



PUC

ISSN 0103-9741

Monografias em Ciência da Computação
n° 37/09

SUAP – Sistema Unificado de Assistência Pré-natal

**Ingrid Oliveira de Nunes
Camila Patrícia Bazílio Nunes
Gustavo Robichez de Carvalho
Carlos José Pereira de Lucena**

Departamento de Informática

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
RUA MARQUÊS DE SÃO VICENTE, 225 - CEP 22451-900
RIO DE JANEIRO - BRASIL**

SUAP – Sistema Unificado de Assistência Pré-natal¹

Ingrid Oliveira de Nunes¹, Camila Patrícia Bazílio Nunes¹,
Gustavo Robichez de Carvalho¹, Carlos José Pereira de Lucena¹

¹ PUC-Rio, Departamento de Informática, LES - Rio de Janeiro - Brasil

{ionunes,cnunes,lucena}@inf.puc-rio.br, guga@les.inf.puc-rio.br

Resumo. Neste paper é apresentado o Sistema Unificado de Assistência Pré-natal (SUAP), um sistema que foi desenvolvido em associação com ginecologistas e obstetras do Hospital Universitário Antônio Pedro. Este sistema tem o objetivo de prover um suporte à assistência pré-natal do sistema de saúde público Brasileiro. Além de avançar no processo de informatização de sistemas de saúde, o SUAP oferece três funcionalidades principais: (i) identificação do contexto de aplicação de protocolos de assistência pré-natal e sugestão do seu uso; (ii) monitoração da eficiência dos protocolos de assistência pré-natal; e (iii) suporte à distribuição e logística da gravidez de alto-risco. Nesse contexto, as principais funcionalidades do SUAP, bem como detalhes sobre o seu projeto e implementação, são apresentados. O sistema foi desenvolvido usando uma solução baseada em agentes, na qual agentes são responsáveis por monitorar o sistema e agir pró-ativamente a fim de prover essas funcionalidades descritas.

Palavras-chave: Sistemas Multi-agentes, Sistemas de Saúde, Assistência Pré-natal, Aplicação.

Abstract. In this paper we present the Sistema Unificado de Assistência Pré-natal (SUAP), a system that we have developed in association with gynecologists and obstetricians of the Hospital Universitário Antônio Pedro. This system has the goal of providing support to the prenatal care of the Brazilian public health system. Besides advancing the informatization process of health services, the SUAP provides three main functionalities: (i) identifying the context of application of prenatal care protocols and suggesting them; (ii) monitoring the efficiency of prenatal care protocols; and (iii) support to the distribution and logistics of the high-risk pregnancy. In this context, we present the SUAP main functionalities, and details about its design and implementation. The system was developed using an agent-based solution, in which agents are responsible for monitoring the system and acting proactively in order to provide these described functionalities.

Keywords: Multi-agent Systems, Healthcare Systems, Prenatal care, Application.

¹Trabalho patrocinado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia da Presidência da República Federativa do Brasil e FINEP.

Responsável por publicações:

Rosane Teles Lins Castilho
Assessoria de Biblioteca, Documentação e Informação
PUC-Rio Departamento de Informática
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea
22451-900 Rio de Janeiro RJ Brasil
Tel. +55 21 3527-1516 Fax: +55 21 3527-1530
E-mail: bib-di@inf.puc-rio.br
Web site: <http://bib-di.inf.puc-rio.br/techreports/>

Sumário

1	Introdução	1
2	Contribuindo para um Planeta Mais Inteligente	2
3	Visão Geral do Sistema Unificado de Assistência Pré-natal (SUAP)	3
3.1	Tecnologias Utilizadas	5
4	Desenvolvimento do SUAP: um Sistema <i>Web</i> Integrado a Agentes de <i>Software</i>	6
4.1	Breve Introdução a Sistema Multi-agentes	6
4.2	SUAP e sua Arquitetura	7
4.3	Agentes de <i>Software</i> do SUAP	8
5	Conclusão	10
	References	11

1 Introdução

Segundo (World Health Organization and United Nations Children's Fund 1996), a cada ano, morrem seiscentas mil mulheres no mundo devido a causas relacionadas com a gravidez. Dentre estas fatalidades, a maior parte ocorre em países em desenvolvimento. O melhor caminho para evitar complicações durante a gestação e o parto é a realização de uma assistência pré-natal adequada. Atualmente, o atendimento pré-natal realizado pelo sistema de saúde público Brasileiro ainda é feito essencialmente de forma manual. A gestante é acompanhada através de consultas periódicas, cujos dados são armazenados em cartões, e.g. cartão da gestante e ficha perinatal, os quais permanecem com a gestante. Durante a gestação, a gestante não é necessariamente atendida no mesmo local. Quando riscos são identificados durante a gravidez, a gestante é referenciada a unidades especializadas que podem melhor acompanhá-la. Assim, os cartões que armazenam os dados relativos à gravidez devem sempre estar sob controle da gestante, assim ela pode apresentá-los nos diferentes locais onde ela será atendida.

Nesse contexto, está sendo desenvolvido o projeto “Apoio a Decisão Médica sobre Síndromes Hipertensivas na Gestação Utilizando Agentes de Software”, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), com participação do Laboratório de Engenharia de Software (LES) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e ginecologistas e obstetras do Hospital Universitário Antônio Pedro (HUAP). O projeto visa o desenvolvimento do Sistema Unificado de Assistência Pré-natal (SUAP), um sistema para dar suporte à assistência pré-natal e aprimorá-la em diversos aspectos. A primeira contribuição do sistema é informatizar o atendimento pré-natal. Isso permite um melhor gerenciamento dos dados relativos à gestação, recuperação deles independentemente da unidade em que a gestante está sendo atendida e também a geração de relatórios estatísticos.

Além de avançar na informatização de serviços sociais, o SUAP provê três funcionalidades principais: (i) Identificação do contexto de aplicação de protocolos de assistência pré-natal e sugestão do seu uso – eventualmente protocolos estabelecidos pelo governo não são seguidos nas unidades de saúde devido a diversos motivos, e isto pode causar uma série de complicações. Portanto, protocolos importantes são sugeridos para serem aplicados em situações apropriadas; (ii) Monitoração da eficiência dos protocolos de assistência pré-natal – quando os protocolos são aplicados, o sistema monitora se eles são efetivos para resolver o problema em questão. Em alguns casos, o protocolo deve ser alterado a fim de ter uma maior efetividade, ou mesmo para evitar que recursos sejam gastos desnecessariamente. Em tais situações, o sistema apresenta relatórios do uso de protocolos e sua efetividade; e (iii) Suporte a distribuição e logística da gravidez de alto-risco – tipicamente gestantes são atendidas em unidades de saúde primárias, entretanto, quando sua gestação é considerada de alto-risco, a gestante deve ser referenciada para uma unidade de saúde secundária que seja mais adequada para sua complicação. Baseado em casos históricos, o sistema indica uma possível unidade secundária apropriada.

Assim, o SUAP foi desenvolvido como um sistema *web*, cuja arquitetura segue o modelo de camadas (Buschmann, Meunier, Rohnert, Sommerlad, Stal, Sommerlad & Stal 1996), mas, visto que o aplicação faz uso de um *framework* que já provê a estrutura da arquitetura, o sistema implementa apenas uma camada, como é indicado para as novas aplicações *web* baseadas neste *framework*. Ele também faz uso de diversas tecnologias de ponta para o seu desenvolvimento tais como *IBM Rational Team Concert*, *DB2 Express* e *IBM Rational*

*Appscan*². Além disso, o SUAP foi estendido fazendo uso de uma solução baseada em agentes, na qual os agentes são responsáveis por monitorar o sistema e agir pró-ativamente, de forma que as funcionalidades anteriormente descritas sejam realizadas. Técnicas de raciocínio e aprendizagem foram adotadas nos agentes. Além disso, foram investigadas formas de interação homem-agente a fim de agentes interagirem com a assistência pré-natal sem perturbar os usuários (e.g. médicos) do sistema.

O restante deste artigo está organizado como segue. Na Seção 2, são apontados os motivos pelos quais o SUAP contribui para um Planeta Mais Inteligente. A seguir, na Seção 3, é apresentada uma visão geral do SUAP, cuja arquitetura é detalhada na seção 4. Por fim, a Seção 5 conclui este artigo.

2 Contribuindo para um Planeta Mais Inteligente

Alguns problemas atuais têm sido amplamente discutidos nas organizações mundiais, dentre os quais podemos citar: a saúde em países economicamente mais pobres ou emergentes, aquecimento solar e a crise econômica. Nesse sentido, torna-se imprescindível não só o empenho dos recursos humanos junto às organizações não-governamentais (ONGs), mas também o auxílio através de sistemas de *software* mais “inteligentes”. Esses sistemas, além de permitirem o gerenciamento da informação, o que é realizado tradicionalmente, eles visam apoiar a tomada de decisões. Eles também permitem uma melhor integração e raciocínio das informações produzidas. Dado isso, sistemas com um alto nível de inteligência, que possuam características específicas são necessários para ajudar os seres humanos nas atividades profissionais diárias.

Tomando como base o problema da saúde mundial, principalmente em países emergentes, o SUAP visa auxiliar os médicos ginecologistas e obstetras no período da gestação. Para prover esse auxílio e o nível de inteligência mencionado anteriormente, o uso da abstração de agentes de *software* torna-se uma solução muito apropriada. A abstração de agentes tipicamente possui propriedades de autonomia, pró-atividade, sociabilidade e sensibilidade ao contexto, como também raciocínio, aprendizado e mobilidade. Essas propriedades encaixam-se perfeitamente na modelagem e implementação do problema apresentado na Seção 1. Portanto, o SUAP tem características relevantes para contribuir para principalmente dois pontos da série Planeta Mais Inteligente³:

- (i) **Inteligência** (Número 7): a informação armazenada pelo SUAP – evolução da gestação e tratamento em casos de complicações – é muito valiosa, visto que ela permite que se aprenda com casos históricos. Isso permite uma definição de protocolos adequados a serem seguidos na saúde pública e apoio a logística de referenciamento de gestantes. Assim, o uso da inteligência no contexto de sistemas de *software* provida pelos agentes permite a extração de informações úteis a partir de dados armazenados; e
- (ii) **Saúde** (Número 11): conforme foi descrito na Seção 1, a assistência pré-natal do sistema de saúde público brasileira ainda precisa de muitos investimentos. O SUAP visa informatizar os registros da assistência pré-natal de forma que as informações são

²<http://www.ibm.com/developerworks/downloads>

³<http://www.planetamaisinteligente.com.br>

melhor gerenciadas. Além disso, o sistema garante uma padronização no atendimento das unidades de saúde, e portanto, gestantes terão um atendimento adequado visando evitar possíveis complicações durante a gestação.

3 Visão Geral do Sistema Unificado de Assistência Pré-natal (SUAP)

Nesta seção é apresentada uma visão geral do Sistema Unificado de Assistência Pré-natal (SUAP), considerando principalmente seus aspectos funcionais. A seguir, apresentamos as principais tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema (Seção 3.1).

O SUAP é um sistema que visa permitir o cadastramento de gestantes, no início da gestação, capturando dados pessoais e histórico obstétricos, e realizar o acompanhamento pré-natal. Essas funcionalidades são referentes à informatização do processo que hoje é feito essencialmente de forma manual. A partir da implementação dessa estrutura, adicionamos funcionalidades de comportamento autônomo e pró-ativo, implementado através de agentes de *software*, a fim de auxiliar médicos e enfermeiros a realizar a assistência pré-natal. A seguir, são descritas as principais funcionalidades providas pelo SUAP:

Cadastro de Entidades Básicas. Existem algumas entidades no sistema que devem ser mantidas, i.e. cadastradas, alteradas e excluídas, a fim de serem utilizadas no sistemas. Exemplos são: médicos, doenças e medicamentos.

Acompanhamento Pré-natal. O acompanhamento pré-natal ocorre desde o momento em que a gestante é cadastrada no sistema, até o momento do parto. Após o parto, ainda há o período do puerpério. Na primeira consulta, a gestante é cadastrada no sistema com seus dados pessoais e histórico obstétricos. Além disso, um exame clínico e ginecológico é realizado, e o sistema armazena esses dados colhidos. O sistema também permite solicitar e registrar resultados de exames, bem como realizar prescrições de medicamentos.

Sugestão de Agendamento de Consultas. Após a realização de uma consulta, o médico informa a gestante quando a mesma deve realizar a próxima consulta, e.g. na 24^a semana da gestação. Caso a gestação seja de baixo risco, existe um calendário pré-definido. Entretanto, no decorrer das consultas, o mesmo pode ser alterado. Por exemplo, caso o peso da gestante esteja abaixo do padrão em uma dada consulta, ela deve retornar em 15 dias. Além deste exemplo, existem outros casos em que, de acordo com dados colhidos em uma consulta, existe um protocolo que diga quando a gestante deve retornar. Dessa forma, após uma consulta, o sistema sugere o período quando a próxima consulta deve ser realizada, considerando diversos parâmetros.

Alerta de Incompatibilidade de Medicamentos. Existem medicamentos que não podem ser ministrados durante a gravidez, ou que possuam interações com outros medicamentos, ou ainda não podem ser ministrados por pessoas que possuam alergia a um certo componente. Assim, quando um medicamento é prescrito a uma gestante, o sistema verifica se ele não possui algum motivo pelo qual a gestante não deve ministrá-lo, e emite um alerta caso o resultado desta verificação seja positivo.

Lembretes de Exame. Durante a gestação, diversos exames são solicitados. Alguns são de rotina, outros para confirmação ou controle de algum dado. Entretanto, gestantes eventualmente esquecem de trazer os resultados, ou mesmo trazem os resultados parcialmente. Nesse caso, a gestante deve trazer os resultados que faltaram na consulta seguinte. Entretanto, o médico pode não lembrar que solicitou um certo exame para pedir os resultados à gestante. Assim, o sistema emite alertas quando há exames que foram solicitados e os resultados não foram trazidos.

Envio de Notificações Compulsórias. Existe uma relação de doenças no país que devem ser comunicadas (imediatamente ou não) ao governo. Um exemplo é influenza humana de um novo subtipo (pandêmico). Essa tarefa é um tanto tediosa, pois dado o diagnóstico da doença, um formulário deve ser preenchido e enviado ao governo. Dado que o SUAP possui as informações necessárias para fazer essa notificação quando uma doença de notificação compulsória é diagnosticada, o sistema realiza essa tarefa.

Notificações de Focos de Doenças. Uma medida essencial para evitar que doenças comecem a ser transmitidas descontroladamente, é detectar focos. Se, por exemplo, casos frequentes de sífilis comecem a aparecer em alguma localização, é necessário que isso seja detectado a fim de se tomar as medidas apropriadas. Assim, o sistema emite notificações quando detecta que uma dada doença esteja ocorrendo acima da sua frequência típica.

Alerta do Uso de Protocolos. Existem uma série de protocolos que são estabelecidos pelo Ministério da Saúde, referentes à assistência pré-natal. Esses protocolos envolvem condutas como solicitação de exames, medicamentos, encaminhamento de gestantes a unidades especializadas. Um exemplo é o tratamento de sífilis, no qual deve-se aplicar penicilina benzatina 2,4 milhões UI, via intramuscular, em dose única. Na realidade atual, ocorre que nem sempre esses protocolos são seguidos adequadamente. Dessa forma, o sistema monitora a assistência pré-natal a fim de alertar situações em que um protocolo deve ser seguido, e o que deve ser feito.

Análise do Uso de Protocolos. Os protocolos estabelecidos pelo Ministério da Saúde são determinados com base em casos históricos. Além disso, eles podem ser modificados com base na análise de sua eficácia. Por exemplo, antigamente, para o tratamento de sífilis, utilizava-se 1,2 milhões UI de penicilina benzatina ao invés de 2,4 milhões, como é hoje. Isso foi alterado pois se constatou que 1,2 milhões não estava sendo suficiente. Com base no uso dos protocolos, o SUAP monitora o (in)sucesso do seu uso, a fim de sugerir alterações neles.

Apoio ao Encaminhamento de Gestantes. O sistema de saúde pública do país possui diversas unidades onde a gestante deve ser atendida. Ela inicialmente é atendida em unidades primárias, com menos recursos. Caso uma situação de risco seja identificada, ela deve ser encaminhada a uma unidade secundária que possua mais recursos. As unidades diferenciam-se pela localização e recursos. Assim, de acordo com a situação da gestante, ela deve ser encaminhada para uma unidade específica. Dessa forma, o SUAP apoia a decisão no encaminhamento de gestantes. Ele armazena quais são as unidades de atendimento e casos históricos. Com base no (in)sucesso de casos

históricos nos quais gestantes foram referenciadas e devidamente tratadas, o sistema deve sugerir para qual unidade novos casos devem ser referenciados.

3.1 Tecnologias Utilizadas

Nesta seção são descritas as principais tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do SUAP. Essas tecnologias variam desde ferramentas para o gerenciamento do projeto a *frameworks* e bibliotecas. A Figura 1 mostra a estrutura destas tecnologias. A seguir, segue uma breve descrição e propósito de cada uma delas.

- **IBM Rational Team Concert.** (<http://www-01.ibm.com/software/awdtools/rtc>) É um ambiente integrado e dinâmico que permite o desenvolvimento ágil entre os membros da equipe. Dentre as contribuições desta ferramenta, pode-se citar: automatização do processo de construção do *software*; suporte ao gerenciamento dos itens de trabalho, o que permite um fácil acompanhamento do projeto; gerenciamento das versões do *software*, dentre outras vantagens.
- **IBM DB2 Express.** (<http://www.ibm.com/db2/express>) É um servidor de banco de dados que é utilizado no SUAP. É gratuito e oferece uma série de vantagens para o desenvolvimento e execução das aplicações.
- **IBM Rational Appscan.** (<http://www.ibm.com/software/awdtools/appscan>) É uma ferramenta que permite testar aplicações *web* de forma automatizada. Possui a característica de geração de relatórios e provê suporte as principais tecnologias utilizadas na *Web 2.0*.
- **JBoss Seam.** (<http://seamframework.org>) Seam é um *framework* de código aberto para desenvolvimento de aplicações *web* baseadas em Java. A principal vantagem do Seam é que ele integra um conjunto de tecnologias, tais como: *JavaScript* e XML (AJAX), *JavaServer Faces* (JSF), *Java Persistence* (JPA), *Enterprise Java Beans* (EJB 3.0) e *Business Process Management* (BPM). Ele facilita a integração com baixo acoplamento das camadas de uma aplicação *web* através de inversão de controle e anotações no código.
- **RichFaces.** (<http://www.jboss.org/richfaces>) O RichFaces é uma biblioteca usada em conjunto com o *framework* JSF. Esta biblioteca também contém componentes AJAX, com a vantagem de não ser necessário escrever código *JavaScript*. Fornece facilidades para testar componentes, *actions*, *listeners* e páginas. Além disso, fornece também um *kit* de desenvolvimento de componentes.
- **JavaServer Faces (JSF).** (<http://java.sun.com/javaee/javaserverfaces>) É um *framework* para desenvolvimento das visões das aplicações *web*. Segue o padrão MVC (*Model-View-Controller*) Ele contém uma série de módulos que facilitam o desenvolvimento, tais como: componentes extensíveis, eventos, validadores e conversores, *backbeans*.
- **Hibernate.** (<https://www.hibernate.org>) O Hibernate é um *framework* para o mapeamento objeto-relacional. Ele facilita o mapeamento dos atributos entre uma base tradicional de dados relacionais e o modelo de objetos de uma aplicação. Através do

uso de arquivos (XML) ou anotações no código é possível estabelecer estes mapeamentos.

- **JADE.** (<http://jade.tilab.com>) Jade é um *framework* para o desenvolvimento de sistemas multi-agentes. Ele segue o modelo da FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*). O Jade contém um ambiente de execução onde os agentes JADE permanecem. Oferece também uma biblioteca de classes que programadores podem usar para desenvolver agentes. Além disso, ele contém um conjunto de ferramentas gráficas que permite a administração e o monitoramento das atividades dos agentes em execução.

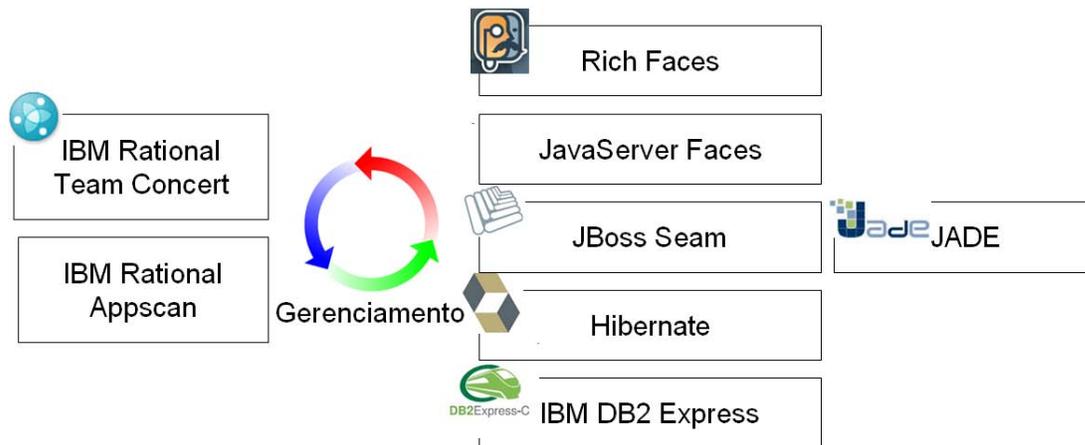


Figura 1: Tecnologias Utilizadas no SUAP.

4 Desenvolvimento do SUAP: um Sistema *Web* Integrado a Agentes de *Software*

Nesta seção, descreve-se como o SUAP foi desenvolvido. A aplicação é um sistema *web*, assim ele pode ser acessado a partir de qualquer unidade de saúde. O foco inicial do grupo de médicos do HUAP é utilizar o sistema na cidade de Niterói, Rio de Janeiro. Dessa forma, durante a seleção de tecnologias (Seção 3.1), a escalabilidade das plataformas foi considerada na tomada desta decisão. Além disso, para o projeto e implementação de funcionalidades que apresentam comportamento autônomo e pró-ativo e/ou necessitam de técnicas de raciocínio e aprendizagem, foi utilizado o paradigma de Sistema Multi-agente (SMA). Considerando-se que nem todo o leitor deste artigo esteja familiarizado com este paradigma, faz-se uma breve introdução aos SMAs na Seção 4.1. A seguir, na Seção 4.2, a arquitetura do SUAP é descrita, e os agentes de *software* que compõem o sistema são detalhados na Seção 4.3.

4.1 Breve Introdução a Sistema Multi-agentes

Os SMAs (Zambonelli, Jennings & Wooldridge 2001) surgiram como uma abordagem que associa contribuições de diferentes áreas, incluindo inteligência artificial, engenharia de

software e computação distribuída. Na área da engenharia de *software*, eles são vistos como um paradigma, que visa o desenvolvimento de sistemas que contêm muitos componentes dinâmicos interagindo, cada um com o seu próprio fluxo de execução engajados em protocolos complexos e coordenados. A idéia central da Engenharia de Software de Sistemas Multi-agentes (ESSMA) (Wooldridge & Ciancarini 2001) é decompor sistemas complexos e distribuídos em entidades autônomas, pró-ativas, reativas e com habilidade social, chamadas agentes. A principal diferença entre um agente e um objeto do paradigma orientado a objetos é que o primeiro encapsula não somente dados (seu estado), como também o processo de seleção do comportamento e a informação sobre quando tais comportamentos são necessários. Além disso, agentes são desenvolvidos com capacidades cognitivas, normalmente modeladas com objetivos a serem atingidos, planos para os atingirem e crenças (estado mental) necessárias para a execução dos planos.

Além disso, SMAs oferecem outras abstrações inspiradas na sua analogia com as sociedades humanas. Eles incorporam conceitos tais como papéis e organizações, identificando não somente as responsabilidades dos agentes enquanto indivíduos, mas também suas responsabilidades globais para o SMA como um todo, i.e. tarefas sociais. Isso conduz a agentes compromissados a desempenhar papéis em organizações e à necessidade de identificar leis sociais que precisam ser respeitadas. Isso é particularmente interessante para evitar possíveis caos em ambientes abertos de grande escala tais como a *web* (Zambonelli, Jennings, Omicini & Wooldridge 2000).

4.2 SUAP e sua Arquitetura

O SUAP foi desenvolvido seguindo um padrão arquitetural que permite a construção de sistemas *web* agregados a agentes de *software*, o padrão arquitetural Web-MAS (Nunes, Kulesza, Nunes, Cirilo & Lucena 2008). Este padrão estende o padrão em camadas (Buschmann et al. 1996), que é largamente conhecido e utilizado em sistemas *web*. A Figura 2 ilustra a arquitetura do SUAP. Com a utilização do *framework* Seam, a arquitetura de nossa aplicação foi desenvolvida utilizando apenas uma única camada. Isto é, não foi necessário estruturar o sistema *web* usando as três camadas, pois o Seam já prove a implementação das outras camadas. Esta é uma nova tendência de implementação para as novas arquiteturas de aplicações *web* que são desenvolvidos baseados nesse *framework*. A utilização do Seam facilita a simplicidade no desenvolvimento das aplicações, reduzindo a quantidade de código produzida. Além disso, o uso de anotações no código permite a fácil transição dos objetos entre as camadas do *framework*.

Basicamente, a parte *web* do sistema é composta pela camada de interface gráfica do usuário:

- (i) **Visão** - esta camada é responsável por processar as requisições *web* submetidas pelos usuários e acessar as entidades da nossa aplicação e as classes do *framework* Seam para persistência dos objetos. Para a interface com o usuário, esta camada foi implementada usando o *framework* JSF e a biblioteca RichFaces. Ela contém a implementação dos *homes* para acesso ao *framework* Seam.

A integração entre a arquitetura *web* e os agentes foi obtida através da introdução do padrão *Observer*. Assim, existe um baixo acoplamento entre a aplicação *web* e os agentes de *software*. Detalhes sobre os agentes são dados abaixo.

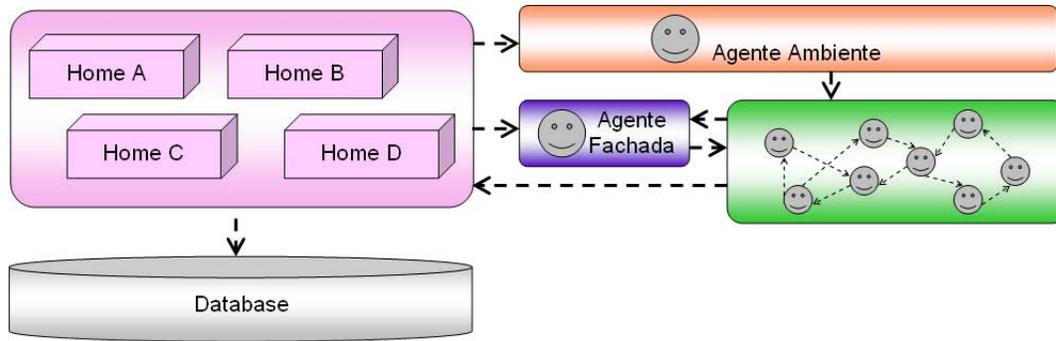


Figura 2: Arquitetura do SUAP.

O agente **Ambiente** é responsável por fazer a ponte entre a “parte *web*” e a “parte multi-agente”. Este agente é notificado a respeito de execuções de processos na camada de negócios, e propaga essas informações aos agentes que estejam interessados no tipo de execução que ocorreu (sensores). Assim, os agentes podem receber essas informações e atualizar o seu estado. Além disso, eles podem agir sobre o ambiente (efetuadores), de acordo com seus objetivos, através dos serviços da camada de negócios.

O agente **Facade** recupera informações dos agentes para os serviços de negócio, é a fachada entre a aplicação *web* e os agentes. Com este agente é possível omitir a existência dos outros agentes da aplicação *web*. Assim, a aplicação só sabe da existência do agente **Facade** para conseguir informações dos outros agentes;

4.3 Agentes de *Software* do SUAP

Além dos agentes **Ambiente** e **Facade** descritos na seção anterior, o SUAP possui diversos outros agentes. Estes agentes colaboram entre si, a fim de atingir seus objetivos. Eles foram implementados através da plataforma JADE, a qual é bastante utilizada para a implementação de agentes de *software*. Basicamente, um agente estende a classe **Agent** provida pela plataforma, a qual possui comportamentos que estendem a classe **Behavior** ou alguma de suas subclasses. Na Figura 3, os agentes do sistema são apresentados como pacotes estereotipados com $\ll\text{agent}\gg$. Além disso, a notação de casos de uso estereotipados com $\ll\text{role}\gg$ foi utilizada para a representação de papéis dos agentes. Apesar da plataforma JADE não prover esse último conceito, utilizamos ela a fim de modularizar diferentes atuações do agente no sistema. Também, foi representado um subsistema do SUAP, relativo ao diagnóstico, que pode ser visto como um agente em relação aos demais agentes do sistema. Isso é um benefício de SMAs, a visão do sistema em vários níveis de abstração. A seguir, descrevemos cada um dos agentes do SUAP.

Vigilante da Saúde. Este agente tem por objetivo representar um “agente” do governo.

Ele atua no papel de **Notificador de Compulsórias**, realizando a funcionalidade envio de notificações compulsórias de doenças. Quando o agente percebe que uma doença foi diagnosticada, seja por um médico ou por um agente e confirmada por um médico, ele verifica se a doença é de notificação compulsória. Caso afirmativo, ele cria a notificação para ser aprovada, e possivelmente editada. Quando o agente perceber que a notificação foi aprovada, ele a envia para o Ministério da Saúde.

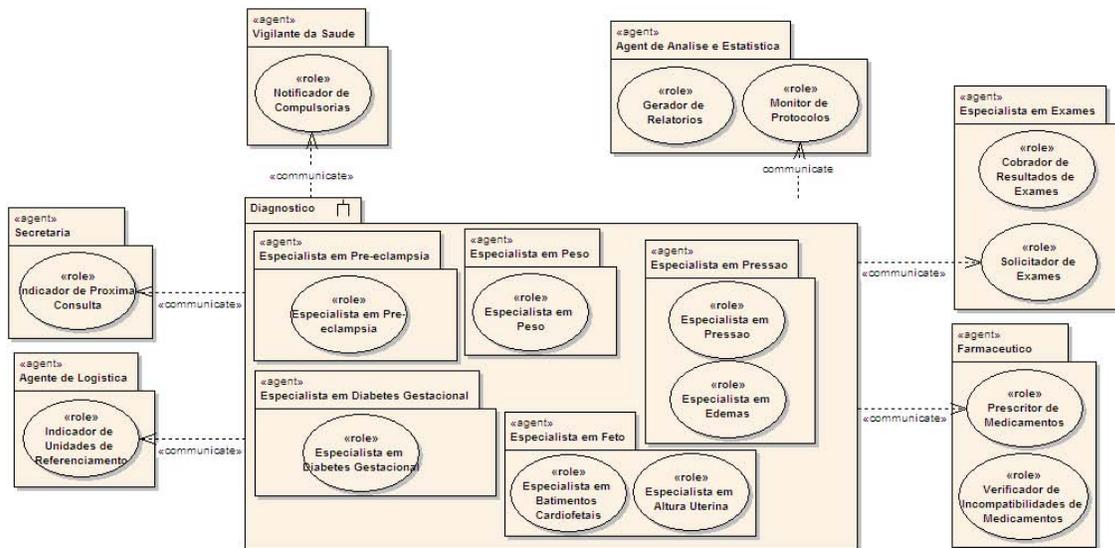


Figura 3: Modelo dos Agentes de *Software* do SUAP.

Secretária. O agente Secretária atua no papel Indicador de Próxima Consulta, realizando sugestões de períodos para próximas consultas. Este agente conhece o calendário fixado para uma gestante de baixo risco, entretanto, quando algum outro agente percebe alguma não-conformidade na consulta corrente (Especialista em Exames ou algum agente do diagnóstico), ele se comunica com o agente Secretária, que sugere a consulta de acordo com a não-conformidade.

Especialista em Exames. Um papel deste agente é o Solicitador de Exames. O papel estabelece a responsabilidade de sugerir exames a serem solicitados, tanto por rotina ou devido à confirmação ou acompanhamento de alguma não-conformidade. O agente possui o conhecimento dos exames a serem solicitados em determinados períodos da gestação. Além disso, algum agente de diagnóstico pode avisar este agente da necessidade de solicitar algum exame de acordo com o protocolo que o agente é especialista, e o Especialista em Exames recomenda ao médico. Também, este agente possui o papel de Cobrador de Resultados de Exames, lembrando o médico de exames que foram solicitados e precisam ser cobrados da gestante.

Farmacêutico. Um papel deste agente é o Prescritor de Medicamentos. O papel estabelece a responsabilidade de sugerir medicamentos a serem prescritos devido ao diagnóstico de alguma não-conformidade. Agentes de diagnóstico avisam este agente da necessidade de prescrever o medicamento, e o Farmacêutico recomenda ao médico. Também, este agente possui o papel de Verificador de Incompatibilidade de Medicamentos, o qual verifica se medicamentos a serem prescritos possui alguma incompatibilidade com a gestante ou medicamento que ela esteja ministrando.

Diagnóstico. O Diagnóstico é por si só um SMA do SUAP que pode ser visto como um único agente pelos demais agentes do sistema. Os agentes que compõem o Diagnóstico são cada um especialista nos protocolos estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Uma consulta da assistência pré-natal obrigatoriamente verifica o peso,

pressão, altura uterina, batimentos cardíofetais e presença de edemas na gestante. De acordo com a idade gestacional, existem valores que são considerados adequados. Quando eles estão fora desse padrão (i.e. não-conformes), alguma medida deve ser tomada, e.g. solicitação de exame, prescrição de medicamento e encaminhamento da gestante. Dessa forma, existem três agentes responsáveis por monitorar esses valores: **Especialista em Peso** (monitora peso), **Especialista em Pressão** (monitora pressão e edemas) e **Especialista em Feto** (monitora altura uterina e batimentos cardíofetais). Quando um desses agentes detecta uma não-conformidade, ele entra em contato com um agente que interage com o sistema para indicar a medida a ser tomada (prescrever medicamento, solicitar exame, reagendar consulta ou referenciar a paciente). Além desses especialistas, existem os especialistas em certas doenças que possuem protocolos específicos, como por exemplo pré-eclâmpsia e diabetes gestacional. De modo geral, esses especialistas começam a agir com base em resultados de exames.

Agente de Logística. Este agente conhece as unidades de saúde e suas especialidades. Além disso, ele é implementado com técnicas de aprendizado a fim de aprender quais unidades de saúde são mais recomendadas de acordo com as não-conformidades da gestante. Assim, quando um médico cadastra alguma manifestação de doença ou um agente de diagnóstico verifica a presença de uma não conformidade, o **Agente de Logística** é notificado e recomenda uma unidade de saúde. Este agente não está atuando no momento, visto que para se realizar recomendações deve-se ter um conjunto de dados para o aprendizado, o qual está sendo coletado.

Agente de Análise e Estatística. Este agente atua em dois papéis: **Gerador de Relatórios** e **Monitor de Protocolos**. O primeiro determina a responsabilidade de processar as informações sobre consultas armazenadas e gerar relatórios a respeito delas, realizando também as notificações de focos de doenças. O segundo papel é associado com a verificação da eficácia de protocolos. O agente monitora os protocolos sendo utilizados e verifica o resultado do seu uso. Caso algum protocolo não esteja sendo eficaz para resolver o problema para o qual ele é proposto, o agente alerta essa situação.

5 Conclusão

Neste artigo, foi apresentado um sistema baseado na *web* que faz uso de agentes de *software*, a fim de prover um comportamento “inteligente”, i.e. pró-ativo e autônomo. O sistema, chamado Sistema Unificado de Assistência Pré-natal (SUAP), é voltado para o domínio da saúde, visando dar suporte à assistência pré-natal do sistema de saúde público Brasileiro. A melhoria ao sistema de saúde proporcionada pelo SUAP, juntamente com as funcionalidades pró-ativas do sistema, faz com que a solução apresentada contribua para um Planeta Mais Inteligente. O sistema, inicialmente, é resultado do processo de informatização do que é feito atualmente. Além disso, novas funcionalidades, descritas no artigo, foram introduzidas para melhorar o atendimento às gestantes. As três funcionalidades principais são: (i) identificação do contexto de aplicação de protocolos de assistência pré-natal e sugestão do seu uso; (ii) monitoração da eficiência dos protocolos de assistência pré-natal; e (iii) suporte a distribuição e logística da gravidez de alto-risco. Também, o desenvolvimento do SUAP foi detalhado, indicando tecnologias utilizadas, tais como *IBM Rational Team*

Concert, *DB2 Express* e *IBM Rational Appscan*, e descrevendo sua arquitetura e os agentes que fazem parte do sistema.

O sistema está está sendo incrementalmente desenvolvido, entretanto boa parte das funcionalidades aqui descritas já foram implementadas. O uso dos agentes mostrou-se apropriado para o uso dessa abordagem incremental, visto o baixo acoplamento entre eles. As versões do sistema já concluídas já estão sendo utilizadas em caráter experimental pelos médicos do Hospital Universitário Antônio Pedro associados a este projeto, para posteriormente ser adotado nas unidades de saúde da cidade de Niterói.

Agradecimentos

Ao coordenador do projeto “Apoio a Decisão Médica sobre Síndromes Hipertensivas na Gestação Utilizando Agentes de Software” e do Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-Rio, Prof. Carlos José Pereira de Lucena.   toda equipe de gerenciamento, análise, projeto e desenvolvimento do SUAP: Bruno Dias, Bruno Fabri, Fernando Silva, Filipe Daflon, Juliana Imperial, Ricardo Choren e Vitor Pinheiro, além dos autores. Aos ginecologistas e obstetras do Hospital Universitário Ant nio Pedro (HUAP), coordenador Renato S  e integrantes Cristina Robichez, Erica Stein Ciasca, Thaline Valory e Valéria Moraes.   Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo apoio financeiro.

Referências

- Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., Stal, M., Sommerlad, P. & Stal, M. (1996), *Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Patterns*, John Wiley Sons.
- Nunes, I., Kulesza, U., Nunes, C., Cirilo, E. & Lucena, C. (2008), Extending web-based applications to incorporate autonomous behavior, *in* ‘WebMedia 2008’, pp. 115–122.
- Wooldridge, M. & Ciancarini, P. (2001), Agent-oriented software engineering: the state of the art, *in* ‘First international workshop, AOSE 2000 on Agent-oriented software engineering’, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, pp. 1–28.
- World Health Organization and United Nations Children’s Fund (1996), Revised 1990 estimates of maternal mortality: a new approach by WHO and UNICEF, Document WHO/FRH/MSM/96.11; UNICEF/PLN/96.1, WHO, Geneva.
- Zambonelli, F., Jennings, N., Omicini, A. & Wooldridge, M. (2000), *Agent-Oriented Software Engineering for Internet Applications*, pp. 326–346.
- Zambonelli, F., Jennings, N. R. & Wooldridge, M. (2001), Organizational abstractions for the analysis and design of multi-agent system, *in* ‘First international workshop, AOSE 2000 on Agent-oriented software engineering’, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, pp. 235–251.