

MODELO PARA DISPONIBILIZAÇÃO DO PRONTUÁRIO ELETRÔNICO ÚNICO DO PACIENTE EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Prof. Ms. Antonio Andrade dos Santos – Universidade Nove de Julho
uni9aas@gmail.com

Prof. Ms. José da Silva Azanha Neto – Universidade Nove de Julho
jose.azanha@uninove.br

Prof. Ms. Débora Vigilia Canne – Universidade Nove de Julho
debora.canne@uni9.pro.br

Prof. Dr. Luis Antonio Coppa Ybarra – Universidade Nove de Julho
lybarra@uni9.pro.br

Prof. Dr. Jorge Rodolfo Beingolea Garay – Universidade de Mogi das Cruzes/Universidade de São Paulo
jorgegaray@umc.br / jorge@pad.lsi.usp.br

Prof. Dr. Lincoln Marcellos – Universidade de São Paulo
lincoln.marcellos@lsi.usp.br

Resumo

O modelo de Prontuário Eletrônico Único do Paciente é uma proposta de modelo de banco de dados distribuído para manipular a dispersão e a falta de coerência de dados dos prontuários sem ter que lidar com grandes volumes de dados em atendimentos, tais como alergias, doenças crônicas, prescrição de medicamentos etc. Assim, o modelo Prontuário Eletrônico Único do Paciente fornece níveis de informação onde destaca-se a síntese que concentra as informações relevantes para os atendimentos.

Nessa pesquisa foi proposto um modelo de acesso ao banco de dados do Prontuário Eletrônico Único do Paciente em dispositivos móveis e um middleware para negociar as transações entre eles. Os resultados indicaram que os acessos pelo middleware são seis vezes mais rápidos do que os feitos à grade computacional do modelo. Com o aumento do volume de dados dos prontuários, o tempo de resposta também aumenta. Entretanto, isto pode ser resolvido com o aumento dos nós de processamento. Assim, o modelo proposto mostrou-se adequado quanto aos tempos de resposta e à integridade dos dados transmitidos durante as transações.

Palavras-chave: Computação Móvel, Prontuário Eletrônico do Paciente, Computação em Grade, Computação em Nuvem.

Abstract

The Unique Electronic Health Record model is a proposal for a distributed database model to manipulate the dispersion and lack of data coherence of medical records without having to deal with large volumes of data such as allergies, chronic diseases, prescription of medicines etc. Thus, the Unique Electronic Health Record model provides levels of information, highlighting the synthesis that concentrates the relevant information for care. In this research, a model of access to the Unique Electronic Health Record database on mobile devices and a middleware to negotiate the transactions between them was proposed. The results indicated that the accesses through the middleware are six times faster than those made to the computational grid of the model. With the increase in the volume of medical records, the response time also increases. However, this can be solved by increasing the processing nodes. Thus, the proposed model was adequate for the response times and the integrity of the data transmitted during the transactions.

Keywords: Mobile Computing, Electronic Health Record, Grid Computing, Cloud Computing.

1 Introdução

O panorama tecnológico dedicado a apoiar tomadas de decisão na área médica tem evoluído a cada ano, especialmente no que se refere aos métodos e meios para acessar as informações do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) (HSU, 2012). Por isso, o PEP pode ser acessado e atualizado, por profissionais da Saúde, com relativa facilidade (LIN, 2015). As instituições de saúde têm o dever de guardar o PEP, embora ele pertença ao paciente. Desse modo, o paciente pode solicitar cópia do seu prontuário em qualquer instituição por onde ele tenha passado. No entanto, o PEP está fragmentado nas diversas instituições de saúde por onde ele passou (AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014; KALOGRIOPOULOS, 2009).

1.1 A importância do PUP

O Prontuário Único do Paciente (PUP) é desenvolvido para unificar as informações relativas aos cuidados com a saúde dos pacientes. Um exemplo desse modelo foi implantado nas cidades de Florianópolis, Belo Horizonte e Curitiba. Contudo, apresentou dificuldades na implantação, principalmente em relação ao trânsito das informações e resistência de implantação das redes pública e privada vinculadas à rede municipal (HARZHEIM, 2011). O projeto HelloHealth é uma solução de negócios desenvolvida por profissionais da área da Saúde do México, visando ganhos para os médicos por seus esforços extras no atendimento ou acompanhamento médico aos seus pacientes, utilizando sistemas distribuídos em nuvem na Internet para o armazenamento dos prontuários e telefones celulares para possibilitar a comunicação eficiente, confortável e conveniente entre os médicos e seus pacientes. O custo para se ter acesso aos serviços é de U\$\$ 4,13 mensais, que são agendamentos; resultados de exames laboratoriais; acesso anotações de consultas; troca de mensagens com médicos; contato via vídeo *chat*; acesso aos registros médicos através da web e iPhone (SÁ, 2012).

No Brasil, um dos maiores problemas para a implantação do sistema de PUP acaba sendo o custo e, principalmente, a necessidade de comunicação com a Internet. Isso o torna inviável até mesmo em regiões próximas aos grandes centros, se pensado em termos do enorme território brasileiro. Além disso, há a necessidade de vencer as

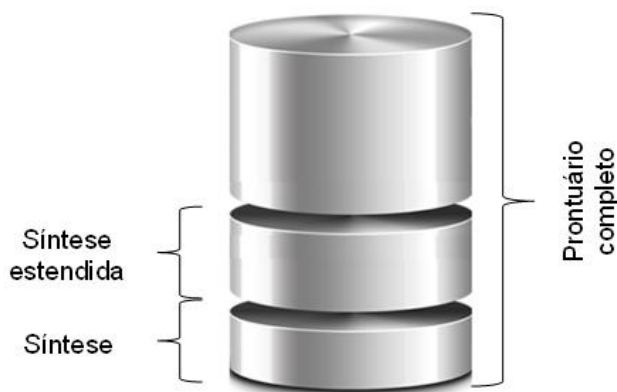
resistências de integração entre os sistemas públicos nacional, privados e municipais (HARZHEIM, 2011). Nesse sentido que as tecnologias que integram serviços tal como o já conhecido *Service Oriented Architecture* (SOA), arquitetura orientada a serviço, onde elementos de softwares são programados para fazer a integração entre sistemas de diferentes fornecedores e diferentes arquiteturas de *hardware/software*.

Azanha Neto apresenta um modelo para unificação do PEP, que passa a ser um Prontuário Eletrônico Único do Paciente (PEUP). No entanto, é necessário que o acesso ao PEUP seja facilitado e realizado de forma segura, tanto por profissionais da saúde, quanto pelo próprio paciente. Atualmente a facilidade de acesso é caracterizada pela acessibilidade e usabilidade nas múltiplas plataformas disponíveis, que inclui os dispositivos móveis (DM).

Azanha Neto apresenta o PEUP em três níveis de informação, que são: 1) a síntese, 2) a síntese estendida e 3) o prontuário completo, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Os três níveis de informação do PEUP

AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014

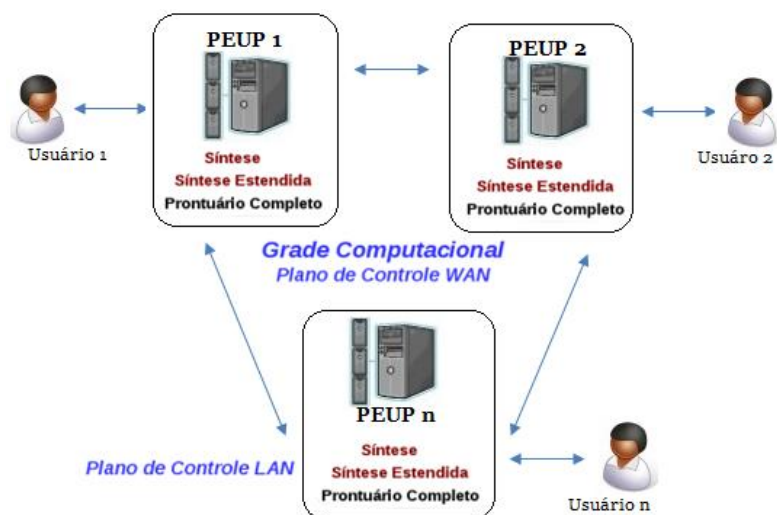


O Nível 1) forma a síntese do prontuário, que contém um pequeno volume de dados com os últimos atendimentos, alergias, doenças crônicas, prescrição de medicamentos etc. Nível 2), tem-se a síntese estendida com informações complementares do paciente, como os exames realizados. Nível 3) o prontuário completo (AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014). O Nível Um está distribuído em todas as unidades do PEUP e os Níveis Dois e Três são mantidos na Central local do paciente, conforme apresenta a

Figura 2. A distribuição dos três níveis do PEUP foi implementada através de uma grade computacional (AZANHA NETO et al., 2016).

Figura 2 - Modelo proposto pelo PEUP com três níveis de informação por região geográfica

AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014



2 Relato Circunstanciado

A proposta do modelo teve um desenvolvimento de um aplicativo para DM denominado PEUP-Mobile (PEUP-M) que mantém as informações relevantes sobre a saúde do paciente (como a síntese do PEUP) nos seus DMs. O PEUP-M também conta com uma aplicação que fica nas centrais do PEUP para realizar a sincronização dos dados e manter os três níveis de informações do PEUP.

Na Figura 3 apresentam-se as principais funcionalidades do PEUP que envolvem o modelo apresentado pelo PEUP-M.

Os softwares necessários para realizar as tarefas pertinentes ao PEUP-M foram desenvolvidos com as seguintes tecnologias: A interface com o usuário do aplicativo Android PEUP-M e a aplicação de controle, desenvolvidos em JAVA e usa o SQLite como gerenciador de dados. Ele acessa e viabiliza a sincronização dos DM com as centrais PEUP, além de permitir a leitura e a inserção de novas informações na síntese.

No servidor foi utilizado o Linux Ubuntu como sistema operacional base para instalação da grade JPPF (AZANHA NETO, et el., 2016) que foi configurada para responder às solicitações dos pacientes e manter seu PEUP nas centrais. O Glassfish 4 como *web server* utilizado para interagir com o JPPF. O gerenciador de banco de dados MySQL utilizado como repositório dos três níveis de informação do PEUP. Finalmente, uma aplicação de middleware foi desenvolvida em PHP, MySQL e NuSOAP *Web Service* para intermediar as transações entre as centrais PEUP e os DM dos pacientes, conforme a Figura 4.

Figura 3 - Caso de uso do modelo PEUP adaptado para o modelo PEUP-M

AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014

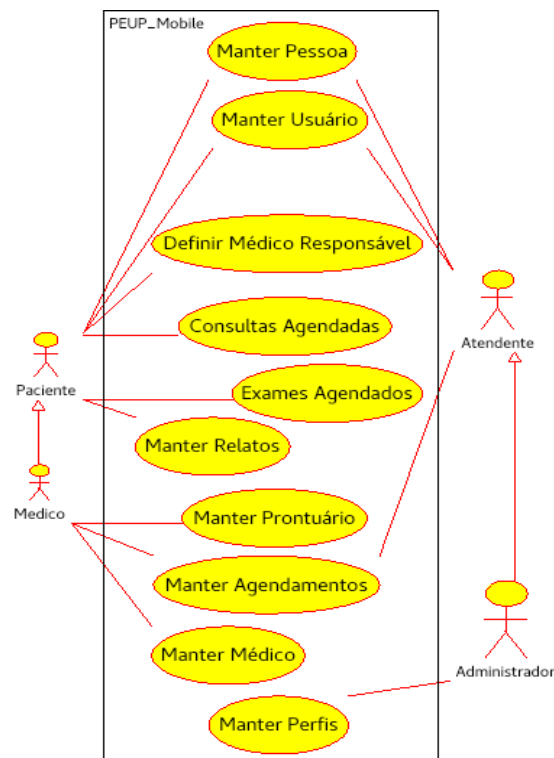
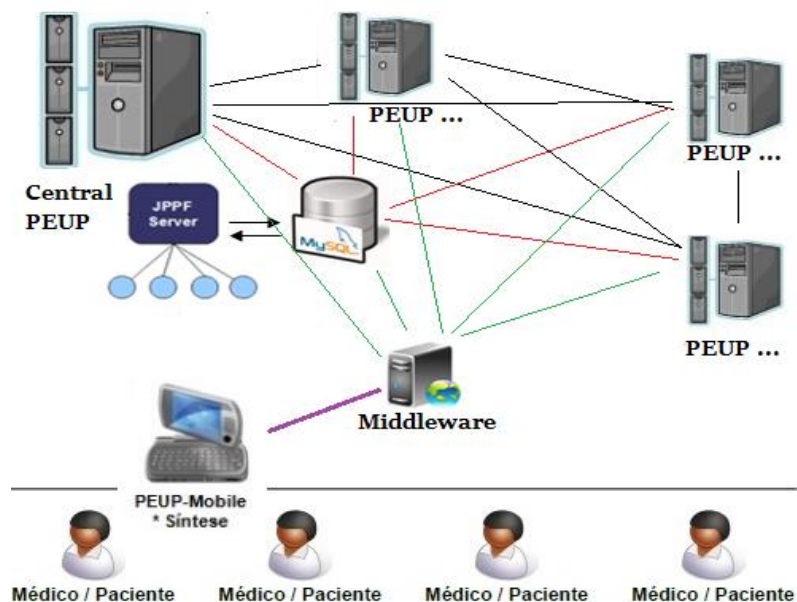


Figura 4 - Modelo de Acesso proposto dos DMs à Central PEUP

Do Autor



O fluxo se inicia com o cadastro do paciente e a solicitação inicial da síntese, por meio do PEUP-M, ao servidor de *Middleware*. A partir desse ponto, o *Middleware* mantém a síntese sincronizada automaticamente com as centrais PEUP que gera redundâncias da síntese nas centrais, para viabilizar a comunicação de qualquer lugar e para mantê-la atualizada nos DMs. Assim, o PEUP-M aciona periodicamente o *Middleware* para enviar as informações que tenham sido atualizadas na síntese do DM nas centrais PEUP. Quando há novos dados, eles são enviados para a base menos atualizada, que verifica a integridade por meio de códigos HASH. Se os códigos estiverem em conformidade, os dados são incorporados à base do PEUP-M. Caso contrário, eles são descartados e uma nova solicitação de sincronização é feita. Quando os profissionais de saúde ou o paciente registram novas informações no PEUP, elas são armazenadas na central mais próxima e uma solicitação de sincronização da síntese é disparada imediatamente para o servidor *Middleware*. Assim, o DM do paciente é mantido atualizado em tempo real, sempre que houver comunicação pela Internet.

Nos servidores, o fluxo acontece da seguinte forma: O *Middleware* é acionado pela solicitação vinda da *Web Services NuSoap*. A Central PEUP recebe as solicitações que interage com a grade JPPF (AZANHA NETO, et al., 2016) e o BD MySQL e devolve a resposta até o DM.

Os servidores apresentados no modelo da Figura 4 foram implementados sobre uma rede local com a seguinte configuração: Um microcomputador (μ C) com Windows onde

foi instalado o ambiente de desenvolvimento JAVA, a IDE Netbeans e as bibliotecas JPPF. Em outro μ C, montou-se Máquinas Virtuais (VM) Linux Ubuntu para configuração da grade JPPF (AZANHA NETO, et al., 2016). Em rede pública alugada, foi criado o domínio *peup.adm.br* e um host *peup-sp.no-ip.org* no resolvidor de DDNS No-IP.org.

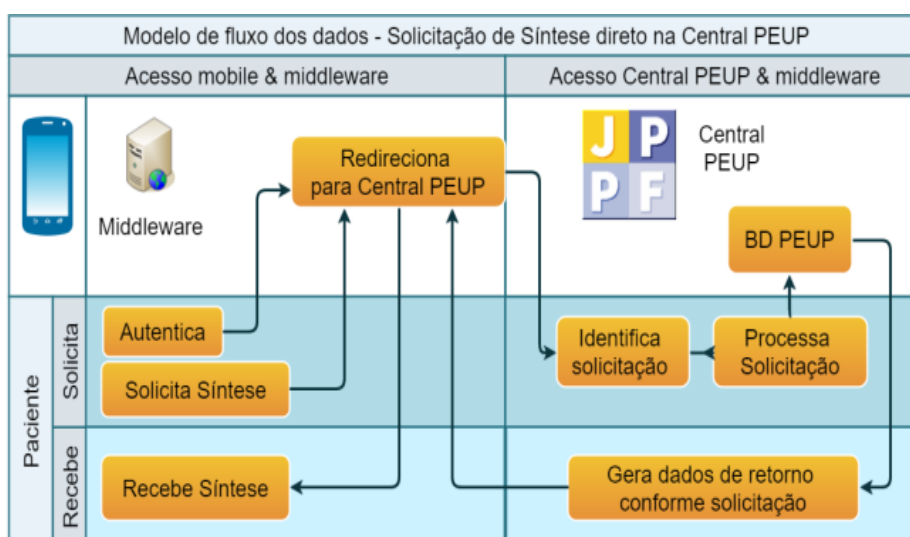
Um roteador foi configurado para se comunicar com o No-IP e permitir acesso às portas de comunicação que possibilitam executar a *Web Server* no μ C Windows ou nas VMs Ubuntu.

O PEUP-M solicita acesso ao PEUP via protocolo HTTPS pelo domínio *peup.adm.br*. O domínio *peup.adm.br* é redirecionado para o No-IP que busca acesso através do Host de usuários cadastrados. O Host do usuário foi configurado no roteador de modo que, sempre que o IP dinâmico de acesso à Internet for alterado, seja informado ao No-IP. O roteador identifica os IPs da rede local necessários para o funcionamento do acesso aos dados do PEUP.

A primeira avaliação do fluxo dos dados acontece quando se faz uma solicitação da síntese à Central PEUP conforme demonstrado na Figura 5. A solicitação é realizada a partir do DM do paciente ao *Middleware*, que redireciona solicitação à Central PEUP responsável em processar e retornar os dados ao PEUP-M solicitante.

Figura 5 - Modelo de fluxo de dados. Solicitação de Síntese na Central PEUP

Do Autor

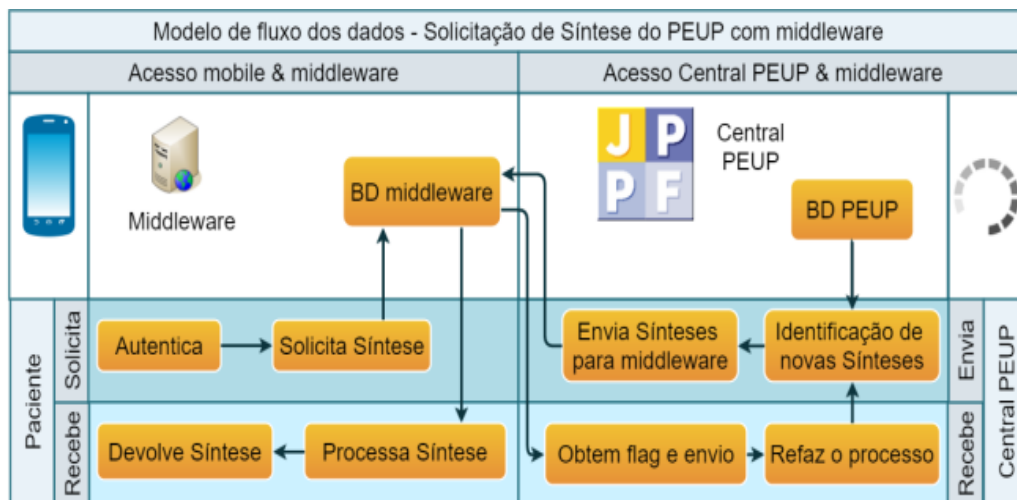


A segunda avaliação foi realizada com o PEUP-M fazendo a sincronização via *Web Server* com o servidor *Middleware* que concentra as sínteses dos PEUPs de todos os pacientes, conforme a Figura 6. Nesse teste foi implantado um aplicativo que fica em execução nas centrais PEUP, encarregado de sincronizar os dados de cada central com o servidor *Middleware*. Assim, os testes utilizaram o emulador Android da IDE Eclipse em plataforma MS-Windows. Conectou-se o emulador à grade JPPF (AZANHA NETO, et al., 2016) por meio da *Web Service*.

Os TRs medidos (em microssegundos) sempre que o PEUP-M envia solicitações à Central PEUP, seja através do servidor *Middleware*, ou diretamente à grade JPPF. Foram realizados 29 testes de sincronização da síntese para cada um dos seguintes dispositivos: um *Tablet* Samsung modelo GT-P3100 com Android 4.0 e um Celular LG modelo LG-E467f Android 4.1, ambos acessando diretamente a plataforma JPPF.

Figura 6 - Modelo de fluxo de dados. Solicitação de Síntese com *Middleware*

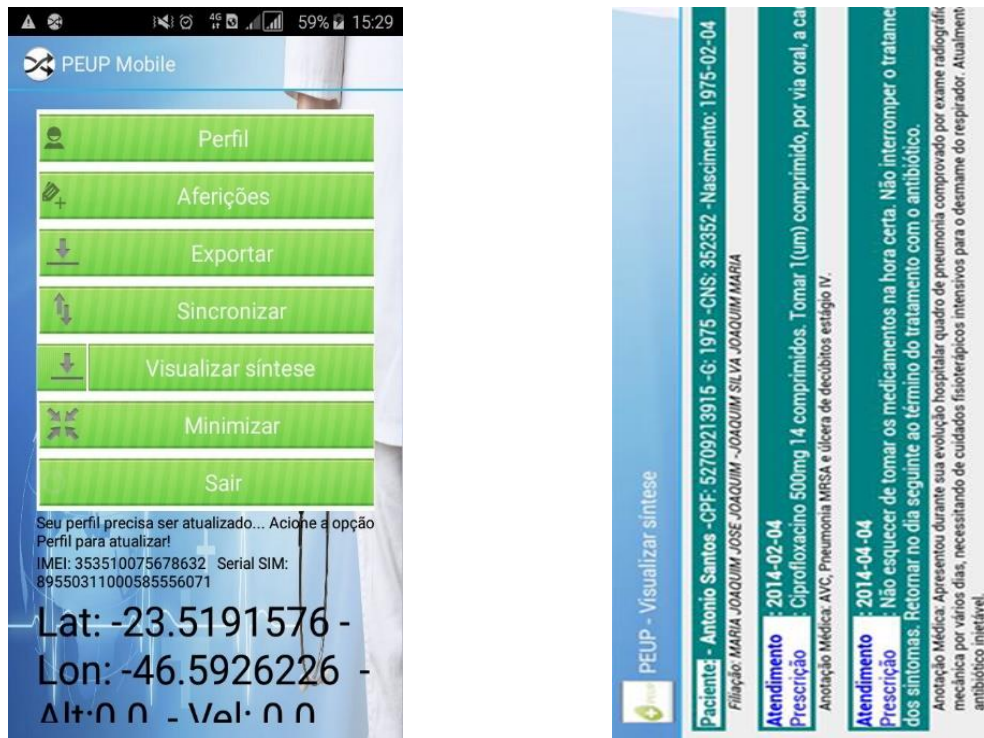
Do Autor



A Figura 7 apresenta a tela inicial do aplicativo PEUP-M e um exemplo de Síntese do paciente. Na tela inicial apresenta-se diversas opções de interação do paciente com seu prontuário: Seu perfil que pode ser atualizado via dispositivo e posteriormente validado pelo profissional da Saúde na Central PEUP; opções de exportar, sincronizar, e visualizar o prontuário. As principais funcionalidades para realizar a prova de conceito para avaliar o modelo proposto.

Figura 7 - Exemplo de telas do aplicativo PEUP-M

Do Autor



Os 29 testes com cada dispositivo foram repetidos fazendo a sincronização pelo *Middleware* e diretamente na grade. A Tabela 1 apresenta os tempos de resposta para a sincronização de 29 sínteses entre dois DMs e as plataformas JPPF ou *Middleware* dependendo do teste executado.

Tabela 1 - Teste de Sincronização entre DM e Servidores

Do Autor

TRs em segundos (s) - Plataforma JPPF e Servidor <i>Middleware</i> em Nuvem						
Recurso	DM	Núm. Sínteses	Média(s)	Mediana(s)	Desvio Padrão	Erro Padrão
JPPF	<i>Tablet</i>	29	18,1333	18,0	15,025	0,2743
JPPF	Celular	29	17,6667	17,5	16,678	0,3045
<i>Middleware</i>	<i>Tablet</i>	29	2,87	2	2,7258	0,4977
<i>Middleware</i>	Celular	29	2,57	3	0,9714	0,1774

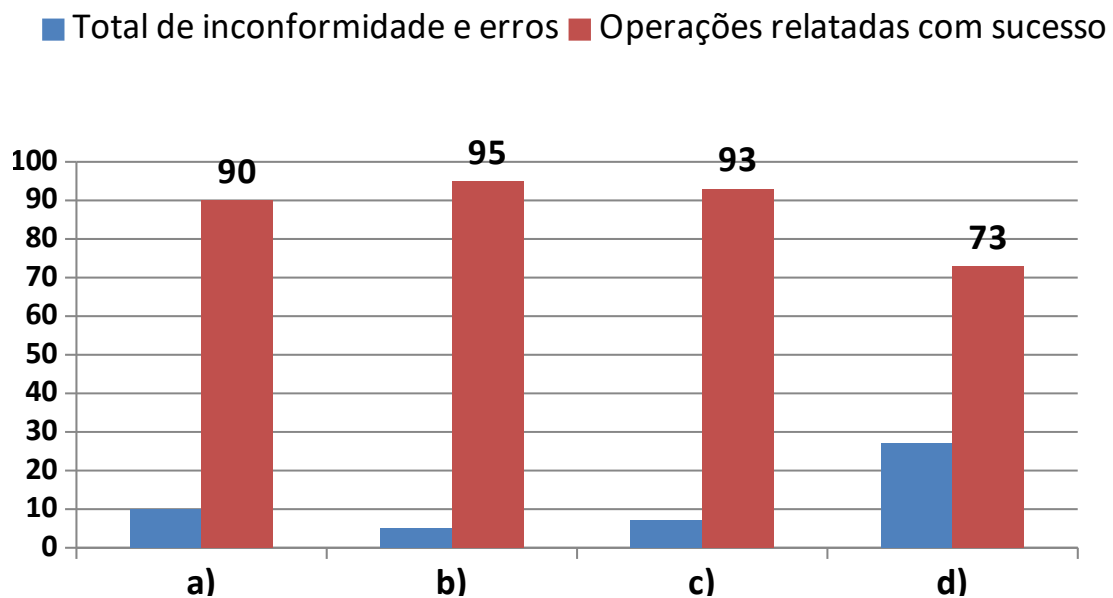
O teste t de *Student* foi usado para avaliar a influência dos dois modelos de acesso (JPPF e *Middleware*) e a independência dos DM e das redes nos tempos de resposta. Os testes indicaram que não há diferenças estatísticas (para $\alpha < 0,05$), ou seja, com 95% de nível de confiança entre os tempos de respostas, em função das redes ou dos DM, quando avaliados separadamente para JPPF e *Middleware*. Porém, há diferenças estatísticas quando foram comparados os modelos de acesso. Comparando o tempo de resposta (TR) de JPPF e *Middleware* há um ganho significativo em média de 85% do tempo para os dispositivos utilizados.

Os testes de integridade foram realizados no ambiente onde os acessos ocorreram através do *Middleware*, que tiveram os menores tempos de acesso. Foram realizados 100 testes de sincronização para cada combinação de rede e DM, conforme a descrição e os resultados apresentados na Figura 8.

As colunas do gráfico apresentadas na Figura 8 se referem a: (a) DM LG em rede Wi-fi; (b) DM LG em rede 3G+; (c) DM Samsung em Wi-fi; (d) DM LG em rede 3G (pré-pago).

Figura 8 - Teste de integridade relatando o desempenho – Sucesso x Inconformidades e erros

Do Autor



A adoção e utilização de um PEUP são necessidades que estão longe de serem supridas. Por isso, os desafios devem ser vencidos gradativamente. Dentre eles, há diversos modelos que devem ser desenvolvidos e consolidados. A grande maioria das informações contidas num PEP tem pouca relevância para qualquer atendimento do paciente. No entanto, há um conjunto de informações que não podem faltar. Conforme Azanha Neto no modelo de banco de dados do PEUP este conjunto foi agrupado na síntese (AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014). Entretanto, para que esta síntese esteja realmente disponível, quando necessária, é indispensável que se utilize os DM, porque é o dispositivo de acesso à Internet mais difundido na atualidade.

Este trabalho apresenta um modelo de disponibilização e sincronização da síntese em DM, independentemente de onde ela tenha sido atualizada. Este modelo foi avaliado quanto aos TRs de acesso e quanto à integridade dos dados.

Os acessos por meio do servidor em nuvem, foram até seis vezes mais rápidos do que os acessos diretos à grade JPPF. Isso ocorre porque o *Middleware* tem recursos melhores para gerir as solicitações antes de acessar a grade computacional.

Mesmo em conexões de Internet com baixa velocidade é possível fazer a sincronização com o DM, pois a síntese foi elaborada para ter pequeno volume de dados. Em conexões de baixa velocidade os resultados apontam um aproveitamento de 73% de sincronizações íntegras e de 95% quando as condições de rede são adequadas.

Os testes realizados em redes Wi-Fi e 3G+ não apresentaram erros de conexão com o servidor, mas apresentaram maior quantidade de inconformidades. Já os testes realizados em rede 3G (pré-pago), apresentaram 27% de erros de conexão e apenas 1% de inconformidades.

Como é esperado à medida que o volume de dados dos prontuários aumenta, o TR também aumenta. Entretanto, isto pode ser resolvido com o aumento dos nós de processamento na grade computacional.

3 Conclusão

Os resultados apresentados indicam que as buscas dos prontuários e as sincronizações da síntese com o servidor *Middleware* em nuvem foram mais adequadas. O método de assinatura através da codificação HASH garante que os dados sincronizados estão íntegros. Os resultados indicam que o modelo de disponibilização dos prontuários e sincronização das informações da síntese com DM é viável e tecnologicamente adequado à realidade atual.

4 Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Mogi das Cruzes e a Universidade Nove de Julho pela colaboração e a CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAGLISH, David; ARCHER, Norm. Electronic personal health record systems: a brief review of privacy, security, and architectural issues. In: Privacy, Security, Trust and the

Management of e-Business, 2009. CONGRESS'09. World Congress on. IEEE, 2009, pp. 110-120.

FRITZ, Fleur et al. CIS-based registration of quality of life in a single source approach. U.S. National Library of Medicine (NIH/NLM). BMC Medical Informatics and Decision Making, 2011, v.11, pp.26-2.

LIN, Ting-Chou et al. Job Dispatching and Scheduling for Heterogeneous Clusters-A Case Study on the Billing Subsystem of CHT Telecommunication. In: Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2015 IEEE 39th Annual. IEEE, 2015, pp. 748-757.

HSU, William et al. Context-based electronic health record: toward patient specific healthcare. IEEE Transactions on information technology in biomedicine, v. 16, n. 2, pp. 228-234, 2012.

SOOD, Sanjay Prakash et al. Electronic medical records: A review comparing the challenges in developed and developing countries. In: Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 41st Annual. IEEE, 2008, pp. 248-248.

AZANHA NETO, José da Silva; OLIVEIRA, Henrique Jesus Quintino. Modelo de Banco de Dados Distribuído para o Prontuário Eletrônico Único do Paciente. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2014.

KALOGRIOPOULOS, Nicholas et al. Electronic medical record systems for developing countries. In: Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE. IEEE, 2009, pp. 1730-1733.

AZANHA NETO, José da Silva et al. Proposta de Arquitetura em Grade Computacional para o Prontuário Eletrônico Único do Paciente. Anais do Seminário em Tecnologia da Informação Inteligente – SeTII, pp. 63, 2016.

HARZHEIM, Erno. Inovando o papel da atenção primária nas redes de atenção à saúde: Resultados do Laboratório de Inovação em quatro capitais brasileiras. Brasília-DF, 2011. [Online] Disponível em: [http://www.cff.org.br/userfiles/23- Organização Pan Americana da Saúde: Inovando o papel da atenção primária nas redes de atenção à saúde.pdf](http://www.cff.org.br/userfiles/23-Organização%20Pan%20Americana%20da%20Saúde%20Inovando%20o%20papel%20da%20atenção%20primária%20nas%20redes%20de%20atenção%20à%20saúde.pdf)>. Acessado em: 02 abr 2017.

GAY, Valerie; LEIJDEKKERS, Peter. The good, the bad and the ugly about social network for health apps. Embedded and Ubiquitous Computing (EUC), 2011 IFIP 9th International Conference on. IEEE, 2011.

SÁ, Joao Henrique Goncalves et al. GeoHealth: A Georeferenced System for Health Data Analysis in Primary Care. IEEE Latin America Transactions, v.10, n.1, Jan. 2012.