

# Uma abordagem baseada em Sistemas Multiagentes para suporte a Telemedicina

Ariel E. Endara<sup>1</sup>, Marx Viana<sup>1</sup>, Francisco J. P. Cunha<sup>1</sup>, Carlos J. P. de Lucena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Informática – Pontifícia Universidade Católica (PUC-RJ)  
Rua Marquês de São Vicente, 255 – 22.451-900 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil  
{aendara, mleles, fcunha, lucena}@inf.puc-rio.br

**Abstract.** *Telemedicine is the set of technologies and applications that enable the performing of medical actions at a distance. In this context, to assist the improvement of health services, software development has become a promising area of research, however, the health area has been suffering from the dissatisfactions and deficiencies in itself, which aggravate and defy the interaction between doctors and patients. To address such issue, this paper proposes an architecture based on multi-agent systems, trying to provide mechanisms to build applications able to monitor and interact in real time, getting a better doctor-patient relationship through mobile devices.*

**Resumo.** *Telemedicina é o conjunto de tecnologias e aplicações que permitem a realização de ações médicas a distância. Neste contexto, o desenvolvimento de software para auxiliar o melhoramento dos serviços de saúde tornou-se uma área promissora de pesquisa. No entanto, a área de saúde vem sofrendo diante das insatisfações e deficiências encontradas neste setor, que agravam e desafiam a interação entre médicos e pacientes. Com base neste aspecto, o presente trabalho propõe uma arquitetura fundamentada em sistemas multiagentes, visando fornecer mecanismos necessários para a construção de aplicações capazes de monitorar e interagir, em tempo integral, a relação médico-paciente através de dispositivos móveis.*

## 1. Introdução

A necessidade de prover serviços de qualidade é um dos grandes desafios na área de saúde pública. Nesse sentido, as insatisfações e deficiências encontradas neste setor como ausência de infraestrutura, corpo técnico deficitário e despreparado, não podem ser ignoradas uma vez que agravam e desafiam as políticas públicas. Por este motivo o desenvolvimento de software para este setor, se torna um grande desafio. Portanto, viu-se uma oportunidade de auxiliar a área medica através da criação de uma aplicação para dispositivos móveis, onde a relação médico-paciente pudesse ser melhorada. Estes sistemas são caracterizados por serem, muitas vezes, distribuídos e compostos de entidades autônomas que interagem umas com as outras. Um agente de software pode ser definido como um sistema de computador situado em um ambiente e capaz de agir de forma autônoma para atingir um objetivo, onde a autonomia refere-se à capacidade de agir de acordo com sua própria linha de controle [Weiss 1999]. Para a construção de sistemas complexos, geralmente são utilizados vários agentes. Um sistema que possui

vários agentes atuando em um ambiente é denominado sistema multiagentes ou SMA [Weiss 1999].

Telemedicina pode ser definida como a prestação de serviços médicos aos pacientes com uma combinação entre telecomunicações e tecnologias multimídia, provendo o serviço de saúde sem importar onde eles se encontrem [Al-Taei 2005]. Esta tecnologia oferece potenciais benefícios para a relação médico-paciente, pois dessa forma os médicos podem se concentrar em tarefas mais importantes, como atender pacientes com doenças crônicas. E os pacientes, por sua vez, poderão se comunicar com o médico e ter informação sem ter que fazer longas viagens [Chan et al. 2008].

Procurando utilizar-se dos benefícios que a tecnologia de sistemas multiagentes e a telemedicina podem oferecer, este trabalho propõe uma arquitetura de software capaz de estabelecer uma comunicação direta entre médicos e pacientes através de dispositivos móveis. No entanto, ampliar a supervisão da saúde da clínica ou hospital para o entorno do lar não pode ser feito como uma repetição dos mesmos protocolos e procedimentos clínicos, já que esse enfoque acrescentaria drasticamente o tempo e os recursos humanos, além de que pode ser inadmissível pelos pacientes devido a sua natureza perturbadora [Koutkias et al. 2010].

O artigo é organizado como se segue. Na secção 2 é apresentado o cenário de uso onde pretende-se aplicar a arquitetura, a secção 3 tem o foco na explicação da arquitetura proposta e cada um de seus componentes, por ultimo na secção 4 é apresentada a conclusão e trabalhos futuros.

## 2. Cenário de Uso

Vários pesquisadores têm explorado o uso de agentes de software para fins de saúde tendo como principal motivação o crescente interesse em sistemas distribuídos para auxiliar médicos e pacientes, são exemplos os seguintes trabalhos [Tianfield 2003] [Nageba et al. 2007] [Chan et al. 2008]. Muitas propostas para a gestão de sistemas distribuídos estão sendo pesquisadas, mas uma parte promissora da tecnologia é a utilização de agentes [Miller e Mansingh 2013].

Muitos dos pacientes com doenças que não trazem risco de morte, mas precisam de vigilância de saúde não requerem ser hospitalizados, simplesmente requerem um acompanhamento através de um sistema móvel que tenha a capacidade de detectar anomalias, assessorar ao paciente temporalmente e mandar alertas para o médico em caso de uma emergência [Chan et al. 2008]. Com base neste contexto, será analisado o ciclo de cuidados médicos, e em seguida explicar a arquitetura proposta neste trabalho.

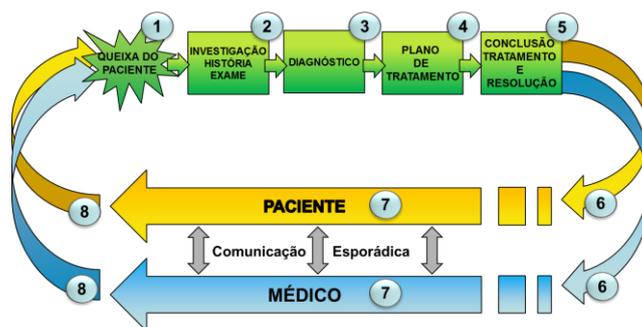


Figura 1 - Ciclo de atendimento ao paciente [Mazzi et al. 2001].

Na Figura 1, é descrito as etapas de um ciclo normal de tratamento médico: (1) paciente e médico reúnem-se, como resultado de uma queixa do paciente; (2) o médico faz uma pesquisa sobre as condições do paciente; (3) o médico diagnostica a doença com a colaboração de especialistas, se necessário; (4) o médico projeta um plano de tratamento; (5) caso o tratamento seja levado até o fim, o paciente volta para a normalidade; (6) a interação entre o paciente e o médico termina; (7) existe ocasional interação médico-paciente quando o paciente procura informações sobre o médico e o médico faz controles regulares do paciente; e (8) a interação ocasional continua até uma nova queixa do paciente e o ciclo se repete. Como é mostrado no ponto 7 (sete) da Figura 1, existe um intervalo de tempo onde o paciente e o médico deixam de ter uma relação direta e a interação entre eles é esporádica, já que só precisarão ter contato caso ocorra alguma emergência. Porém, é de vital importância o médico seguir monitorando o paciente, para saber como está sendo feito o tratamento e intervir, caso necessário. É nesta etapa do ciclo que este trabalho foi desenvolvido, com o objetivo melhorar a relação médico-paciente.

### 3. Arquitetura proposta

A arquitetura proposta tem como principais características ser distribuída e baseada em sistemas multiagentes, para permitir ao paciente e ao médico ter um canal de comunicação aberto em tempo integral. Para criar este canal, a arquitetura possui um ambiente com agentes que são executados em dispositivos móveis e em um servidor principal. Os agentes desse ambiente constituem uma arquitetura híbrida, pois alguns têm características reativas e outros proativas. Ou seja, alguns agentes são reativos porque suas ações dependem das ações de outros agentes e dos eventos que são gerados no contexto onde são executados. Já os agentes proativos são aqueles que suas ações são orientadas a um objetivo geral [Jennings 1999], neste caso, o de prover ao paciente um serviço de monitoramento e acompanhamento à saúde de forma integral.

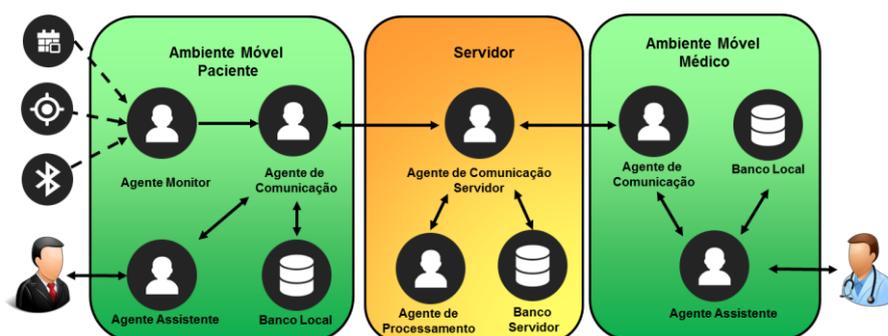


Figura 2. Ecossistema de Agentes da Arquitetura Proposta

O processo de interação entre os agentes de software e os usuários, se dá a partir de interfaces executadas em dispositivos móveis, os quais tem a capacidade de receber e prover informação para médicos e pacientes. Neste trabalho focou-se na arquitetura multiagentes e não toda a arquitetura do sistema, o qual precisa contar com a respectiva infraestrutura para obter dados gerais tanto do paciente como do médico. É assumido que este sistema irá contar com toda informação gerada em um hospital: (i) como históricos de saúde dos pacientes, (ii) lista de pacientes por médico, dentre outras informações relevantes para o tratamento. Já na Figura 2, é apresentado um diagrama no

qual é possível ver o ambiente onde os agentes interagem, para poderem cumprir com os objetivos estabelecidos no sistema. A seguir foi descrito cada um dos componentes apresentados na Figura 2.

### 3.1 Ambiente móvel do paciente

O ambiente móvel do paciente conta com três agentes de software e um banco de dados local. Abaixo a descrição de cada um dos componentes.

**Agente Monitor.** É um agente reativo que tem a função de obter a informação do contexto do paciente, e passar essa informação para o Agente de Comunicação. As tarefas do Agente Monitor são: receber informação dos sinais vitais do paciente via *bluetooth* usando dispositivos como “*Heart monitor*” [Alive Technologies 2015]; obter as informações geográficas do paciente em caso de uma emergência, e enviar alertas para o médico.

**Agente Assistente.** É um agente proativo, já que tem a funcionalidade de assistir ao paciente, indicando ações que se deve realizar. Para que isso seja possível, o agente fica revisando os antecedentes do paciente continuamente. Suas tarefas são: notificar os horários para tomar um remédio de acordo com as prescrições médicas, notificar datas de reuniões com o médico automaticamente e notificar instruções do médico.

**Agente de Comunicação.** É um agente proativo, seu papel é gerenciar a comunicação dos agentes do ambiente com os agentes do servidor. Ele monitora e analisa as informações de outros agentes, para saber se elas são relevantes para o médico. Se a informação não é relevante, estas serão salvas somente no banco local. Já se a informação é relevante, o agente além de salvar no banco local, estabelece comunicação e as envia para o servidor. Caso a comunicação não possa ser efetuada, o agente se adapta para não perder a informação e procura outro meio de comunicação até conseguir enviar as informações desejadas [Guimarães 2012]. Quando acontece do servidor enviar informações ao paciente, este agente pega a informação e caso considere relevante, passa imediatamente a informação para o agente de interface que comunicará ao paciente. Entretanto, se a informação não for relevante, o agente salva a informação no banco local, para ser aproveitada no futuro.

**Banco local Paciente.** É a base de conhecimento local, onde é armazenada toda a informação do perfil do paciente, além de conter toda a informação gerada tanto pelos agentes de software, como pelos humanos. Por exemplo, quando uma prescrição médica é realizada, a informação é enviada ao dispositivo móvel do paciente, e salva no banco local pelo Agente de Comunicação, em seguida o Agente Assistente pode usar essa informação.

### 3.2 Servidor

No servidor, a arquitetura apresenta dois agentes, além de um banco de dados geral. Agora são descritos todos os componentes do servidor.

**Agente de Comunicação Servidor.** É um agente proativo, seu objetivo é gerenciar a comunicação dos usuários do sistema. Este agente recebe informação do comportamento dos pacientes e instruções do médico, em tempo integral. Depois de receber e analisar a informação, o agente envia a informação direto para o destinatário, mas se a informação

precisar de algum refinamento, passa a informação para o Agente de Processamento. Caso não seja possível se comunicar com os agentes que estão nos dispositivos móveis, o agente mantém a informação no banco do servidor e espera até que a comunicação seja reestabelecida, para tentar retransmitir.

**Agente de Processamento.** É um agente híbrido, tanto proativo como reativo, já que pode fazer um processamento por pedido específico de outro agente, por exemplo, verificar se um paciente pode tomar um remédio ou se existe alguma restrição ao medicamento. Por outro lado é reativo porque baseado na informação obtida no banco de dados, pode enviar notificações para os agentes indicando mudanças abruptas nos sinais vitais do paciente, ou mesmo, o cadastramento de um novo membro da equipe médica. É preciso dizer que o agente de processamento poderia estar funcionando como agente de comunicação, semelhante aos dos dispositivos móveis. No entanto, se a quantidade de usuários do sistema for alta, o processamento é feito por este agente especializado, conseguindo manter uma comunicação assíncrona e sem retardo pela execução de processamentos complexos.

**Banco de Dados Servidor.** Onde é armazenada toda a informação dos usuários do sistema, permitindo que todos os agentes tenham acesso à informação quando necessário.

### 3.3 Ambiente móvel do médico

Semelhante à arquitetura do paciente, diferencia-se apenas pela ausência do Agente Monitor. Deve-se deixar claro que as instruções disponíveis pelo médico são de livre acesso por qualquer pessoa da equipe médica, uma vez que a proposta consiste em prover um serviço médico integral ao paciente, enfermeiros e outros médicos podem ajudar nesse propósito.

**Agente Assistente.** É um agente proativo e tem como objetivo auxiliar o médico nos cuidados aos pacientes. Para que isso seja possível, o agente cria notificações quando o paciente apresenta algum tipo de problema, por exemplo, uma mudança inesperada nos sinais vitais. O agente irá exibir um formulário para o médico enviar prescrições básicas dos passos que ele deve seguir até ser normalizado o problema.

**Agente de Comunicação.** É um agente proativo e seu objetivo é gerenciar a comunicação entre dispositivo móvel e servidor, já descrita anteriormente no Agente de Comunicação do paciente (Ver seção 3.1). Uma funcionalidade particular, considerada proativa, é a de verificar se um paciente está sendo atendido por um médico. Se o paciente está sendo atendido, sincroniza automaticamente a informação do banco local com a do servidor para ter disponíveis todas as informações do paciente. Entretanto, se o médico não tem relação com o paciente, o agente remove toda a informação para não ter sobrecarga dispositivo móvel.

**Banco local do Médico.** Tem-se uma base de conhecimento local onde é armazenada toda a informação necessária para o médico atender seus pacientes.

## 4. Conclusões e trabalhos futuros

Neste trabalho foi apresentada uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes, para auxiliar a relação médico-paciente, podendo ser implementada em diferentes

dispositivos móveis. As funcionalidades da arquitetura proposta são conduzidas a ser o mais automatizado possível e tentam realizar as tarefas selecionadas de uma forma mais dinâmica e eficiente podendo ser aplicada em diversos cenários da telemedicina como, por exemplo, o monitoramento de doenças crônicas como a diabetes. Além disso, pode-se usá-la no resgate de pessoas em áreas de risco, caso aconteça um deslizamentos de terra [Cerqueira et al. 2009], já que o agente consegue enviar a localização geográfica do dispositivo móvel, caso solicitada.

Para trabalhos futuros, será discutido a segurança em sistemas multiagentes, uma vez que as informações tanto de médicos como de pacientes é confidencial. Para isso, estabelecer mais papéis dentro no sistema, como a criação de um agente enfermeiro para ajudar nos cuidados do paciente, mas restringindo determinadas informações que são pertinentes apenas para o médico.

## References

- Al-Taei, M.H.A. (2005) "Telemedicine needs for multimedia and integrated services digital network (ISDN)". Computational Intelligence Methods and Applications, ICSC Congress.
- Cerqueira, S. L. R. et al. Plataforma GeoRisc Engenharia da Computação Aplicada à Análise de Riscos Geo-ambientais. PUC-Rio. Rio de Janeiro. 2009
- Chan, V., Ray, P., and Parameswaran, N., (2008), "Mobile and Health monitoring: an agent-based approach". Communications, IET Volume: 2, Issue: 2. p. 223-230.
- Guimarães, L.F. (2012) "Um Framework para Desenvolvimento de Agentes Auto-adaptativos em Dispositivos Móveis". Departamento de Informática da PUC-Rio.
- Jennings, N.R. and Wooldridge, M.J. (1999) "Agent-Oriented Software Engineering". Int. Conf. on Industrial and Engineering Applications of AI, Cairo Egypt. p. 4-10.
- Koutkias, V.G., Chouvarda, I., Triantafyllidis, A., Malousi, A., Giaglis, G.D, Maglaveras, N. (2010) "A Personalized Framework for Medication Treatment Management in Chronic Care". Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on Volume: 14, Issue: 2. p. 464-472.
- Mazzi, C., Ganguly, P., and Ray, P. (2001) "Healthcare applications based on networked agents". IEEE/IEC Int. Conf. Enterprise Networking, Applications, and Services, Atlanta, USA.
- Miller, K. and Mansingh, G. (2013) "Towards a distributed mobile agent decision support system for optimal patient drug prescription". Innovative Computing Technology INTECH, Third International Conference, London.
- Nageba, E., Fayn, J. and Rubel, P. (2007) "A Generic TaskDriven Multi-Agent Telemedicine System". Engineering in Medicine and Biology Society. EMBS. 29th Annual International Conference of the IEEE. Lyon, France.
- Tianfield, H. (2003) "Multi-agent autonomic architecture and its application in e-medicine". Intelligent Agent Technology, IAT. IEEE/WIC International Conference.
- Weiss, G. (1999). "Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence". Cambridge: The MIT Press, 1999, 619p.