

6 Conclusão

Nesta dissertação foi proposto um *framework* para auxiliar o desenvolvimento de aplicações autoadaptativas para dispositivos móveis capazes de superar os desafios da disponibilidade e interoperabilidade na troca de informações entre a aplicação e serviços web. O *framework* foi elaborado visando alcançar o propósito da computação autônoma, em que os componentes do sistema devem contribuir para o bom funcionamento do mesmo e sem a necessidade de intervenção externa. Este conceito foi incorporado ao sistema através da engenharia de sistemas multiagentes, em que entidades chamadas agentes são dotadas das habilidades de cooperação, coordenação e negociação com o objetivo de atingir uma meta comum.

O *framework* possui como componente principal um *control loop*, característica comum a sistemas autoadaptativos (IBM, 2003), que fornece um ciclo composto de comportamentos com objetivos de monitorar, analisar, selecionar e executar um novo serviço em tempo de execução. Deste modo, os sistemas construídos a partir do *framework* monitoram o ambiente no intuito de identificar falhas de comunicação com serviços web e, caso seja identificada alguma falha, então se procura na Internet um novo serviço que forneça as mesmas informações do serviço falho. A busca por novos serviços é realizada através de consulta aos registros DF (*Directory Facilitator*), que é o repositório dos serviços publicados pelo provedores. Finalmente ao encontrar o novo serviço, é verificada a necessidade de conversão dos dados, uma vez que o novo serviço pode utilizar uma representação de dados diferente do serviço anterior, caracterizando neste caso o problema da interoperabilidade dos dados. Estes passos executados pelo *framework* para o sistema se adaptar ao novo serviço é denominado ciclo de adaptação.

Os atributos de autoconfiguração e autocura presentes neste *framework* proporciona aos sistemas desenvolvidos a partir do mesmo superarem as dificuldades da disponibilidade e interoperabilidade na troca de informações entre

dispositivos móveis e serviços web. Características essas que não são abordadas nos trabalhos realizados por Liang *et al* (LIANG, LAM, *et al.*, 2008) e Birman *et al* (BIRMAN, RENESSE e VOGELS, 2004), em que estes tratam apenas a questão da disponibilidade, e Hemayati *et al* (HEMAYATI, MOHSENZADEH, *et al.*, 2010) e Shafiq *et al* (SHAFIQ, DING e FENSEL, 2006) que abordam a questão da interoperabilidade. Adicionalmente, nenhum dos trabalhos relacionados considera as restrições inerentes ao ambiente de dispositivos móveis como parte do problema, que também foi considerado no desenvolvimento desta dissertação.

A aplicabilidade do *framework* foi demonstrada através de prova de conceito em duas aplicações: um sistema que calcula o risco de deslizamento de massas, a qual é calculada a partir de informações de declividade e vegetação da área analisada (resultado do projeto GeoRisc (CERQUEIRA, SANTOS, *et al.*, 2009)) e um sistema de agendamento de pacotes de viagens, a qual a partir das necessidades que o usuário cadastra no sistema em relação à sua viagem, o sistema procura um serviço que melhor as satisfaça.

Na primeira aplicação foi possível observar a adaptação do sistema superando os desafios da disponibilidade e interoperabilidade uma vez que o novo serviço web utilizava o padrão W3C (ver Seção 3.1), diferente do padrão FIPA dos agentes (ver Seção 3.4). Neste caso, todos os passos da autoadaptação foram realizados: identificação da falha, elaboração da lista de serviços candidatos, seleção do novo serviço e reconfiguração do sistema, incluindo a adaptação a um protocolo de dados diferente do utilizado anteriormente pelo sistema.

Já na segunda aplicação foi possível observar a adaptação do sistema à questão da disponibilidade do serviço web, notada a falha de comunicação com o mesmo. Neste caso, a interoperabilidade dos dados não foi necessária, pois o novo serviço web utilizava o mesmo padrão FIPA dos agentes (ver Seção 3.4) do sistema. Neste caso, todos os passos da autoadaptação também foram realizados, no entanto o agente de tradução de informações (ver Seção 4.1.4.1) não foi acionado uma vez que o novo serviço utiliza o mesmo protocolo de dados.

Kephart e Chess (KEPHART e CHESS, 2003) dizem que um sistema autônomo deve estar propenso a realizar as autoadaptações necessárias para reconfigurar seus serviços em resposta às alterações ocorridas no ambiente de rede de forma a se manter acessível aos usuários. Visando detalhar esta definição,

Miller (MILLER, 2005) apresentou quatro atributos necessário para a definição de um sistema autônomo: autoconfiguração, autocura, autoproteção e auto-otimização. Observando estas condições propostas por Miller, pode-se dizer que este trabalho abrangiu os atributos autoconfiguração e autocura tornando-o capaz de realizar as autoadaptações necessária para manter o sistema funcionando. Entretanto, vale ressaltar que os atributos autoproteção e auto-otimização, necessários para tornar o sistema completamente autônomo segundo a definição de Miller, não foram incorporados aos sistemas e permanecem como oportunidades de melhoria do *framework*.

Durante o desenvolvimento do *framework* notou-se a possibilidade de utilizar algoritmos de cálculo de similaridade para determinar a semelhança entre serviços web. Observada essa necessidade, estudamos duas classes de algoritmos de similaridade: os sintáticos e os web semânticos. Os algoritmos web semânticos apresentaram melhor precisão no cálculo, no entanto seu tempo de execução aumentou consideravelmente à medida do aumento do número de termos a serem comparados. Já o algoritmo baseado em sintaxe apresentou menor precisão no cálculo de similaridade no entanto não exibiu crescimento tão significativo no tempo de cálculo quando aumentou-se a quantidade de termos a serem comparados. De posse deste resultado e observando que o *framework* foi elaborado para dispositivos móveis, que possuem limitações de energia, processamento e memória, o algoritmo baseado em sintaxe foi incorporado ao *framework*, que apesar de ser menos preciso nos cálculos, consome menos tempo de processamento.

Neste sentido, como trabalhos futuros, observa-se a possibilidade da incorporação de mecanismo de similaridade baseados em Web Semântica (WS) para realizar o cálculo de semelhança entre o serviço falho e os serviços candidatos a substitutos. Desta forma, pode-se dar ao sistema a possibilidade de melhorar seu sistema de seleção de serviço substituto, ao custo de um consumo maior de recursos.

Outro ponto que também pode ser analisado no aprimoramento do *framework* é a atualização do mecanismo de raciocínio baseado em regras para um mecanismo de raciocínio baseado em casos (AAMODT e PLAZA, 1994). Ao se realizar tal atualização tem-se um sistema capaz de atualizar sua base de conhecimento sobre falhas de comunicação a medida que surgirem novos tipos de

falha. Este mecanismo promove o *framework* a mais um grau mais elevado de autonomia tornando-o mais robusto a falhas de comunicação.

Enfim, ainda há a possibilidade de incorporar ao *framework* os dois atributos referentes à computação autonômica que não foram explorados nesta dissertação: a autoproteção e auto-otimização. A autoproteção visa assegurar ao sistema, por exemplo, que somente pessoas autorizadas tenham acesso aos dados corretos além de prover mecanismos capazes de detectar comportamentos hostis ao sistema. Já a auto-otimização visa agregar ao sistema a capacidade de aprimorar a utilização de seus recursos através de suas experiências funcionais.