

# Heterogeneidade como solução para bancos de dados móveis em um sistema de saúde\*

Gustavo Luiz Duarte, Helves Domingues,  
Fabio Kon, João Eduardo Ferreira

Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática e Estatística  
Universidade de São Paulo

{gduarte, helves, kon, jef}@ime.usp.br

**Abstract.** *In Brazil, Healthcare Centers (Centros de Saúde) play the role of primary healthcare provider under the National Unified Health System (SUS). The system comprises programs such as the Family Health Program (PSF) in which health professionals provide healthcare in the patient's home. The Borboleta project offers a system in which these professionals use mobile devices with a specialized database for consulting and recording user health data. In this paper, we argue that there are benefits in adopting a different model in this database, called the mobile database, with respect to the healthcare center database, i.e., the databases should be heterogeneous. This approach requires a data transforming process, in which we use XML, XSLT, and REST.*

**Resumo.** *Os Centros de Saúde desempenham o papel de órgão provedor da atenção primária de saúde no Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro. No âmbito do SUS, em programas como o Programa Saúde da Família (PSF), os profissionais de saúde realizam atendimento domiciliar aos usuários. O Projeto Borboleta oferece um sistema no qual esses profissionais utilizam dispositivos móveis contendo um banco de dados especializado para consultas e registro de dados de saúde dos usuários. Neste artigo, mostramos que há benefícios em que esse banco de dados, denominado móvel, possua um modelo distinto do banco de dados do centro de saúde, ou seja, os bancos de dados devem ser heterogêneos. Essa abordagem exige um processo de transformações de dados, em que utilizamos XML, XSLT e REST.*

## 1. Introdução

Os Centros de Saúde, também denominados de Unidades Básicas de Saúde (UBS), têm o papel de órgãos provedores da atenção primária à saúde, conforme definido pelo SUS brasileiro. Para atender uma cidade, existem várias UBS, sendo que cada uma é responsável pelos cuidados à população de um território definido. Entre as principais atribuições das UBS estão as ações de promoção da saúde, prevenção de agravos a atenção aos principais problemas de saúde da população. Para obter melhores resultados, muitas vezes os profissionais de saúde devem deslocar-se até às residências das pessoas ou atuar em equipamentos sociais e comunitários para orientar, coletar informações e executar diferentes ações de saúde. Esse trabalho é feito, por exemplo, pelo Programa Saúde da Família (PSF), cujas equipes, apesar de alocadas nas UBS, atuam constantemente nos domicílios

---

\*O Projeto Borboleta é financiado pelo Instituto Virtual Microsoft Research-FAPESP.

e em outros espaços da comunidade. Os sistemas de informação utilizados nas UBS devem ser capazes de atender tanto suas atividades internas, como as externas.

Para simplificar a nomenclatura utilizada neste artigo, as pessoas que utilizam o centro de saúde serão chamadas de *usuários*. O sistema de informação disponível para o PSF será denominado de sistema de informação móvel ou simplesmente de *sistema móvel*, devido à necessidade de mobilidade e deslocamento dos profissionais de saúde dentro da região atendida pelo centro de saúde. O sistema que reside no centro de saúde será o *sistema central* que é, por definição, o mais completo e engloba as informações manipuladas pelo sistema móvel.

Um dos sistemas de informação mais importantes para uma UBS é o Prontuário Eletrônico ou Registro Eletrônico de Saúde (RES), que é um sistema que guarda os registros médicos (prontuários) dos pacientes em meios digitais [Bates et al. 2003]. Um RES melhora a qualidade dos serviços de saúde devido à facilidade de guardar e posteriormente fornecer informações de forma clara, organizada e rápida aos seus usuários. No nosso caso, os sistemas central e móvel são prontuários eletrônicos especializados em atender os centros de saúde, tratando de informações como: cadastro de pacientes, agendamento de encontros, cadastro de medicamentos, consultas e exames.

Em um sistema de informação móvel, existem duas formas para acesso aos dados: (1) remoto, através de uma conexão com os servidores do centro de saúde – denominado acesso *online*, ou (2) local, utilizando uma réplica parcial desses dados. O acesso *online* aos dados é impraticável devido ao alto custo do serviço de transferência de dados, instabilidade de sinal e indisponibilidade do serviço em regiões remotas.

A alternativa viável que não exige o acesso *online* ao banco de dados do centro de saúde é a replicação parcial dos dados em dispositivos móveis, por meio de um processo de separação realizado previamente utilizando a infraestrutura do centro de saúde, por exemplo, através de uma rede WiFi. Com essa réplica dos dados, os profissionais de saúde podem se deslocar até as residências e realizar seu trabalho. Nesse momento, operações de leitura e escrita são efetuadas sobre os dados da réplica. Posteriormente, quando o profissional voltar ao centro de saúde, será necessário um processo de integração dos dados do dispositivo móvel com o banco de dados central.

Mostramos neste artigo que a utilização de bancos de dados móvel e central heterogêneos (i.e., com modelos de dados, estruturas físicas e gerenciadores distintos) traz grandes vantagens em relação à utilização de bancos de dados semelhantes ou iguais para os sistemas móvel e central. Para a única desvantagem dessa abordagem, que é o aumento da complexidade dos processos de separação e integração dos bancos de dados heterogêneos, apresentamos uma solução de transformação de dados que minimiza os efeitos colaterais desse aumento de complexidade.

Este trabalho é o resultado prático da implementação da integração do banco de dados do sistema móvel do Projeto Borboleta [Correia et al. 2008], que inicialmente utilizou dispositivos móveis para auxiliar os profissionais da saúde nos atendimentos domiciliares e posteriormente teve o seu escopo ampliado para atender outras áreas de um centro de saúde, conforme [Domingues et al. 2008].

Na próxima seção, apresentamos a heterogeneidade como solução para os bancos de dados móvel e central em um sistema de saúde. Em seguida, na Seção 3, descrevemos

os resultados preliminares dessa abordagem. A Seção 4 descreve os trabalhos relacionados. Concluimos e descrevemos os trabalhos em andamento na Seção 5.

## **2. Heterogeneidade entre os modelos**

Os sistemas móvel e central atendem a profissionais de saúde distintos. O sistema central é abrangente e oferece uma gama de serviços que vai desde uma simples consulta do histórico de um usuário do centro de saúde ou de uma família até a mineração de dados para a descoberta de focos de doenças. O profissional que utiliza o sistema central trabalha no centro de saúde. Já o sistema móvel atende o profissional de saúde que realiza seu trabalho nas residências dos usuários.

Tanto o sistema central quanto o sistema móvel atuam sobre os mesmos dados. Por tal motivo, uma solução intuitiva seria unificar os modelos de dados dos dois sistemas. Porém, consideramos essa abordagem inadequada por não considerar que os modelos possuem necessidades distintas, o que dificulta e enrijece as evoluções e definições dos dois modelos, gerando restrições ao poder do banco de dados central e à flexibilidade do banco de dados móvel.

A melhor abordagem é permitir que os dois bancos de dados evoluam de forma independente, cada um atendendo às necessidades impostas pelo sistema a que serve. Por outro lado, nessa abordagem teremos dois modelos distintos representando os mesmos dados, o que implica na necessidade de um processo de separação e integração que deve levar em conta que estamos tratando de modelos heterogêneos. Essa heterogeneidade exige um processo de transformação dos dados tanto na separação quanto na integração. Para esse trabalho adicional, existem várias soluções que viabilizam o uso de banco de dados heterogêneos.

Nas próximas seções apresentamos as características de cada um dos bancos de dados, justificando a abordagem de mantê-los heterogêneos. Em seguida, na Seção 2.3, descrevemos como é tratada a transformação de dados entre os bancos de dados central e móvel.

### **2.1. Banco de dados central**

O banco de dados central possui uma modelagem complexa devido às características das informações de saúde. Existem vários padrões e especificações que tratam dessa complexidade e fornecem diretrizes e regras para implementar um sistema de informação na área de saúde. Um exemplo é o padrão HL7 [Beeler 1998], que, na sua terceira versão, é considerado bastante complexo, tanto em suas abstrações quanto na quantidade de código necessário para implementá-lo. Outro exemplo é a especificação OpenEHR [Beale and Heard 2007], na qual é definida uma ontologia para lidar com informações de saúde.

A evolução e as alterações no modelo de dados do banco de dados central são frequentes. O modelo de dados, devido à sua complexidade, trata de informações clínicas dos usuários do centro de saúde, mas também deve se preocupar com o estoque de medicamentos, vacinas e manter as informações dos funcionários - as suas especialidades, agendas, etc. Essas informações são bastante dinâmicas e é muito comum a necessidade de mudar alguma regra de funcionamento ou acrescentar algum serviço novo devido a

mudanças na legislação ou a mudanças definidas por órgãos governamentais, que possuem sistemas nacionais, estaduais e municipais que interagem com o centro de saúde.

## **2.2. Banco de dados móvel**

Os profissionais de saúde deslocam-se, munidos de dispositivos móveis contendo o sistema móvel de informação, até locais públicos ou até as residências dos usuários para realizar o trabalho de atendimento e coleta de dados. Nesses locais, em sua maioria situados fora do alcance da rede WiFi do centro de saúde, frequentemente não existe serviço de conexão de dados ou, quando existe, é de alto custo.

Nessa situação, o sistema móvel exige um banco de dados local para realizar as operações de leitura e escrita de dados. No entanto, embora opere sobre as mesmas informações que o sistema central, o sistema móvel possui restrições e necessidades específicas em relação ao banco de dados. Em oposição ao sistema central, o sistema móvel atende a um trabalho bem definido: o atendimento domiciliar a um grupo restrito de usuários.

Durante um encontro, o profissional de saúde deve ter toda sua atenção voltada para o usuário. Essa atenção não pode ser desviada para a utilização do software de apoio. Desta forma, o sistema móvel tem como objetivo a praticidade e a agilidade na entrada dos dados, bem como oferecer ao profissional de saúde uma interface simples e com apenas as opções relevantes.

Considerando as características apresentadas, conclui-se que os requisitos de dados para o sistema móvel são bem mais simples que para o sistema central. Isto gera uma diferença semântica significativa entre os modelos de banco de dados para aplicação móvel e central. Desse modo, assumir a exigência de homogeneidade entre os modelos central e móvel é um requisito artificial. Por tal motivo consideramos necessária a representação heterogênea dos modelos de banco de dados móvel e central.

## **2.3. Transformação de dados**

Em um ambiente com bancos de dados *homogêneos*, segundo [Ferreira and Finger 2000], o processo de separação e integração pode ser dividido em três fases: separação, evolução e reintegração. A fase de separação consiste na extração de dados de um conjunto de pacientes da base central e replicação na base móvel. Nesta fase, o sistema central é responsável por aplicar os bloqueios necessários para o controle de acessos concorrentes e armazenar metadados de controle a serem utilizados na fase de reintegração. Na fase de evolução, o sistema móvel executa operações de leitura e escrita sobre seus dados locais normalmente. A fase de reintegração é responsável por integrar a base móvel com a base central, levando em consideração as alterações ocorridas em cada uma delas. Neste ponto, o sistema central é responsável por identificar conflitos de dados e resolvê-los, seja automaticamente, seja com o auxílio de intervenção humana [Kumar and Satyanarayanan 1995]. Para evitar conflitos, o sistema central pode aplicar bloqueios de acesso exclusivo aos dados que foram replicados na base móvel. Porém, em um sistema de atendimento domiciliar, onde cada usuário é atendido por um único profissional de saúde em um determinado momento, conflitos de dados são pouco frequentes. Por tal motivo vale a pena abrir mão de bloqueios e utilizar um esquema de resolução de conflitos quando estes ocorrerem [Saito and Shapiro 2005].

Para um ambiente com bancos de dados *heterogêneos*, é necessário um processo adicional: transformação dos dados [Benguria and Larrucea 2007]. A transformação se dá ao final da fase de separação e no início da fase de reintegração. A necessidade de um processo de transformação ocorre no momento da integração de dados semelhantes com diferentes representações. De acordo com [Sujansky 2001], diferenças de representação podem ser agrupadas em:

1. **Diferenças estruturais:** podem ser diferenças na composição das tabelas, diferenças na representação como dados ou metadados ou diferenças no armazenamento estruturado ou na codificação em texto. Por exemplo, há pelo menos duas formas diferentes de modelar um telefone para recados a um usuário. A primeira, utilizando duas colunas da tabela *Pessoa*: *telefone* e *nome-para-recado*. A segunda, utilizando uma tabela chamada *Telefone*, com as colunas *número* e *nome-para-recado*;
2. **Diferenças de nomenclatura:** são caracterizadas por termos distintos denotando os mesmos objetos semânticos em diferentes bases de dados. Podem manifestar-se como diferenças na nomenclatura de metadados ou dos próprios dados. Por exemplo, um banco de dados pode se referir a um exame como “*Velocidade de hemossedimentação*” enquanto o outro se refere ao mesmo exame como “*VHS*”;
3. **Diferenças semânticas:** acontecem quando o significado dos nomes das tabelas, das colunas ou os valores dos dados, entre os bancos de dados, são parecidos mas não equivalentes. Esse problema é particularmente traiçoeiro quando os nomes das tabelas e colunas e os valores dos dados são idênticos em ambos os bancos de dados, mas possuem significados diferentes. Por exemplo, para representar o resultado de um exame da cultura do sangue, um banco de dados pode armazenar, em uma coluna chamada *crescimento-cultura-sangue*, os valores: “*nenhum crescimento*”, “*crescimento baixo ou moderado*” e “*crescimento significativo*”; um outro banco de dados pode possuir a mesma coluna da tabela, porém com os valores: “*nenhum ou baixo crescimento*” e “*crescimento moderado ou significativo*”;
4. **Diferenças de conteúdo:** ocorrem quando os dados representados em um banco de dados não são diretamente representados no outro banco de dados. O dado pode ser implícito, dedutível ou simplesmente não estar presente no banco de dados. Por exemplo, em um registro municipal de enfermeiros, cada registro pode estar associado à unidade de saúde onde esse enfermeiro atua; já no cadastro de enfermeiros do centro de saúde, este dado pode não estar presente, pois está implícito que todos os enfermeiros cadastrados atuam naquela unidade.

Existem diversas abordagens para solucionar o problema de interoperabilidade entre bancos de dados heterogêneos. Tais abordagens podem ser agrupadas em duas categorias: *transformação de transações* e *transformação de modelo de dados*. A transformação de transações consiste em (1) interceptação das operações realizadas em um banco, (2) transformação dessas operações de forma que possam ser aplicadas sobre um outro modelo de dados e, opcionalmente, uma outra linguagem de operação e (3) a efetiva aplicação dessas operações no segundo banco de dados. A transformação de modelo de dados consiste na extração dos dados do banco, seguida de um processo de transformação dos dados em um formato específico. Os dados nesse novo formato devem ser diretamente mapeáveis para um segundo banco de dados, o qual possui um modelo diferente da fonte dos dados. Benguria e Larrucea descrevem algumas abordagens utilizando transformação

de modelos de dados [Benguria and Larrucea 2007] enquanto que Arens et al. apresentam abordagens utilizando transformação de transações [Arens et al. 1993].

Neste trabalho foi escolhida a opção de transformação de modelos de dados ao invés de transformação de transações. Isso nos forneceu independência das tecnologias utilizadas no sistema móvel. Em especial, o sistema móvel atualmente não utiliza um banco de dados relacional, pois esse recurso não está disponível na maioria dos PDAs e telefones celulares inteligentes. A proposta trata apenas diferenças estruturais e de nomenclatura, não contemplando diferenças semânticas.

O módulo de sincronização entre os sistemas móvel e central supõe que não haverá conflitos de acesso a dados. Isso pode ser obtido utilizando conjuntos disjuntos de dados em cada dispositivo móvel e fazendo com que alterações feitas no banco de dados móvel sejam rapidamente integradas ao banco de dados central (assim que o profissional de saúde retorna ao centro de saúde). Nas versões futuras dos sistemas, pretendemos implementar a identificação e a resolução de conflitos de forma a eliminar o risco de perda de dados. A Seção 3 apresenta com mais detalhes a implementação da transformação de dados e os processos de separação e integração.

### **3. Resultados preliminares**

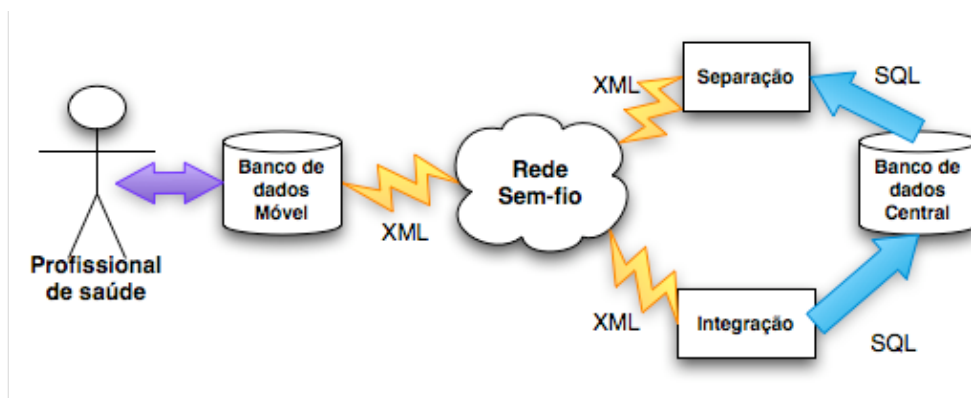
A implementação dos sistemas móvel e central foi realizada por equipes distintas e com conhecimentos específicos. A equipe do sistema móvel possui experiência em Java, redes e interface gráfica, já a equipe responsável pelo sistema central possui experiência em banco de dados relacional, sistemas Web e integração de dados.

O sistema móvel, para começar a funcionar, precisa solicitar ao sistema central uma lista de usuários e suas informações de saúde e várias tabelas de parâmetros, tais como a lista de CIDs (código internacional de doenças) e a lista de medicamentos. Essa solicitação é feita através de uma rede sem fio e é atendida pelo processo de separação. Esse processo faz uma consulta na base de dados central, gera um XML no formato que o sistema móvel espera e devolve o resultado da solicitação para o dispositivo.

Após a carga inicial das tabelas de parâmetros, o profissional de saúde pode iniciar o trabalho de coleta e atualização dos dados dos usuários. Normalmente, esse trabalho é realizado em um local distante do centro de saúde, onde não está disponível a rede sem fio.

Em um momento oportuno, depois que o profissional volta para o centro de saúde, é possível realizar a transmissão dos dados armazenados no dispositivo para o sistema central. Para isso, é feita uma solicitação para o processo de integração, contendo os dados coletados. O mecanismo de integração processa os dados dessa solicitação, codificados em XML, realizando o processo de transformação e inclusão dos dados na base central. A Figura 1 mostra esse fluxo de dados.

O módulo de separação e integração é implementado junto ao sistema central e segue o modelo REST (*Representational State Transfer*) [Fielding 2000]. Toda a comunicação é feita por meio de requisições HTTP transmitindo dados no formato XML. Na fase de separação, o dispositivo móvel realiza uma operação GET em uma URL específica para acesso aos dados de usuário. Embora seja possível solicitar apenas um usuário específico, o dispositivo móvel solicita sempre uma lista de usuários que foram



**Figura 1. Fluxo de dados entre os bancos de dados móvel e central**

previamente selecionados no sistema central.

No momento em que o dispositivo móvel solicita os dados dos usuários, o sistema central gera um XML com os dados do usuário e seu histórico de encontros, porém esse XML representa o modelo do banco de dados central e precisa passar por uma transformação antes de ser enviado ao dispositivo móvel. Nesse ponto, entra em ação o processo de separação, que é responsável pela transformação do XML.

A transformação é feita utilizando XSLT (*Extensible Stylesheet Language Transformations*) [Clark 1999], uma linguagem de transformação de documentos XML. O processo de separação transforma o XML gerado pelo sistema central em um segundo XML que tem uma estrutura diretamente mapeável para o modelo do banco de dados móvel. Após essa transformação, o XML resultante é enviado ao dispositivo móvel. Nesse momento, o processo de separação é responsável por aplicar bloqueios aos dados, porém, como estamos supondo que não existe acesso concorrente aos dados (dois dispositivos operando sobre dados do mesmo usuário no mesmo momento), não aplicamos nenhum bloqueio.

Após realizar operações sobre os dados, o sistema móvel deve enviar para o sistema central suas alterações através do protocolo HTTP. Para isso, o dispositivo móvel realiza uma operação POST sobre a URL de acesso aos dados dos pacientes. Junto ao POST, é enviado um documento XML contendo os dados dos pacientes alterados e os seus respectivos históricos de encontros. Nesse momento, entra em ação o processo de integração que, como na separação, realiza uma transformação no documento XML. O resultado dessa transformação é um segundo XML que é diretamente mapeável para o modelo do banco de dados central. Nessa fase, o processo de integração é responsável por identificar e resolver eventuais conflitos. Novamente, como estamos supondo a inexistência de conflitos, não é executado nenhum mecanismo de identificação de conflitos. Desse modo, o processo faz o mapeamento para o banco de dados central e faz a atualização dos usuários e das tabelas relacionadas.

Utilizamos a biblioteca ruby-xslt <sup>1</sup> como processador XSLT. As transformações são definidas em um arquivo no formato XSL. A Listagem 1 apresenta um trecho de XML no formato exportado do banco de dados central. A Listagem 2, um trecho de um

<sup>1</sup><http://raa.ruby-lang.org/project/ruby-xslt>

XML no formato do banco de dados móvel. Por último, a Listagem 3 apresenta um trecho do XSLT que transforma o XML do sistema central no XML do sistema móvel.

As desvantagens do uso de XSLT para a transformação dos dados ficam claras nesses exemplos: a sintaxe é bastante prolixa e a transformação é de via única, ou seja, é necessário escrever uma transformação central-móvel e outra móvel-central.

```
< Pessoa >
  < matricula > 98512463 < /matricula >
  < nome > Luiz Duarte Da Silva < /nome >
  < datanascimento > 1984-11-25 < /datanascimento >
  < enderecos >
    < endereco >
      < tipo > Residencial < /tipo >
      < rua-id > 127 < /rua-id >
      < complemento > fundos < /complemento >
      < numero > 315 < /numero >
    < /endereco >
  < /enderecos >
  < encontros >
  ...
< / Pessoa >
```

**Listagem 1. XML representando modelo do banco de dados central**

```
< paciente >
  < ident >
    < Q1 > 98512463 < /Q1 >
    < NOME > Luiz Duarte Da Silva < /NOME >
    < NASC > 1984-11-25 < /NASC >
    < CODRUA > 127 < /CODRUA >
    < COMPL > fundos < /COMPL >
    < NUMERO > 315 < /NUMERO >
  < /ident >
  < encontros >
  ...
< / paciente >
```

**Listagem 2. XML representando modelo do banco de dados móvel**

```
< xsl:template match="pessoas/pessoa">
  < paciente >
    < ident >
      < Q1 > < xsl:value-of select="matricula" /> < /Q1 >
      < NOME > < xsl:value-of select="nome" /> < /NOME >
      < NASC > < xsl:value-of select="datanascimento" /> < /NASC >
      < CODRUA > < xsl:value-of select="enderecos/endereco
        [tipo='Residencial']/rua-id" /> < /CODRUA >
      < COMPL > < xsl:value-of select="enderecos/endereco
        [tipo='Residencial']/complemento" /> < /COMPL >
      < NUMERO > < xsl:value-of select="enderecos/endereco
        [tipo='Residencial']/numero" /> < /NUMERO >
    < /ident >
    < xsl:apply-templates select="encontros|agendamentos" />
  < / paciente >
< / xsl:template >
```

**Listagem 3. Exemplo de transformação em XSL**

Embora o modelo REST recomende disponibilizar os dados gradualmente, decidimos enviar todas as dados referentes ao usuário e seu histórico de encontros em um único documento XML. Essa decisão foi tomada para simplificar a implementação do sistema móvel, devido ao baixo volume de dados (o XML de um usuário típico tem menos de 1MB e um PDA armazena poucas dezenas de usuários) e a alta velocidade de transferência desses dados, devido a infraestrutura de rede do centro de saúde.



#### 4. Trabalhos relacionados

Extensa pesquisa já foi realizada abordando o uso de operações desconectadas e resolução de conflitos em bancos de dados [Gollmick 2003, Jing et al. 1999, Kistler and Satyanarayanan 1992, Kumar and Satyanarayanan 1995, Saito and Shapiro 2005]. Separadamente, diversos autores abordaram o problema de integração entre bancos de dados heterogêneos [Sujansky 2001, Benguria and Larrucea 2007], tendo como principal motivação a integração de bancos de dados federados [Sheth and Larson 1990]. Em nossa busca na literatura da área, não encontramos nenhum trabalho que tenha unido os conceitos de operações desconectadas e modelos heterogêneos, o que abordamos neste trabalho.

Os sistemas móveis de saúde existentes ou exigem conectividade [Murakami et al. 2004], ou possuem seu banco de dados isolado, sem integração com um banco de dados central [Bastos et al. 2006]. Nenhuma dessas abordagens atende às necessidades atuais do nosso projeto que envolve sistemas móveis integrados ao sistema do centro de saúde.

#### 5. Conclusão e trabalhos futuros

A replicação parcial dos dados em dispositivos móveis – por meio de um processo de separação, realizada dentro do centro de saúde – auxilia o trabalho dos profissionais de saúde que se deslocam até as residências dos usuários. Essa réplica, chamada de banco de dados móvel, é usada para consulta e armazenamento dos dados dos encontros dos profissionais com os usuários dos centros de saúde. Os profissionais de saúde, após o trabalho em campo, retornam ao centro de saúde para integrar os dados coletados com o banco de dados central.

O banco de dados móvel tem necessidades e características distintas do central. Essas diferenças entre os bancos de dados nos levam à conclusão de que a melhor abordagem é a utilização de bancos de dados heterogêneos. Os benefícios dessa abordagem são a flexibilidade de evolução e a possibilidade de utilizar equipes distintas para o desenvolvimento.

Em decorrência da abordagem de bancos de dados heterogêneos, surge o desafio de sincronização dos dados entre os bancos. Para isso, apresentamos uma solução utilizando XML, XSLT e REST para realizar as transformações necessárias, minimizando os efeitos colaterais da heterogeneidade entre os bancos de dados.

Como próximos passos, pretendemos implementar a identificação e resolução de conflitos de dados, sendo assim necessário um estudo das diversas abordagens desses mecanismos. A longo prazo, pretendemos implementar a integração entre bancos de dados de diversos centros de saúde em um mesma região geográfica.

O código do Borboleta e do Sagui é distribuído gratuitamente como software aberto. Para maiores informações acesse o site <http://ccsl.ime.usp.br/borboleta>.

#### Referências

Arens, Y., Chee, C. Y., and Knoblock, C. A. (1993). Retrieving and integrating data from multiple information sources. *International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems*, pages 127–158.

- Bastos, L. C., Almeida, J. H. M., Neves, K. A., and Amaral, V. F. (2006). PEGO: Prontuário eletrônico de ginecologia e obstetrícia. In *Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, pages 1412–1416.
- Bates, D. W., Ebell, M., Gotlieb, E., Zapp, J., and Mullins, H. (2003). A proposal for electronic medical records in U.S. primary care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(1):1–10.
- Beale, T. and Heard, S. (2007). An ontology-based model of clinical information. *Medinfo 2007: Proceedings of the 12th World Congress on Health (Medical) Informatics*, pages 760–764.
- Beeler, G. W. (1998). HL 7 Version 3 - An object-oriented methodology for collaborative standards development. *International Journal of Medical Informatics*, 48(1):151–161.
- Benguria, G. and Larrucea, X. (2007). Data model transformation for supporting interoperability. *International IEEE Conference on Commercial-off-the-Shelf-Based Software Systems*, pages 172–181.
- Clark, J. (1999). XSL transformations (XSLT) version 1.0. Technical report, W3C.
- Correia, R., Kon, F., and Kon, R. (2008). Borboleta: A mobile telehealth system for primary homecare. In *23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing*, pages 1343–1347.
- Domingues, H., Correia, R. J. P., Kon, F., Ferreira, J. E., and Kon, R. (2008). Análise e modelagem conceitual de um sistema de prontuário eletrônico para centros de saúde. In *XXVIII Congresso da SBC - WIM - Workshop de Informática Médica*, pages 31–40.
- Ferreira, J. E. and Finger, M. (2000). Controle de concorrência e distribuição de dados: a teoria clássica, suas limitações e extensões modernas. *XII Escola de Computação*, pages 73–83.
- Fielding, R. T. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. PhD thesis, University of California.
- Gollmick, C. (2003). Replication in mobile database environments: a client-oriented approach. *Proceedings of 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, pages 980–981.
- Jing, J., Helal, A., and Elmagarmid, A. (1999). Client-server computing in mobile environments. *ACM Computing Surveys*, 31(2):117–157.
- Kistler, J. J. and Satyanarayanan, M. (1992). Disconnected operation in the Coda file system. *ACM Transactions on Computer Systems*, 10(1):3–25.
- Kumar, P. and Satyanarayanan, M. (1995). Flexible and safe resolution of file conflicts. In *Proceedings of the USENIX 1995 Technical Conference*, pages 95–106.
- Murakami, A., Kobayashi, L. O. M., Tachinardi, U., Gutierrez, M. A., Furuie, S. S., and Pires, F. A. (2004). Acesso a informações médicas através do uso de sistemas de computação móvel. In *Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, pages 1–6.
- Saito, Y. and Shapiro, M. (2005). Optimistic replication. *ACM Computing Surveys*, 37(1):42–81.
- Sheth, A. P. and Larson, J. A. (1990). Federated database systems for managing distributed, heterogeneous, and autonomous databases. *ACM Computing Surveys*, 22(3):183–236.
- Sujansky, W. (2001). Heterogeneous database integration in biomedicine. *Journal of Biomedical Informatics*, 34(4):285–298.