

Modelo para Disponibilização do Prontuário Eletrônico Único do Paciente em Dispositivos Móveis

Antônio. A. Santos¹, Henrique J. Q. de Oliveira¹, José da S. Azanha Neto², Débora V. Canne²

¹Núcleo de Pesquisas Tecnológicas
Universidade de Mogi das Cruzes (UMC) - Mogi das Cruzes, SP, Brasil

²Diretoria de Informática
Universidade Nove de Julho (UNINOVE) - Santo Amaro, São Paulo - SP, Brasil
a.a.s@uni9.pro.br, henrijqo@gmail.com, jose.azanha@uninove.br,
debora.canne@uni9.pro.br

Abstract. *The Unique Electronic Medical Record model is a proposal to deal with the dispersion of medical records data without having to deal with large volumes of data on care. Thus, this model provides information levels where the synthesis that concentrates the relevant information for the care is highlighted. In this research, a model of access to the Electronic Patient Record in mobile devices and a middleware to negotiate the transactions between them was proposed. The results indicated that middleware accesses are up to six times faster than the direct ones to the grid computing. Thus, the proposed model was adequate in terms of access times and data integrity.*

Resumo. *O modelo de Prontuário Eletrônico Único do Paciente é uma proposta para manipular a dispersão de dados dos prontuários sem ter que mobilizar grandes volumes de dados em atendimentos. Assim, esse modelo 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 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. Assim, o modelo proposto mostrou-se adequado quanto aos tempos de acesso e à integridade dos dados.*

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) [Marin and Weber 2015]. Por isso, o PEP pode ser acessado e atualizado, por profissionais da saúde, com relativa facilidade [Fritz et al. 2011; Miazaki et al. 2011]. 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 [Costa 2012]. No entanto, o PEP está fragmentado nas diversas instituições de saúde por onde ele passou [Azanha Neto and Oliveira 2014].

Em trabalho anterior foi elaborado um modelo para unificação do PEP, que passa a ser um Prontuário Eletrônico Único do Paciente (PEUP) [Azanha Neto and

Oliveira 2014]. 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 [Marin and Weber 2015; Vivanco and Marin 2015]. Atualmente a facilidade de acesso é caracterizada pela acessibilidade e usabilidade nas múltiplas plataformas disponíveis, que inclui os dispositivos móveis.

No modelo de dados proposto o PEUP foi dividido em três níveis de informação, que são: a síntese, a síntese estendida e o prontuário completo. O Nível Um forma a síntese do prontuário, que contém um pequeno volume de dados com os últimos atendimentos, alergias, doenças crônicas, prescrição de medicamentos etc. No Nível Dois, tem-se a síntese estendida com informações complementares do paciente, como os exames realizados. Por fim, no Nível Três, tem-se o prontuário completo [Azanha Neto and Oliveira 2014]. O Nível Um está distribuído em todas as unidades do PEUP e os Níveis Dois e Três são mantidas na Central local do paciente, conforme apresenta a Figura 1. A distribuição dos três níveis do PEUP foi implementada através de uma grade computacional [Azanha Neto et al. 2016; JPPF 2015].

Complementando a proposta apresentada pela Figura 1, este trabalho tem como objetivo de propor e validar um modelo que viabilize a disponibilização da síntese do Modelo do PEUP em dispositivos móveis, de modo que fique em poder do paciente permanentemente e em tempo real, demonstrando um grande avanço para o acesso a informação por parte do mesmo. Assim, a síntese será usada em atendimentos de urgência ou emergência e no acompanhamento regular da saúde do paciente, a qualquer momento e com acesso médico, quando necessário. O acesso à síntese ocorre por meio dos dispositivos móveis do paciente, mesmo que não haja acesso à Internet.

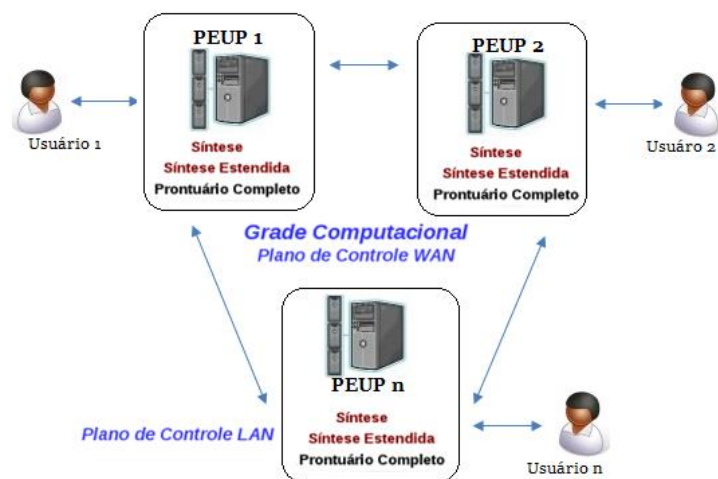


Figura 1. Modelo do PEUP com três níveis de informação separados geograficamente e interligados por uma grade computacional.
Fonte: AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014.

2. Materiais e Métodos

Para atender o modelo, foi preparado um ambiente computacional para a realização da prova de conceito para avaliar a viabilidade da proposta. Assim, foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis denominado PEUP-Mobile (PEUP-M) que mantém as informações relevantes sobre a saúde do paciente (como a síntese do PEUP) nos seus dispositivos móveis. 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.

O caso de uso da Figura 2 tem a pretensão de melhor ilustrar as principais funcionalidades do PEUP que envolvem o modelo apresentado pelo PEUP-M.

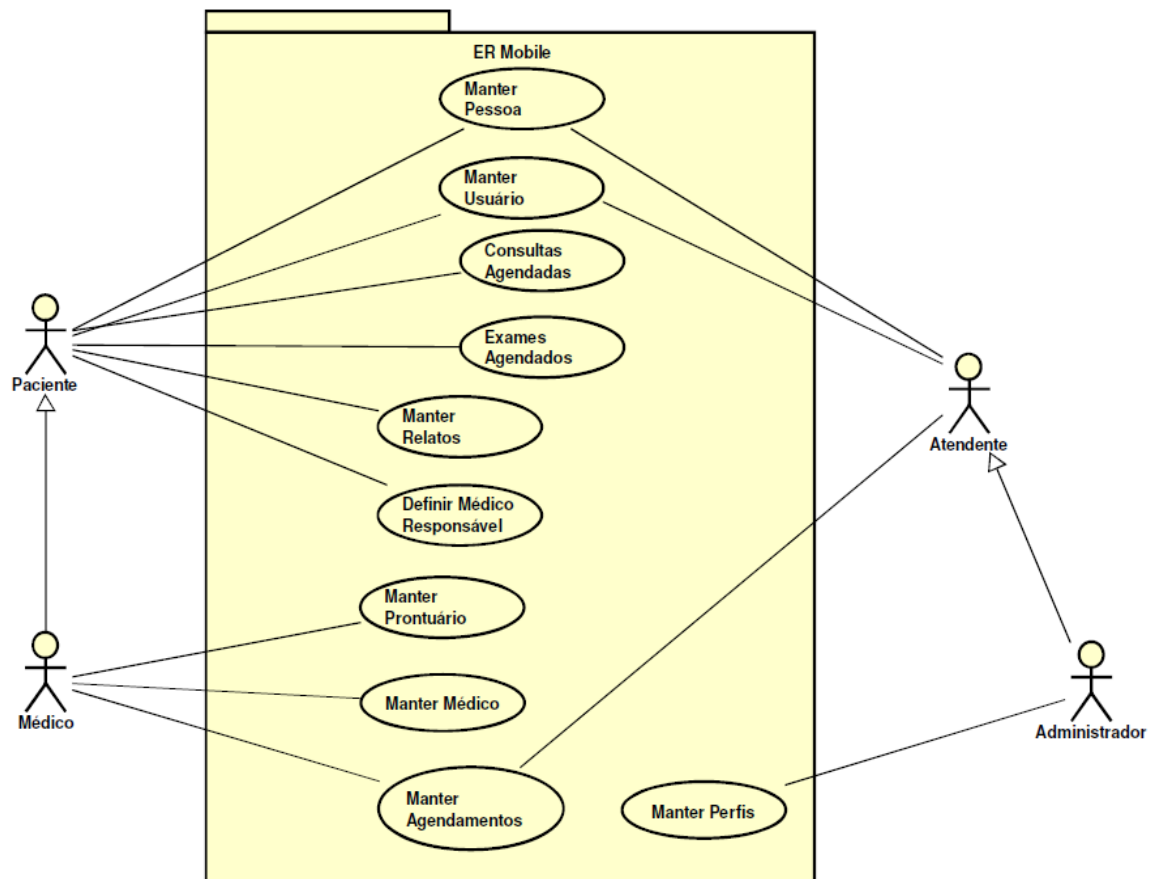


Figura 2. Caso de uso do modelo PEUP adaptado de (AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014) para o PEUP-M.

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, que foram desenvolvidos em JAVA e usa o SQLite como gerenciador de dados. Ele acessa e viabiliza a sincronização dos dispositivos móveis com as centrais PEUP, além de permitir a leitura e a inserção de novas informações na síntese. No servidor foi usado Linux Ubuntu como sistema operacional base para instalação da grade JPPF [Azanha Neto et. al. 2016] que foi configurada para responder às solicitações dos pacientes e manter seu PEUP nas centrais. O Glassfish 4 como Web Server foi usado para interagir com o JPPF. O gerenciador de banco de dados MySQL foi usado como repositório dos três níveis de informação do PEUP. Por fim, uma aplicação de *middleware* foi desenvolvida em PHP, MySQL e NuSOAP Web Service para intermediar as transações entre as centrais PEUP e os dispositivos móveis dos pacientes, conforme demonstra a Figura 3.

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 daí 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 dispositivos móveis. Assim, o PEUP-M aciona periodicamente o *middleware* para enviar as informações que tenham sido atualizadas na síntese dos dispositivos móveis nas centrais PEUP.

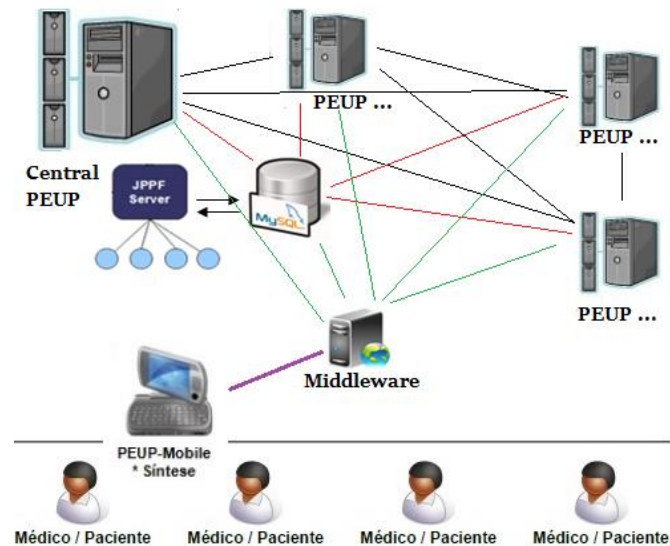


Figura 3. Modelo de acesso proposto dos dispositivos móveis à Central do PEUP. Fonte: Dos autores.

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, são armazenadas na central mais próxima e uma solicitação de sincronização da síntese é disparada imediatamente para o servidor *middleware*. Assim, o dispositivo móvel 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 os dispositivos móveis.

Os servidores demonstrados 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 e 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 modelo de fluxo de dados acontece quando se fez uma solicitação da síntese à Central PEUP (Figura 4). A solicitação é realizada a partir dos dispositivos móveis do paciente ao *middleware*, que redireciona solicitação à Central PEUP responsável em processar e retornar os dados ao PEUP-M solicitante.

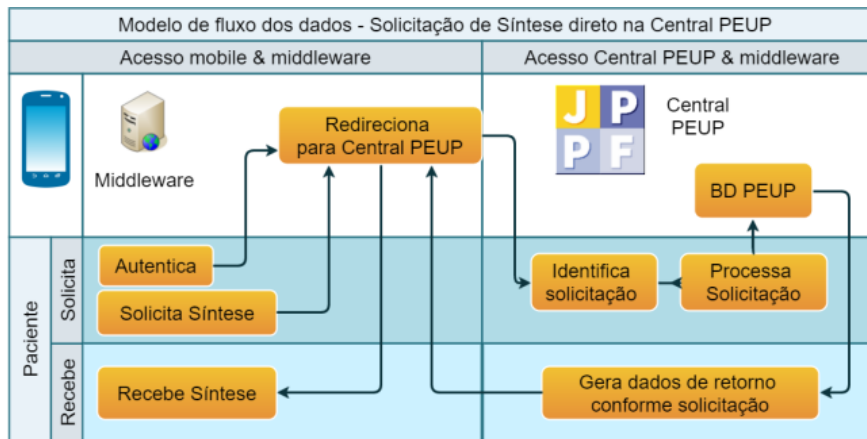


Figura 4. Modelo de fluxo de dados - Solicitação de Síntese direto na Central do PEUP. Fonte: Dos autores.

A segunda avaliação do modelo de fluxo de dados 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 Figura 5. 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.

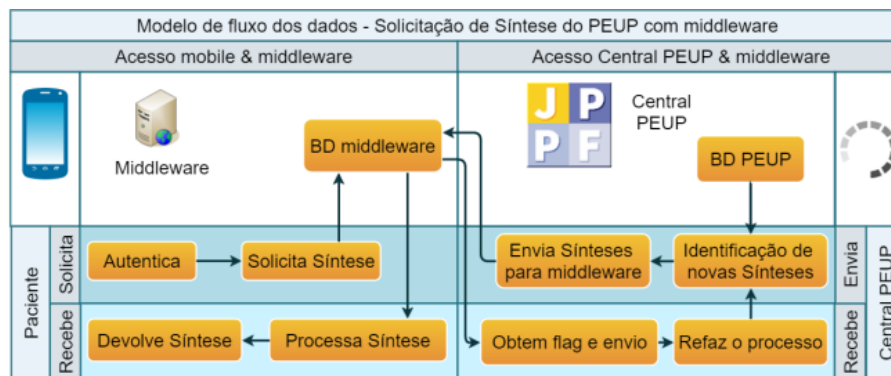


Figura 5. Modelo de fluxo de dados - Solicitação de Síntese do PEUP com o middleware. Fonte: Dos autores.

3. Resultados

Foram medidos os tempos de resposta sempre que o PEUP-M envia solicitações à Central PEUP, seja através do servidor *middleware*, ou diretamente à grade JPPF. Realizou-se 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. A

Figura 6 apresenta a tela inicial do aplicativo PEUP-M com as principais funcionalidades para realizar a prova de conceito para avaliar o modelo proposto.



Figura 6. Tela principal do aplicativo PEUP-M. Fonte: Dos autores.

Os 29 testes com cada dispositivo foram repetidos fazendo a sincronização pelo middleware e diretamente na grade. Assim, a Tabela 1 apresenta os tempos de resposta para a sincronização de 29 sínteses entre dois dispositivos móveis e as plataformas JPPF ou middleware dependendo do teste executado e apresentou os resultados de média, mediana, desvio padrão e erro padrão.

Tabela 1 – Teste de sincronização entre dispositivos móveis e servidores.

Tempo de Resposta: Grade JPPF e Servidor em nuvem						
JPPF versus Middleware	Dispositivos Móveis	Núm. de Sínteses	Média(s)	Mediana(s)	Desvio Padrão	Erro Padrão
JPPF	Tablet Samsung	29	18,1333	18,0	15,025	0,2743
JPPF	Celular LG	29	17,6667	17,5	16,678	0,3045
Middleware	Tablet Samsung	29	2,8700	2,0	2,7258	0,4977
Middleware	Celular LG	29	2,5700	3,0	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 dispositivos móveis 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 dispositivos móveis, quando avaliados separadamente para JPPF e *middleware*. Porém, há diferenças estatísticas quando foram comparados os modelos de acesso. Comparando o tempo de resposta entre o JPPF e o *middleware*, há um ganho significativo em média de 85% do tempo para os dispositivos utilizados.

Mediante a descrição e os resultados apresentados na Figura 7, realizamos os testes de integridade 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 dispositivos móveis. As colunas (da esquerda para a

direita) se referem: Dispositivo LG em rede Wi-fi; Dispositivo LG em rede 3G+; Dispositivo Samsung em Wi-fi; Dispositivo LG em rede 3G.

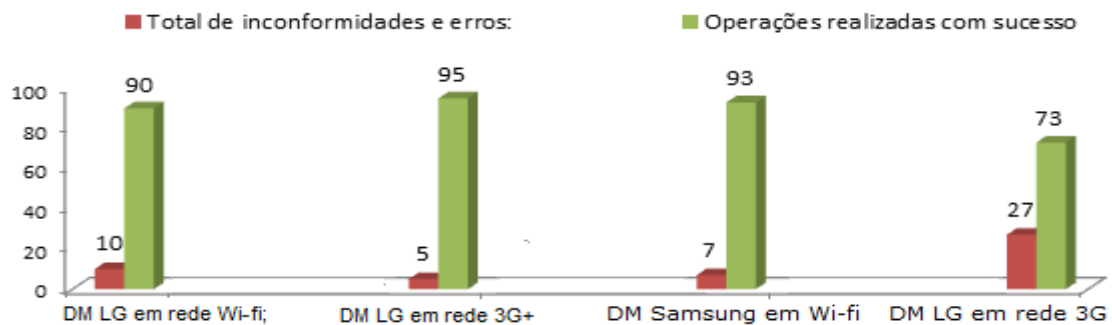


Figura 7. Teste de integridade relatando o Sucesso x Inconformidades e erros.
Fonte: Dos autores.

4. Discussões

A adoção e a 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 pode faltar. No modelo de banco de dados do PEUP este conjunto foi agrupado na síntese [Azanha Neto and Oliveira 2014]. Entretanto, para que esta síntese esteja realmente disponível, quando necessária, é indispensável que utilize os dispositivos móveis. Assim, neste trabalho foi elaborado um modelo de disponibilização e sincronização da síntese em dispositivos móveis, independentemente de onde ela tenha sido atualizada. Este modelo foi avaliado quanto ao tempo de resposta e à integridade dos dados.

Os acessos, por meio do servidor em nuvem, foram aproximadamente 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 os dispositivos móveis, 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. Assim, como é de se esperar à medida que o volume de dados dos prontuários aumenta o tempo de resposta também aumenta. Entretanto, isto pode ser resolvido com o aumento dos nós de processamento na grade computacional.

5. Conclusões

Os resultados, obtidos via PEUP-M, indicam que as buscas e as sincronizações da síntese do PEUP com o servidor *middleware* em nuvem foram mais adequadas e com resultados satisfatórios quando comparados aos resultados de acesso diretamente a grade JPPF do PEUP, conforme pode ser visto na Figura 6 apresentada anteriormente. O

método de assinatura através dos códigos HASH garante que os dados sincronizados estejam íntegros para acesso pelo dispositivo móvel. Os valores apresentados nos resultados mostraram que o modelo de disponibilização e sincronização da síntese do PEUP com a utilização de dispositivos móveis é viável, que oferece maior mobilidade de acesso, apresenta tempos de resposta satisfatórios mesmo considerando o acesso via as redes WiFi e 3G+. Assim, conclui-se que o modelo do PEUP-M que foi avaliado pelo ambiente computacional por prova de conceito é viável tecnologicamente e adequado à realidade atual.

Como investigação futura, propõe-se realizar testes com número maior de dispositivos móveis concorrendo a um volume maior de dados, utilizando-se de um cluster de BD no middleware para se apurar resultados mais abrangentes e com melhor tempo de resposta.

6. Agradecimentos

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

Referências

- Azanha Neto, J. da S. and Oliveira, H.J.Q. Modelo de Banco de Dados Distribuído para o Prontuário Eletrônico Único do Paciente. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2014.
- Azanha Neto, J. da S., et al. Proposta de Arquitetura em Grade Computacional para o Prontuário Eletrônico Único do Paciente. Anais do Seminário em Tecnologia da Informação Inteligente – SeTII; p. 63, 2016.
- Costa, C.G.A. da. Cartilha Sobre Prontuário Eletrônico: A certificação de sistemas de registro Eletrônico em Saúde. Conselho Federal de Medicina (CFM) e da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. 2012. Disponível em: <http://portal.cfm.org.br/crmdigital/Cartilha_SBIS_CFM_Prontuario_Eletronico_fev_2012.pdf>. Acessado em: 04 jun 2015.
- Fritz, F., 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, Vol.11, p.26-2.
- JPPF. Architecture and topology. Disponível em: <http://jppf.org/doc/v5/index.php?title=JPPF_Overview>. Acesso em 25 mai 2015.
- Miazaki, A.P., et al. Prontuário Único do Paciente: ambulatório de especialidades da Faculdade de Medicina de Jundiaí. Perspectivas Médicas, Volume 22(2) - Julho / Dezembro 2011.
- Marin H.F. and Weber P. Personal Health Record: the Nursing Outlook. J. Health Inform. 2014 Julho-Setembro; 6(3): 89-91. Disponível em: <<http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/275>>. Acessado em: 30 mai 2015
- Vivanco, C.R. and Marin, H.F. RES – PEP – PPS: Evolução e o novo paradigma sobre a responsabilidade na gestão da saúde do cidadão. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis11/arquivos/1040.doc>>. Acessado em 25 abr 2015.