

ARTIGO

## *Experiência do InCor em Sistemas de Informações em Saúde*

AUTORES

*Marco Antonio Gutierrez.*

Professor Livre-Docente. Instituto do Coração – HCFMUSP.

*Marina de Fátima de Sá Rebelo.*

Ph.D. Pesquisadora. Instituto do Coração – HCFMUSP.

*Umberto Tachinardi Andrade e Silva.*

MSc. Chief Research Information Officer na University of Wisconsin-Madison.

*Sérgio Shiguemi Furuie.*

Professor Titular. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.

*Fábio Antero Pires.*

PhD. Pesquisador. Instituto do Coração – HCFMUSP.

## INTRODUÇÃO

Atualmente as ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) estão presentes em praticamente todas as atividades ligadas à área da Saúde, como ensino, pesquisa ou assistência. Dentre os muitos exemplos de atividades, pode-se citar: planejamento e organização de aulas; utilização de ambientes de simulação para cirurgias; busca, leitura e produção de artigos científicos; aquisição e análise de dados para pesquisa; aquisição e armazenamento de dados de pacientes em diversos formatos; mineração de dados clínicos para obtenção de novos conhecimentos. Essa nova realidade foi construída rapidamente a partir dos anos 70, com a introdução do uso de computadores, principalmente em sistemas administrativos e financeiros, assim como em aplicações específicas de laboratório, farmácia, entre outras (Greenes e Shortlift, 1990). Em paralelo, computadores começaram a ser utilizados para manipulação de imagens médicas. Uma das primeiras modalidades a se tornar digital foi a Medicina Nuclear, seguida pela angiografia digital por subtração (Arenson et al. , 2000). Modalidades que envolvem processos matemáticos mais complexos, como Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética já nasceram digitais. As próximas etapas da utilização das TIC em Saúde foram fortemente voltadas à integração de sistemas. São apresentadas as primeiras experiências com prontuários eletrônicos, também conhecidos como HIS (*Hospital Information System*), os sistemas para integração de informação em departamentos de Radiologia (*RIS – Radiology Information System*) e PACS (*Picture Archiving and Communication Systems*). A interoperabilidade entre Sistemas e Instituições viria a seguir, ao mesmo tempo que novas aplicações baseadas em rede sem fio começaram a ser pesquisadas e distribuídas.

Essa linha do tempo da pesquisa e utilização das TIC na área de Saúde foi traçada por diversas grandes Instituições de Saúde no mundo. No Brasil, o Serviço de Informática (SInfo) do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP)

é uma dessas instituições que vem pesquisando, desenvolvendo e implantando soluções em Tecnologia da Informação e Comunicação nas diversas áreas do InCor e Unidades apoiadas pela Fundação Zerbini há mais de 30 anos.

Neste capítulo será apresentada uma retrospectiva das atividades do grupo nessas três décadas de pesquisa, desenvolvimento e implantação de métodos e sistemas visando a melhoria de métodos e processos em assistência, ensino e pesquisa da Cardiologia. Entre as principais realizações do grupo estão projetos pioneiros e inovadores na área. O InCor foi o primeiro hospital da América Latina a se conectar à internet e também à Internet 2; o desenvolvimento de um Sistema de Informações Hospitalares que abrange todas as informações clínicas dos pacientes, como dados de imagens do PACS desenvolvido pelo próprio grupo, dados de monitores de beira-de-leito visualizados em tempo real; novos métodos de processamento de sinais e imagens biomédicos; utilização de *software* livre e, aplicações de missão crítica estão entre as inovações promovidas pelo SInfo. Ao longo desses 30 anos as atividades acadêmicas e científicas do grupo produziram uma contribuição bibliográfica substancial, parte da qual será citada ao longo do capítulo. Também foi responsável pelo treinamento especializado de vários profissionais que hoje atuam em todo o país.

A estrutura do capítulo é a seguinte: no item 2, Histórico, será apresentada uma visão global da evolução do grupo ao longo dessas três décadas; no item 3, Desafios Atuais, serão apresentadas as principais linhas de atuação no presente, assim como alguns desafios e objetivos para os próximos anos. Por fim, no item 4, serão feitas considerações finais e desafios futuros.

## *2. HISTÓRICO*

### *2.1. Anos 1970: os primeiros passos*

O InCor foi idealizado desde o início para ser um “hospital informatizado”. Na década de 70 um grande investimento foi feito pelo hospital na aquisição

de computadores, *software* e serviços. Os sistemas adquiridos tinham por objetivo controlar centrais de monitores, processamento de sinais nos estudos de hemodinâmica, análise de ECG e exames de laboratório clínico. Sem dúvida alguma, informatizar processos em um hospital naquela época foi um marco importante, além de ser um movimento corajoso.

Embora existisse uma grande expectativa de que os sistemas adquiridos fossem simplificar os processos existentes, os resultados obtidos foram pobres. Sua manutenção revelou-se extremamente complexa e de custo elevado, resultando em uma grande frustração. Naquela época, um pequeno grupo de engenheiros foi contratado para tentar resolver esses problemas. Após entenderem os sistemas e suas limitações e, mais importante, a capacidade do equipamento, o grupo, liderado por Candido Pinto de Melo<sup>1</sup>, decidiu modificá-lo para atender às diferentes necessidades. Era o nascimento de um novo grupo, o Serviço de Informática Médica (SIM), que iniciou suas atividades oficialmente em 1978.

Os primeiros projetos desenvolvidos pelo SIM foram nas áreas de processamento digital de sinais biomédicos utilizando o *hardware* existente nos computadores originais, conversores analógico-digitais, gravadores de fita magnética de alta qualidade, *plotters* e outros dispositivos. Os primeiros projetos utilizando esta infraestrutura foram: Vetocardiografia Computadorizada, Processamento de Sinais de Magnetocardiografia, Análise durante o Exercício, entre outros (Furuie e Tachinardi, 1989; Furuie et al, 1985).

## 2.2. Anos 1980 – O primeiro impulso

A primeira metade dos anos 1980 pode ser considerada como o período de gestação do grupo. Ao grupo inicial, foram incorporadas novas pessoas, com novas ideias e novos projetos de pesquisa, que passaram a ser submetidos aos órgãos de fomento para financiamento.

---

<sup>1</sup> Candido Pinto de Melo nasceu em João Pessoa e cresceu em Recife. Graduou-se em Engenharia em São Paulo e foi um dos fundadores do Serviço de Informática do Instituto do Coração – HCFMUSP e seu diretor entre 1978 e 2002. Foi também um dos fundadores da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde e da Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica.

Essa época marcou o início de uma nova tendência: o uso de microcomputadores. O país vivia o período de “reserva de mercado”, no qual eram proibidas as importações de itens de informática. Apesar das limitações, o grupo estava decidido a avançar com suas ideias. As limitações relacionadas aos equipamentos disponíveis no mercado local de certa forma direcionaram as atividades do grupo, que decidiu desenvolver localmente os periféricos necessários para os projetos, tais como: placas de circuitos, conversores analógicos-digitais (Tachinardi *et al.* 1987), gravadores de Holter (Freitas *et al.*, 1989), filtros digitais e, inclusive, impressoras matriciais para impressão de traçados e laudos. Outro fator importante para essa decisão foi a formação da maioria dos profissionais e estudantes, que era Engenharia Eletrônica, com especialização em Engenharia Biomédica.

Os primeiros microcomputadores começaram a ser utilizados em projetos de pesquisa na metade da década de 80, no Projeto para Análise de Pressão Arterial em Longa Duração (Gutierrez *et al.*, 1987; Lage *et al.*, 1987). Antes disto, alguns projetos utilizaram os “clones” brasileiros do computador *Apple* (Tachinardi *et al.*, 1987). A figura 1 apresenta um resultado obtido em um desses trabalhos (Gutierrez *et al.*, 1987), no qual se apresenta uma curva obtida experimentalmente para avaliar aspectos envolvidos na função cardiovascular.

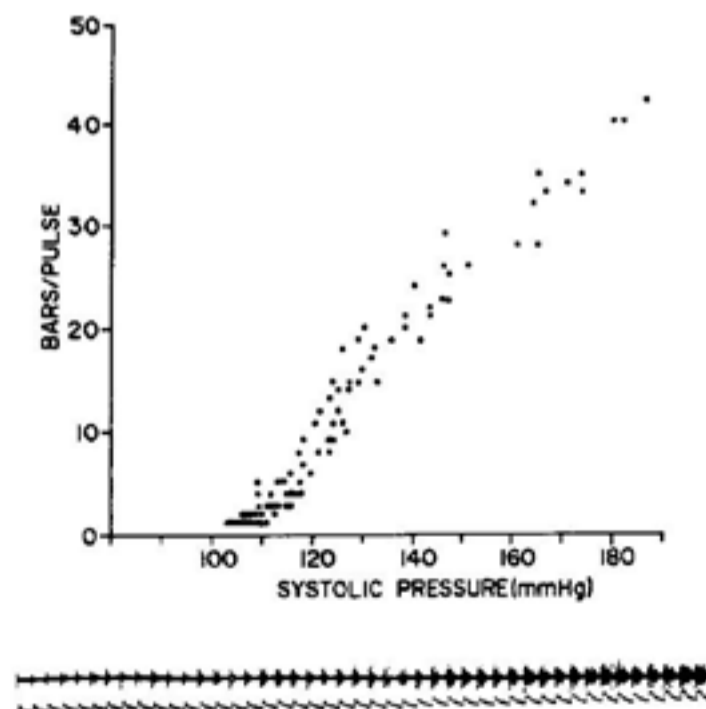


Figura 1. Curva obtida em trabalho de 1987, “A microcomputer system for quantitative analysis of neural activity in the regulation of the cardiovascular system”. Figura retirada de (Gutierrez *et al.*, 1987).

Na segunda metade da década de 80, ficou claro para o grupo que os microcomputadores do tipo PC seriam fundamentais para o futuro dos sistemas hospitalares. Iniciaram-se, então, os primeiros testes envolvendo interfaces gráficas nas aplicações em microcomputadores, em substituição aos terminais monocromáticos e padrão tipo texto (Lage *et al.*, 1992).

No final da década de 80, o InCor iniciou um grande estudo para direcionar os investimentos em Tecnologia da Informação e Comunicação. Um Plano Estratégico de Informática foi proposto, com a ajuda de consultoria externa. Como resultado, a versão final do documento apontou para novas opções tecnológicas e mudanças nos objetivos do Serviço de Informática. O principal resultado deste estudo apontou para a necessidade de criação de um sistema integrado de informações hospitalares baseado em rede (tecnologia ainda não bem estabelecida à época), minicomputadores servindo microcomputadores e, mais importante, um gerenciador de banco de dados institucional.

A preparação para as mudanças tecnológicas propostas no plano necessitou de alguns anos e muito investimento.

### *2.3. Anos 90: as grandes mudanças*

Os equipamentos e *software* necessários para suportar as novas tecnologias foram adquiridos entre 1990 e 91. O minicomputador DECVAX 6420, a rede DECnet e o banco de dados DECRdb constituíram a plataforma básica para o primeiro movimento do InCor em direção ao Sistema de Informações (SI) Hospitalares (Tachinardi *et al.*, 1993). A principal mudança foi a introdução de chamadas SQL ao sistema COBOL. Ao mesmo tempo, as primeiras aplicações começaram a ser desenvolvidas para ambiente *Microsoft Windows*, utilizando uma ferramenta de desenvolvimento (*Magic*), capaz de produzir aplicativos tanto para os PC quanto para os Terminais Monocromáticos. Era o início da arquitetura cliente-servidor, que se consolidou nos anos seguintes. Utilizando esta nova arquitetura, um Sistema de Laudos para a Radiologia foi desenvolvi-

do, e se tornou o primeiro sistema envolvendo informações clínicas disponibilizado pelo grupo (Tachinardi *et al.*, 1993).

Na área de processamento de sinais e imagens, o grupo desenvolveu uma grande biblioteca que permitiu pesquisas científicas em Tomografia, Medicina Nuclear (Furuie e Mascarenhas, 1992; Gutierrez *et al.*, 1996), Estudos de Hipertensão (Gutierrez *et al.*, 1989a; Gutierrez *et al.*, 1989b), Teste de Função Pulmonar, Processamento de Imagens 3D (Gutierrez *et al.*, 1993; Gutierrez *et al.*, 1994), Análise de Estudos de Hemodinâmica (Furuie *et al.*, 1999), entre outros.

Os anos 90 também registram os primeiros passos para o estabelecimento de uma rede global de computadores. A primeira conexão do InCor à rede Acadêmica foi uma linha privada de 9600 bps com a FAPESP. Com esta conexão, o InCor passou a fazer parte da BitNet através do protocolo DECnet. Alguns anos depois, toda a tecnologia de rede foi substituída por TCP/IP, e o InCor foi o primeiro hospital abaixo da linha do Equador a ter uma faixa de endereços IP exclusiva.

Em 1992, uma nova tecnologia baseada em um novo serviço, HTTP, surgiu na forma de um “browser” (Lynx) baseado em caracteres, que permitiu o acesso à produção científica registrada no Medline. Logo em seguida o *browser* tipo texto foi substituído pelo *Mosaic*, precursor do *Netscape* e *Internet Explorer*, para o acesso à informação em modo gráfico disponível na internet, a rede mundial que então se iniciava.

A habilidade do grupo em desenvolver aplicações envolvendo objetos multimídia (imagens médicas e sinais) aliada ao desejo de tê-los representados como informações estruturadas e integradas às demais informações clínicas, ajudaram na visão de um Prontuário Eletrônico via interface gráfica padrão web (Tachinardi *et al.*, 1995).

Em meados dos anos 90 dois novos servidores foram adquiridos, adicionando mais poder computacional e memória, possibilitando assim a disponibilização de um número maior de informações dos pacientes.

Em 1998, em parceria com o Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores da Universidade de São Paulo (LARC-EPUSP), o Centro de Computação Eletrônica da Universidade de São Paulo (CCE-USP), o Departamento de Informática em Saúde da Universidade Federal de São Paulo (DIS-UNIFESP), Departamento de Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), a Telefonica e a operadora de TV a cabo NET, foi iniciado um novo projeto envolvendo redes de alta velocidade. O Projeto REMAV, que deu início no país a uma rede de alta velocidade conectada à Internet-2, foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e teve também o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). A rede e seus serviços foram inaugurados, em novembro de 1999, pelo Governador do Estado de São Paulo, através da transmissão de uma sessão de videoconferência multiponto entre várias instituições. A partir de então, vários casos clínicos têm sido discutidos entre o InCor e Instituições no País e no Exterior, utilizando a infraestrutura implantada pelo SInfo (Gutierrez *et al.*, 1999). A infraestrutura ainda está ativa e usa, na sua camada de transporte, o protocolo IP sobre ATM.

O final da década de 1990 foi também marcado pelo desenvolvimento de um Sistema PACS (*Picture Archiving and Communication System*), para atender às necessidades institucionais na aquisição, transmissão e armazenamento de imagens médicas. A primeira modalidade escolhida como caso de uso foi a angiografia, ou cateterismo, que à época era o cenário mais complexo em termos de imagens presente no hospital. As imagens dinâmicas de alta resolução normalmente necessitam de mais de 300GB por exame e o hospital realiza mais de 30 exames por dia. Desenvolver uma sistema para aquisição, transmissão, armazenamento e visualização dessas imagens foi um enorme desafio (Furuie *et al.*, 1999). Em 1998, os primeiros estudos de hemodinâmica estavam sendo manipulados pelo PACS desenvolvido no InCor e, pouco depois, os estudos desta modalidade também podiam ser visualizados em interface gráfica via web.



Na segunda metade da década de 90 também ocorreram as primeiras tentativas de implantação de um Sistema Corporativo para todo o Complexo do Hospital das Clínicas. A modelagem dos processos existentes no Complexo HC-FMUSP consumiu meses de trabalho de todas as equipes de TI das Instituições. O projeto teve reconhecimento nacional na forma do prêmio como o melhor Projeto de TI Governamental (CONIP) (Moura *et al.*, 1998). O projeto foi encerrado com a mudança na administração do HC-FMUSP, mas as suas raízes, em termos de modelos de dados e arquitetura, são os pilares do Sistema de Informações do InCor.

Encerrando esse período, uma nova ideia tornou-se realidade: a introdução de monitoração de sinais vitais em tempo real para o Prontuário Eletrônico. Como parte do processo de modernização do InCor, que incluiu a construção de um novo prédio, chamado de Bloco II, uma nova geração de monitores beira-de-leito foi adquirida. O Serviço de Informática foi envolvido no processo de definição tecnológica, de tal forma que os monitores pudessem ser integrados à rede de informática. Durante este processo, a ideia de uma parceria com o fornecedor possibilitou a inclusão de novas funcionalidades aos monitores e a completa integração à rede. Como parte do contrato com o fabricante (Siemens), um visualizador de sinais vitais em tempo-real, via web, foi desenvolvido. O visualizador foi integrado ao Prontuário Eletrônico do InCor, possibilitando a pesquisa de dados retrospectivos e em tempo real dos pacientes internados (Tachinardi *et al.*, 2001). A extensão deste esforço para uma nova família de produtos baseada em redes sem-fio (*wireless*) e dispositivos móveis (PDA) deram início à disponibilização do Prontuário Eletrônico de maneira mais ampla (Oliveira *et al.*, 2002; Rebelo *et al.*, 2002). A figura 2 apresenta a arquitetura da solução proposta para integração dos dados de monitores de beira-de-leito ao prontuário do paciente.

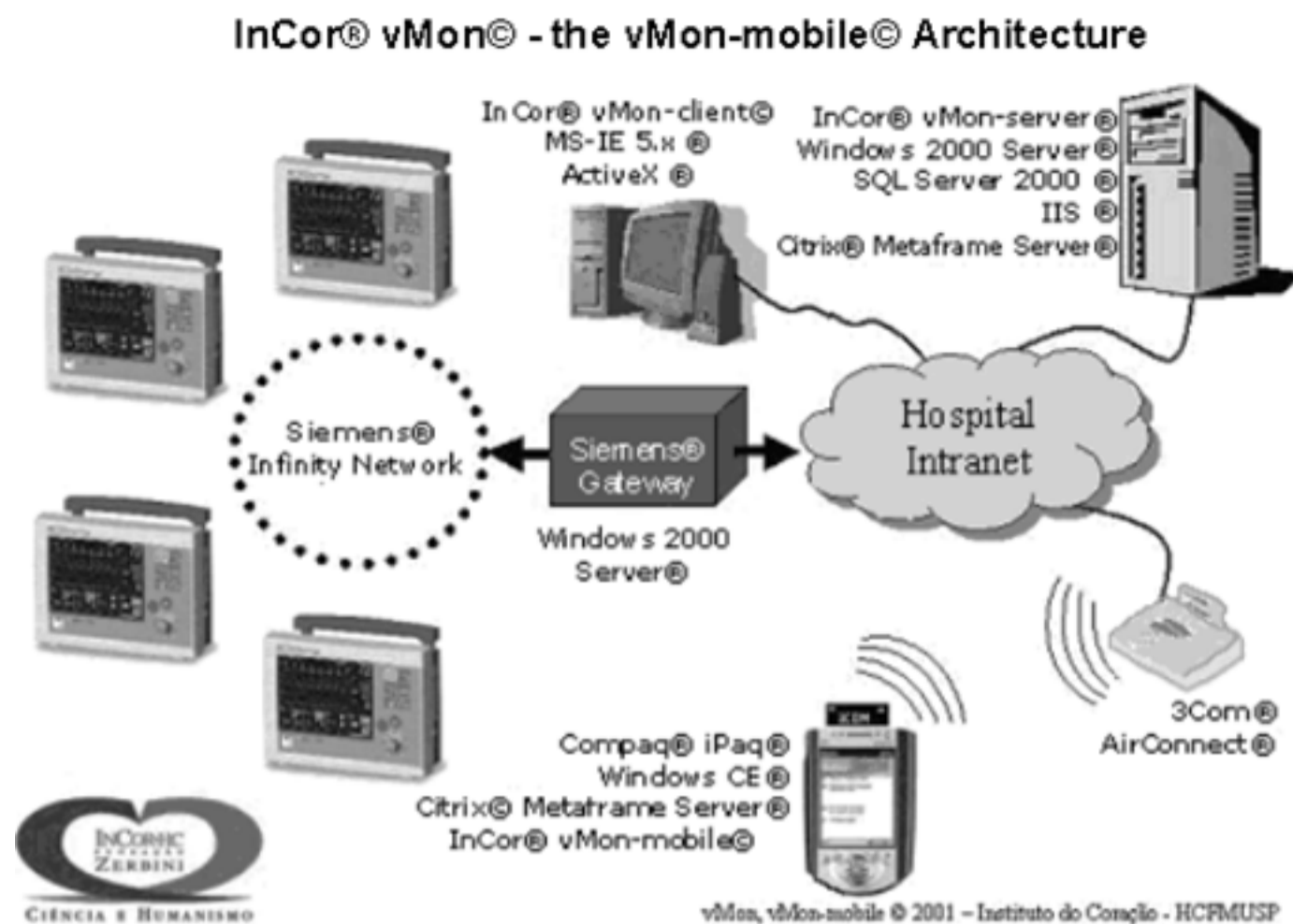


Figura 2. Integração dos dados de monitores de beira-de-leito ao Sistemas de Informação InCor. Figura retirada de (Tachinardi et al, 2001).

#### 2.4. Anos 2000: rumo à mobilidade

No início do novo milênio, a utilização intensa de recursos de tecnologia de informação e comunicação torna-se uma realidade para a maioria das grandes Instituições de Saúde. Com o aumento da complexidade técnica e expansão do conhecimento acumulado, o profissional da Saúde, em especial o médico, passa a depender cada vez mais, de novas tecnologias no apoio à sua atividade. A figura do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) surge como um importante aliado contemporâneo destes profissionais. Da mesma forma, a gestão operacional/administrativa dos sistemas de Saúde utiliza fluxos de processos que podem se beneficiar de automação.

Nesse contexto, o SInfo decidiu modelar, desenvolver e implantar uma nova versão de seu Prontuário Eletrônico, que foi chamado de Sistema In-

tegrado de Informações InCor (SI<sup>3</sup>), de forma a torná-lo mais abrangente e visando à necessidade da troca de informações entre diferentes instituições (Gutierrez *et al.*, 2004). Uma das etapas mais importantes no desenvolvimento do projeto foi a modelagem dos dados do paciente. A modelagem abrangeu todas as possíveis fontes de informações de um paciente em uma instituição de Saúde: dados demográficos e clínicos, incluindo sinais vitais e imagens médicas. A solução proposta permite, atualmente, o acesso à informação do paciente da instituição de forma integrada, rápida, eficiente e segura. O acesso distribuído de todos os dados integrados do Sistema de Informações Clínicas é disponibilizado via interface padrão web, o que permite independência da plataforma de *hardware* utilizada para o acesso. O sistema desenvolvido permite também uma melhor gestão dos recursos da saúde na instituição, seja em materiais, ocupação de leitos e custos dos procedimentos, informações que podem ser obtidas em tempo-real e através de interfaces padronizadas (Furuie *et al.*, 2002; Gutierrez *et al.*, 2004; Furuie *et al.*, 2007). A equipe clínica prescreve medicamentos, procedimentos, cuidados e emite laudos diretamente no sistema, sem a necessidade do preenchimento de formulários em papel. Com esta funcionalidade, todas as informações necessárias para a cadeia produtiva tais, como a dispensação pela farmácia, administração de medicamentos e/ou cuidados pela Enfermagem e a reserva de salas e/ou equipamentos para exames complexos e de alto custo (Tomografia, Ressonância Magnéticas, entre outros) ficam disponíveis para consulta em tempo-real. Atualmente estão registrados no SI<sup>3</sup> mais de 1,3 milhão de pacientes com todos os seus dados assistenciais, resultando em mais de 136 Tera Bytes de dados, sendo 16 Tera Bytes *online* e 120 Tera Bytes *off-line* (fitas de alta velocidade DLT e LTO), registrados ao longo das últimas duas décadas. Esse volume extraordinário de dados, provavelmente único no País, inclui: todos os registros de prescrição de medicamentos, exames e cuidados, laudos de laboratório, exames com imagens e seus laudos e sinais vitais. Na figura 3, apresentam-se algumas telas do SI<sup>3</sup>.

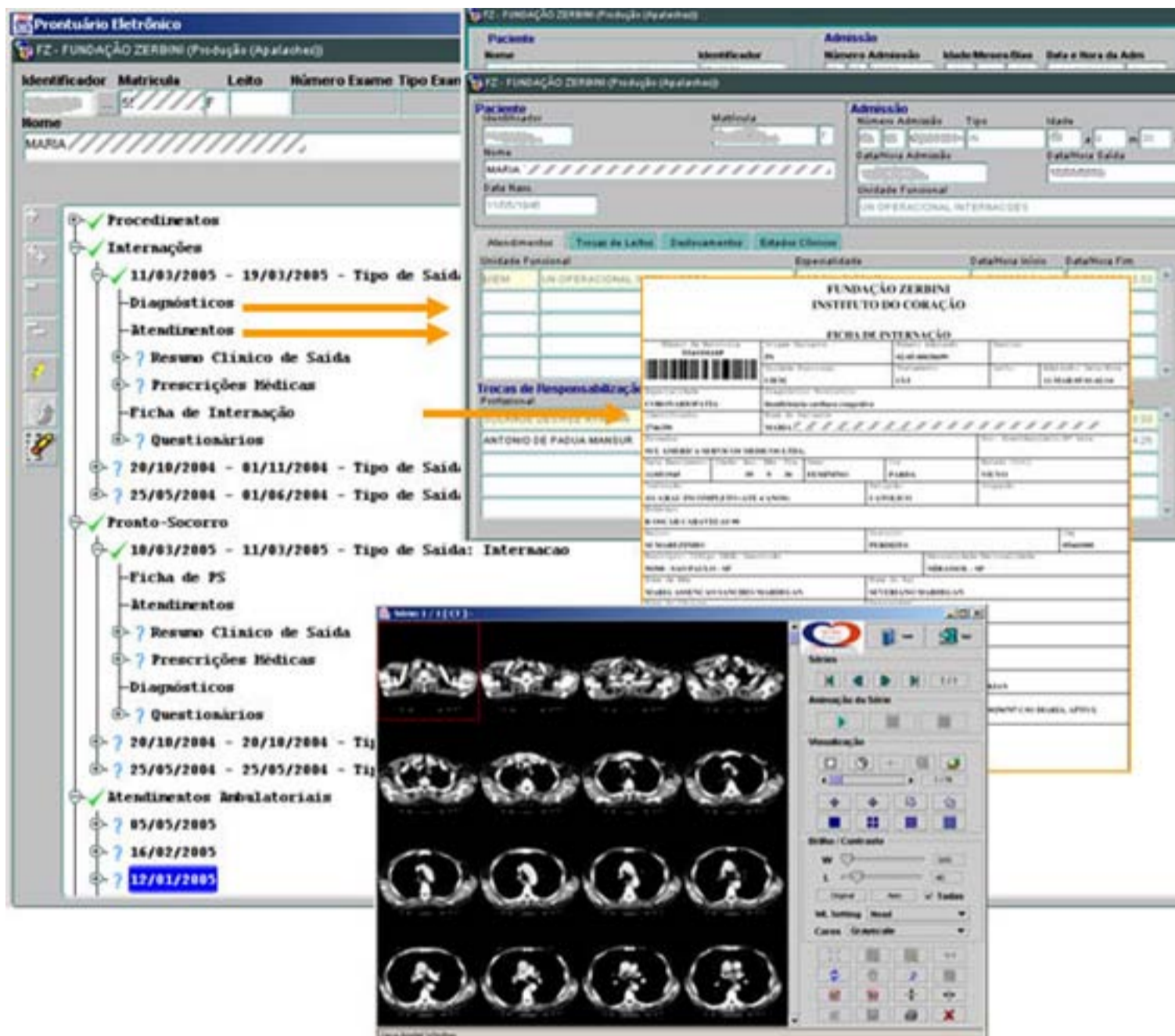


Figura 3. Algumas telas do SI3 destacando: à esquerda alguns tipos de admissão, como internações, pronto-socorro e atendimentos ambulatoriais; à direita, detalhes da ficha de internação e um exame de imagens.

Apesar das enormes vantagens já alcançadas, persistia o desafio de se adaptar os sistemas desenvolvidos pela equipe e disponibilizados para uso em rotina clínica à grande mobilidade dos profissionais de Saúde. Para estender algumas das funcionalidades do PEP a um número maior de dispositivos e, além disso, testar novos mecanismos para interação homem-máquina um novo projeto CNPq permitiu a implantação de uma rede *Wi-Fi*, com cobertura nas principais unidades de internação, em especial nas Unidades de Terapia Intensiva. Um conjunto de aplicações foi desenvolvido especialmente para estes dispositivos. Dentre as aplicações desenvolvidas destacavam-se: a) Controle

Diário da Ocupação de Leitos, no qual o profissional de enfermagem, através do dispositivo móvel, faz a conferência pelos códigos de barras do leito e do paciente, com as informações previamente armazenadas no PEP; b) Confirmação da Administração de Medicamentos pela equipe de enfermagem, com baixa automática e em tempo-real no estoque e envio das informações para a conta do paciente; c) *vMonGluco*, um sistema baseado em *Pocket PC*, capaz de registrar e transmitir em tempo-real para o PEP, segundo o padrão HL7, os níveis de glicose em pacientes graves internados na UTI (Murakami *et al.*, 2005). Tradicionalmente, o controle dos níveis de glicose nesses pacientes é feito através de medições constantes (a cada hora, aproximadamente), a partir de pequenas amostras de sangue. Esse método é bastante trabalhoso para a equipe de enfermagem; além disso, eventos de hipo ou hiperglicemia são detectados muito tardiamente. O *vMonGluco*, pelo seu caráter inédito, teve o seu registro de patente requerido junto ao INPI. Embora a adoção de dispositivos móveis compactos tenha oferecido um recurso essencial à beira-de-leito, possibilitando a coleta e disponibilização de informações no ponto de cuidado do paciente, estes dispositivos ainda se mostraram limitados, devido, principalmente, à autonomia das baterias em um ambiente de rede *Wi-Fi* e à própria fragilidade e robustez do dispositivo. Para superar estas limitações, foi desenvolvido um novo conceito para sistemas móveis, denominado *MedKart*, composto por um carro e notebook *embedded*, com acesso à rede *Wi-Fi*, periféricos para leitura de códigos de barra e nobreak, o qual oferece autonomia para utilização em regime contínuo por mais de 4 horas (Gutierrez *et al.*, 2008). Na figura 4, apresenta-se uma imagem com o *MedKart*.



Figura 4. Imagem mostrando o equipamento *MedKart*.

Em paralelo ao desenvolvimento de sistema para aquisição de dados, a percepção de que a procura pela descoberta de informação e conhecimento contidos no enorme volume de dados coletados em Saúde foi, naturalmente, o passo seguinte, que levou o grupo a iniciar uma nova linha de pesquisas, na área de mineração de dados. O primeiro grande projeto foi o MINERSUS, que consistiu na construção de um *Data Warehouse* (DW) a partir de dados do SUS no estado de São Paulo, compreendendo o período de 10 anos (2000 a 2009). O projeto visava o desenvolvimento de um ambiente consolidado para possibilitar a geração de relatórios e a análise de dados utilizando ferramentas de *Data Mining* (DM) (Santos, 2007). Os dados utilizados no projeto são oriundos dos principais sistemas de informação do SUS: Sistema de Atendimento Ambulatorial (SIA), Sistema de informações Hospitalares (SIH) e Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) (DATASUS, 2010). Desde a sua criação, a ferramenta tem sido utilizada em aplicações na área de epidemiologia (Abrahão *et al.*, 2010a; Abrahão *et al.*, 2010b).

O aumento da abrangência das áreas de atuação não impediu que o grupo continuasse atuando fortemente em uma de suas áreas de pesquisa mais tradicionais, o processamento de imagens médicas. Pesquisas em reconstrução tomográfica (Paladino e Furuie, 2006; Furuie *et al.*, 2007), segmentação (Rebello *et al.*, 2007, Lage *et al.*, 2008), análise (Gutierrez *et al.*, 2002; Gutierrez *et al.*, 2003; Sales *et al.*, 2008; Matsumoto *et al.*, 2010; Rebello *et al.*, 2010) e visualização de imagens (Moreno e Furuie, 2004; Rebello *et al.*, 2008, Moreno *et al.*, 2008) continuam elementos fortes na cartilha de projetos do grupo. Na figura 5, apresenta-se uma imagem com os resultados obtidos na área de quantificação de movimento de imagens.

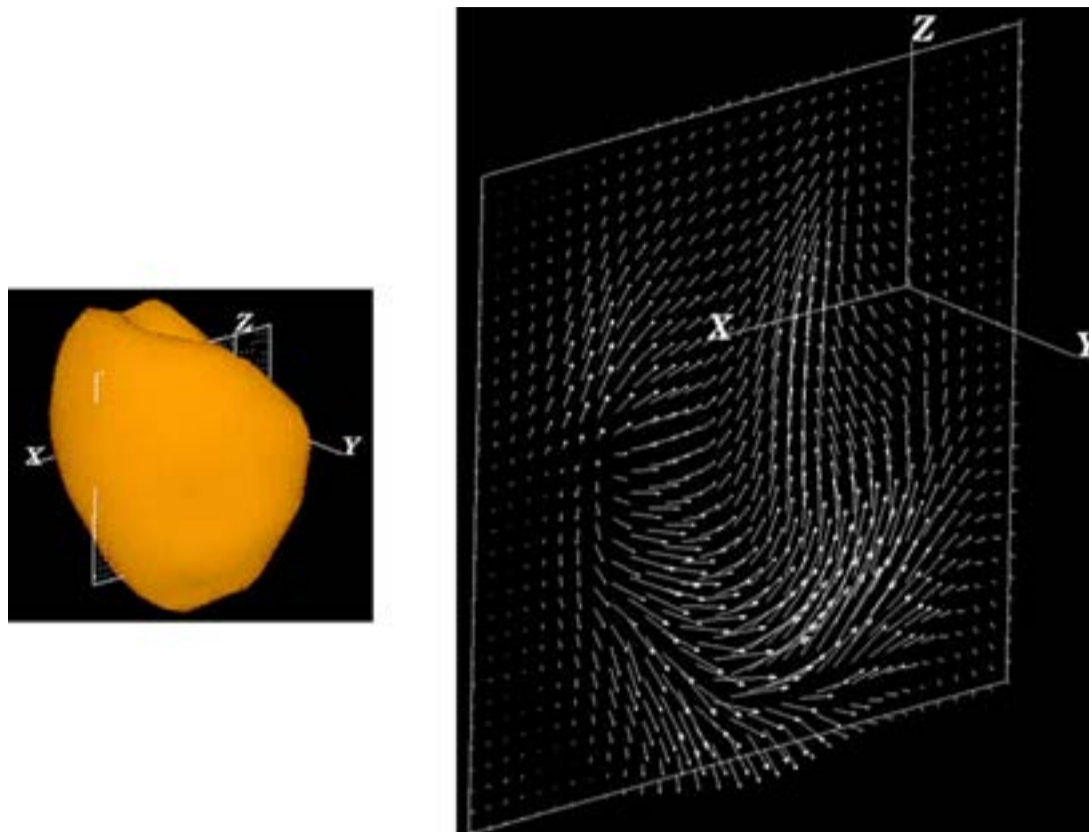


Figura 5. Esquerda: renderização de um ventrículo esquerdo obtido em tomografia por emissão de fóton único; direita: campo de vetores de velocidade no corte destacado na parte esquerda da figura. (Figura adaptada de Gutierrez 2003).

Com o aparecimento de novos equipamentos de imagens que geram volumes de dados cada vez maiores, como os tomógrafos helicoidais que pode gerar dados cardíacos de até 4 Gigabytes, e com a crescente complexidade dos algoritmos para processamento e visualização de imagens, surge uma nova ferramenta, o *Grid* Computacional (Gutierrez *et al.*, 2007). O grupo faz parte do EELA2-Consortium e tem trabalhado na integração de dados de PACS à infraestrutura de *grid* computacional do EELA2<sup>2</sup>.

### 2.5. Formação de Recursos Humanos

Durante toda a trajetória descrita acima, o SInfo contou com colaboradores muito especiais, os seus estudantes. A formação e recursos humanos de

---

<sup>2</sup> O EELA2-Consortium tem como objetivo desenvolver um Recurso de *Grid* de alta capacidade, escalável e com qualidade de produção, para fornecer acesso mundial ininterrupto a recursos distribuídos de rede, armazenamento e computação, necessários para o amplo espectro de Aplicações das Colaborações Científicas Europeias e Latinoamericanas.

alto nível de áreas tecnológicas para atuação na área da Saúde sempre foi, e continua sendo, um dos principais objetivos da equipe. Ao longo de sua trajetória, vários futuros pesquisadores do SInfo iniciaram sua trajetória como pesquisadores do grupo. A maioria, entretanto, está exercendo suas funções e disseminando o conhecimento adquirido em sua passagem pelo grupo em diversas instituições de pesquisa e ensino espalhadas pelo país.

### *3. Desafios atuais*

A Saúde passa por importantes transformações. Pressionada pelos altos custos e maiores dificuldades de financiamento, buscam-se alternativas. A crise de identidade das Instituições de Saúde não é privilégio isolado, é um fato, tem abrangência planetária e não pode ser ignorado. Conhecer os pontos fortes (e fracos) é fundamental. Traçar metas e estratégias que permitam transformar-se e adaptar-se constantemente é o segredo. O Serviço de Informática do InCor tem discutido e analisado em profundidade estas questões. O papel da instituição “Hospital” para o futuro próximo e distante precisa ser definido. Esta definição exige o tratamento adequado das questões estruturais e circunstanciais. Tendências como a de desospitalização precoce, fortemente impulsionada pelo aumento de eficácia e popularidade de cirurgias menos invasivas; os mecanismos de padronização de cuidados assistenciais, através do uso de algoritmos, ou protocolos, de “boas práticas”; o aumento da importância da assistência domiciliar (“homecare”); as pressões (justas) da sociedade consumidora, envolvendo fatores comerciais, éticos e legais; a mudança de orientação da medicina tradicional curativa para uma medicina preventiva e finalmente as questões técnicas, envolvendo novas modalidades de diagnóstico e terapêutica provocam a imaginação e devem ajudar a orientar o futuro.

Neste complexo cenário surge um conjunto de tecnologias capaz de ajudar a traçar estes novos rumos. A Telemedicina, capacidade de distribuição



de produtos e serviços de Saúde à distância, permite projetar novas estruturas, virtuais, onde o conhecimento torna-se o principal recurso. Em 1999, o Serviço de Informática do InCor, junto com parceiros estratégicos, deu um importante passo nesta direção. Naquele ano entrou em operação no InCor, pela primeira vez em um hospital brasileiro, a *Internet 2*. Com características mais adequadas a aplicações tipo missão-crítica, comuns na área da Saúde, a *Internet 2* possibilitará ao InCor construir as fundações para uma nova fase. Imaginamos que esta nova fase será caracterizada por ações remotas de 1ª e 2ª opinião, impulsionará definitivamente as técnicas de Telerradiologia, Telecirurgia e ensino à distância. Neste sentido, aplicações baseadas em *Internet 2* estão em desenvolvimento e novas formas de monitoração de pacientes já se encontram implantadas.

Por outro lado, tem-se verificado nos últimos anos uma mudança significativa em direção a uma abordagem translacional nas metodologias de pesquisa, que implica a integração de diversos campos do saber (Payne et al 2009). Um exemplo dessa mudança é o lançamento, pelo *National Institutes of Health* (NIH), da *Roadmap initiative* (Zerhouni, 2003), que resultou na criação do programa de Prêmio da Ciência Clínica e Translacional (*Clinical and Translational Science Award - CTSA*) (Zerhouni, 2005). Uma questão citada em muitas discussões e trabalhos que tratam dessa evolução está relacionada aos desafios e necessidades ligados à aquisição, gerência, integração, análise e disseminação em larga escala dos conjuntos de dados biomédicos (Payne 2009).

Em uma instituição médica de pesquisa de grande porte, como é o caso do InCor um enorme volume de dados é coletado continuamente em seu Sistema Integrado de Informações InCor (SI<sup>3</sup>), um Sistema de Informação Hospitalar amplo e com características únicas para a pesquisa. Entretanto, o acesso a esses dados com finalidade de pesquisa frequentemente representa um desafio, primeiramente devido a restrições ao acesso para proteger a privacidade e confidencialidade dos dados do paciente (Erdal *et al.*, 2009). Além disso, os da-

dos armazenados em sistemas desenvolvidos com o propósito da assistência ao paciente normalmente não estão estruturados de forma a permitir o acesso e a análise desses dados em pesquisas clínicas. Outro fato que limita o uso desses grandes repositórios para a pesquisa clínica é a ausência de ferramentas automatizadas, intuitivas, que possam ser utilizadas diretamente pelo pesquisador, de modo a extrair informação e conhecimento a partir de grandes volumes de dados. Consciente e atento a esses desafios, o Serviço de Informática do InCor já está iniciando dois Projetos no sentido de disponibilizar ferramentas e avaliar metodologias que permitam obter novos conhecimentos clínicos e epidemiológicos a partir das bases de dados assistenciais do InCor, de dados do DATASUS e de bases de dados genômicos.

Na área de processamento e análise de imagens, o grupo, em parceria com diversas instituições de pesquisa no Brasil e no exterior, participa de uma experiência arrojada, a de viabilizar um Instituto Virtual de pesquisadores trabalhando aplicações computacionais complexas em Medicina. Desde 2009, o Serviço de Informática do InCor é um dos Laboratórios Associados do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC). Entre as metas deste INCT estão o desenvolvimento de aplicações que permitam a integração de dados de Saúde usando tecnologia de rede avançada, também a modelagem de sistemas em várias aplicações de Medicina e a criação de recursos humanos na área.

#### *4. Considerações Finais e Desafios Futuros*

Após mais de 30 anos de atividade, o Serviço de Informática do Instituto do Coração está renovado e com foco em suas atividades de pesquisa e desenvolvimento. As realizações obtidas por mais de uma geração de profissionais e estudantes é motivo de orgulho e motivação para toda a equipe. Ao longo deste texto, foram destacadas as principais contribuições da equipe, que sempre esteve atenta às tendências de seu tempo, e muitas vezes, antecipou-se a

elas. A evolução da atuação da equipe reflete a evolução das tendências científicas da área ao longo desse período. Inicialmente envolvida em projetos mais pontuais na década de 70, atualmente as linhas de atuação da equipe sempre são direcionadas a projetos que envolvem integração. Integração de dados, de recursos computacionais e com outros grupos de pesquisa.

Muito provavelmente, os desafios futuros do SInfo envolverão o desenvolvimento e implantação de ferramentas de análise de dados, para a mineração do gigantesco conjunto de dados de assistência, coletados ao longo das últimas décadas. Serão necessárias ferramentas de análise de modo intuitivo para o pesquisador da área da Saúde e que, embora desenvolvidas pelo SInfo, esses pesquisadores possam de modo independente e a partir dos requisitos de confidencialidade e segurança explorar o conteúdo das informações registradas da população atendida pelo InCor.

A característica peculiar de ser uma equipe de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia da Informação, que atua dentro do ambiente hospitalar, traz consigo diversas vantagens. A possibilidade de atuar lado a lado com a equipe clínica permite uma visão mais acurada dos problemas envolvidos na geração e manipulação da informação em Saúde. A relação custo-benefício e a qualidade da informação são fatores que definem o sucesso, ou insucesso, de qualquer projeto. A visão da equipe do SInfo sempre foi a de otimizar ambos os parâmetros.

## *AGRADECIMENTOS*

O Serviço de Informática do InCor existe por causa da genialidade de um homem que teve o sonho de criar uma equipe altamente capacitada atuando na área de Pesquisa e Desenvolvimento de aplicações de TI na área da Saúde. Este homem, Candido Pinto de Melo, foi o Diretor do SInfo até a sua morte, em 2002. Mentor de todos os profissionais do departamento, ele é a principal razão de todas as realizações do grupo. Este capítulo é dedicado a ele, assim

como a todos os profissionais e estudantes que atuam e atuaram na equipe.

Os autores também agradecem a todos os órgãos de fomento que patrocinaram os projetos descritos neste texto: CNPq, FINEP, FAPESP, Fundação Zerbini e SEPIN. Vários dos projetos só foram possíveis graças a parcerias com empresas privadas, que nos proporcionaram financiamento e suporte técnico: *Siemens, DEC, Compac, HP, 3Com, Medtronic, Microsoft*, entre outras.

## *REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. Abrahão MT, Soares TJ, Nobre M, Rebelo MS, Pires FA, Gutierrez MA. Avaliação do uso de medicação de alto custo no tratamento da artrite reumatóide no Estado de São Paulo, a partir da mineração de dados do SUS. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. 2010a. 21 a 25/11/2010. Tiradentes, MG.
2. Abrahão MT, Soares TJ, Pires FA, Gutierrez MA, Nobre M. Data Warehouse com dados da Saúde Pública: Estudo de Caso sobre o Tratamento de Doença Cardiovascular Aterosclerótica no Estado de São Paulo. Anais do Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. 2010b. 18 a 22/10/2010. Porto de Galinhas, PE.
3. Arenson RL, Andriole KP, Avrin DE, Gould RG. Computers in Imaging and Health Care: Now and in the Future. *Journal of Digital Imaging*. 2000; 13(4): 145-156.
4. DATASUS. Serviços - Transferência de Arquivos. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS>, visitado em 04/08/10.
5. Erdal S; Catalyurek UV, Payne PRO, Saltz J, Kamal J, Gurcan MN. A Knowledge-Anchored Integrative Image Search and Retrieval System. *Journal of Digital Imaging*. 2009; 22(2): 166-182.

6. Freitas MTP, Furuie SS, Melo CP. Gravador de Três Canais para Sinais Biológicos. *Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Engenharia Biomédica*. 1989 Jun; 6(1): 41-51.
7. Furuie SS, de Pierro AR, Mascarenhas NA, Meneghetti JC. Simultaneous reconstruction of activity and attenuation in PET: crosstalk measurements. *Proc. of SPIE* . 2007; 6510: 65105B.
8. Furuie SS, Gutierrez MA, Bertozzo N, Figueiredo JCB, Yamaguti M. Archiving and retrieving long-term cineangiographic images in a PACS. *IEEE Computers in Cardiology' 99 - IEEE Pres.* 1999; 435-438.
9. Furuie SS, Gutierrez MA, Bertozzo NB, Figueiredo JCB, Yamaguti M. Archiving and retrieving long-term cineangiographic images in a PACS. *IEEE Computers in Cardiology' 99 - IEEE Press.* 1999; 435-438.
10. Furuie SS, Mascarenhas NDA. Tomographic reconstruction of images with Poisson noise: projection estimation. *Automedica*, 1992; 15(2): 133-402.
11. Furuie SS, Rebelo MS, Moreno RA, Figueiredo JCB, Bertozzo N, Motta GHMB, Nardon FB, Oliveira PPM, Tachinardi U, Gutierrez M.A. Prontuário eletrônico de pacientes: integrando informações clínicas e imagens médicas. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*. 2003; 19(3): 125-137.
12. Furuie SS, Rebelo MS, Moreno RA, Santos M, Bertozzo N, Motta GHMB, Pires FA, Gutierrez MA. Managing Medical Images and Clinical Information: InCor's Experience. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2007; 11(1): 17-24.
13. Furuie SS, Tachinardi U; Leite JJ, Moffa P. Exercise Vectocardiography. *Med. & Biol. Eng. & Comp.* 1985; 23(1): 96-97.
14. Furuie SS; Tachinardi,U. A Method to Localize Myocardial Infarction Using Magnetocardiography : Simulation Studies. *Med.& Biol. Eng.& Computing*. 1989 May; 27:307-313.

15. Greenes RA, Shortliffe EH. Medical Informatics: An Emerging Academic Discipline and Institutional Priority. *JAMA*. 1990 Feb 23; 26(8): 1114-1120.

16. Gutierrez MA, Cestari IA, Hamamoto G, Bachta S, Rebelo MS, Silva JEMM, Lage SG. Development of a mobile HIS/PACS workstation to assist critical cardiac patients in an intensive care unit. *Proceedings of SPIE*. 2008; 6919: 691915.

17. Gutierrez MA, Furuie SS, Nicoletis MA, Lage S. Developing a Multi-purpose Microcomputer - Based System for Biological Signal Analysis for Cardiovascular Protocols. *IEEE Computers in Cardiology*. 1987; 14: 505-508.

18. Gutierrez MA, Furuie SS, Rebelo MS, Moura L, Moro CMC, Melo CP, Meneghetti JC. Quantification of myocardial kinematics in perfusion images from gated SPECT. *Computers in Cardiology'96 - IEEE Press*. 1996; 433-436.

19. Gutierrez MA, Furuie SS, Yamaguti M, Vitorino AJ, Figueiredo JCB, Pilon PE, Carvalho TC, Ruggiero WV. A superhighway network to exchange cardiac images in a metropolitan area. *IEEE Computers in Cardiology 1999*. 1999; 26: 33-36.

20. Gutierrez MA, Ida F, Furuie SS, Irigoyen C, Krieger EM, Melo CP. A micro-computer system for quantitative analysis of neural activity in the regulation of the cardiovascular system. *IEEE Computers in Cardiology*. 1989a; 16: 471-473.

21. Gutierrez MA, Ida F, Furuie SS, Irigoyen C, Krieger EM, Melo CP. Um sistema microcomputadorizado para análise quantitativa da atividade neural na regulação do sistema cardiovascular. *Revista Brasileira de Engenharia*. 1989b; 6: 294-297.

22. Gutierrez MA, Moura L, Melo CP, Alens N. 3d Analysis Of Left Ventricle Dynamics. *IEEE Computers in Cardiology 1994*. 1994; 21: 201-204.

Gutierrez MA, Moura L, Melo CP, Alens N. Computing Optical Flow in Cardiac

Images for 3d Motion Analysis. *IEEE Computers in Cardiology* 1993. 1993; 20: 37-40.

23. Gutierrez MA, Pilon PE, Lage SG, Kopel L, Carvalho RT, Furuie SS. Automatic Measurement of Carotid Diameter and Wall Thickness in Ultrasound Images. *Computers in Cardiology*. 2002 (29): 359-362.

24. Gutierrez MA, Rebelo MS, Furuie SS, Meneghetti JC. Automatic quantification of three-dimensional kinetic energy in gated myocardial perfusion single-photonemission computerized tomography improved by a multiresolution technique, *Journal of Electronic Imaging*. 2003; 12(1): 118-124.

25. Gutierrez MA. Furuie SS, Rebelo MS, Pires FA, Moreno RA, Santos M. Implementation of an integrated hospital information system using an open-source three-tier architecture. *Proceedings of SPIE*. 2004; 5371: 23-30.

26. Gutierrez MA, Lee J, Zoub Z, Pilon PE, Lage SG. Utilization of a Global Data Grid Repository in CAD Assessment of Carotid Wall Thickness. *Proceedings of SPIE*. 2007; 6516: 651614.

27. Lage DM, Tsutsui JM, Furuie SS. Segmentação de Coronárias em Ecocardiografia 3d: um Estudo em Imagens Simuladas. *Anais do Congresso de Engenharia Biomédica*. 2008. 16 a 20/11/2008. Salvador, BA.

28. Lage S, Gutierrez MA, Furuie SS, Nicoletis MA. A Bedside Computerized System for Monitoring and Processing Biological Signals at Intensive Care units. *IEEE Computers in Cardiology* 1987; 14: 561-564.

29. Lage S, Gutierrez MA, Moura L, Kopel L, Medeiros C. A Neck Chamber System for Studying Baroreflex Function and Determining Carotid Diameter. *Proceedings of XIV Congress of the European Society of Cardiology*. 1992; 13: 358.

30. Matsumoto MMS, Cardoso FM, Lemos PA, Furuie SS. Coronary 3D reconstruction using IVUS images only: a numeric phantom investigation. *Procee-*

dings of SPIE 2010. 2010; 7629: 762915.

31. Moreno RA, Furuie SS. Utilização de contexto para visualização de Imagens Médicas. Anais do Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. 2004. 07 a 10/11/2004. Ribeirão Preto, SP.

32. Moreno RA, Santos M, Bertozzo N, Rebelo MS, Furuie SS, Gutierrez MA. Medical Image Distribution and Visualization in a Hospital Using CORBA. Proceeding of 30th Annual International IEEE EMBS Conference. 2008. 2008 Aug 21st to Aug 24th. Vancouver, Canada.

33. Moura L, do Amaral MB, Lira A, Tachinardi U, Teixeira AC, Yamamoto J. Renewing information infrastructure at Hospital das Clinicas. Proc AMIA Symp. 1998;:200-4.

34. Murakami A, Gutierrez MA, Lage SG, Rebelo MS, Granja LAR, Ramires JAF. Wireless Connection of Continuous Glucose Monitoring System to the Electronic Patient Record. Proceedings of SPIE. 2005; 5748: 522-529.

35. Oliveira PPM, Rebelo MS, Pilon PE, Gutierrez MA, Tachinardi U. vMon-mobile Provides Wireless Connection to the Electronic Patient Record. Proc. of SPIE:PACS and Integrated Medical Information System. 2002; 4685: 438-445.

36. Palladino FH, Furuie SF. Avaliação de um Algoritmo de Reconstrução Simultânea de Atividade e Atenuação em PET 3D. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. 2006. 10/2006. São Pedro, SP.

37. Payne PRO, Embi, PJ, Sen CK. Translational informatics: enabling high-throughput research paradigms. *Physiol Genomics*. 2009; 39: 131-140.

38. Rebelo MS, Aarre AKH, Clemmesen K-L, Brandão SCS, Giorgi MC, Meneghetti JC, Gutierrez MA. Determination of Three-Dimensional Left Ventricle Motion to Analyze Ventricular Dyssynchrony in SPECT Images. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 2010; 2010: 290695.



39. Rebelo MS, Furuie SS, Gutierrez MA, Costa ET, Moura LA. Multiscale representation for automatic identification of structures in medical images. *Computers in Biology and Medicine*. 2007; 37: 1183–1193.
40. Rebelo MS, Meneghetti JC, Gutierrez MA. Functional bull's eye based on three dimensional velocity information to quantify left ventricle motion in gated-SPECT. *Proceeding of 30th Annual International IEEE EMBS Conference*. 2008. 2008 Aug 21st to Aug 24th. Vancouver, Canada.
41. Rebelo MS, Oliveira PPM, Gutierrez MA, Pilon P, Tachinardi U. v-Mon-mobile: experiência na integração de monitores de sinais vitais ao PEP utilizando tecnologia de redes sem fio. *Anais do Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*. 2002. 29/09 a 02/10 de 2002. Natal, RN.
42. Sales FJR, Falcão JLAA, Falcão BAA, Furuie SS, Lemos PA. Estimation of Coronary Atherosclerotic Plaque Composition Based Only on Grey Scale Intravascular Ultrasound Images. *Computers in Cardiology*. 2009; 36: 645–648.
43. Santos RS. Ferramentas Computacionais para a Extração de Informações através da Mineração das Bases de Dados do Sistema Único da Saúde. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2007.
44. Tachinardi U, Furuie SS, Bertozzo N, Moura L, Gutierrez MA, Melo CP. Hypermedia patient data retrieval and presentation through www. *Proc. of 19th Symposium on Computer Applications in Medical Care*. 1995; 551-555.
45. Tachinardi U, Furuie SS, Terra Filho M, Vargas FS, Melo CP. Automação das Provas de Função Pulmonar, Aquisição e Análise da Espirometria em Microcomputador. *Revista Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo*. 1987; 42(3): 82-85.
46. Tachinardi U, Gutierrez MA, Moura L, Leao L, Melo CP. Integrating Pacs And His in a Nuclear Cardiology Department. *Computers in cardiology*. 1993; 20:821-824.

47. Tachinardi U, Gutierrez MA, Moura L, Melo CP. Integrating Hospital Information Systems. The challenges and advantages of (re-)starting now. Proc Annu Symp Comput Appl Med Care. 1993, 84-7.
48. Tachinardi U, Rebelo MS, Oliveira Jr PPO, Pilon PE. Real time information from bedside monitors as part of a web-based patient record. Proc AMIA Symp. 2001; 691-5.
49. Zerhouni E. Medicine. The NIH Roadmap. Science. 2003; 302: 63-72.
50. Zerhouni EA. Translational and clinical science—time for a new vision. N Engl J Med. 2005; 353: 1621-1623. Greenes RA, Shortliffe EH. Medical Informatics: An Emerging Academic Discipline and Institutional Priority. JAMA. 1990 Feb 23; 26(8): 1114-1120.