M.adm.3

Transferência para internamento

M.alta.1

M.alta.2

M.adm.1

M.adm.2

M.adm.3

2.2.5 Movimentação

Cada vez que um bebé muda de zona será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.mov.2	Zona de origem e zona de destino e <i>timestamp</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que um bebé muda de zona

2.3 Acompanhantes e Visitantes

Os acompanhantes e visitantes são tratados da mesma forma que a interoperação.

2.3.1 Entrada

À entrada será fornecida uma *tag* que ficará associada à pessoa identificada no sistema TRACEME. Neste momento é enviada uma mensagem à plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.ent.1	Dados da associação contendo a identificação da pessoa (e.g., SNS visita, ID doente, episódio e módulo) e se se trata de acompanhante ou visitante	TRACEME	AIDA	Sempre que é associada uma <i>tag</i> a um acompanhante ou visitante

2.3.2 Saída

À saída será enviada uma mensagem à plataforma AIDA indicando a dissociação da *tag* relativamente ao acompanhante ou visitante.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.sai.1	Identificação da <i>tag</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que é dissociada uma <i>tag</i> de um acompanhante ou visitante

Relativamente aos visitantes, uma vez que estes deixam a unidade hospitalar, se não se verificar a dissociação até às 24 horas do mesmo dia, presume-se que tenha havido extravio da *tag*. Assim serão enviadas mensagens da plataforma AIDA para o sistema TRACEME relativamente a estas situações, para que as *tags* sejam dissociadas e eliminadas.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.sai.2	Identificação da <i>tag</i>	AIDA	TRACEME	Todos os dias às 24 horas para todos os visitantes sem mensagem M.sai.1

2.3.3 Movimentação

Cada vez que um acompanhante ou visitante muda de zona será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA. Esta situação deverá ser rara devido à forma como as zonas vão ser configuradas (os acompanhantes e visitantes estarão confinados a uma zona).

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.mov.3	Zona de origem e zona de destino e <i>timestamp</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que um acompanhante ou visitante muda de zona

2.4 Funcionários

Os funcionários da unidade hospitalar terão uma *tag* associada, sendo trocadas mensagens relativamente às seguintes operações.

2.4.1 Associação de tag

Cada vez que uma *tag* é associada a um funcionário (novo funcionário ou extravio) será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.func.1	Dados da associação contendo a identificação do funcionário e da <i>tag</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que é associada uma <i>tag</i> a um funcionário

2.4.2 Dissociação de tag

Cada vez que uma *tag* é dissociada de um funcionário (rescisão de contrato do funcionário ou extravio) será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.func.2	Dados da dissociação contendo a identificação do funcionário e da <i>tag</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que é dissociada uma <i>tag</i> de um funcionário

2.4.3 Movimentação

Cada vez que um funcionário muda de zona será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.mov.4	Zona de origem e zona de destino e <i>timestamp</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que um funcionário muda de zona

2.4.4 Saída

Cada vez que um funcionário sai da unidade hospitalar será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.func.4	Dados da <i>tag</i> e <i>timestamp</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que um funcionário sai da unidade hospitalar

2.5 Equipamentos

Os equipamentos móveis da unidade hospitalar terão uma *tag* associada, sendo trocadas mensagens relativamente às seguintes operações.

2.5.1 Associação de tag

Cada vez que uma tag é associada a um equipamento (novo equipamento ou extravio) será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.equip.1	Dados da associação contendo a identificação do equipamento e da <i>tag</i> e zona	TRACEME	AIDA	Sempre que é associada uma <i>tag</i> a um funcionário

2.5.2 Dissociação de tag

Cada vez que uma tag é dissociada de um equipamento (e.g. abate), será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.equip.2	Dados da dissociação contendo a identificação do equipamento e da <i>tag</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que é dissociada uma <i>tag</i> de um equipamneto

2.4.3 Movimentação

Cada vez que um equipamento muda de zona será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.equip.3	Zona de origem e zona de destino e <i>timestamp</i>	TRACEME	AIDA	Sempre que um equipamento muda de zona

2.4.4 Transferência

Cada vez que um equipamento é transferido de uma zona, será enviada uma mensagem do sistema TRACEME para a plataforma AIDA.

Mensagem	Conteúdo	Origem	Destino	Regras
M.equip.4	Tag, e nova zona	TRACEME	AIDA	Sempre que um equipamento é transferido de uma zona para outra

3. Sincronização de Dados

Terão que ser mantidas as seguintes tabelas sincronizadas entre os sistemas através da plataforma AIDA. Para cada tabela são indicadas as mensagens a utilizar na sua sincronização.

	RHV	CPC 4ALL	SW Visitas não Assistenciais	Traceme
Traceme	Funcionários M.ini.1 M.novo.1 M.rem.1	Imobilizado M.ini.2 M.novo.2 M.rem.2	Visitas M.ini.3 M.novo.3 M.rem.3	
AIDA				Unidades Zonas e Permissões M.ini.4 M.novo.4 M.rem.4

Para cada uma destas tabelas serão enviadas mensagens, relativamente aos eventos:

- Registos existentes inicialmente – *ini*
- Criação de um registo – *novo*
- Remoção de um registo – *rem*
- Alteração de um registo – mensagem *rem* seguida da mensagem *nova*

4. Especificação das Mensagens em HL7

Segue-se uma especificação das mensagens em HL7.

Mensagem	Segmentos	Sintaxe
M.adm.1 e M.part.1	MSH EVN PID PV1	MSH ^~\& AIDA HPAVS XXXX YYYY <DATAHORA> <NOMEMSG> <MSGID> P 2.3.1 AL EVN <SHORT-NOME-MSG> PID <NUMSEQUENCIAL> <NOME> <DATANASC> <SEXO> <PROCE SSO> PV1 <MODULO> <EPISODIO> <NUMSEQUENCIAL> Número sequencial do paciente no SONHO <NOME> Nome do paciente no SONHO (e.g. COSTA^SOFIA AUGUSTA SOARES) <SEXO> Sexo (F- Female M- Male H-Hybrid N-None) <PROCESSO> Número do Processo no SONHO quando Existe <DATANASC> - Data de Nascimento Formato AAAAMMDD <MODULO> Módulo no SONHO (URG/INT/HDI/BLO/CON) <EPISODIO> Episódio no SONHO (e.g. 6365795^^^SONHO)

5 Conclusões

Obviamente que este trabalho de doutoramento como, no meu entender, qualquer outro projeto deste género, não termina neste momento.

Considero que os objetivos traçados no início deste desafio foram, na sua grande maioria, alcançados e, até em alguns casos, com sucesso tal que extravasaram as próprias ambições iniciais (e pessoais).

Sendo o Sistema de Informação fundamental para o sucesso na boa gestão de qualquer estrutura ou empresa, no caso da Saúde, atrevo-me a concluir que, *ad inicio*, as infraestruturas proporcionadas pelas Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) devem refletir a visão do sistema de saúde como um sistema contínuo, sujeito a valores éticos, orientados segundo uma visão para melhorar a saúde e a qualidade de vida das pessoas, particularmente dos doentes, e onde a informação flui ao longo da organização e através dos seus profissionais de forma transparente e com demonstrada qualidade. Como referido nos trabalhos apresentados, são endereçados princípios fundamentais que devem estar na base das tecnologias centradas no paciente no que se refere à gestão e prevenção da doença, considerados os papéis dos diversos *stakeholders* da saúde.

A experiência que realizámos, com um sistema multiagente inteligente capaz de monitorizar, interagir e servir os seus clientes em necessidade de prestação de cuidados de saúde, permite-nos atribuir-lhe crucial importância para as organizações que são responsáveis pela prestação de cuidados de saúde. A plataforma multiagente que conhecemos, a AIDA, constitui o “eixo” onde se desenvolvem os processos que nos ajudam a encontrar respostas para questões mais complexas, como o custo efetivo dos cuidados prestados, o provisionamento de cuidados baseados na evidência a todos os níveis no sistema de saúde, e a utilização e reutilização efetiva da informação disponível em todo o ambiente de saúde, com a particularidade de, se for

equacionado, permitir que o paciente possa ser parte ativa nesse processo. Relevam-no, por exemplo, o atendimento automático da consulta externa hospitalar do Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa (CHTS), em que o doente entra no hospital com o seu agendamento, efetua todos os procedimentos de admissão, pode aceder ao seu histórico de atendimentos ou outros dados, mesmo clínicos, faz os pagamentos nesses mesmos balcões automáticos, num procedimento totalmente integrado com o Sistema de Informação do Hospital (SIH), vulgo Quiosque virtual, dirige-se à sala de espera, e, tranquilamente, aguarda que o seu médico o chame para a respetiva consulta, e, no final, dirige-se ao seu domicílio sem a necessidade de contacto com qualquer outro funcionário do hospital!

De igual modo, neste ambiente de integração e interatividade, a gestão clínica contará com a possibilidade de acesso a todos os parâmetros relacionados com as atividades de saúde já produzidas, como sejam a monitorização de sinais vitais e parâmetros analíticos ou de exames, ou o pedido e agendamento eletrónico de MCTDs e consultas, ou na colaboração entre profissionais, podendo estabelecer uma plataforma colaborativa e de apoio à decisão em grupo, etc.

Em qualquer especialidade médica ou meio de diagnóstico, mesmo que em fornecedores externos protocolados, será possível desenvolver-se um sistema tutorial para a área médica ou outras que permitirá a integração de fontes de informação heterogéneas numa base de conhecimento coerente, tanto do ponto de vista do tutor, como da perspetiva das unidades temáticas suportadas. Deste modo, os conteúdos do sistema são criados de forma dinâmica pelos médicos e restantes profissionais em saúde, no seu labor do dia-a-dia. Simultaneamente, com o normal funcionamento das unidades de saúde, poder-se-á construir, em tempo real, uma base de conhecimento de casos e de dados, como, por exemplo, se perspetivou no Projeto SAD, destinado a suportar a identificação, o desenvolvimento e a medição de Indicadores de Desempenho (KPI – *Key Performance Indicators*) para inclusão futura em meios de visualização de informação complexa (e.g., *Dashboards*, *Cockpits*, Gráficos, Relatórios), no contexto do projeto de implementação da componente de *Business Intelligence*/Suporte à Decisão. O desenvolvimento de um conjunto ajustado de KPIs deverá constituir a base da análise do desempenho corrente da organização, os seus requisitos futuros e as estratégias de melhoramento necessárias ao seu sucesso. Na sua caracterização, deverá considerar-se não só

o nível de extração de indicadores de gestão e de desempenho, mas o seu ajustamento a diversos níveis de necessidades de informação sobre morbilidade, como de alertas clínicos e de premonição de situações de risco potencial, ou de possível desvio da evolução prevista para doentes específicos. Do mesmo modo, se poderão incorporar fins de investigação e ensino.

Outra matéria que procuramos abordar e desenvolver no hospital, e em que se conseguiram avanços, foi a introdução de sistemas baseados em Inteligência Ambiente, por forma a criar ambientes inteligentes, para monitorização tanto dos utentes como dos ambientes propriamente ditos. Partindo de uma arquitetura para um sistema multiagente baseado em perfis de utilizadores para a monitorização de pacientes, com o objetivo de promover e melhorar a assistência e os cuidados prestados, bem como de monitorização de processos e de controlo de gestão, criámos o projeto TraceMe, em que se utilizaram as potencialidades de implementação de sistemas de monitorização baseados em tecnologia de rádio frequência RFID quando integrados com outros processos operacionais da área clínica, da logística e da segurança e proteção dos utentes. O mapeamento do todo o Hospital com antenas estrategicamente localizadas e a utilização de “tags” para identificação de doentes, de profissionais do hospital e frequentadores externos, bem como de equipamentos médicos móveis e outros de interesse específico, alargaram a capacidade de integração da informação simultaneamente obtida pelo registos operacionais nos diversos setores de atividade, permitem obter informação complementar por via do TraceMe, como saber-se quanto tempo esteve um doente no SU, ou na espera de um MCDT, se esteve acompanhado por pessoal do hospital, durante quanto tempo, por quem, etc. A complementaridade da informação assim obtida, e a sua aplicabilidade em diversos ambientes dinâmicos, poderá enriquecer o processo de tomada de decisão.

Nesta perspetiva, em que se alarga a capacidade de integração e de interoperatividade, poder-se-á recorrer à monitorização embebida na prestação de cuidados de saúde. Esta orientação levou ao desenho do Projecto EMON apresentado no presente trabalho. Partindo da experiência obtida, como referido, salienta-se a aplicação de ICTs, combinada com os dispositivos e os serviços inteligentes, em que o indivíduo poderá, por exemplo, permanecer no seu ambiente, mesmo em situações em que é medicamente assistido. Por outro lado, uma condição prévia para o uso apreciável destas tecnologias passa pela sua integração em estruturas que dão suporte a sistemas de informação vigentes e, preferivelmente, a sua alavancagem através de

Sistemas de Informação em Saúde que recorram ao uso de sensores (seHIS). Este projeto pretende desenvolver tal ambiente computacional, baseado no conceito de Ambientes de Vida Assistida, usando ICTs, para que vivam de uma forma independente no seu ambiente.

De modo geral, considerada a experiência obtida com os trabalhos e os projetos encetados no âmbito do meu desempenho de várias décadas na organização e gestão e na clínica médica, que aqui procurei desenvolver, levam-me a considerar, em jeito de remate final, que as evoluções permitas pelo desenvolvimento deste projeto de doutoramento em engenharia Biomédica, no ramo informática médica, tanto a nível pessoal como profissional, constitui uma mais-valia de veras importante e que os objetivos traçados inicialmente se podem considerar largamente alcançados.

6 Referências

- Abelha, A., Machado, J., & Neves, J. (2003). *Agency for Archive, Integration and Diffusion of Medical Information*. Proceeding of AIA'2003, IASTED International Conference on Artificial Intelligence, Benalmadena, Spain, 2003.
- Acampora, G., & Loia, V. (2008). *A proposal of ubiquitous fuzzy computing for ambient intelligence*. Inf. Sci., 178:631–646.
- Aztiria, A., Augusto, J. C., & Izaguirre, A. (2008). *Spatial and temporal aspects for pattern representation and discovery in intelligent environments*. In In Workshop on Spatial and Temporal Reasoning at 18th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI 2008.
- Aztiria, A., Augusto, J. C., Bagoiti, R., Izaguirre, A., & Cook, D. (2012). *Discovering frequent user-environment interactions in intelligent environments*. Personal and Ubiquitous Computing, 16(1):91–103.
- Aztiria, A., Izaguirre, A., & Augusto, J. (2010). *Learning patterns in ambient intelligence environments: a survey*. Artif. Intell. Rev., 34:35–51, June, 2010.
- Cao, L., Luo, C., & Zhang, C. (2007). *Agent-Mining Interaction: An Emerging Area*. Autonomous Intelligent Systems: Multi-Agents and Data Mining. pp. 60-73.
- Carneiro, D., Novais, P., Costa, R., Gomes, P., & Neves, J. (2009). *Emon: Embodied monitorization*. in Aml '09: Proceedings of the European Conference on Ambient Intelligence, (Berlin, Heidelberg), pp. 133–142, Springer-Verlag, 2009.
- Cook, D., Augusto, J., & Jakkula, V. (2009). *Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities*. Pervasive and Mobile Computing, vol. 5, 2009.

- Costa, R., Carneiro, D., Novais, P., Lima, L., Marques, J., & Neves, J. (2008). *Ambient Assisted Living*. in Advances in Soft Computing, Vol. 51, Springer-Verlag, ISBN 978-3-540-85866-9, pp. 86-94, 3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008 (UCAMI 2008), Salamanca, Spain, 22-24 October 2008.
- Dan, Z. (2008). *Data Mining Applications in the Banking Industry in China (1998-2007)*. International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering.
- Duarte, J., Portela, C., Abelha, A., Machado, J., & Santos, M. (2011). *Electronic Health Record in Dermatology Service*. ENTERprise Information Systems, Communications in Computer and Information Science, Volume 221, p. 156-164.
- Evelson, B. (2010). *The Forrester Wave™: Enterprise Business Intelligence Platforms, Q4 2010*. s.l. : Forrester, 2010.
- Hagras, H., Doctor, F., Callaghan, V., & Lopez, A. (2007). *An incremental adaptive life long learning approach for type-2 fuzzy embedded agents in ambient intelligent environments*. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 15(1):41–55.
- Jentzsch, A., Zhao, J., Hassanzadeh, O., Cheung, K., Samwald, M., & Andersson, B. (2009). *Linking Open Drug Data*. iTriplification Challenge.
- Khan, D. (2008). *CAKE - Classifying, Associating and Knowledge Discovery - An Approach for Distributed Data Mining (DDM) Using PArallel Data Mining Agents (PADMAs)*. IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology.
- Kobielus, J. (2010). *The Forrester Wave™: Predictive Analytics And Data Mining Solutions, Q1 2010*. s.l. : Forrester, 2010.
- Lanzola, G., Gatti, L., Falasconi, S., & Stefanelli, M. (1999). *A framework for building cooperative software agents in medical applications*. Artificial Intelligence in Medicine, vol. 16, no. 3, pp. 223–249, 1999.

- Marques, J., Correia, A., Cerqueira, L., Machado, J., & Neves, J. (2010). *Archetype-Based Semantic Interoperability in Healthcare*. in ICAART 2010 - Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence, ISBN 978-989-674-021-4, Volume 2 - Agents, Valencia, Spain, January 22-24, 2010.
- Marreiros, G., Ramos, C., & Neves, J. (2006). *Multi-Agent Approach to Group Decision Making through Persuasive Argumentation*. 6th International conference on argumentation - ISSA 2006.
- Mierswa, I., & al, e. (2006). *Rapid prototyping for complex data mining tasks*. In Proceedings of the 12th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining.
- Moreno, A., & Nealon, J. (2004). *Applications of Software Agent Technology in the Health Care Domain*. Birkhauser (Architectural), 2004.
- Peixoto, H., Machado, J., Neves, J., & Abelha, A. (2010). *Semantic Interoperability and Health Records*. E-Health. In Hiroshi Takeda (Ed.), Volume 335, p. 236-237, Springer Boston.
- Rita, S., & al., e. (2011). *Magic Quadrant for Business Intelligence Platforms*. s.l. : Gartner, 2011.
- Santos, M., & Azevedo, C. (2005). *Data Mining: Descoberta de Conhecimento em BDs*. FCA Editora de Informática, 2005.
- Silva, F., Cuevas, D., Analide, C., Neves, J., & Marques, J. (2012). *Sensorization and Intelligent Systems in Energetic Sustainable Environments*. in Proceedings of IDC'2012 - International Symposium on Intelligent Distributed Computing, Studies in Computational Intelligence, Kacprzyk J. (eds), Springer, Catania, Italy, 2012.
- Sneha, S., & Varshney, U. (2009). *Enabling ubiquitous patient monitoring: Model, decision protocols, opportunities and challenges*. Decision Support Systems, vol. 46, no. 3, pp. 606 – 619, 2009.

- Venkatadri, M., & Reddy, L. (2011). *A Review on Data mining from Past to Future*. International Journal of Computer Applications, pp. 19-22.
- Wang, K. I.-K., Abdulla, W., & Salcic, Z. (2009). *Ambient intelligence platform using multi-agent system and mobile ubiquitous hardware*. Pervasive and Mobile Computing, Elsevier, Pervasive and Mobile Computing 5(5):558-573.
- Witten, I. H., & Frank, E. (2005). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. San Francisco : Elsevier, 2005.
- Xiang, L. (2008). *An Agent-Based Architecture for Supply Chain Finance Cooperative Context-Aware Distributed Data Mining Systems*. Proceedings of the 2008 Third International Conference on Internet and Web Applications and Services.
- XinLi, H., & Chosler, R. (2007). *Application of Multilayered Multi-Agent Data Mining Architecture to Bank Domain*. International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing.
- Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D. (2008). *Wireless sensor network survey*. Journal Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Vol. 52, Issue 23.
- Zhou, D., Rao, W., & Lv, F. (2010). *A Multi-Agent Distributed Data Mining Model Based on Algorithm Analysis and Task Prediction*. 2nd International Conference on Information Engineering and Computer Science (ICIECS).

Anexo A



Concursos de Projectos de I&D

Calls for R&D Projects

► **Voltar à descrição do projecto**

Back to project description

► **Imprimir esta página**

Print this page

Visão global da candidatura

Application overview

Ocultar todos as secções desta candidatura

Hide all sections for this application



Referência do projecto

Project reference

PTDC/EIA-EIA/113859/2009

1. Identificação do projecto

1. Project description



Área científica principal

Main Area

Engenharia Informática - Engenharia Informática

Área científica Secundária

Secondary area

(Vazio)

(Void)

Título do projecto (em português)

Project title (in portuguese)

EMon: Monitorização Embebida na Prestação de Cuidados de Saúde

Título do projecto (em inglês)

Project title (in english)

EMon: Embodied Monitorization in Healthcare

Financiamento solicitado

Requested funding

(Vazio)

(Void)

Palavra-chave 1

Sistemas de Vida Assistida

Keyword 1

Ambient Assisted Living

Palavra-chave 2

Ubiquitous Computing

Keyword 2

Computação Ubíqua

Palavra-chave 3

Inteligência Ambiente

Keyword 3

Ambient Intelligence

Palavra-chave 4

Sistemas de Informação na Saúde com base em Sensor

Keyword 4

sensor based Healthcare Information Systems

Data de início do projecto

Starting date

01-10-2010

Duração do projecto em meses

Duration in months

36

2. Instituições envolvidas

2. Institutions and their roles

-

Instituição Proponente

Principal Contractor

Universidade do Minho (UM)

Largo do Paço
4704-553Braga

Instituição Participante

Participating Institution

Centro Hospitalar do Porto, EPE (CHP)

Largo do Prof. Abel Salazar
4099-001Porto

Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, EPE (CHTS)

LUGAR DO TAPADINHO
4564-007GUILHUFÉ

Research Group of the University of Salamanca Biomedicine, Intelligent Systems and Educational Technology Group (BISITE)

University of Salamanca, Plaza de la Merced S/N, 37008, Salamanca, Spain
Q3718001Salamanca

Unidade de Investigação

Research Unit

Centro de Ciências e Tecnologias de Computação (CCTC/UM)

Dep. Informática, Campus de Gualtar
4710-057Braga

Unidade de Investigação Adicional

Additional Research Unit

(Vazio)

(Void)

Instituição de Acolhimento

Host Institution

Universidade do Minho (UM)

Largo do Paço
4704-553Braga

3. Componente Científica

3. Scientific Component

-

3.1. Sumário

3.1 Abstract

3.1.a Em português

3.1.a In Portuguese

Melhorar a qualidade de vida para indivíduos a necessitarem de cuidados de saúde e atender ao aumento do contingente de idosos, está a transformar-se num complexo problema para as sociedades de hoje. A qualidade de vida de um indivíduo, novo ou velho, está dependente da eficiência, do conforto com que um serviço lhe é prestado e no lugar que ele chama de seu ambiente natural. Um aspecto importante para todos aqueles que têm necessidade de serem suportados em suas actividades diárias é, mesmo assim, de estarem integrados no seu meio social. Enfrentando estes desafios, desafios que são postos por sociedades em rápido envelhecimento, mesmo assim vislumbram-se oportunidades para ocorrerem avanços tecnológicos, onde a inovação pode melhorar a qualidade de vida dos mais idosos e/ou a necessitar de cuidados de saúde, mitigar os problemas económicos de uma população em envelhecimento e criar novas oportunidades, quer económicas quer de negócio. Em especial os sistemas baseados em Inteligência Ambiente podem ajudar nesta situação. Podem levar um grupo crescente de pessoas a viver por muito mais tempo no lugar em que gostam de estar, ao assegurar qualidade de vida e segurança, incluindo, por exemplo, uma monitorização em tempo real do seu estado de saúde e das suas funções de suporte de vida. Receber suporte social e/ou médico de uma forma inteligente contribuirá para melhorar a qualidade de vida para muitas pessoas idosas e deficientes motores. Consequentemente, uma aplicação correcta da tecnologia pode ter efeitos revolucionários na maneira em como passámos os nossos dias, seja com os amigos seja com a família. Com a aplicação de ICTs, combinada com os dispositivos e os serviços inteligentes, o indivíduo poderá, por exemplo, permanecer em seu ambiente, mesmo em situações em que é medicamente assistido. Por outro lado, uma condição prévia para o uso apreciável destas tecnologias passa pela sua integração em estruturas que dão suporte a sistemas de informação vigentes e, preferivelmente, a sua alavancagem através de Sistemas de Informação em Saúde que recorram ao uso de sensores (seHIS). Em boa verdade, pode-se dizer que o projeto EMon pretende desenvolver tal ambiente computacional, baseado no conceito de Ambientes de Vida Assistida, usando ICTs, para que vivam de uma forma independente em seu ambiente natural [1]. A prestação de cuidados médicos de uma forma algo difusa ajusta-se como uma luva a disciplinas emergentes que se centram sobre o desenvolvimento e a aplicação de tecnologia de computação ubíqua para a área da Saúde, quer no que respeita à prestação de cuidados médicos e/ou de preservação do bem estar. A prestação deste tipo de cuidados de saúde procura responder a uma miríade de pressões sobre os actuais sistemas, incluindo a incidência sobre estes do modo de vida de pacientes com doenças crónicas, o consumo sempre crescente deste tipo de cuidados, a necessidade de centralizar quer nestes quer nas suas famílias a gestão dos seus próprios timings, sendo isto independente do tempo e do lugar. Vemos a prestação deste tipo de cuidados segundo duas

diferentes perspectivas. Em primeiro lugar concentrar-nos-emos no desenvolvimento de sistemas computacionais (e.g. recorrendo à computação ubíqua e a formas de Inteligência Ambiente) que suportem a prestação de cuidados de saúde e de bem estar. Em segundo lugar, procurar fazer com que os cuidados médicos estejam disponíveis a qualquer um, a qualquer momento e em qualquer lugar, independentemente da posição, do tempo ou de quaisquer outras restrições. A nossa aproximação ao problema aponta para que sejam recolhidos dados através de médicos, da indústria e das autoridades nacionais. Pretende-se obter, por conseguinte: Um seHIS que deve suportar a prestação de cuidados de saúde de uma forma descentralizada, personalizada, estando centrado no paciente e tendo acesso às mais diversas fontes de informação [3,5]; Em que a segurança dos dados é de importância primordial, dada a quantidade e a granularidade dos dados pessoais a ser usados em um seHIS [17] [18]; Em que se utilize standards para a representação de dados, tais como a HL7 CDA (Arquitetura para a Documentação Clínica), por um lado, e por outro se faça o mesmo quando se atende à conectividade e à configuração do dispositivo do sensor, tal como o ISO/IEEE 11073 [3, 13, 16, 17, 19]. O desenvolvimento de métodos adequados para a análise de dados será igualmente crucial [5]. Um desafio em particular será o da quantificação (em termos da qualidade-de-informação), integração e a fusão de dados, quer contínuos quer discretos, seja ao nível técnico seja ao nível do diagnóstico [3, 16, 18].

3.1.b Em inglês

3.1.b In English

Improving the quality of life for disabled and the increasing fraction of elderly people, is becoming a more and more essential task for the societies today. The quality of life of any person, young or old, heavily depends on the efficiency, comfort and cosiness of the place he or she calls its natural environment. An important aspect for all people having the need to be supported in their daily-life-activities is to be still integrated into social life despite of their existing disabilities. Facing these challenges of ageing societies there exist areas of technological opportunity, where innovation can enhance the quality of life of older and impaired people, mitigate the economic problems of an ageing population and create new economic and business opportunities. Especially Ambient Intelligence based systems may greatly help in this situation. It can help impaired and the growing group of elderly people to live longer at the place they like most, while ensuring a high quality of life and security, including, for example, health monitoring and supportive functions. Receiving social and/or medical support in various new intelligent ways consequently will contribute to independent living and quality of life for many elderly and disabled people. Consequently, a right application of technology may have revolutionizing effects on the way we spend our days and the enjoyment we experience with friends and family. With the application of ICTs, combined with intelligent devices and services, the person in question will be able, for instance, to stay in his/her environment, while being medically assisted. On the other hand a precondition for the sensible use of these technologies is their integration in existing information system structures, and – preferably – the enhancement of these into sensor-enhanced Health Information Systems (seHIS). Indeed, the EMon project intends to develop such a computational environment, based on the concept of Ambient Assisted Living, using pervasive ICTs, in order for them to live independently in their natural milieu (Carneiro et al [1]). Pervasive healthcare sets itself as an emerging research discipline focusing on the development and application of pervasive and ubiquitous computing technology for healthcare and wellness. Pervasive healthcare seeks to respond to a variety of pressures on healthcare systems, including the increased incidence of lifestyle related and chronic diseases, emerging consumerism in healthcare, the need for empowering patients and relatives for self-care and health management, and the need to provide seamless access for health care services, independent of time and place. Pervasive healthcare will be addressed from two perspectives. Firstly, its focus is on the development and application of pervasive computing (e.g. Ubiquitous Computing, Ambient Intelligence) technologies in healthcare, health and wellness management. Secondly, it seeks to make healthcare available to anyone, anytime and anywhere by removing location, time and other restraints while increasing both the coverage and quality of care. One's approach to pervasive healthcare aims to gather technology experts, practitioners, industry and national authorities contributing towards the development and application of human-centered pervasive and ubiquitous computing technology for healthcare and wellness. Finally, the following may be regarded as an essence of the recurring statements, namely: A seHIS should support decentralized, patient-centered and personalized care and should include the many sources of information in a person's environment (e.g. also her or his next-of-kin who probably are the most reliable non-professional sources [3,5]); Data security is of paramount importance when considering both the amount and the granularity of personal data to be used in a seHIS [18]. This implies the use of advanced authentication methods as mentioned by Gomez et al. [17]; The use of standards for data representation, such as HL7 CDA (Clinical Document Architecture) , on the one hand and for sensor device connectivity and configuration, such as ISO/IEEE 11073, on the other hand, are mandatory to provide the preconditions for a sustained usability of the data gathered within a sensor-enhanced health information system [3, 13, 16, 17, 19]. The development of adequate methods for data analysis will be also crucial to bring about a benefit for individual care, especially with regard to the timely detection of pathological patterns in multi-modal data [5]. A particular challenge will be the integration and fusion of continuous and discrete data, both on a technical and a diagnostic level [3, 16, 18].

3.2. Descrição Técnica

3.2 Technical Description

3.2.1. Revisão da Literatura

3.2.1. Literature Review

This project takes into consideration recent progress in sensor-enhanced health information systems research, in order to be able to provide patient-centered services in a semantically interoperable environment. Indeed, the use of health-enabling technologies is regarded as one important means to face some of the challenges which accompany the demographic change with an expected rise in multi-morbidity and an increased need of care. A precondition for the sensible use of these technologies is their integration in existing information system structures, and – preferably – the enhancement of these into sensor-enhanced Health Information Systems (seHIS). The transition from current institution-centered health information systems to person-centered seHIS will be gradual, yet unavoidable for tapping the full potential of health-enabling technologies. seHIS is a growing field of research, and many ambitious challenges are still open.

Health-enabling technologies, which may be defined as information and communication technologies for creating self-sufficient and self-determined lifestyles [1], have seen a rapid spread in recent years [1] (Carneiro et al. 2009). One of the reasons for this is the often-cited demographic change which will lead to an ageing society with a significant increase in both absolute and relative numbers of persons aged above 80 years [2–4]. This fortunate and desirable development will, however, also lead to a rise in multi-

morbidity and, consequently, in need of care. Health-enabling technologies are considered as one important means to cope with the challenges that arise for health systems, as they may serve to provide health-related information that can be used to support care processes, both of professional and non-professional caregivers. This holds true especially for patients with chronic diseases that need stringent management (e.g. congestive heart failure [5]). Furthermore, these technologies can be used to provide relevant information to the individuals themselves, thus allowing for a more intensive, informed participation in their health care. The most important advantage of health-enabling technologies, however, may be that they allow for a piece of health care to come to the most-wanted places – their natural living environments. In a recent study, Koch et al. [2] have identified eight areas in which future research with regard to a sustainable establishment of health-enabling technologies is deemed necessary: sensors, sensor-enhanced health information systems, health records, data input and analysis, knowledge representation and reasoning and decision support, organizational aspects, economical aspects, and user acceptance [2]. Several papers deal with specific sensor-based systems that are used to obtain relevant data and to forward these to health care professionals [8–14]. Several different seHIS-related aspects are mentioned by several authors, namely Villalba et al. [8] (e.g. stress context-awareness using multi-modal data when interpreting vital signs data and present a solution for the authentication of patients for accessing services); Lin et al. [11] (e.g. questionnaires and RFID tags, in their healthcare integration systems for long-term monitoring of dementia patients); and Dabiri et al. [12], that focus on a hierarchical on-body sensor networks, which emphasize the necessity to use standards, such as ISO/IEEE 11073 and HL7 CDA (Clinical Document Architecture) in order to achieve semantic interoperability, when forwarding data to healthcare providers. Most of the aforementioned systems may be categorized as telehealth-service-centRED ICT architectures according to Haux et al. [3]. Only few papers directly address sensor-enhanced health information systems and their architectures [2–4,7,15–17], though not always using this terminology.

Despite the maturity of many systems from a technical point-of-view, most papers identified are focused on specific aspects of an all-encompassing seHIS. This may be regarded as a normal and natural development, considering the multitude of ambitious challenges and social implications that a consistent implementation of a seHIS will bring about. Bott et al. state that a dual paradigm shift is needed: on the one hand, individuals and their next-of-kin will take a more active role in their personal health care by using health-enabling technologies, thus enabling them to make informed decisions in close cooperation with their professional caregivers. This corresponds to the challenge of new ways of living mentioned in [17]. On the other hand, the way in which health care is provided will need to change to a certain extent: caregivers and physicians may use the additional information obtained by employing health-enabling technologies for the benefit of their patients by adapting interventions to the individual's needs for personalized care [19,20]. The transition from an institution-centereD health information system to a sensor-enhanced, person-centereD HIS will be gradual, yet unavoidable if the challenges which accompany the demographic change are to be faced by tapping the full potential of health-enabling technologies.

With this literature review it is our goal to give a brief outline of the most frequently mentioned research foci: the provision of patient-centereD, personalized care while using all relevant sources of information, data security, the proper use of standards for data representation and device connectivity, and multi-modal data analysis.

3.2.2. Plano e Métodos

3.2.2. Plan and Methods

With this project we intend to develop supportive environments for people in need of care based on the concept of Ambient Assisted Living, using pervasive ICTs to enable people to live independently in their own environments.

In terms of technology uses, the so called independent living or assisted living domain today comprises a heterogeneous field of applications ranging from quite simple devices such as intelligent medication dispensers, fall sensors or bed sensors to complex systems such as networked homes and interactive services. Some are relatively mature and some are still under development. When it comes to more complex systems in particular, the potential ICT generally holds in relation to independent living.

Experiences from previous research suggest for instance that organizational, cultural and other non-technological issues come into the play if ICTs are to be successfully introduced into daily practice [1], [3].

In that sense, the projected system is not to act as a traditional smart home, passively receiving user commands, nor as pure remote care, monitoring user activity to alert outside staff when action is needed. Instead, we shall act as an informed, friendly agent, taking orders, giving advice or reminders and ready to help, and get help, when needed.

Addressing the target group of people requires methods that perfectly suit this group. In addition to this in Ambient Intelligent systems the context of use of a system is much more relevant than in standard office environments. The project will develop methods and tools in order to prototype context with users, i.e. we do not only want to gain a quick insight in the system usage and user acceptance, but also gain understanding of learning effects that are especially important in applications that are used on a daily basis.

This approach is crucial to the development of human-centered Ambient Intelligent systems. Indeed, one of the aims of involving users in Ambient Intelligence R&D processes is to create useful and successful products. Researchers and developers increasingly recognize the need to cross the barriers of disciplines to create products that match the future demands of users. A more multidisciplinary approach to the development process opens up to new possibilities, perspectives and methods. The possibilities and constraints of Ambient Intelligence are dependent on user evaluations in the context of their everyday lives.

Indeed, an ecological model is a useful framework for guiding the user research [6]. While many models of people in need of care have been developed, the ecological approach was particularly suited to our project, because it focused on practical aspects of everyday activities of the person, highlighting opportunities for technology and design solutions to support these activities. The model will draw on the work of researchers such as Lawton and Kitwood [7][8]. The underlying argument of the model is that the

activities that comprise a person's everyday life are shaped by a range of different factors, including attributes of the person (functional ability, cognitive ability, psychological factors etc.) and attributes of the immediate (formal support network, social network, physical environment) and wider socio-cultural contexts. These personal and situational factors operate together in a functional, ecological relationship to facilitate or constrain (affordances) a person's activities. The ecological approach is useful in looking at the independence and quality of life of people in need of care, because it highlights the impact and experience, for example, of age-related dependency (e.g. cognitive impairment) within its context and allows us to explore how this affects everyday life and well being. How a person derives meaning from their everyday activities and environment is central to their well being. Positive well being is where these factors work together, while conversely apparently minor obstacles in any of them can prevent a positive outcome. Technological and design interventions can potentially play an important part by ameliorating some of the personal and contextual problems faced by a person who is experiencing cognitive decline. The argument here is that a person's well being will be enhanced if the intervention facilitates activities that are meaningful and valued by the person and takes into account the contextual factors within which the person lives. Among others, these include the issues:

- **Social isolation/loneliness:** Perhaps one of the biggest problems mentioned at the part of the users concerns social isolation resulting in many negative outcomes such as loneliness, depression or the feeling of being cut-off. An aspect mentioned in this context as well concerns the feeling of boredom, which seems to be related with a feeling of being socially excluded in many cases;
- **Safety and Security:** Another challenge that was frequently mentioned concerns the desire for safety and security. Important issues that were highlighted in this context include, for example, falls, disorientation, control of household equipment or receiving help in the case of emergency;
- **Forgetfulness:** Forgetfulness seems to be a challenge to independence for many and concerns for example taking medication or finding objects in the house. Particular issues that were mentioned around taking medication are multi faceted and relate to forgetting to take the correct medicine at the right time and to find the medicine in the house, but also to undesired side effects when taking different kinds of medicine. Also, some people seem to have problems in handling or managing their appointments or a normal calendar;
- **Keeping healthy and active:** Challenges were also reported in relation to keeping healthy and active in later life, e.g. when it comes to physical and mental activity and exercise, good nutrition, good routines (such as sleep patterns) and, again adherence to appropriate medications. Some people reported difficulties in adhering to specific regimes that have been determined by health professionals, including rehabilitation programmes;
- **Community participation/contribution to local communities:** For example, during a United Kingdom focus group there was a strong emphasis on the desire to participate in local government activities and informal and semi-formal support networks. While this seems a somewhat unique view, this outcome points into the direction that community participation and contribution to local communities should not be underestimated;
- **Getting access to shops and services:** People often seem to have difficulty getting out of the house for shopping, banking etc. These kinds of services and support are usually outside the remit of local authorities so that the person in need to support has to manage getting such things done on his/her own, or is dependent on others or voluntary organizations;
- **Checking up on care provision:** Local authorities can be purchasers and/or direct providers of care at home. As care is provided in the community within the person's own home, it seems not always easy to ensure that the right amount and right quality of care is delivered; and
- **Mobility inside and outside the home:** Keeping mobile inside and outside the home was mentioned as a problem area as well. This concerns on the one hand being able to walk as long as possible and the use of public transport on the other hand. Mobility restrictions were reported especially common in winter and evenings.

In each case, delivery of improved services supported by the system that we envisage, seem as having great potential to increase the quality of life of people in need of care and to support their independence, enabling them to stay in their own environment as long as they wish. Ideas for improved services will be developed in response to each challenge to independence, taking into account not only features of technology seen as desirable by focus group participants but also their fears or rejection of other features of technology and of action by service providers seen as intrusive or unnecessary.

3.2.3. Tarefas

3.2.3. Tasks

(Não existem tarefas associadas a este projecto)
(No task has been associated to this project)

3.2.4. Calendarização e Gestão do Projecto

3.2.4. Project Timeline and Management

3.2.4.a Descrição da Estrutura de Gestão

3.2.4.a Description of the Management Structure

(Vazio)

(Void)

3.2.4.b Lista de Milestones

3.2.4.b Milestone List

(Vazio)

(Void)

3.2.4.c Cronograma

3.2.4.c Timeline

Ficheiro com a designação "timeline.pdf", no 9. Ficheiros Anexos, desta Visão Global (caso exista).

File with the name "timeline.pdf" at 9. Attachments (if exists).

3.3. Referências Bibliográficas

3.3. Bibliographic References

Referência Reference	Ano Year	Publicação Publication
1	2009	Carneiro, D., Novais, P., Costa, R., Gomes, P., and Neves, J. EMon: Embodied Monitorization, in Proceedings of the European Conference on Ambient Intelligence (AmI 2009) (LNCS 5859 by Springer), Salzburg, Austria, pages 133-142.
2	2009	Haux R, Gietzelt M, Hellrung N, Ludwig W, Marschollek M, Song B, Wolf K-H. Health-enabling technologies for pervasive health care: a pivotal field for future medical informatics research education. <i>Studies in Health Technology and Informatics</i> 2009;150:14-16.
3	2009	Koch S, Marschollek M, Wolf KH, Plischke M, Haux R. On health-enabling and ambient-assistive technologies. What has been achieved and where do we have to go? <i>Methods of Information in Medicine</i> 2009;48:29-37
4	2008	Haux R, Howe J, Marschollek M, Plischke M, Wolf KH. Health-enabling technologies for pervasive health care: on services and ICT architecture paradigms. <i>Informatics for Health and Social Care</i> 2008;33:77-89.
5	2008	Bardram JE. Pervasive healthcare as a scientific discipline. <i>Methods of Information in Medicine</i> 2008;47:178-185.
6	2005	Cleland JG, Louis AA, Rigby AS, Janssens U, Balk AH. Noninvasive home telemonitoring for patients with heart failure at high risk of recurrent admission and death: the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study. <i>Journal of the American College of Cardiology</i> 2005;45:1654-1664
7	1998	Deutsche Forschungsgemeinschaft. Proposals for safeguarding good Scientific practice. 1998
8	2008	Plischke M, Marschollek M, Wolf KH, Haux R, Tegtbur U. CyberMarathon – increasing physical activity using health-enabling technologies. <i>Studies in Health Technology and Informatics</i> 2008;136:449-454.
9	2009	Villalba E, Salvi D, Ottaviano M, Peinado I, Arredondo MT, Akay A. Wearable and mobile system to manage remotely heart failure. <i>IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine</i> . DOI: 10.1109/TITB.2009.2026572.
10	2007	Lee RG, Chen KC, Hsiao CC, Tseng CL. A mobile care system with alert mechanism. <i>IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine</i> 2007;11:507-517.
11	2009	Giorgino T, Tormene P, Maggioni G, Pistarini C, Quaglini S. Wireless support to post-stroke rehabilitation: my heart's neurological rehabilitation concept. <i>IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine</i> . DOI: 10.1109/TITB.2009.2028020.
12	2008	Lin CC, Lee RG, Hsiao CC. A pervasive health monitoring service system based on ubiquitous network technology. <i>International Journal of Medical Informatics</i> 2008;77:461-469.
13	2009	Dabiri F, Massey T, Noshadi H, Hagopian H, Lin CK, Tan R, Schmidt J, Sarrafzadeh M. A telehealth architecture for networked embedded systems: a case study in in vivo health monitoring. <i>IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine</i> 2009;13:351-359.
14	2009	Lin CC, Lin PY, Lu PK, Hsieh GY, Lee WL, Lee RG. A healthcare integration system for disease assessment and safety monitoring of dementia patients. <i>IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine</i> 2008;12:579-586.
15	2008	Triantafyllidis A, Koutkias V, Chouvarda I, Maglaveras N. An open and reconfigurable wireless sensor network for pervasive health monitoring. <i>Methods of Information on Medicine</i> 2008;47:229-234.
16	2008	Kuhn KA, Knoll A, Mewes HW, Schwaiger M, Bode A, Broy M, et al. Informatics and medicine – from molecules to populations. <i>Methods of Information in Medicine</i> 2008;47:283-295.
17	2008	Gomez EJ, Hernando Perez ME, Vering T, Rigla Cros M, Bott O, Garcia-Saez G, et al. The INCA system: a further step towards a telemedical artificial pancreas. <i>IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine</i> 2008;12:470-479.
18	2007	Bott OJ, Marschollek M, Wolf KH, Haux R. Towards new scopes: sensor-enhanced regional health information systems - part 1: architectural challenges. <i>Methods of Information in Medicine</i> 2007;46:476-483.
19	2008	Laakko T, Leppanen J, Lahteenmaki J, Nummiaho A. Mobile health and wellness application framework. <i>Methods of Information in Medicine</i> 2008;47:217-222.
20	2008	Saranummi N, Wactlar H. Editorial: pervasive healthcare. Selected papers from the Pervasive Healthcare 2008 Conference, Tampere, Finland. <i>Methods of Information in Medicine</i> 2008;47:175-177.

21	2008	Horwitz CM, Mueller M, Wiley D, Tentler A, Bocko M, Chen L, et al. Is home health technology adequate for proactive self-care. <i>Methods of Information in Medicine</i> 2008;47:58-62.
22	2008	Analide, C., Abelha A., Machado, J., and Neves, J. An Agent Based Approach to the Selection Dilemma, <i>Proceedings of the 2nd International Symposium on Intelligent Distributed Computing (Studies in Computational Intelligence 162)</i> , Catania, Italy, 2008; 35-44.
23	2008	Novais, P., Costa, R., Carneiro, D., Machado, J., Lima, L., Neves, J.: Group Support in Collaborative Networks Organizations for Ambient Assisted Living. In: Oya, M., Uda, R., Yasunobu, C., (eds.) <i>Towards Sustainable Society on Ubiquitous Networks</i> . Springer-Verlag, Series: IFIP International Federation for Information Processing (2008).
24	2007	Costa, R., Novais, P., Machado, J., Alberto, C., Neves, J.: Inter-organization Cooperation for Care of the Elderly. In: Wang, W., Li, Y, Duan, Z., Yan, L., Li, H., Yang, X., (Eds.) <i>Integration and Innovation Orient to E-Society</i> . Springer-Verlag, Series: IFIP International Federation for Information Processing, ISBN: 978-0-387-75493-2 (2007).
25	2008	Carneiro, D., Costa, R., Novais, P., Machado, J., Neves, J.: Simulating and Monitoring Ambient Assisted Living. In: <i>Proceedings of the ESM 2008 - The 22nd annual European Simulation and Modelling Conference</i> (2008).
26	2009	Carneiro, D., Novais, P., Costa, R. and Neves, J.: Case-Based Reasoning Decision Making in Ambient Assisted Living. In S. Omatu et al. (Eds.): <i>IWANN 2009, Part II</i> , Springer-Verlag LNCS 5518, pp. 787-794 (2009).

3.4. Publicações Anteriores

3.4. Past Publications

Referência Reference	Ano Year	Publicação Publication
1	2009	Carneiro, D., Novais, P., Costa, R., Gomes, P., and Neves, J. EMon: Embodied Monitorization, in <i>Proceedings of the European Conference on Ambient Intelligence (AmI 2009)</i> (LNCS 5859 by Springer), Salzburg, Austria, pages 133-142.
2	2008	Novais, P., Costa, R., Carneiro, D., Machado, J., Lima, L., Neves, J.: Group Support in Collaborative Networks Organizations for Ambient Assisted Living. In: Oya, M., Uda, R., Yasunobu, C., (eds.) <i>Towards Sustainable Society on Ubiquitous Networks</i> . Springer-Verlag, Series: IFIP International Federation for Information Processing (2008).
3	2007	Costa, R., Novais, P., Machado, J., Alberto, C., Neves, J.: Inter-organization Cooperation for Care of the Elderly. In: Wang, W., Li, Y, Duan, Z., Yan, L., Li, H., Yang, X., (Eds.) <i>Integration and Innovation Orient to E-Society</i> . Springer-Verlag, Series: IFIP International Federation for Information Processing, ISBN: 978-0-387-75493-2 (2007).
4	2008	Carneiro, D., Costa, R., Novais, P., Machado, J., Neves, J.: Simulating and Monitoring Ambient Assisted Living. In: <i>Proceedings of the ESM 2008 - The 22nd annual European Simulation and Modelling Conference</i> (2008).
5	2009	Carneiro, D., Novais, P., Costa, R. and Neves, J.: Case-Based Reasoning Decision Making in Ambient Assisted Living. In S. Omatu et al. (Eds.): <i>IWANN 2009, Part II</i> , Springer-Verlag LNCS 5518, pp. 787-794 (2009).

4. Equipa de investigação

4. Research team

-

4.1 Lista de membros

4.1. Members list

Nome Name	Função Role	Grau académico Academic degree	%tempo %time	CV nuclear Core CV
José Carlos Ferreira Maia Neves	Inv. Responsável	AGREGAÇÃO		✓
Cesar Analide de Freitas e Silva da C...	Investigador	DOCTORAMENTO	15	X
Javier Bajo Perez	Investigador		100	X
José Alberto Cardoso Marques	Investigador	LICENCIATURA	100	X
Juan Manuel Corchado Rodríguez	Investigador	DOCTORAMENTO	15	✓
Maria Manuel Bastos Salazar	Investigador		100	X
Paulo Jorge Freitas de Oliveira Novai...	Investigador	DOCTORAMENTO	15	✓

(O curriculum vitae de cada membro da equipa está disponível clicando no nome correspondente)

(Curriculum vitae for each research team member is available by clicking on the corresponding name)

Total: 7

5. Projectos financiados

5. Funded projects

-

(Sem projectos financiados)
(No funded projects)

6. Indicadores previstos

6. Expected indicators

-

Indicadores de realização previstos para o projecto

Expected output indicators

Descrição Description	2010	2011	2012	2013	2014	Total
A - Publicações Publications						
Livros Books	0	0	0	0	0	0
Artigos em revistas internacionais Papers in international journals	0	0	0	0	0	0
Artigos em revistas nacionais Papers in national journals	0	0	0	0	0	0
B - Comunicações Communications						
Comunicações em encontros científicos internacionais Communications in international meetings	0	0	0	0	0	0
Comunicações em encontros científicos nacionais Communications in national meetings	0	0	0	0	0	0
C - Relatórios Reports	0	0	0	0	0	0
D - Organização de seminários e conferências Organization of seminars and conferences	0	0	0	0	0	0
E - Formação avançada Advanced training						
Teses de Doutoramento PhD theses	0	0	0	0	0	0
Teses de Mestrado Master theses	0	0	0	0	0	0
Outras Others	0	0	0	0	0	0
F - Modelos Models	0	0	0	0	0	0
G - Aplicações computacionais Software	0	0	0	0	0	0
H - Instalações piloto Pilot plants	0	0	0	0	0	0
I - Protótipos laboratoriais Prototypes	0	0	0	0	0	0
J - Patentes Patents	0	0	0	0	0	0
L - Outros Other	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Acções de divulgação da actividade científica

Scientific activity spreading actions

(Vazio)

(Void)

7. Orçamento

7. Budget

-

Instituição Proponente

Principal Contractor

Universidade do Minho

Descrição Description	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Recursos Humanos Human resources	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Missões Missions	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Research Group of the University of Salamanca Biomedicine, Intelligent Systems and Educational Technology Group

Descrição Description	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Recursos Humanos Human resources	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Missões Missions	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Consultores Consultants	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aquisição de bens e serviços Service procurement and acquisitions	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Registo de patentes Patent registration	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adaptação de edifícios e instalações Adaptation of buildings and facilities	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gastos gerais Overheads	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL DESPESAS CORRENTES TOTAL CURRENT EXPENSES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipamento Equipment	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Orçamento Global

Global budget

Descrição Description	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Recursos Humanos Human resources	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Missões Missions	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Consultores Consultants	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aquisição de bens e serviços Service procurement and acquisitions	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Registo de patentes Patent registration	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adaptação de edifícios e instalações Adaptation of buildings and facilities	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gastos gerais Overheads	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL DESPESAS CORRENTES TOTAL CURRENT EXPENSES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipamento Equipment	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Plano de financiamento

Finance plan

Descrição Description	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Financiamento solicitado à FCT Requested funding	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Financiamento próprio Own funding	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outro financiamento público Other public-sector funding	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outro financiamento privado Other private funding	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total do Projecto Total of the project	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

8. Justificação do orçamento

8. Budget rationale

-

8.1. Justificação dos recursos humanos

8.1. Human resources rationale

(Vazio)

(Void)

8.2. Justificação de missões

8.2. Missions rationale

(Vazio)

(Void)

8.3. Justificação de consultores

8.3. Consultants rationale

(Vazio)

(Void)

8.4. Justificação de aquisição de bens e serviços

8.4. Service procurement and acquisitions

(Vazio)

(Void)

8.6. Justificação do Equipamento

8.6. Equipment rationale

8.6.1. Equipamento já disponível para a execução do projecto

8.6.1 Available equipment

(Vazio)

(Void)

8.6.2. Discriminação do equipamento a adquirir

8.6.2. New equipment requested

(Vazio)

(Void)

8.7. Justificação de registo de patentes

8.7. Patent registration

(Vazio)

(Void)

8.8. Justificação de adaptação de edifícios e instalações

8.8. Adaptation of buildings and facilities

(Vazio)

(Void)

9. Ficheiros Anexos

9. Attachments



Nome	Tamanho
Name	Size
emon_pic2.jpg	75Kb

14-12-2009 10:26:05



Financiado por fundos estruturais da UE e fundos nacionais do MCTES



Anexo B



Joint Commission
International



2009 JCI Executive Briefings - Genoa, Italy

IT in QUALITY-OF-CARE and PATIENT SAFETY

**HOSPITAL PADRE AMÉRICO-VALE do SOUSA,
Centro Hospitalar Tâmega-Sousa, EPE**

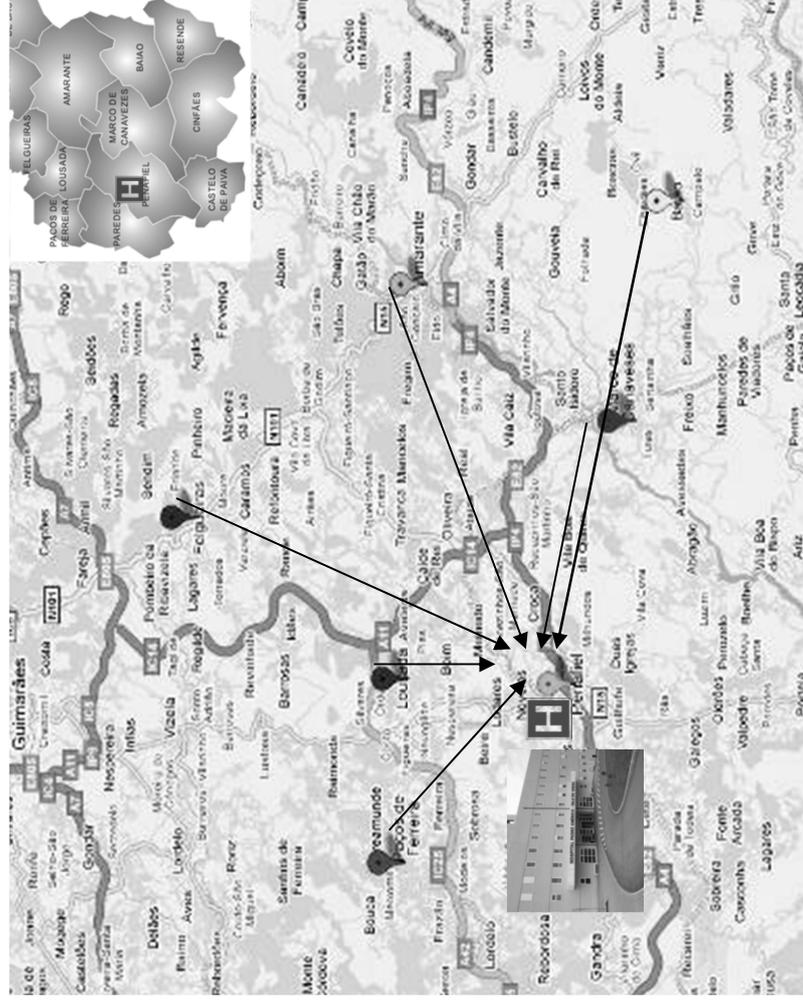
Penafiel, Portugal

Alberto Marques – CHTS Chief Executive Officer marquestris@chts.min-sude.pt
José Neves – Full Professor; The University of Minho ineves@di.uminho.pt

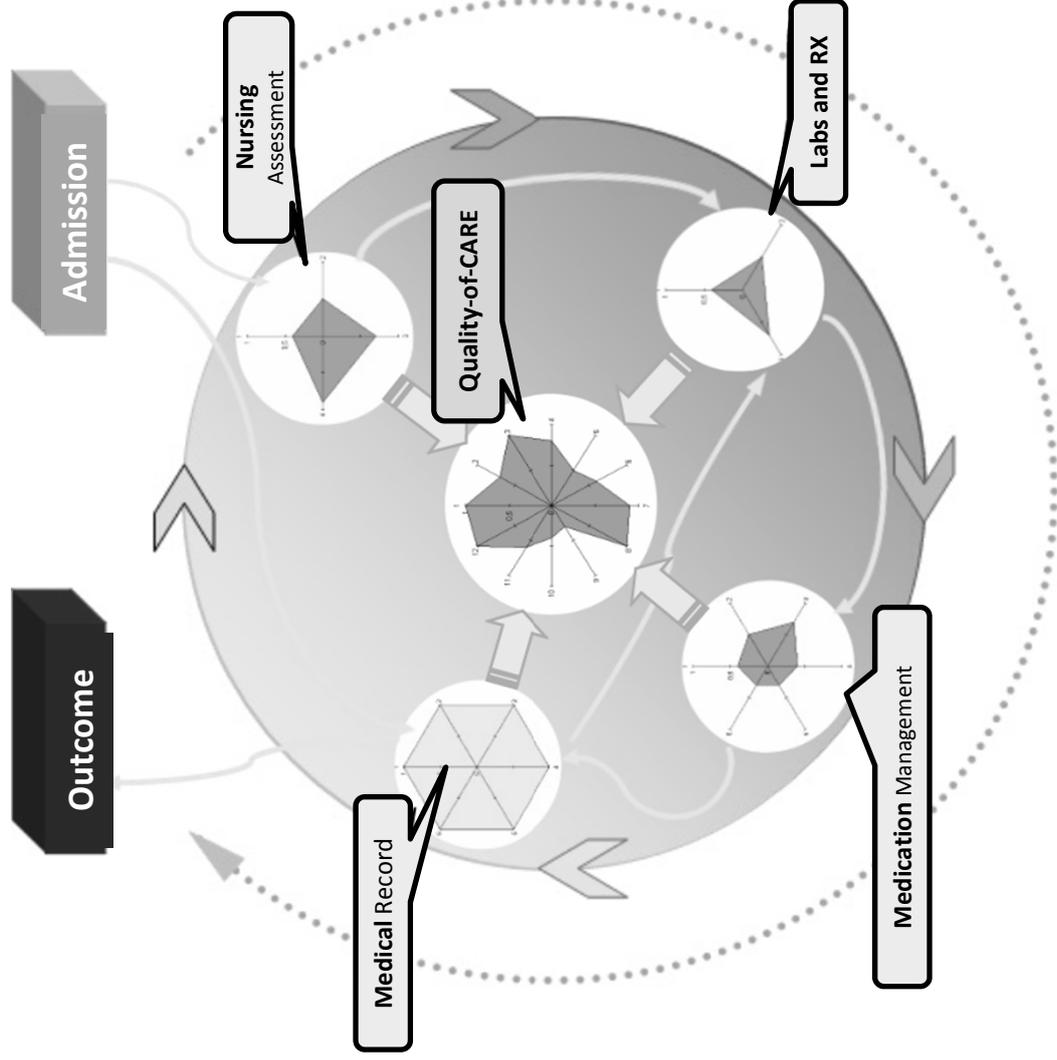
Hospital

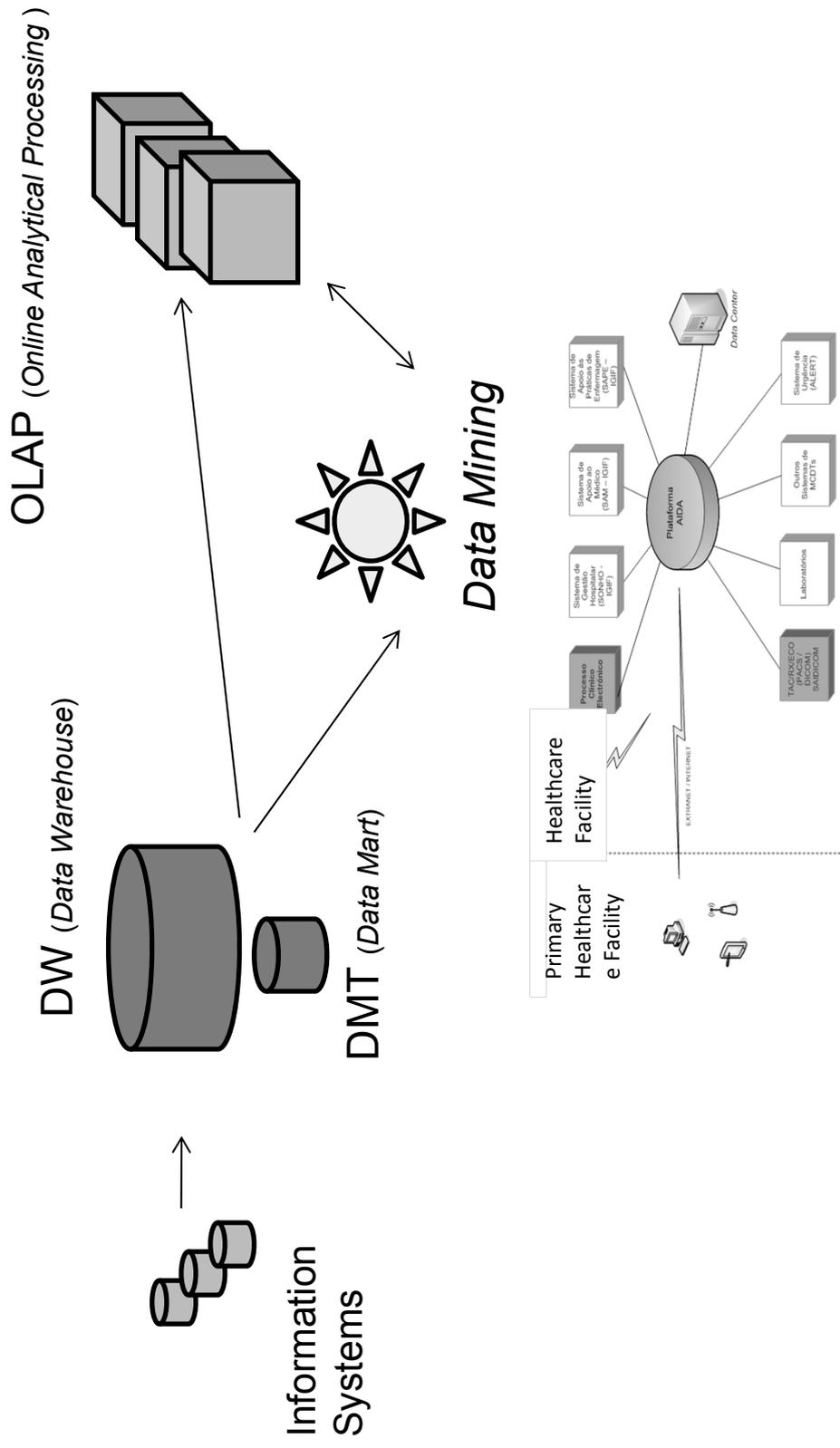


HealthCenter



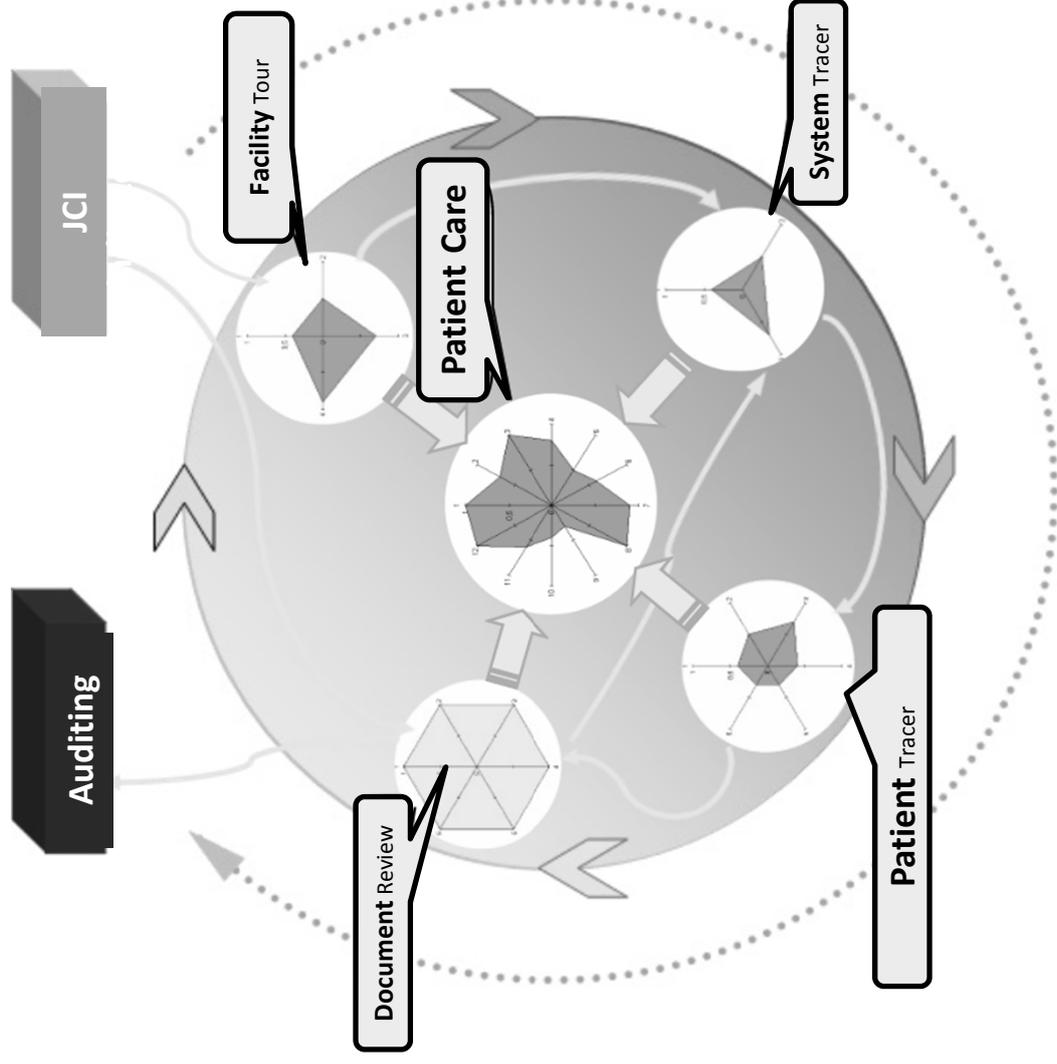
- **The quality of care practice is difficult to judge.**
- **Assessments are individual and lead to specific care packages, involving social services, health workers, care Services and agencies, etc...**
- **we expect privacy in our own affairs and confidentially from those to whom we disclose them.**
- **We use a virtual ECare framework (AIDA), an intelligent multi-agent system able to monitor, interact and serve its customers, which are in need of care services, based in open standards.**
- **This leads us to Ambient Intelligence (AmI), a relatively new paradigm in Information Technology (IT).**
- **Therefor digital environments must be twisted in order to improve quality-of-living of people by acting on their behalf**





“It’s a very exhaustive process simply to determinate whether or not one’s facility meets the standards within the manual, let alone take corrective measures to improve whatever needs to be improved “

Joint Council on Accreditation of
Healthcare Organizations (JCAHO)





**Centro Hospitalar do
Tâmega e Sousa, E. P. E.**

CHTS, E.P.E. - 2008

10:59:45

INFORMAÇÕES

- Home
- Boletins Informativos
- Circulares
- Legislação
- Regulamentos
- Horários - Serviços
- Contactos Internos
- Ementa CHTS
- Informação ao Utente
- Documentos RH
- Outros Documentos
- Segurança no Trabalho
- Comissões
- Auditoria Interna
- Qualidade / Risco

ULTIMAS NOTICIAS

- Análise relação CHTS/Comunicação Social
- Boletim Informativo nº 10
- Relatório
- Ocorrência Incidente/Acidente 4º Trimestre e Ano 2008
- Políticas aprovadas no âmbito do Processo de Acreditação
- Fichas de Segurança e Técnicas de Produtos Químicos

POPULAR

- "O que dizem de nós" - Jornal de Notícias
- Fotografias da I Ceia de Natal do CHTS
- Rede Móvel do HPA actualizada
- Agradecimento a todos os Profissionais

ANÁLISE relação CHTS/Comunicação Social

Escrito por Comunicação
09-Feb-2009

Consulte a análise da relação do CHTS com a Comunicação Social em 2008.

Actualizado em (09-Feb-2009)

Ler mais...

Boletim Informativo nº 10

Escrito por Carla Silva
06-Feb-2009

Pesquisar ...

NOTICIAS

Agradecimento a todos os Profissionais -

Por indicação do Sr. Presidente do CA e para conhecimento de todos os colaboradores,

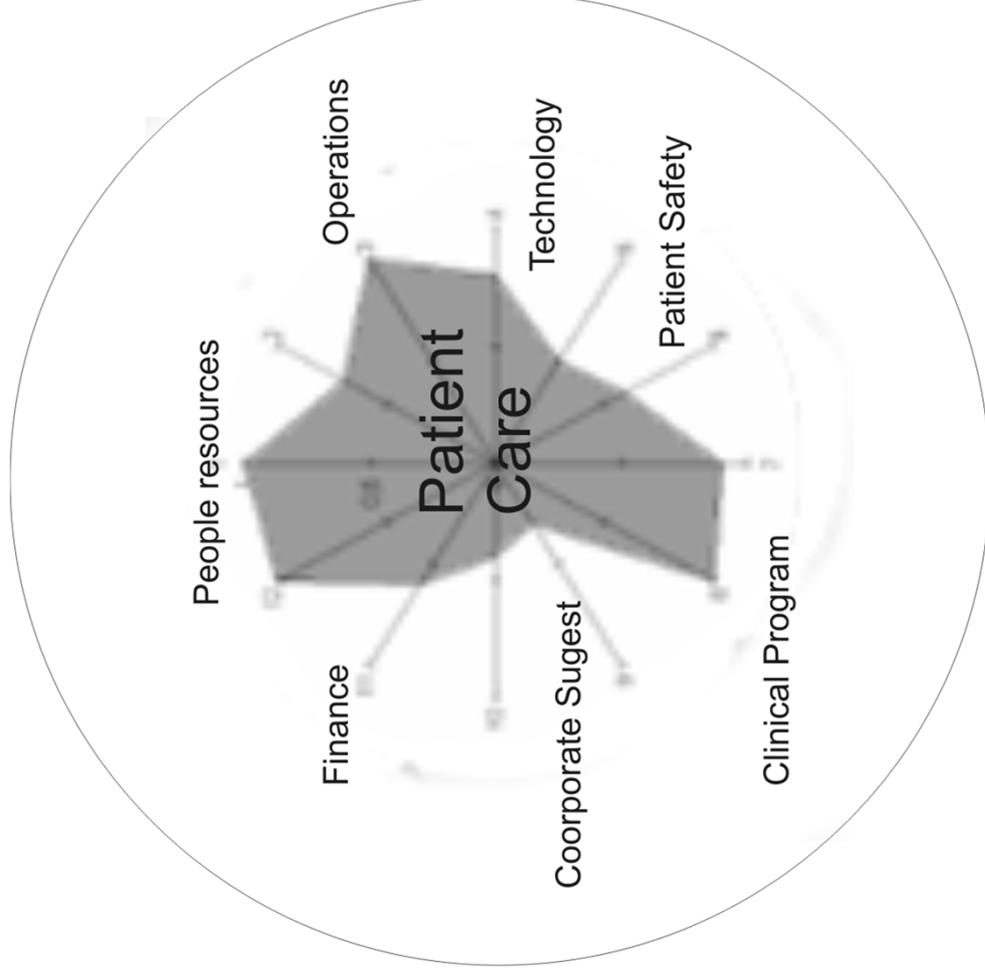
APLICAÇÕES

- SAM
- SAM (HISTORICO - USG)
- SAPE UPA
- SAPE USG
- MagicWeb
- Megacare Antigo
- Megacare Novo
- Clinidata NET
- Requisições - SIE
- Sonho CHTS-UPA
- Sonho CHTS-USG
- AIDA
- Alert-P1
- Notificação RAM
- E-mail (Servidor)
- Helpdesk-SI
- SICA

Quality of healthcare means doing the right thing, at the right time, in the right way, for the right person

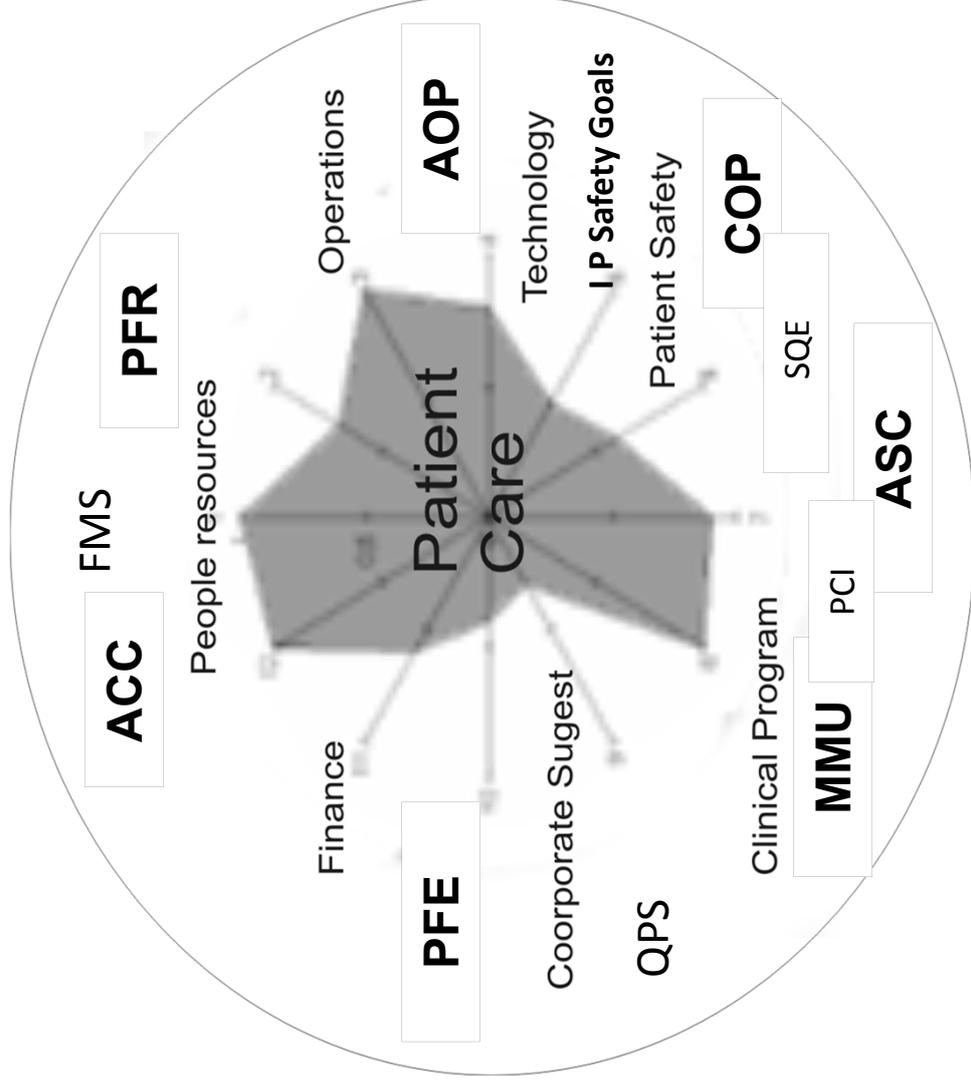
Quality means having the best possible results.

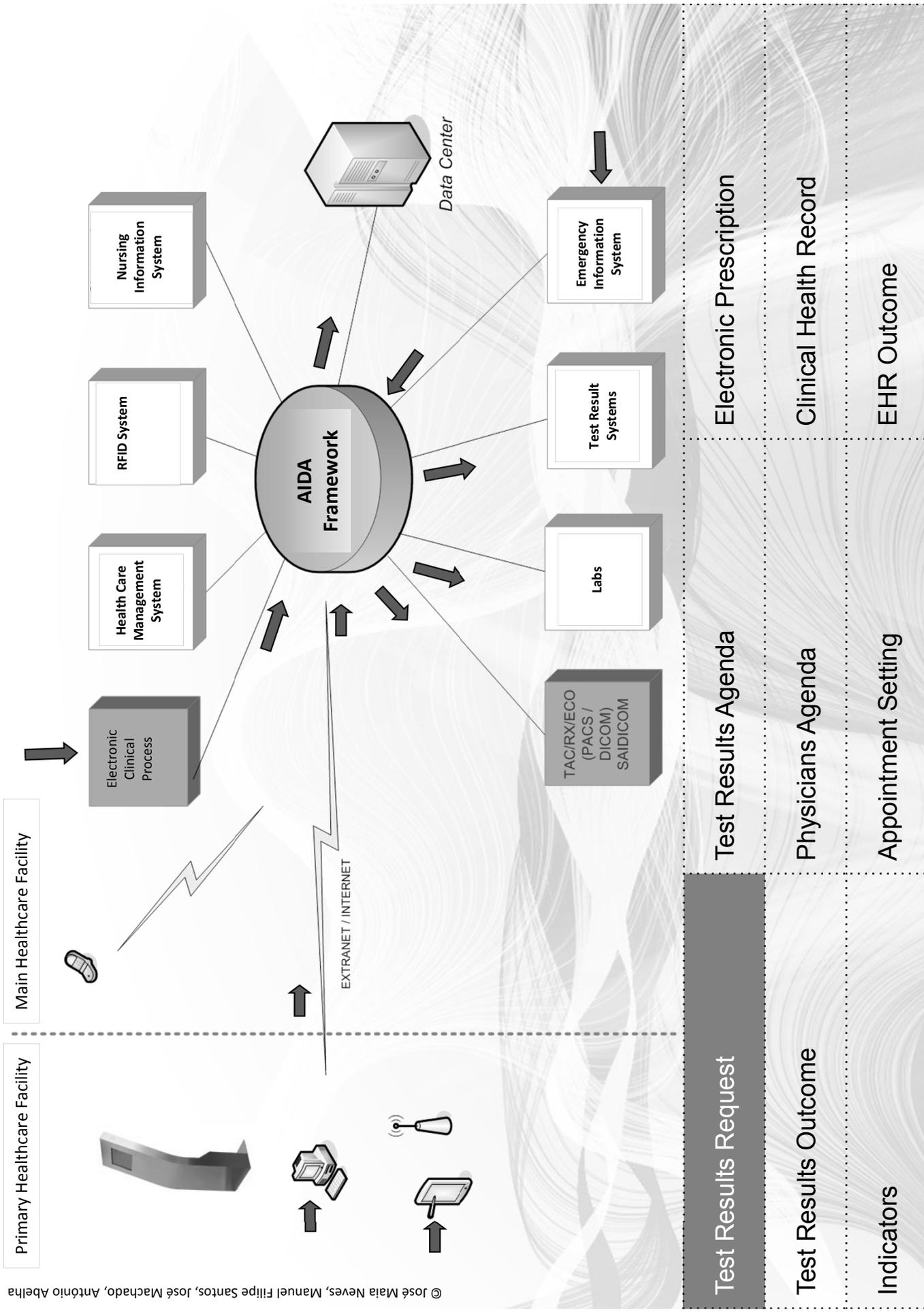
That means one has to have the right information at the right time with an high degree of confidence

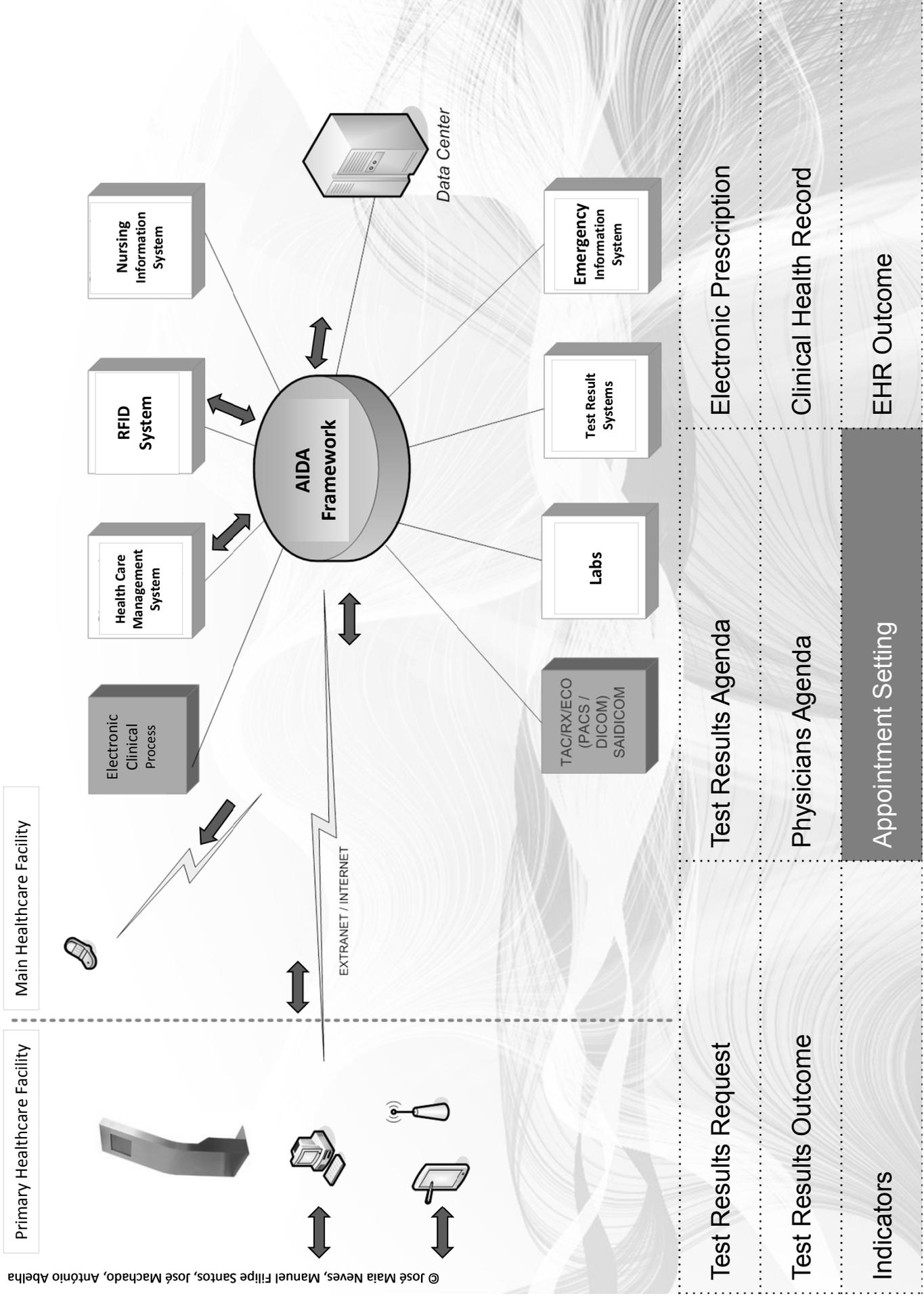


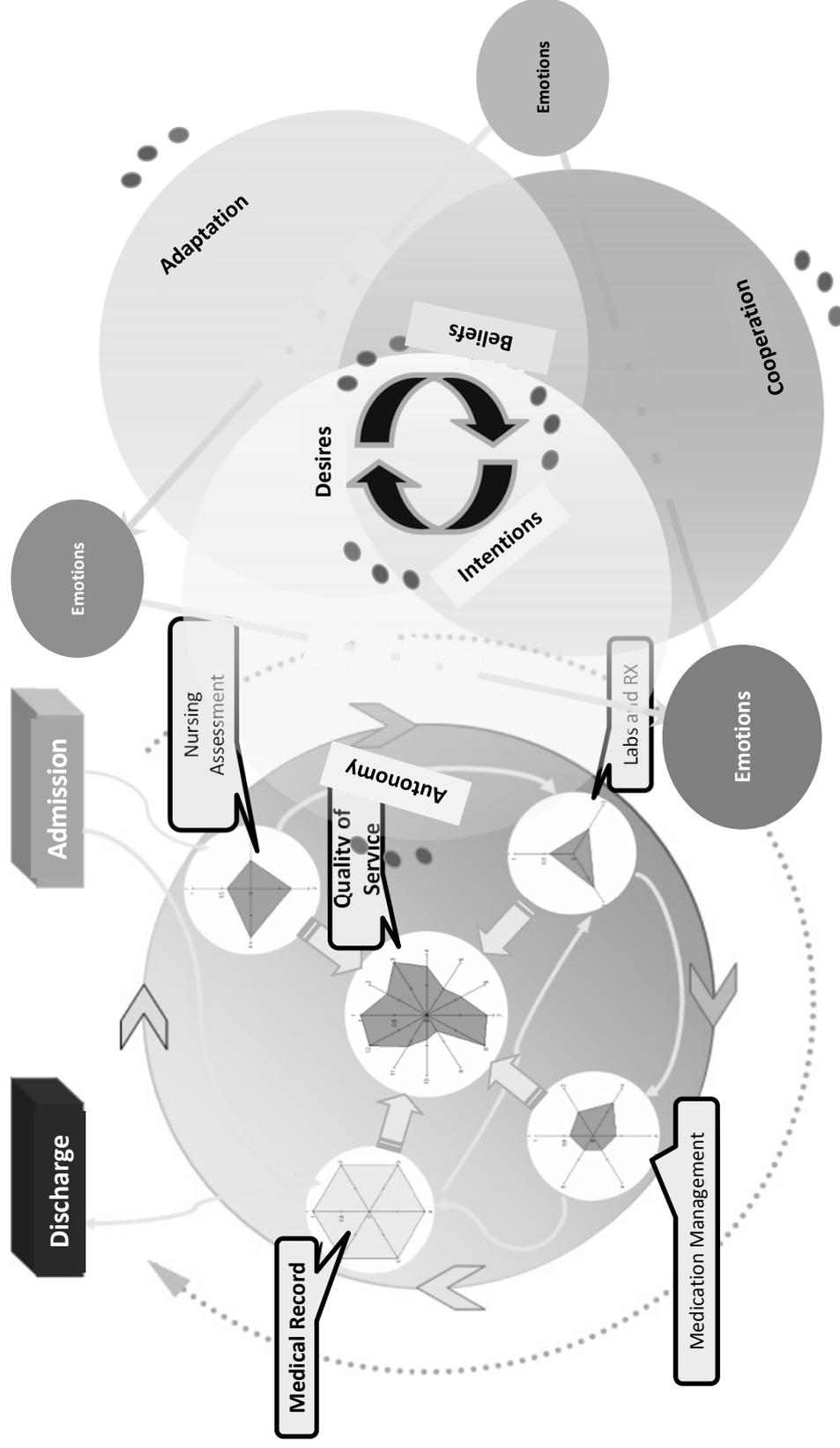
JCI's standards and qualifications take consensus of achievable expectations for structures, outcomes, and processes for medical facilities.

The standards are designed to accommodate cultural, religious, and legal factors within specific countries and regions, and the Hospital Information System must obey to them.



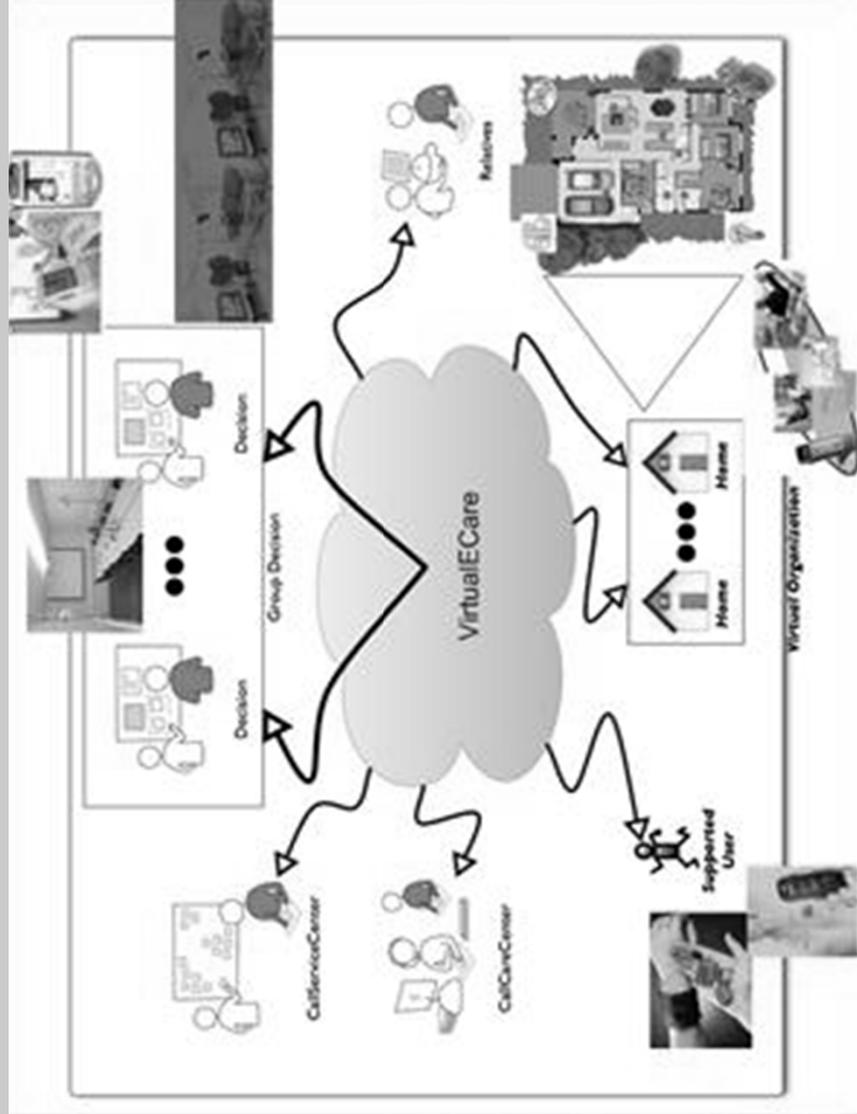






AMBIENT INTELLIGENCE

Strategy 2009/2011



□ **Under this scenario, health care will be made global (e.g. it may take place at home), namely:**

- **BY real time monitoring and evaluation of critical data**, triggering alarms and patient safety monitoring, making recommendations, and quality control indicators (dashboards).
- **Care will take place also at home**; family and relatives will also be empowered, as they could have access, even in real time, to some procedures and collected data.
- An electronic clinical process comes now as a result of the information being gathered through all the Information systems referred to above (consolidated, in our case, in terms of the SINAITH meta-system).

