

## MODELO DE BANCO DE DADOS DISTRIBUÍDO PARA O PRONTUÁRIO ELETRÔNICO ÚNICO DO PACIENTE

J. S. A. Neto\* e H. J. Q. Oliveira\*

\*Núcleo de Pesquisas Tecnológicas–Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil  
e-mail: jose.azanha@uninove.br

**Resumo:** Os modelos atuais Prontuários Eletrônicos do Paciente são softwares e banco de dados isolados e proprietários, tornando as informações: dispersas, cheias de redundâncias e sem integração ou coerência do histórico. Isso resulta em má qualidade nos tratamentos, nas análises epidemiológicas e propicia cobranças indevidas. Estes problemas são resolvidos com Prontuário Único. Para operacionalizá-lo foi proposto um novo modelo de dados, composto por três níveis de informação: Síntese, Síntese Estendida e Prontuário Completo. A síntese e os dados de autenticação, que são acessados com frequência, estão distribuídos em diversas bases de dados, para manter a disponibilidade. A Síntese Estendida e o Prontuário Completo são acessados somente quando a Síntese for insuficiente. O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade tecnológica deste modelo. O modelo foi suportado pelos servidores JAVA *Parallel Processing Framework*, *GlassFish* e *MySQL*. Nos resultados, foram elaborados 19 casos de uso e o modelo de entidade-relacionamento. Foi avaliado o tempo de resposta em 4 configurações, sendo que de 5 para 6 servidores, houve uma redução de 29% no tempo de resposta. De 5 para 8 servidores, houve uma redução de 49-67% no tempo de resposta. Foram avaliadas a transferência da síntese através da replicação e a manutenção do Prontuário Completo pelo evento no *MySQL*. Concluiu-se que, a segmentação do Prontuário Eletrônico Único do Paciente em três níveis de informação diminuiu significativamente o tempo de resposta e viabiliza sua operacionalização e disponibilidade. No modelo proposto, o volume de acessos é inversamente proporcional ao volume de dados.

**Palavras-chave:** Prontuário Eletrônico do Paciente, Banco de Dados Distribuídos, Computação em Grade.

**Abstract:** *The actual Electronic Health Records are software and database models isolated and proprietary data, making the information dispersed, full of redundancies and without integration or coherence of the historic. This results in low quality in treatments, the epidemiological analyzes and conducive unauthorized charges. These problems are solved with Unique Health Record. To operationalize the new data model has been proposed three levels of information: Synthesis, Extended Synthesis and Complete Health Records. The synthesis and the authentication data that are accessed often are distributed in several databases, to maintain*

*availability. The Extended Synthesis and Complete Health Record are accessed only when the Synthesis is insufficient. The objective is to evaluate the technological feasibility of this model. The model was supported by the Java Parallel Processing Framework, GlassFish and MySQL servers. In the results, 19 use cases and the entity-relationship model were developed. The response time was estimated at 4 configuration, with from 5 to servers 6, there was a 29% reduction in response time. From 5 to 8 servers, there was a 49-67% reduction in response time. Transfer synthesis by replicating and maintaining the Complete Handbook for the MySQL event were evaluated. It was concluded that the segmentation of the Unique Electronic Health Record at three levels of information significantly reduces the response time and enables its operation and availability. In the proposed model, the volume of hits is inversely proportional to the volume of data.*

**Keywords:** *Electronic Health Record, Distributed Databases, Grid Computing.*

### Introdução

Não há dúvidas que o desenvolvimento tecnológico e a informatização na área da saúde beneficiaram de forma significativa a qualidade da assistência médica [1]. O alto grau de heterogeneidade das informações e dos serviços de saúde no ambiente hospitalar propiciou o desenvolvimento do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP). O PEP é o conjunto de dados relacionados ao passado, ao presente e ao futuro do estado de saúde física ou mental de um indivíduo. Estes dados devem estar num banco de dados (BD) de onde seja possível recuperar, enviar, armazenar, manipular, disponibilizar e analisar dados em texto ou multimídia a partir de um sistema eletrônico [2].

Por outro lado, o conjunto de problemas associados os modelos atuais de PEP é grande. Eles apresentam pouca interoperabilidade e portabilidade, o que piora com a chegada de tecnologias móveis e ubíquas [3]. Não oferecem ao paciente acesso ao seu próprio histórico clínico, que em tese é um direito legal que assiste a todos. O PEP de cada pessoa está disperso em diversos sistemas de PEPs, que dependendo de onde o paciente foi atendido há diversos níveis de atenção em saúde [3,4]. Isso causa a falta de coesão das informações, riscos de erros no tratamento médico, duplicidade de exames e a ausência de uma síntese, que

seja dotada de significado clínico, com vistas à análise e tomada de decisão médica eficiente e precisa [5]. Nos PEPs atuais, os pacientes não validam os procedimentos e medicamentos que lhes foram ministrados, o que favorece cobranças indevidas, sem o conhecimento dos pacientes ou das instituições pagadoras, tais como planos ou sistemas públicos de saúde.

Não há uma abordagem de PEP que atenda todas estas necessidades nos modelos atuais. Não há perspectivas para que ocorra integração e interoperabilidade entre os PEPs existentes. Migrar dados para um PEP único produz aumento no volume de dados e o crescimento de registros de exames que pode chegar aos 5GB por dia por paciente [6]. Isso pode tornar qualquer modelo atual de PEP inacessível. Pois, há ambulatórios que atendem mais de 5.000 pacientes por dia, cujo do volume estimado de dados pode chegar a 20TB de informações *in memory* a cada dia. Mesmo que todos os prontuários estejam em servidores locais e com rede de alta velocidade a latência será alta a ponto de inviabilizar os atendimentos [7]. Deve-se considerar também que manter PEPs representa alto custo para as instituições, sem que haja retorno tangível. Por isso há pouco esforço em interoperabilidade, integração, segurança e disponibilização *online* para pacientes.

Diante de tanta diversidade de problemas, com poucas perspectivas de solução em médio prazo, optou-se por iniciar o projeto de um novo modelo de dados que viabilize o desenvolvimento do Prontuário Eletrônico Único do Paciente (PEUP), para que no futuro a interoperabilidade, a integração e a disponibilidade se tornem viáveis. Neste conceito, o PEUP é uma propriedade do paciente. O novo modelo de dados, composto por três níveis de informações, visa inicialmente manter a disponibilidade de acesso para pacientes e profissionais de saúde e manter um histórico coerente do paciente. Os três níveis de informação são: Síntese, Síntese Estendida (SE) e Prontuário Completo (PC). Muitas perguntas deverão ser respondidas até que este modelo de PEUP se torne viável. O objetivo deste trabalho é avaliar, por simulação, se as tecnologias disponíveis viabilizam a implementação do novo modelo de dados, quanto à integridade de armazenamento, acesso e disponibilidade.

## Materiais e métodos

A Síntese foi concebida para ter baixo volume de dados (textos, *hyperlinks* e PDFs) e acompanhar o paciente em qualquer atendimento de rotina, emergência ou urgência, independentemente de sua localização. A SE é uma extensão da Síntese que inclui imagens e arquivos recentes de grande volume. O PC é o que contém o maior volume de dados, pois armazena todas as informações sobre a saúde do paciente ao longo de sua vida, no entanto grande parte das informações do PC tem pouca relevância para os atendimentos. Por isso ele raramente deve ser acessado, nesta concepção.

A síntese deve ser armazenada em BD distribuído, de modo que, as informações de relevância médica estejam sempre disponíveis para acesso. A relevância médica é definida pelos profissionais de saúde e pode ter caráter permanente ou temporário. Permanente são as informações que acompanham o paciente pela vida toda, como tipo sanguíneo, alergias a medicamento etc. Temporárias são as informações afetam o estado de saúde recente e os últimos atendimentos.

Os três níveis de informação foram implementados e distribuídos em duas instâncias no servidor de BD MySQL 5.x e possuem o mesmo Modelo de Entidade-relacionamento (MER). A aplicação PEUP foi desenvolvida em JAVA com tecnologia WEB Servlets e foi implantada no servidor de aplicação GlassFish 4. Para a distribuição da aplicação e do BD, utilizou-se a tecnologia *JAVA Parallel Processing Framework* (JPPF 3) que oferece soluções de grade, multiprocessamento e escalabilidade de requisições de usuários do PEUP.

A métrica utilizada para avaliar os resultados foi o tempo de resposta (TR) em diferentes configurações do ambiente JPPF com avaliação do desempenho da aplicação. Também foi utilizado o TR para avaliar o desempenho na transferência de dados.

O ambiente de teste montado para esta pesquisa foi implementado em laboratório e com a utilização de máquinas virtuais e, portanto, não corresponde a uma escala real, com servidores dotados de grande poder de processamento. Dessa forma, o volume de dados utilizado nos testes de desempenho foi estimado como proporcional a um ambiente real de bom desempenho e compatível com a tecnologia atual.

## Resultados

Os casos de uso apresentados na Figura 1 são representações dos requisitos funcionais e dos usuários, que permitem o entendimento dos eventos realizados por usuários do PEUP. Assim, para os testes foram especificados 19 casos de uso e 4 atores conforme o diagrama de caso de uso (DCU) da Figura 1.

O MER representado pela Figura 2 contém as entidades e os relacionamentos necessários ao BD para o controle dos dados armazenados e configurações do PEUP. No que se refere ao modelo proposto para os três níveis de informação, os testes foram realizados para manter a Síntese na tabela *tb\_atendimento*, a SE e o PC na tabela *tb\_prontuario*. Também realizamos os testes de replicação de atendimentos gravados na Síntese que são replicados para outra instância do BD da grade. Realizamos os testes da *trigger* que faz a transferência dos dados de atendimentos da *tb\_atendimento* para a *tb\_prontuario*, mantendo os registros por tempo indeterminado. Os dados contidos nos testes de replicação *Master/Master* são fictícios, mas foram carregados no BD com base em padrões médicos de atendimento. Este modelo foi extraído do *MySQL Workbench* 6 e implementado no *MySQL Server* 5.x.



## Discussão

Nos resultados dos testes, foi avaliado o TR em quatro configurações contendo de 5 a 8 servidores. Os cenários que foram modificados de 5 para 6 servidores, houve uma redução de 29% no TR. Nos cenários que foram modificados de 5 para 8 servidores, houve uma redução de 49% (com dois servidores Driver JPPF) a 67% (com um servidor Driver JPPF) no TR.

A transferência da síntese e do *login* do usuário, além de serem pequenos volumes de dados, são transferidos em tempo real a partir do método de replicação do MySQL, mantendo a integridade e disponibilizando o acesso ao paciente ou ao profissional de saúde independentemente da sua localização. Nestes casos, a transferência ocorre na casa de poucos milissegundos. A transferência da SE baseada em 100 registros de atendimentos por paciente se mostrou eficiente sem comprometer o TR dos servidores, mesmo considerando que o ambiente de teste não foi realizado em hardwares servidores. Mesmo assim, os resultados mostraram um bom desempenho em torno de 4s para a execução completa da transação no BD. A transferência do PC do paciente baseada em 2.217 registros de atendimentos também respondeu com um tempo relativamente baixo (17s) mesmo considerando que este ambiente de teste também não foi realizado em hardwares servidores. De qualquer maneira, o aumento de requisições desta natureza podem afetar o desempenho do PEUP e, por este motivo, que tais solicitações devem ser executadas fora do horário de atendimentos. Caso ocorra um aumento das requisições de transferências de atendimentos tanto da SE quanto do PC, o número de servidores de BD e nós JPPF pode ser ampliado para garantir a escalabilidade do ambiente.

## Conclusão

Com o aumento do número de servidores JPPF, foi verificado uma redução de até 67% no TR contribuindo para a redução da latência na rede, fato importante para a disponibilidade e desempenho do PEUP.

A disponibilidade dos registros mantidos na Síntese, garante o acesso às informações relevantes do prontuário do paciente em qualquer BD da grade.

As transferências da SE e do PC se mostraram eficientes mesmo com um volume maior de dados, pois ocorreram em 4 e 17s, respectivamente. Assim, em poucos segundos, os registros do paciente estarão disponíveis para acesso, mesmo fora da base local do mesmo. A manutenção da Síntese, da SE e do PC são viáveis a partir dos métodos implementados em todos os BDs da grade.

Assim, o modelo de BD para o PEUP se mostrou viável para a implantação e na manutenção de dados no ambiente JPPF baseada na distribuição regional de servidores de BD. Mesmo que a transferência do PC não tenha comprometido o desempenho do ambiente, deve-

se considerar que esta demanda seja atendida fora do horário de pico de atendimentos. A segmentação do PEUP em três níveis de informação diminui significativamente o TR e viabiliza sua operacionalização. No modelo proposto, o volume de acessos é inversamente proporcional ao volume de dados.

## Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Mogi das Cruzes e a Universidade Nove de Julho pela colaboração no desenvolvimento deste projeto de pesquisa. Também agradecemos a CAPES pelo apoio financeiro.

## Referências

- [1] Pisa, IT, Galina, AC, Lopes, PRL, Barsottini, CN, Filho ACRS. Lepidus R3: Implementação de sistema de apoio à decisão médica em arquitetura distribuída usando serviços web. In: CBIS'2004 – IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Vol. 1. Ribeirão Preto/SP; 2004.
- [2] Afonso, RA, Novaes, MDA, Carneiro, EADL, Fidalgo, RN, Campos, RS, Oliveira, HPL, Salgado, AC. GridVida: Um Ambiente de Grade Computacional para Recuperação de Dados Heterogêneos e Comparação de Imagens Médicas. In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde; 2006. p. 1417-1422.
- [3] Belian, R, Ana CS. Integração de Informações em Saúde na WEB: Uma Visão Tecnológica. In: CBIS'2002. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Natal/RN; 2002.
- [4] De Moraes Sousa, DF, Berçott, FM, De Lima, LRS, Costa, AR, Miranda, GM. Integração de Bases de Dados Multimídia Distribuídas através de Prontuário Eletrônico utilizando Serviços de Streaming. In: CBIS'2006. Anais e Programação. Florianópolis/SC; 2006.
- [5] Soares, VF, Barbosa, ACP, Costa, RG. Identificação Única de Pacientes em Fontes de Dados Distribuídas e Heterogêneas. In: CBIS' 2008. XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Campos do Jordão/SP; 2008.
- [6] Furuie, SS, Gutierrez, MA, Figueiredo, JC, Tachinardi, U, Rebelo, MS, Bertozzo, N, Oliveira, PP. Prontuário eletrônico de pacientes: Integrando informações clínicas e imagens médicas. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica; 2003 19(3):125-137.
- [7] Pisa, IT, Lopes, PRL, Holanda, AJ, Pires, DF, Ruiz, EES. MIDster: Sistema Distribuído de Imagens Médicas Baseado em Modelos Peer-to-Peer (P2P) e Serviços WEB. In: CBIS'2004. IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, Ribeirão Preto/SP; 2004.