

NOTIFICAÇÕES DE MONITORAMENTO REMOTO DE PACIENTES USANDO REDES SOCIAIS

Hugo A. Ribeiro¹, Douglas Battisti¹, Eliseu Germano¹ e Sergio T. Carvalho¹

¹Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

Resumo: Objetivo: Permitir o encaminhamento de notificações, relacionadas ao monitoramento contínuo de sinais vitais de pacientes, para profissionais de saúde e familiares utilizando redes sociais online. **Método:** Integração destas redes sociais a um sistema de monitoramento remoto de pacientes permitindo que os usuários demonstrem interesse em receber notificações por meio da manutenção de relacionamentos. **Resultados:** Um protótipo com um sistema de notificação de eventos apoiado por redes sociais online acoplado a tecnologias que geralmente fazem parte do cotidiano das pessoas, como *smartphones*. **Conclusão:** A integração de sistemas de redes sociais online a sistemas de monitoramento remoto de pacientes, permite que complicações e anomalias sejam identificadas e comunicadas com antecipação, ocasionando redução na taxa de readmissão hospitalar.

Palavras-chave: monitoramento, rede social, software.

Abstract: Objective: To enable the routing of notifications related to continuous monitoring of vital signs of patients to health professionals and family using online social networks. **Method:** Integration of social networks to a remote patient monitoring system allowing users to show interest in receiving notifications through relationships management. **Results:** A prototype with an event notification system supported by online social networks coupled with technologies that are often part of daily life, such as *smartphones*. **Conclusion:** The integration of social networks online systems to remote patient monitoring systems allows to identify and communicate complications and anomalies in advance, causing reduction in hospital readmission rate.

Keywords: monitoring, social networking, software.

Introdução

O contingente de profissionais de saúde tem um deficit de mais de 7,2 milhões de pessoas e terá uma carência de 12,9 milhões até o ano de 2035¹. Essa tendência vai contra o aumento de expectativa de vida humana que acarreta em maior demanda por cuidados médicos, principalmente quando se trata de pacientes com doenças crônicas.

As tecnologias da informação e comunicação entram como ferramentas importantes para amenizar essa falta de profissionais de saúde. Elas permitem a comunicação entre pacientes e profissionais de saúde a qualquer instante, além da redução de custos de entrega de tratamentos personalizados, caso o paciente necessite de constantes visitas aos médicos e de cuidadores presentes em todos os momentos. Além disso, o acompanhamento remoto contínuo de pacientes pode fornecer um alívio aos sistemas de atendimento médico atualmente existentes².

Segundo Morrissey², 33% dos pacientes esperam que seus médicos tenham acesso a tecnologias de monitoramento remoto, sendo que quanto mais idoso é o paciente, maior é a aceitação dessas

tecnologias. Além disso, de acordo com o que foi colocado por ele, 40% dos pacientes idosos querem ter acesso a tecnologias que notifiquem seus cuidadores sobre emergências médicas.

Uma forma de implementar notificações em um sistema de monitoramento remoto de pacientes é a sua integração a serviços de redes sociais online (RSOs) ^{15,16,17,18,19,20,21,22,23}. Esse artigo apresenta uma proposta de integração de funcionalidades de RSOs a uma plataforma de monitoramento remoto de pacientes, a UbiCare, em desenvolvimento no Laboratório de Informática em Saúde (LabIS) do Instituto de Informática (INF) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

O artigo está organizado como segue: a segunda seção aborda os conceitos que possibilitam a emissão de notificações em sistemas de monitoramento remoto de pacientes por meio de redes sociais online; a terceira seção apresenta o protótipo construído e integrado ao UbiCare, além de uma discussão dos trabalhos relacionados e a quinta e última seção traz a conclusão e os trabalhos futuros.

Métodos e materiais

Nessa seção são apresentados os fundamentos necessários à realização da proposta de integração de notificações e RSOs. Os conceitos e funcionalidades dos sistemas sensíveis ao contexto, dos sistemas de monitoramento remoto de pacientes, das RSOs e do padrão arquitetural de software *publish/subscribe* são inter-relacionados de modo a possibilitar a emissão de notificações.

Sistemas sensíveis ao contexto – Dey e Abowd³ definiram contexto como “qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, um local ou um objeto relevante para a interação entre o usuário e a aplicação, incluindo os próprios usuários e aplicações”. Essa definição comporta uma grande quantidade de informações como sendo contexto, as mais relevantes aquelas que permite inferir quem (identidade) está fazendo o que (atividade), em que local (localização) e em que momento (tempo)⁴.

Os sistemas sensíveis ao contexto (SSCs) são aqueles capazes de prover informações ou serviços relevantes de acordo com o contexto do usuário³. Tais sistemas podem ser estruturados em uma arquitetura com cinco camadas^{5,6}, como apresentado na Figura 1.

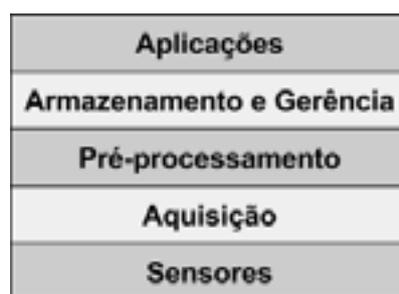


Figura 1: Arquitetura genérica de SSCs

A organização arquitetural apresentada, permite que contexto seja adquirido (camada de Aquisição) por meio de sensores (camada de Sensores) e devidamente representado (camada de Pré-processamento), persistido e disponibilizado (camada de Armazenamento e Gerência) para as aplicações que se comportam de acordo com as informações de contexto (camada de Aplicações).

Sistemas de monitoramento remoto de pacientes – Um sistema de monitoramento remoto de pacientes (SMRP) é uma especialização de SSC em que dispositivos são utilizados para coletar remotamente e enviar dados de saúde para uma central de diagnóstico. As aplicações dessa modalidade

podem trabalhar com sinais vitais oriundos dos sensores ligados ao paciente, definidos de acordo com o seu quadro clínico. Possíveis avaliações providas por centrais de diagnóstico incluem a detecção de arritmia cardíaca⁸, a indicação de anomalias no índice glicêmico⁹, e a detecção de queda¹⁰. Conforme o resultado da avaliação, uma notificação pode ser emitida.

Uma arquitetura genérica para sistemas de monitoramento remoto de pacientes, utilizando computação móvel e redes de comunicação sem fio, adaptada de Pawar *et al.*⁷, é apresentada na Figura 2.

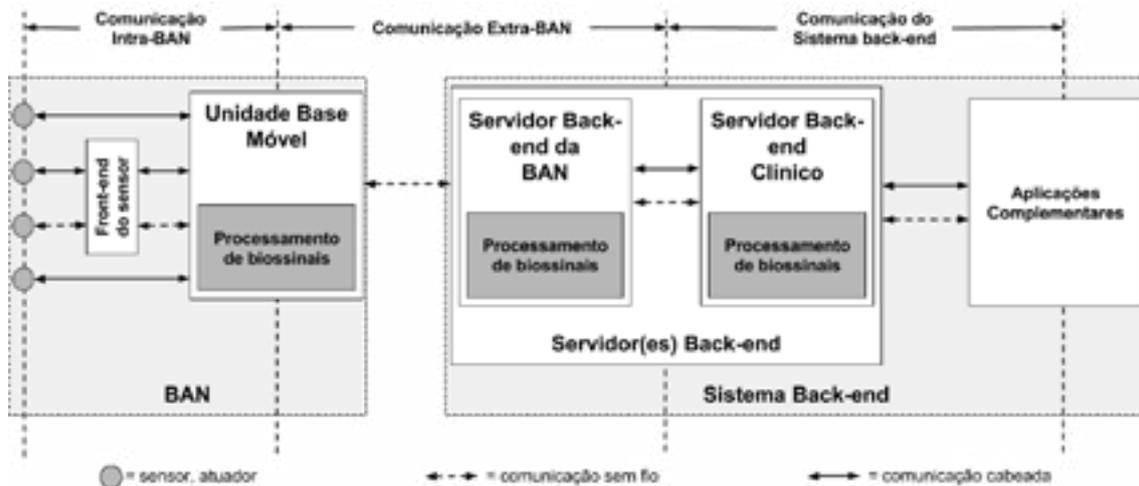


Figura 2: Arquitetura genérica de sistemas de monitoramento remoto de pacientes

Nesta arquitetura pode se observar a decomposição em três camadas principais: a camada de sensoriamento, a camada de *middleware* e a camada de aplicações. A primeira camada, compreende os sensores presentes na rede de área corporal, do inglês, *Body Area Network* e o transporte das informações coletadas, de forma bruta ou pré-processada para o *middleware*, utilizando um dispositivo móvel, Unidade Base Móvel, como *gateway*. A camada de *middleware*, corresponde aos Servidores Back-end, é a responsável pela persistência e avaliação dos dados recebidos do dispositivo móvel. Além disso, de modo a fazer uso das tecnologias vigentes, espera-se que a camada de *middleware* seja capaz de se comunicar com sistemas hospitalares, viabilizando o acesso aos dados por meio da intranet de um hospital. A camada de aplicações possui um conjunto de aplicações construídas sobre o *middleware*, consumindo os dados por ele disponibilizados.

Relacionamentos como informação contextual – Zimmerman *et al.*¹¹ propõem uma extensão à *definição* de contexto incluindo as relações entre as entidades caracterizando uma informação contextual tão relevante quanto aquelas apresentadas na Seção 2.1. Existem três tipos de relações: as sociais, que modelam as relações interpessoais, as funcionais, que são responsáveis pela relação de consumo de serviços de outras entidades, e as composicionais, que controlam o comportamento de um grupo de entidades.

As RSOs são uma modalidade de mídia social focada na manutenção de relações entre os usuários, podendo ser utilizadas para se obter informação contextual dessa natureza¹². Os sistemas de monitoramento remoto de pacientes, por serem SSCs, podem ser estendidos de modo a acomodar a informação contextual de relacionamento entre os usuários que nele residem. Neste artigo, isso é alcançado mediante a adição de um módulo de RSO, permitindo a gerência dos relacionamentos entre as entidades do sistema.

Padrão arquitetural *publish/subscribe* – Como apresentado por Morrissey², uma das funcionalidades pertinentes a um SMRP é a emissão de notificações. Tais notificações são geradas a partir das

inferências realizadas sobre os dados fisiológicos de um paciente durante a etapa de avaliação e são encaminhadas às entidades interessadas no quadro clínico do paciente. Uma forma de abordar este requisito é por meio de uma arquitetura de software na qual se possa explicitar os objetos de interesse (pacientes) e os objetos interessados (familiares e profissionais de saúde). O padrão arquitetural *publish/subscribe* permite desacoplar os objetos de interesse dos respectivos interessados, simplificando a implementação de ambas as partes. A Figura 3, adaptada de¹³, apresenta esse padrão arquitetural.



Figura 3: Padrão arquitetural *publish/subscribe*

Sistemas *publish/subscribe* possuem modelos de assinatura responsáveis pela definição do repasse das mensagens dos publicadores (*publishers*) para os assinantes (*subscribers*). Os modelos de assinatura mais utilizados são os baseados em tópicos e os baseados em conteúdo. No primeiro modelo, as mensagens são publicadas em canais nomeados, de forma que apenas os assinantes destes canais possam recebê-las. No segundo modelo, as mensagens podem ser filtradas a partir de seus atributos de acordo com os interesses dos assinantes¹³.

Considerando a existência de informação contextual de relacionamento entre as diferentes entidades do sistema, é possível que as notificações sejam encaminhadas seguindo o padrão arquitetural *publish/subscribe*. A criação de um relacionamento na rede social online corresponde a uma assinatura nessa arquitetura. Dessa forma, os pacientes atuam como publicadores e os cuidadores como assinantes.

Resultados e discussão

A arquitetura proposta por Pawar *et al.*⁷ (Figura 2), apresenta um conjunto de componentes que definem a estrutura genérica de um SMRP. Uma de suas principais características está relacionada com a divisão dessa estrutura nas camadas sensoriamento, *middleware* e aplicações.

Essa estrutura é representada no UbiCare, SMRP em desenvolvimento no Laboratório de Informática em Saúde (LabIS) do Instituto de Informática (INF) da Universidade Federal de Goiás (UFG), a partir de uma arquitetura orientada a serviços, do inglês, *Service-Oriented Architecture* (SOA). No UbiCare as aplicações se comunicam por meio de um barramento, em que serviços relacionados aos cuidados dos pacientes são consumidos por meio de *Applications Programming Interfaces* (APIs). Esse barramento de serviços se comporta como a camada de *middleware*, onde os recursos relacionados aos serviços de monitoramento de pacientes são integrados. Por conta de algumas características da arquitetura SOA, essas camadas se sobrepõem. Isso pode ser observado na camada de sensoriamento que passa a ser representada por um conjunto de aplicações que coletam dados de sensores.

A emissão de notificações utilizando RSOs é realizada por meio do serviço de gerência de relacionamentos denominado por GR-API, e do serviço de emissão de notificações denominado EN-API¹⁴. O serviço de notificações pode ser usado por qualquer aplicação que venha a compor a plataforma UbiCare. A Figura 4 apresenta a arquitetura do UbiCare com funcionalidade de RSOs além de incluir a aplicação SPC, responsável pela coleta de dados de sensores fisiológicos.

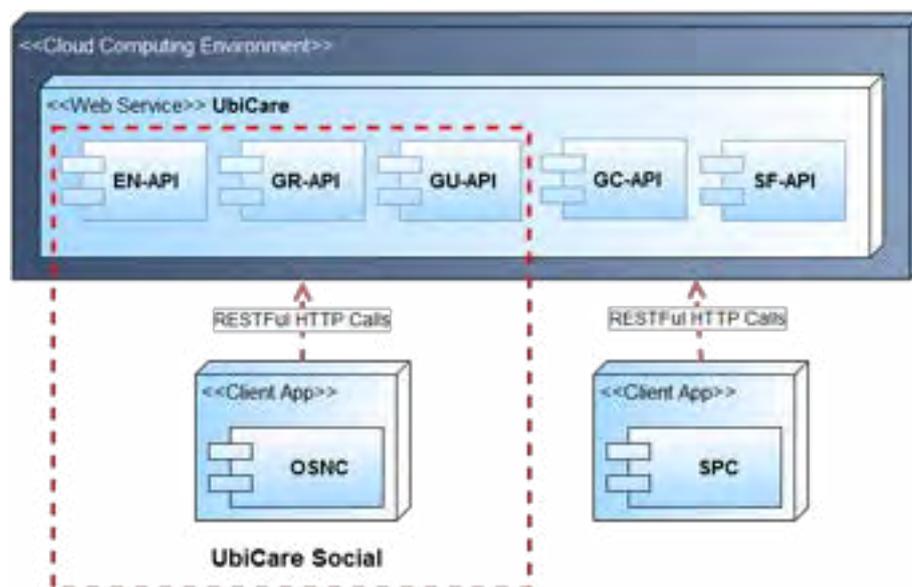


Figura 4: Arquitetura do UbiCare com funcionalidades de RSOs

Protótipo – O protótipo, denominado UbiCare Social e delimitado na Figura 4, é composto por uma aplicação e de um conjunto de serviços disponibilizados pelo UbiCare. Esses serviços são implementados pelos componentes de software a seguir:

- GC-API – Gerenciador de Cuidados – disponibiliza os principais recursos relacionados ao tratamento do paciente, tais como as prescrições de saúde, o controle de riscos e o histórico de avaliações realizado pelos profissionais de saúde.
- EN-API – Emissor de Notificações – contém os recursos que permitem a entrega de notificações aos diferentes usuários do sistema.
- GR-API – Gerenciador de Relacionamentos – disponibiliza recursos que permitem a manutenção dos relacionamentos entre os usuários do sistema.
- GU-API – Gerenciador de Usuários – disponibiliza recursos que permitem a autenticação e o controle de usuários.
- SF-API – Sensores Fisiológicos – disponibiliza os recursos que viabilizam o registro de dados fisiológicos do paciente, tais como pressão arterial e peso.

Os serviços EN-API, GR-API e GU-API são consumidos pela seguinte aplicação:

- OSNC – Cliente de Rede Social Online – aplicativo para a plataforma Android que permite que os pacientes, os profissionais de saúde e os familiares gerenciem seus relacionamentos, por meio das funcionalidades do serviço GR-API, e recebam as notificações referentes a essas relações.

Funcionamento – O protótipo construído tem como finalidade a entrega de notificações para os cuidadores de um paciente. Essas notificações são geradas após a detecção de alguma anomalia nos dados fisiológicos coletados. O encaminhamento das notificações é realizado com o auxílio do Google Cloud Messaging (GCM)¹, um serviço que permite o envio de mensagens entre servidores e clientes.

A Figura 5 apresenta o fluxo relacionado à coleta de dados fisiológicos e à sua transmissão para o UbiCare (1, 2 e 3), bem como as interações dos usuários com os serviços por meio das aplicações (3) e as interações relacionadas ao GCM (A, B, C, D e E). O funcionamento do GCM é fundamentado na distribuição de identificadores únicos para os dispositivos que tenham a aplicação OSNC instalada. Quando o usuário acessa a aplicação, um identificador é solicitado (A) e atribuído ao dispositivo (B).

1 <https://developers.google.com/cloud-messaging/>

Esse identificador é persistido no UbiCare (C). Sempre que for necessário notificar um determinado usuário, o UbiCare informa os identificadores de seus dispositivos e a mensagem para o GCM (D). Os identificadores são resolvidos e as mensagens são encaminhadas aos dispositivos (E).

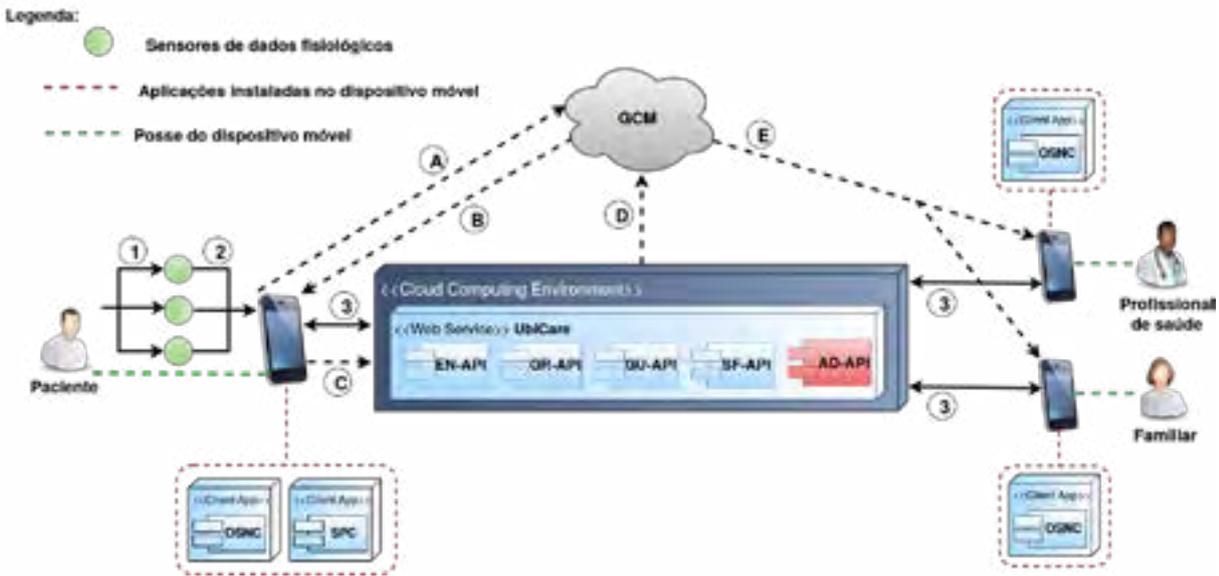


Figura 5: Funcionamento do emissor de notificações do UbiCare Social

A aplicação móvel OSNC permite ao usuário acessar as funcionalidades do gerenciador de relacionamentos. Isso é realizado por meio do nome e da senha dos usuários cadastrados, como apresentado na Figura 6(a). Considerando o cenário simplificado apresentado na Figura 7, uma vez que o usuário Profissional de saúde esteja autenticado, a aplicação apresenta um comportamento como especificado nas Figuras 6(b), 6(c), 6(d).

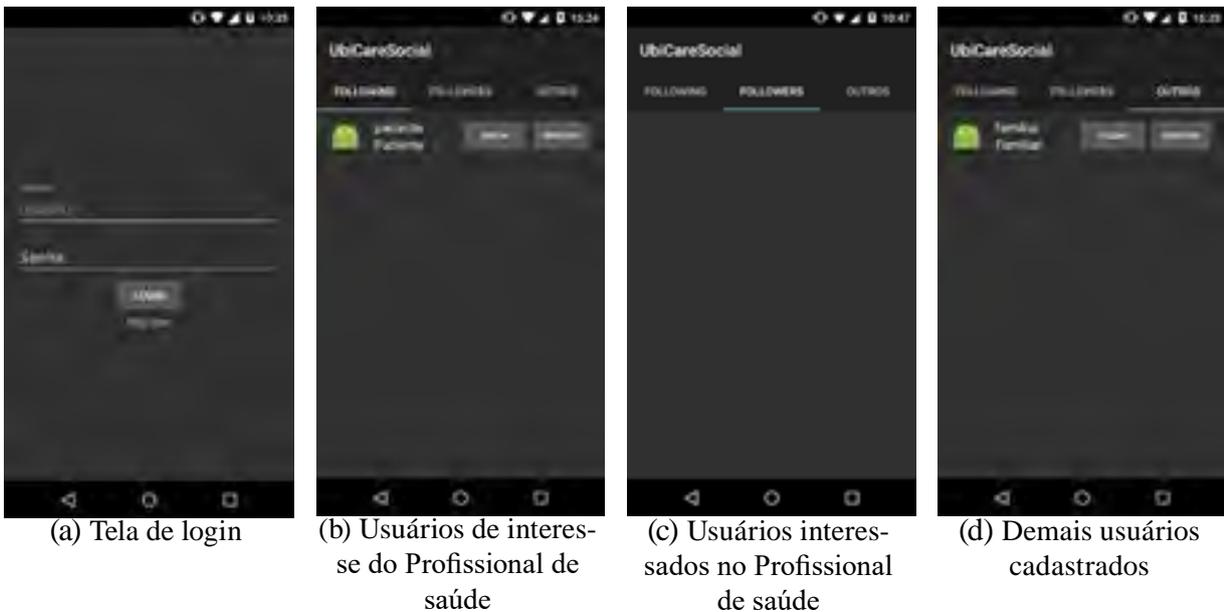


Figura 6: Comportamento da aplicação para os relacionamentos apresentados na Figura 7

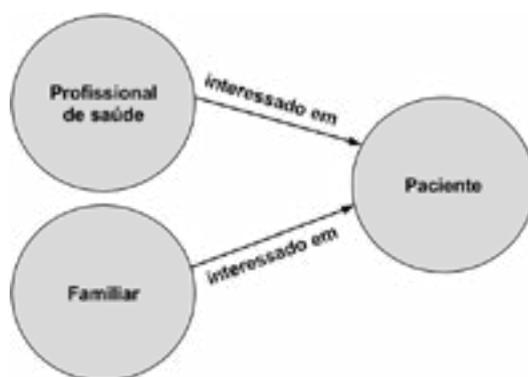


Figura 7: Instância de relacionamento entre os usuários

Caso ocorra algum evento relacionado ao Paciente, uma mensagem contendo o identificador do Paciente será direcionada ao EN-API. Os identificadores dos dispositivos das pessoas interessadas serão recuperados. Isso é possível pelo fato de os relacionamentos corresponderem a assinaturas baseadas em conteúdo. A mensagem e os identificadores dos dispositivos do Profissional de saúde e do Familiar serão encaminhados ao GCM. Eles receberão uma notificação em seus dispositivos. Esta notificação será exibida como apresentado na Figura 8.



Figura 8: Exemplo de notificação enviada pelo EN-API

Atualmente, o UbiCare não conta com um Analisador de Dados (AD-API). Os testes de encaminhamento de notificações foram realizados por meio de simulações. Outras aplicações, como o Plano de Cuidados Ubíquo¹⁴, podem direcionar mensagens ao EN-API para que ele as dissemine para os interessados no usuário originador da mensagem.

Há um esforço em termos de desenvolvimento e pesquisa para se usar as RSOs massificadas de modo a permitir a emissão de notificações relacionadas a dados de saúde^{15,16,17,18,19,20,21,22,23}. O Facebook, quando comparado ao Twitter e ao Google Plus, apresenta um conjunto de funcionalidades que melhor condiz com o que se espera encontrar em um SMRP^{20,21}. No entanto, apesar de possuir uma grande base de usuários e uma série de funcionalidades disponíveis por meio de APIs, o uso destas plataformas de RSOs não garante controle sobre os dados e sobre as funcionalidades, além de existir resistência dos usuários por conta da baixa confiança nestas plataformas¹⁵. Devido às limitações

observadas em RSOs massificadas, optou-se por uma implementação dedicada, pois não limitaria a evolução da pesquisa sendo realizada.

Conclusão

A solução apresentada tem como objetivo estender a plataforma UbiCare de modo a possibilitar o acompanhamento contínuo da saúde do paciente, aumentando a qualidade dos tratamentos médicos e aliviando a carga sobre o sistema de saúde. Mantendo a proposta da plataforma UbiCare, o objetivo é atingido por meio da integração de um objeto do cotidiano das pessoas, o *smartphone*, a algum sistema especializado, capaz de aumentar a qualidade de vida das pessoas. Os serviços integrados foram o de gerência de relacionamentos e um serviço de notificação que usa os relacionamentos como informação contextual. O resultado é um sistema que permite a disseminação de dados de saúde, no caso a notificação relacionada ao quadro clínico do paciente, para todos os interessados em qualquer lugar, por meio de uma conexão com a internet.

No que diz respeito à aceitação da solução, mais resultados precisam ser obtidos. Outros trabalhos obtiveram êxito, reportando a ampla aceitação por parte dos usuários. Deve-se notar, entretanto, que foram avaliados em outras circunstâncias, diferentes das que se têm em nosso país, tais como fatores sociais, econômicos e culturais que podem vir a ser um empecilho ao uso destas tecnologias, como, por exemplo, a exclusão digital.

O aperfeiçoamento do presente trabalho requer que o mesmo avance de modo a satisfazer restrições referentes à privacidade, à segurança e à conformidade com normas e legislações. Os pacientes esperam ser capazes de definir regras explicitando quais informações devem estar disponíveis e para quem¹⁵. Outros fatores no sentido de melhorias se referem à inclusão de mais serviços de mídia social, como canais de comunicação entre pacientes, familiares e cuidadores, envolvendo, por exemplo, imagens e vídeos.

Referências

- [1] World Health Organization (WHO). Global health workforce shortage to reach 12.9 million in coming decades. 2013. Último acesso: 01/02/2016. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/health-workforce-shortage/en/>.
- [2] Morrissey J. Remote patient monitoring: How mobile devices will curb chronic conditions: Factor in the time and cost of implementing data-driven technology. 2014. Último acesso: 01/02/2016. Disponível em: <http://medicaleconomics.modernmedicine.com/medical-economics/content/tags/chronic-care/remote-patient-monitoring-how-mobile-devices-will-curb-c?page=full>.
- [3] Abowd GD, Dey AK, Brown PJ, Davies N, Smith M, Steggle P. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Springer-Verlag; 1999; p. 304–307.
- [4] Vieira V, Tedesco P, Salgado AC. Modelos e Processos para o Desenvolvimento de Sistemas Sensíveis ao Contexto. Jornadas de Atualização em Informática. 2009; p. 381–431.
- [5] Baldauf M, Dustdar S, Rosenberg F. A survey on context-aware systems. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing. 2007; 2(4):263–277.
- [6] Musumba GW, Nyongesa HO. Context awareness in mobile computing: A review. International Journal of Machine Learning and Applications. 2013; 2(1).
- [7] Pawar P, Jones V, van Beijnum BJF, Hermens H. A framework for the comparison of mobile patient monitoring systems. Journal of Biomedical Informatics. 2012; 45(3):544 – 556.
- [8] Doering LV, Hickey K, Pickham D, Chen B, Drew BJ. Remote noninvasive allograft rejection

- monitoring for heart transplant recipients: study protocol for the novel evaluation with home electrocardiogram and remote transmission (NEW HEART) study. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2012; 12(1):1–9.
- [9] Zhu Y. Automatic detection of anomalies in blood glucose using a machine learning approach. *Journal of Communications and Networks*. 2011; 13(2):125–131.
- [10] Karantonis DM, Narayanan MR, Mathie M, Lovell NH, Celler BG. Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2006; 10(1):156–167.
- [11] Zimmermann A, Lorenz A, Oppermann R. An operational definition of context. *Proceedings of the 6th International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*. Springer-Verlag. 2007; p. 558–571.
- [12] Kaplan AM, Haenlein M. Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business Horizons*. 2010; 53(1):59–68.
- [13] Eugster PT, Felber PA, Guerraoui R, Kermarrec AM. The Many Faces of Publish/Subscribe. *ACM Computing Surveys*. 2003; 35(2):114–131.
- [14] Germano E, Carvalho ST, Souza-Zinader JP. Plano de Cuidados Ubíquo com Sistema de Notificações voltado a Pacientes Domiciliares. III Escola Regional de Informática de Goiás - ERI-GO. 2015.
- [15] Domingo MC. A context-aware service architecture for the integration of body sensor networks and social networks through the IP multimedia subsystem. *IEEE Communications Magazine*. 2011; 49(1):102–108.
- [16] Norval C, Arnott JL, Hine NA, Hanson VL. Purposeful social media as support platform: Communication frameworks for older adults requiring care. *5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*; 2011; p. 492–494.
- [17] Trinugroho YBD, Reichert F, Fensli R. eHealth Smart Home Environment Service Platform - Enabling Remote Monitoring and Service Composition through Social Media. *Proceedings of 5th International Conference on Health Informatics*. 2012; p. 434–438.
- [18] Triantafyllidis AK, Koutkias VG, Chouvarda I, Maglaveras N. A Pervasive Health System Integrating Patient Monitoring, Status Logging, and Social Sharing. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 2013; 17(1):30–37.
- [19] Khorakhun C, Bhatti SN. Remote health monitoring using online social media systems. *6th Joint IFIP Wireless and Mobile Networking Conference*. 2013; p. 1–8.
- [20] Khorakhun C, Bhatti SN. Alerts for remote health monitoring using online social media platforms. *IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications Services*. 2013; p. 177–181.
- [21] Khorakhun C, Bhatti SN. Using online social media platforms for ubiquitous, personal health monitoring. *IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*. 2014; p. 287–292.
- [22] Khorakhun C, Bhatti SN. Wellbeing as a proxy for a mHealth study. *IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*. 2014; p. 32–39.
- [23] Bhowmik AK, Khendek F, Hormati M, Glitho R. An architecture for M2M enabled social networks. *14th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop*. 2015; p. 1–8.

Contato

Hugo A. Ribeiro
hugoalmeida@inf.ufg.br

