

# O Impacto dos Agentes no Futuro da Internet

Alberto Rodrigues da Silva

alberto.silva@acm.org

IST/INESC, Rua Alves Redol, 9, 1000 Lisboa

## SUMÁRIO

*Atendendo, por um lado, à dimensão e às características particularmente dinâmicas da Internet, e por outro lado, ao facto de nela existir um número extremamente elevado de recursos torna-se necessária a criação e adopção de novos paradigmas computacionais.*

*Argumenta-se nesta comunicação que o modelo dos agentes de software é particularmente adequado no contexto referido da Internet, em domínios de aplicação que vão desde o negócio electrónico até ao entretenimento, passando pela educação.*

*O principal objectivo desta comunicação é analisar o papel dos agentes de software nas actuais aplicações da Internet, discutindo os seus benefícios, expectativas, limitações, e desafios no sentido de se poder perspectivar o seu impacto no futuro da Internet. De modo a clarificar o assunto é apresentado um caso de estudo do qual existe um protótipo, bem como alguns cenários de utilização cujo interesse e relevância é facilmente reconhecido.*

## 1 INTRODUÇÃO

A massificação da utilização da Internet em diferentes áreas de aplicação, como seja o entretenimento ou o comércio electrónico, tem vindo a suscitar novos paradigmas computacionais e suas respectivas tecnologias. De entre várias destaca-se, no âmbito desta comunicação, os “agentes de software”, encarados principalmente como um novo paradigma de interacção homem-máquina.

Os agentes aqui analisados são genericamente aplicações ou componentes de software (i.e., processos, threads, objectos activos), com identidade, estado e comportamento bem definidos, e que executam um determinado conjunto de tarefas em nome dos seus utilizadores. Apresentam entre outras as características de autonomia, sociabilidade, reactividade, pró-actividade, e persistência. Estas características definem o conjunto mínimo de atributos exigidos segundo a definição fraca de agente de Wooldridge e Jennings [WJ95].

Argumenta-se nesta comunicação que o modelo de agentes é particularmente adequado no contexto computacional da Internet pelo facto de esta ser um vasto espaço de informação fracamente estruturado e com um enorme número de utilizadores e de comunidades de interesses. Neste contexto, os utilizadores em vez de terem de aceder directamente a inúmeros serviços disponibilizados na Web para procurarem informação, negociarem, prepararem os detalhes de uma viagem, comprarem, etc., delegam num conjunto especializado de agentes essas mesmas tarefas. Evita-se deste modo que os utilizadores tenham de intervir directamente e por conseguinte de perder tempo na execução concreta dessas tarefas. Adicionalmente, pelo facto dos agentes serem entidades especializadas podem realizar essas mesmas tarefas com um grau superior de

competência e eventualmente de eficácia comparativamente com os possíveis resultados obtidos directamente pelos seus utilizadores.

Note-se que esta não é mais que uma visão e discussão do futuro da Internet que até agora e no essencial é ainda um mito. Infelizmente, tem sido apresentada como uma realidade “ao virar da esquina”, tornando-a, nessas circunstâncias, no perigo de cair pura e simplesmente no ridículo. Não é essa a assumpção desta comunicação. Antes pelo contrário. Tal visão só poderá algum dia tornar-se realidade se alguns desafios tecnológicos e alterações comportamentais relativamente à interacção homem-máquina forem ultrapassados.

O objectivo desta comunicação é contribuir para a discussão desta problemática que se encontra necessariamente em aberto. Por um lado, analisando e criticando as actuais aplicações conotadas como “agentes” actualmente existentes na Internet. Por outro lado, apontando algumas das dificuldades tecnológicas que a implementação da referida visão exige. Adicionalmente, de modo a clarificar a discussão, introduz-se um exemplo que torne evidente as vantagens que o paradigma dos agentes introduz e apresentam-se alguns cenários evidentes de utilização.

Esta comunicação encontra-se estruturada em cinco secções, incluindo a presente. Na Secção 1 (a presente) introduz-se o contexto, os objectivos, e a organização desta comunicação. Na Secção 2 apresenta-se em termos gerais a visão do futuro da Internet segundo um espaço aberto de agentes. Retrospectivamente, na Secção 3 apresenta-se e discute-se o estado de arte das actuais aplicações conotadas como “agentes” existentes na Internet. Na Secção 4 apresenta-se um caso de estudo que foi concebido e desenvolvido sobre dois sistemas de agentes Java, e que permite clarificar por que é que o modelo actual das aplicações da Web ainda não é adequado à visão preconizada na Secção 2. Na secção 5 apresentam-se dois cenários de utilização hipotética do paradigma dos agentes. Na Secção 6 faz-se uma discussão geral dos principais benefícios e expectativas que a adopção do modelo de agentes no âmbito da Internet suscita, bem como os desafios e limitações que terão de ser ultrapassados. Por fim, na Secção 7 resumem-se as principais conclusões.

## **2 VISÃO PARA O FUTURO DA INTERNET: ESPAÇO ABERTO DE AGENTES**

A Internet como a conhecemos hoje em dia é um vasto espaço de informação, de utilizadores, de comunidades e de interesses. Apresenta-se de seguida a visão do futuro da Internet baseada num espaço aberto de agentes preconizada nesta comunicação.

### **2.1 O Presente da Internet**

Actualmente a utilização da Internet assenta num modelo de interacção directa baseado sobretudo em dois serviços conhecidos: um sistema de comunicação assíncrono, o correio electrónico; e um sistema de navegação hipermédia, a Web. Esta situação pode ser melhor analisada segundo a perspectiva dos seus principais intervenientes.

- ◆ *Utilizador doméstico*: Este interveniente possui uma conta/área numa máquina ligada à Internet gerida por uma empresa especializada. Tem tipicamente acesso a uma caixa de correio electrónico, e eventualmente a possibilidade de manter um número reduzido de documentos HTML numa determinada área servida pelo servidor Web. Adicionalmente pode navegar sem restrições no espaço público da Web e pode enviar e receber mensagens.
- ◆ *Organizações* (cuja área de negócio não são as telecomunicações): As organizações encontram-se na situação anteriormente descrita (situação minimalista), ou alternativamente mantêm um sub-domínio Internet, mantendo um ou mais servidores Web, de correio electrónico e eventualmente de controlo de segurança (*firewalls*). Nesta circunstância são providenciados serviços mais elaborados para além das simples “teias” de documentos HTML. Nomeadamente, serviços com integração/acesso a servidores de bases de dados, sistemas de informação geográficos, etc.
- ◆ *Organizações de telecomunicações*: Parte significativa do negócio destas organizações consiste na gestão de contas de utilizadores domésticos e/ou de organizações. Basicamente, como referido anteriormente, por cada utilizador é concedido uma caixa de correio e um determinado espaço em disco para gestão de documentos HTML. Adicionalmente estas organizações também promovem os seus próprios serviços e produtos e permitem (embora de forma pouco dinâmica e versátil) o alojamento de máquinas, com respectivos serviços Web, de outras organizações.

O problema com o cenário descrito tem haver essencialmente com limitações de dinamismo e dificuldades na oferta de serviços mais complexos e versáteis. Por exemplo:

- ◆ Uma organização para oferecer um serviço para a Internet mais complexo (que um simples conjunto de documentos HTML de promoção de imagem), tem de ter, quase necessariamente, um seu próprio servidor ligado à Internet.
- ◆ A construção e gestão de comunidades – suportadas por respectivos serviços – dinâmicas, mas mais versáteis e flexíveis que aquelas suportadas electronicamente por listas de correio electrónico, não são fáceis de realizar.
- ◆ Um utilizador doméstico não pode instalar e usar no seu servidor Internet entidades software mais dinâmicas do que simples documentos HTML.

## **2.2 O Futuro da Internet: Espaço Aberto de Agentes**

A visão do futuro da Internet de seguida esboçada é antes de mais uma atitude de evolução relativamente à situação actual referida. A concepção do que será a Internet num futuro não muito longínquo está intimamente associada às teses e discussões que envolvem os temas das “Sociedades de Informação” e das “Infraestruturas de Informação Nacionais” [Ban94, Mis97]. Basicamente as sociedades de informação do futuro preconizam a existência de infraestruturas físicas, lógicas e organizacionais que as suportem. O objectivo último desta visão é permitir ao cidadão comum o acesso às

principais fontes de informação e de conhecimento (disponíveis electronicamente) de forma fácil, económica e (tanto quanto possível) “democrática”.

A computação centrada no computador pessoal, a comunicação centrada no telefone/fax individual, e a difusão (passiva) de informação centrada na televisão/rádio evoluirão conjuntamente de forma que a computação, comunicação, pesquisa e acesso à informação serão todos suportados pela “rede”.

O utilizador final, para além de utilizar ferramentas básicas e genéricas, tais como clientes Web, ou de FTP, utilizará complementarmente uma ou mais aplicações especializadas que actuarão em seu nome de modo a realizar as tarefas requeridas, daí designadas justamente por “agentes de software”. Deste modo a Internet tornar-se-á num espaço aberto de agentes, onde distintos agentes possam negociar, vender e comprar, serem intermediários no estabelecimento de relações entre outros agentes, procurarem parceiros, resolverem colaborativamente tarefas complexas, etc.

Tendo em conta todos os interesses e actividades emergentes, é de prever que a Internet evolua de um espaço estático com utilização/navegação principalmente directa (por acção do ser humano), para um espaço complexo e dinâmico com um maior número de utilização indirecta (por intermédio da acção dos agentes de software) e um número crescente de interacções entre agentes. Esta visão pode ser perspectivada segundo diferentes pontos de vista, nomeadamente:

- ◆ *Utilizador doméstico*: Este possuirá um ou mais agentes (alojados em distintos servidores de agentes), cada qual especializado numa gama de possíveis actividades, tais como: pesquisa e obtenção de informação, notificação de ocorrência de eventos especiais, gestão “inteligente” de correio electrónico, gestão de contas bancárias, compra de produtos, tratamento de questões burocráticas com a administração pública, etc.
- ◆ *Organizações* (cuja área de negócio não são as telecomunicações): Estas providenciarão um leque de agentes especializados com objectivos e comportamentos bem definidos. Esses agentes serão responsáveis por inúmeras tarefas, tais como: venda e compra de produtos ou serviços, estatísticas e *marketing* da organização, promoção e distribuição de outros agentes (de nível utilizador final), etc.
- ◆ *Organizações de telecomunicações*: Estas organizações, para além das suas funções existentes actualmente, providenciarão “espaço computacional” para instalação e gestão de agentes. Poderão providenciar serviços de valor acrescentado, tais como serviços de contabilização, de monitorização, acesso e gestão de bases de dados, conjuntos de (tipos de) agentes prontos a serem instanciados, etc.

A visão de “espaço aberto de agentes” sendo aqui discutida preferencialmente no contexto da Internet, pode com efeito ser também adoptada para o contexto dos sistemas de informação internos das organizações (i.e., Intranets).

Esta visão introduz necessariamente a noção de aplicações baseadas em agentes, as quais devem ser entendidas de uma forma diferente. Estas aplicações não correspondem à

noção tradicional de uma aplicação que é gerida por determinada pessoa ou organização. Em vez disso, esta classe de aplicações deverá ser melhor entendida como (vid. Figura 1):

- ◆ Uma teia de agentes, em que tipicamente cada agente corresponde a uma mini-aplicação.
- ◆ Possuída e gerida por um número dinâmico de entidades com diferentes objectivos e atitudes (possivelmente em conflito).
- ◆ Encontrando-se distribuída por distintos locais computacionais (tais como PC, computadores de grande porte, ou computadores móveis).

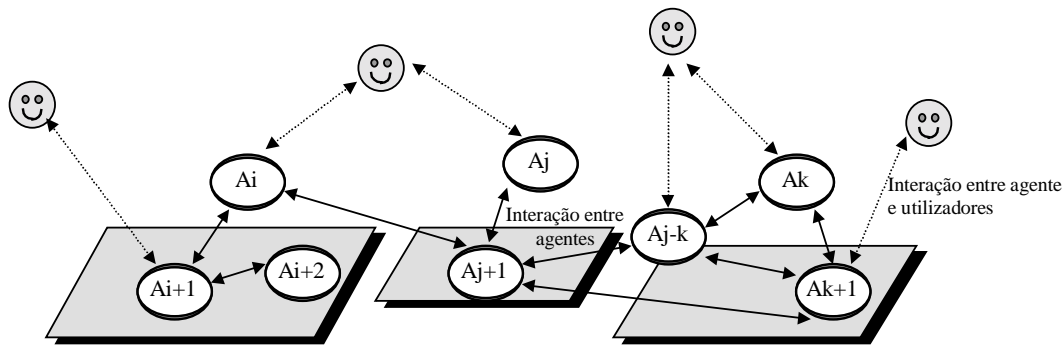


Figura 1: Cenário de uma aplicação baseada em agentes.

A noção de aplicações baseadas em agentes pode ser, por conseguinte, entendida como uma “aplicação virtual” à imagem do que acontece com as conhecidas aplicações hipermédia baseadas na Web, em que por vezes se perde a noção de onde começa e acaba a aplicação e em que não se define precisamente quais são os promotores e os gestores das referidas aplicações. Todavia, embora uma aplicação baseada em agentes possa ser “aparentemente” virtual e desorganizada, tem de ser necessariamente promovida e mantida por um núcleo principal de uma ou mais organizações que se tornam simultaneamente os motores e os responsáveis pelas funcionalidades nucleares nela existente.

Por fim, esta visão exige novos e significativos desafios designadamente no que se refere entre outras às seguintes tecnologias: sistemas distribuídos de suporte; mecanismos de contabilização e de pagamento; linguagens de comunicação e interoperação entre agentes; linguagens de representação de conhecimento/conteúdo das mensagens e dos seus formatos; mecanismos de segurança e de robustez.

### 2.3 Requisitos Fundamentais

Esta classe de aplicações apresenta um número de características e de requisitos que têm sido abordados no passado de forma independente. É a sua combinação e integração que coloca os maiores problemas e os novos desafios. Entre outros objectivos e requisitos destacam-se os seguintes:

- ◆ *Autonomia*: Cada utilizador deve poder criar e manter os seus próprios agentes, usando os seus próprios recursos e/ou os recursos de outros.
- ◆ *Heterogeneidade*: Deverá ser suportada uma gama variável de plataformas computacionais e de sistemas afins, designadamente: arquitecturas de computadores, sistemas de bases de dados, protocolos de comunicações, e sistemas operativos.
- ◆ *Abertura*: De forma que os agentes possam interactuar com outros agentes e/ou aplicações tradicionais, mesmo de organizações externas, deverão existir mecanismos normalizados de comunicação entre agentes e entre agentes e aplicações tradicionais.
- ◆ *Distribuição*: As aplicações baseadas em agentes preconizadas são essencialmente distribuídas. A plataforma comunicacional de suporte é a Internet, o que pressupõe que os agentes existem em diferentes locais de execução à escala global. Por outro lado, máquinas e utilizadores encontram-se também eles geograficamente distribuídos.
- ◆ *Dinamismo*: De forma a suportar a introdução, alteração e remoção de agentes em qualquer momento que o seu utilizador o desejar. O aparecimento ou desaparecimento de um agente deverá ser uma situação normal no sistema, não exigindo procedimentos particulares (e.g., reinicializar o sistema operativo).
- ◆ *Robustez*: Em parte devido ao dinamismo referido no objectivo anterior e também devido à inactividade da infraestrutura de suporte, os agentes deverão sobreviver a serviços indisponíveis, ao aparecimento de novas versões de serviços, ligações temporariamente desactivas, e outras dificuldades similares. Por exemplo, um agente não pode abortar a sua execução ou deixar de se executar apenas porque um determinado servidor se encontra temporariamente desactivado.
- ◆ *Segurança*: Dependendo das características e estratégias das diferentes aplicações, deverão ser suportados diferentes níveis e mecanismos de segurança. Nomeadamente em aplicações de comércio electrónico a segurança deverá ser um requisito fundamental. Deverão ser assegurados mecanismos de controlo de acessos flexíveis de forma a suportarem-se diferentes níveis de exigência.

### **3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DO ESTADO ACTUAL DOS “AGENTES” DA INTERNET**

Apresenta-se nesta secção o estado da arte das aplicações conotadas como “agentes”, existentes hoje em dia na Internet. Na Secção 3.1 apresentam-se exemplos típicos de aplicações relativamente conhecidas e citadas quer na comunicação social quer nas comunidades científicas. Por outro lado, na Secção 3.2 discute-se a diferença entre estes exemplos e os potenciais exemplos que a visão introduzida na Secção 2 sugere. Note-se ainda que nem todos os exemplos de aplicação apresentados nesta secção são reconhecidos pelo autor como “agentes” de facto. A Secção 3.2 desenvolve essa discussão.

### 3.1 Exemplos de Agentes para a Internet

De entre uma variedade de possíveis tarefas que as actuais aplicações baseadas em agentes para a Internet providenciam, destacamos as seguintes: (1) pesquisa de informação; (2) filtragem de informação com base num perfil de utilizador; (3) notificação de eventos; (4) entrega *off-line* de informação; (5) venda/compra de produtos electrónicos; (6) serviços de mediação. Referem-se de seguida exemplos conhecidos associadas a estas distintas tarefas.

#### Motores de Pesquisa de Informação

Uma área importante de aplicações da Internet consiste nos serviços de pesquisa de informação. São conhecidos tipicamente duas aproximações principais:

- ◆ *Indexação*: Os serviços baseados em servidores de índices (e.g., Altavista, WebCrawler) utilizam a aproximação de “força bruta”, em que programas especializados (conhecidos por “motores de pesquisa”, “*softbots*” ou “robots de informação”) e executados numa máquina com recursos computacionais elevados, navegam num determinado espaço de procura (e.g., o espaço *http* ou o espaço *news*), lêem toda a informação acessível e indexam-na segundo algoritmos básicos (e.g., um índice pode encontrar-se estruturado por palavras-chave com referências (URL) para todos os documentos que a contenham).
- ◆ *Catálogo*: Os serviços baseados em catálogos (e.g., páginas amarelas electrónicas, SAPO, Yahoo!) consistem em estruturas de dados baseadas em árvores invertidas, em que cada nó da árvore consiste numa determinada categoria, e as suas folhas são referências para documentos finais (e.g., páginas HTML) e/ou referências para uma nova hierarquia de subcategorias.

Os serviços baseados em catálogos apresentam a informação organizada hierarquicamente e com um nível considerável de eficácia nas pesquisas. Exigem contudo uma intervenção humana significativa pelo facto da generalidade da informação ter de ser classificada (catalogada) manualmente. Por outro lado os serviços baseados em servidores de índices apresentam uma eficácia deficiente mas têm como vantagem não exigirem intervenção humana no processo de obtenção/indexação da informação. Actualmente a generalidade dos serviços mais relevantes providenciam funcionalidades híbridas (i.e., indexação e catálogo) de forma a tirarem vantagem das duas aproximações.

#### Agentes de Filtragem de Informação

O modelo de serviços descrito anteriormente é, antes de mais, orientado à informação. Esta encontra-se organizada indistintamente de qualquer inter-relação com os seus possíveis interessados. Outros desafios nesta área tomam em consideração o utilizador enquanto entidade própria. Neste âmbito os agentes conhecem e gerem implícita e/ou explicitamente o perfil do seu utilizador e executam um conjunto de tarefas em seu nome, tais como: pesquisa de informação focalizada, com uma eficácia superior aos sistemas referidos; ou criação de jornais electrónicos personalizados.

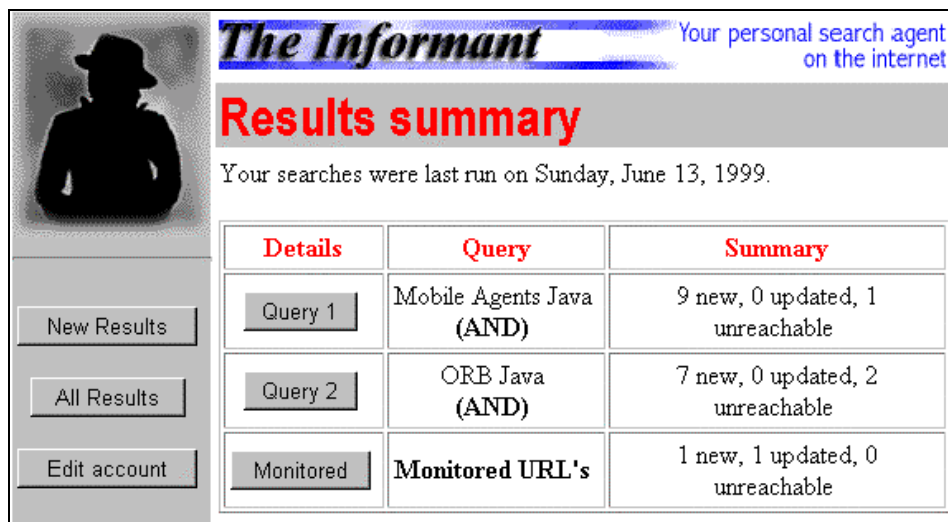
Os agentes de filtragem de informação, contrariamente aos motores de pesquisa, usam um número restrito de fontes de informação, e em vez de obterem o índice da informação, obtêm uma cópia da informação propriamente dita.

NewsHound [New99] é um exemplo desta classe de agentes. Por um lado, providencia a gestão de utilizadores, em que cada indivíduo define explicitamente o seu perfil (i.e., as suas preferências). Por outro lado, periodicamente obtém informação (documentos HTML) a partir de um conjunto restrito de jornais electrónicos. Com base nos perfis de utilizador e na informação obtida, cria periodicamente um “jornal personalizado” para cada utilizador do serviço.

Há nesta área inúmeras aproximações relacionadas com a definição/construção do perfil do utilizador. Algumas das quais geridas directa e individualmente pelo utilizador (e.g., Informant); outras directa mas de forma colaborativa (e.g., Firefly, Jasper, ou Amazon); e outras ainda de forma indirecta, por exemplo pela monitorização da utilização da informação (e.g., OpenSesame! ou Letizia).

### Agentes de Notificação

Um agente de notificação é tipicamente um processo executado continua ou periodicamente num servidor. O seu utilizador especifica um conjunto de recursos e/ou acontecimentos relativamente aos quais deverá ser notificado sempre que ocorrer determinado evento. Por exemplo, quando um determinado documento HTML é actualizado ou removido; a cotação de uma empresa na Bolsa sobe até 4 por cento do previsto; ocorre uma data de aniversário de um colaborador; ou o preço de um CD desce até determinado valor.



The Informant Your personal search agent on the internet

## Results summary

Your searches were last run on Sunday, June 13, 1999.

Details	Query	Summary
<a href="#">Query 1</a>	Mobile Agents Java (AND)	9 new, 0 updated, 1 unreachable
<a href="#">Query 2</a>	ORB Java (AND)	7 new, 0 updated, 2 unreachable
<a href="#">Monitored</a>	<b>Monitored URL's</b>	1 new, 1 updated, 0 unreachable

New Results  
All Results  
Edit account

Figura 2: Agente de notificação de documentos – Informant.

A Figura 2 ilustra o agente Informant [Inf96] que providencia para além da funcionalidade de filtragem de informação, um mecanismo de notificação de alterações



de documentos HTML – o utilizador apenas tem de indicar os URL correspondente aos documentos que pretender ser notificado.

### **Outros Tipos de Agentes**

No contexto da Internet existem outros tipos de agentes, que podem ser classificados tendo em conta a funcionalidade providenciada, mas que em geral incluem características de filtragem e/ou de notificação de eventos. Entre outros, referem-se os seguintes:

- ◆ *Agentes de recomendação*: Um agente que recomenda ao seu utilizador a consulta/aquisição de determinado produto, a partir de um perfil previamente definido. Os produtos podem ser variados, por exemplo: livros, CD, vinho, roupa, sapatos, e produtos financeiros.
- ◆ *Agente mediador*: Agente que providencia determinado serviço de mediação entre tipos de utilizadores, por exemplo para: procura/oferta de emprego; procura/oferta de companheiro (“encontros virtuais”); ou compra/venda de produtos.
- ◆ *Agente de compra*: Agente que permite realizar compras de produtos, acedendo a um número não especificado de servidores Web e/ou agentes de venda, de forma a obter o produto com melhores condições.
- ◆ *Agente de venda*: Agente que permite realizar vendas de produtos automaticamente e que adicionalmente publicita as suas funções e características em agentes mediadores externos.

### **3.2 Critica aos Exemplos Apresentados**

Os exemplos descritos suscitam várias questões que têm de ser necessariamente discutidas. Após a apresentação dos exemplos anteriores colocam-se naturalmente as seguintes questões. Então os agentes existem em quase todas as aplicações? Uma aplicação com gestão de utilizadores pode-se designar como aplicação baseada em agentes? Um processo com execução em plano de fundo (*background*) é um agente? Afinal o que é um agente de software?

De facto os agentes existem em diversas áreas de negócio bem como em diferentes níveis computacionais. Por exemplo, no contexto de uma aplicação específica, do sistema operativo, de uma rede interna de uma organização, ou, como aqui se discute, da Internet. Em geral um agente não existe por si só, mas apresenta-se como uma componente de um determinado sistema/aplicação. Uma aplicação com gestão de utilizadores, não é só por esse facto, baseada em agentes. Essa situação acontece quando a aplicação providencia, adicionalmente, capacidades de personalização, notificação e automatização de tarefas específicas para cada utilizador em particular. Assim um agente, ou uma aplicação que integre agentes, é melhor identificado pelos benefícios/funcionalidades que possa providenciar.

Note-se no entanto que nem todos os exemplos apresentados correspondem de facto a agentes de software, mesmo segundo uma possível definição mais relaxada/fraca como a de Wooldridge e Jennings [WJ95]. Por exemplo, os serviços referidos de pesquisa de

informação são regra geral generalistas – no sentido que não reconhecem os seus utilizadores –, e conseqüentemente não permitem delegação de tarefas. Contudo, esses exemplos foram incluídos na Secção 3.1 pelo facto de serem por vezes designados, principalmente segundo uma perspectiva funcional, como “motores” ou “agentes” de informação.

Os exemplos que foram citados são, regra geral, aplicações executadas no contexto de um servidor Web, baseados em diferentes tecnologias tais como interfaces ou mecanismos do tipo CGI, SSI, API proprietárias providenciadas pelos servidores Web, ou Servlets Java. Adicionalmente surgem algumas aplicações com funcionalidades mais evoluídas do ponto de vista da interactividade com o utilizador, baseadas em applets Java, ou em scripts (em JavaScript ou VBScript) que controlam alguns componentes gráficos que o utilizador final manipula. (Ver [SMD97, Sil99] para uma análise mais detalhada e alargada sobre os diferentes modelos tecnológicos para desenvolvimento de aplicações para a Web.) Tal facto por si só não traz qualquer inconveniente. Em particular porque as aplicações analisadas representam essencialmente modelos centralizadas e fechados, sem qualquer necessidade de comunicação com outros serviços/agentes remotos. São, por assim dizer, aplicações ainda significativamente simples e limitadas.

Outra observação relevante, e como corolário da anterior, reside no facto de nenhuma das aplicações ilustradas ter como objectivo providenciar mecanismos de interoperação de forma que os seus agentes possam comunicar de uma forma aberta com agentes mantidos por outras aplicações, eventualmente desenvolvidas sobre diferentes plataformas de suporte, de distintos fabricantes, etc.. Este é um dos desafios mais importante para o futuro dos agentes na Internet que é introduzido na secção seguinte através da discussão de um caso de estudo.

#### **4 UM CASO DE ESTUDO**

Esta secção apresenta o caso hipotético de uma aplicação distribuída com os requisitos originalmente especificados na Secção 2.3. Pretende-se com este exemplo discutir sumariamente a necessidade do paradigma de computação baseado em agentes e discutir as limitações da tecnologia actual da Web para suporte a este tipo de novas aplicações.

Considere-se a aplicação de comércio electrónico de livros baseada na Internet/Web e de âmbito aberto, aqui designada por “CELIA”. Esta aplicação deve suportar a existência de pelo menos três tipos distintos de entidades: clientes, livreiros e mediadores/intermediários.

A aplicação CELIA deve suportar o aparecimento e desaparecimento de quaisquer das entidades referidas de forma dinâmica e fácil. Clientes e livreiros interactuam de forma a averiguarem a existência de determinado livro e a negociarem as melhores condições de transação. Os mediadores providenciam serviços de páginas amarelas (de livreiros e eventualmente de livros) e de notificação (e.g., a possibilidade de um cliente ser notificado do aparecimento de um novo livreiro ou livro com determinadas características).

Suponham-se, para efeito de concepção e construção da aplicação CELIA, as seguintes abordagens possíveis:

- ◆ Modelos tecnológicos actuais da Web.
- ◆ Paradigma de computação baseado em agentes.

#### 4.1 Limitações da Tecnologia Actual da Web

Segundo a tecnologia corrente da Web existe basicamente duas possibilidades de concepção do sistema CELIA: baseada numa aproximação centralizada ou numa aproximação descentralizada.

A **aproximação centralizada** exigiria que uma organização promotora do sistema CELIA, desenvolvesse e mantivesse o sistema numa máquina única gerida por si (vid. Figura 3). O sistema providenciaria capacidades de gestão de clientes com as suas características relevantes (perfis de leitura, interesses pessoais, temas e autores preferidos, etc.), assim como as funcionalidades para gestão de informação de livreiros.

No entanto, esta abordagem apresenta um desenvolvimento fácil das aplicações e principalmente uma gestão e manutenção simples de realizar. Contudo, exige o tratamento adequado de controlo de acessos e de segurança, e apresenta pouca autonomia das entidades pertencentes ao sistema CELIA e limitações ao nível do dinamismo do sistema. Por exemplo, não é fácil a introdução de novas capacidades e funcionalidades. Tal exigiria, à partida, o acordo concertado entre pelo menos os principais livreiros associados.

Nesta abordagem os intervenientes não estão satisfeitos porque não podem controlar os seus próprios serviços quando e como desejam, de forma a distinguirem-se entre si.

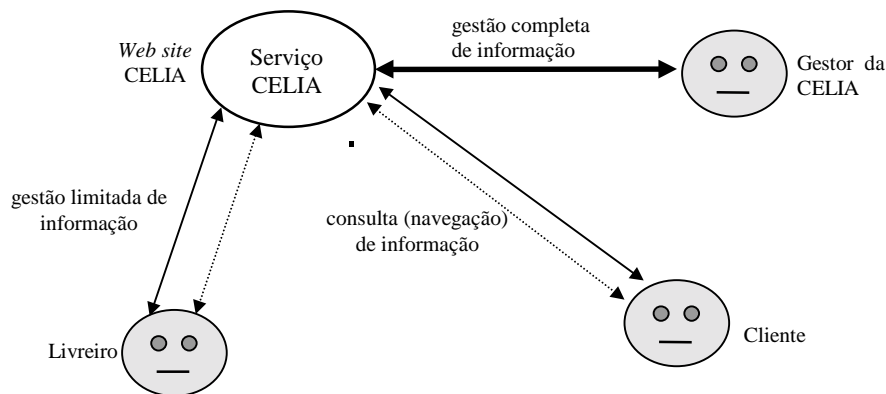


Figura 3: Aproximação centralizada baseada na tecnologia da Web.

Esta abordagem traduz uma situação de compromisso, implicando negociações por vezes difíceis e tornando-se, por conseguinte, pouco adequada em aplicações com muitos intervenientes, dinâmicas e competitivas.

Por outro lado, a **aproximação descentralizada** seria baseada em um servidor de suporte ao CELIA mas apenas com os serviços básicos necessários, nomeadamente o serviço de

“páginas amarelas”. O objectivo deste seria o serviço de registo de todos os livreiros com as suas principais informações, tais como endereço de correio electrónico e de servidor Web.

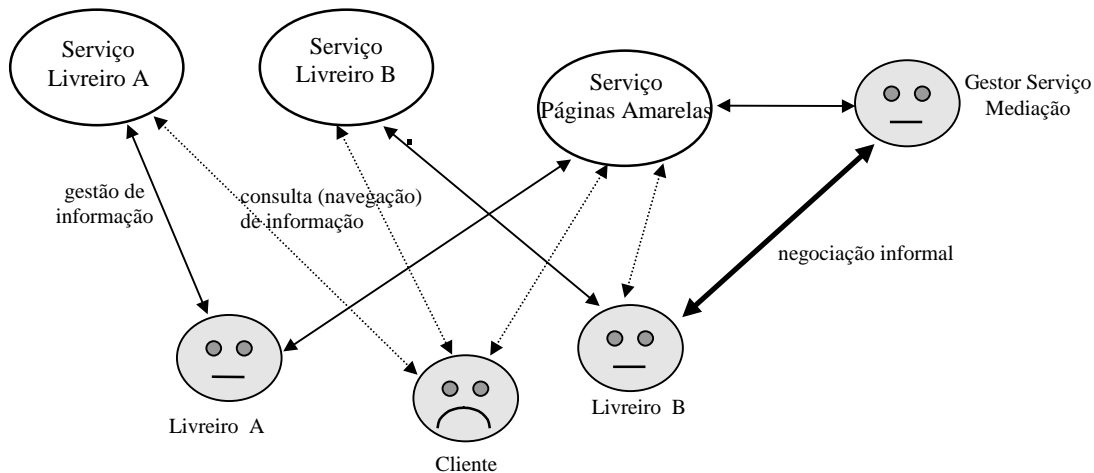


Figura 4: Aproximação descentralizada baseada na tecnologia da Web.

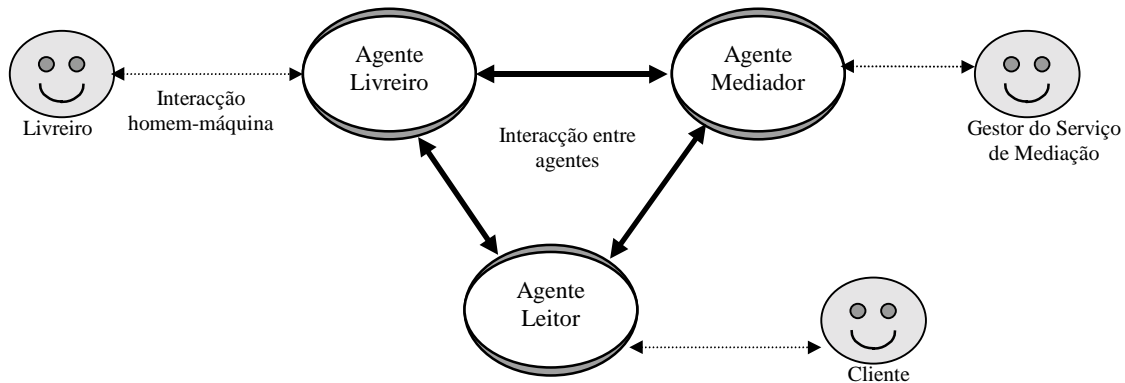
Deste modo seria oferecido uma maior autonomia e flexibilidade, já que cada livreiro poderia criar e manter o seu próprio serviço. Todavia, não seria providenciado qualquer suporte a tarefas mais complexas como seja a automatização do processo de procura de livro, ou mesmo da sua compra. Da perspectiva dos livreiros, estes teriam de manter os seus próprios serviços, com funcionalidades semelhantes tais como: catálogos de livros pesquisáveis por título, autor, tema, etc., e suporte a transações comerciais. Adicionalmente os livreiros teriam de registar (manualmente) os seus serviços em servidores conhecidos de páginas amarelas. Por outro lado, os clientes para comprarem um determinado livro, teriam de consultar um ou mais serviços de páginas amarelas, e a partir daí aceder aos serviços de um conjunto alargado de livreiros. Mais tarde, com base na pesquisa anterior, efectuem o pedido de compra ao livreiro com melhores condições. Por estas razões, estes intervenientes também não têm motivos para ficarem contentes, conforme apresentado no esquema simplificado da Figura 4.

## 4.2 Abordagem Baseada em Agentes

Uma aproximação baseada em agentes, adaptada às características do CELIA, exigiria a existência de uma ou mais organizações com funções particulares de mediação, funcionando quer como serviços de páginas amarelas, quer como serviços de controlo e acompanhamento. O número deste tipo de serviços seria tipicamente reduzido. O tipo de acordos de interacções entre mediadores poderia ser bilateral ou concertado entre todos eles. Por outro lado, os livreiros tinham de se registar em um ou mais mediadores de modo a tornarem-se membros da CELIA e só depois a tornarem-se conhecidos, serem solicitados, ou poderem solicitar informação e serviços. Por fim, os clientes também se poderiam registar eventualmente nesses serviços de forma a serem notificados de eventos

relevantes, ou de forma a terem a garantia de utilização de transacções seguras, com promoções, etc.

Numa abordagem baseada em agentes cada utilizador interactua com o seu agente especializado definindo-lhe e delegando-lhe tarefas mais ou menos complexas. Por outro lado, os agentes interactuam entre si de forma a realizarem as tarefas que lhe foram delegadas. A Figura 5 ilustra uma visão esquemática e de alto nível desta aproximação.



*Figura 5: Aproximação baseada em agentes.*

Cada interveniente desenvolve de forma independente os seus próprios agentes. Esta aproximação não exige que cada interveniente desenvolva necessariamente os seus próprios agentes. Pode-se supor, por exemplo, que numa fase inicial seria divulgado e disponibilizado aos membros do CELIA o código comum de dois tipos de agentes: o agente para livreiros, e o agente para clientes. Estes intervenientes poderiam instalar, criar (por instanciação do tipo/classe providenciado) e gerir os seus próprios agentes, que apresentariam por conseguinte um comportamento semelhante. Em fases subsequentes poderiam surgir efectivamente novas versões de agentes – quer para livreiros, quer para clientes –, desenvolvidos especificamente para esta ou aquela entidade, com funcionalidades adicionais, mantendo contudo compatibilidade de interacção com os agentes dos restantes intervenientes.

O agente mediador apresentaria funcionalidades e características particulares. Seria ele o responsável pela criação e gestão da comunidade CELIA. Pelo facto da comunidade CELIA ser de acesso aberto, o agente mediador poderia ser também o responsável pela autenticação dos agentes das diferentes entidades.

No entanto, de forma que todos os agente pudessem comunicar entre si, seria exigido que as diferentes entidades chegassem a acordo sobre um protocolo/interface específico, comum a todas as aplicações envolvidas. Esta tarefa, não sendo por si fácil de implementar, assume que, na prática, um número reduzido de entidades (e.g., os livreiros) os definissem e que todas os restantes intervenientes os aceitassem e adoptassem. Esta questão é relativamente semelhante à descrita na abordagem centralizada, anteriormente referida. Contudo, enquanto na abordagem anterior a autonomia é limitada ao nível de configuração, gestão e manutenção dos serviços; na abordagem baseada em agentes, a

autonomia é apenas limitada ao nível da especificação do protocolo/interface de interacção entre agentes.

Esta solução, comparativamente com as abordagens descritas na secção anterior, apresenta as seguintes vantagens principais:

- ◆ Descentralizada e escalável: O único ponto de congestão é o agente mediador, o qual pode ser desagradado pela introdução incremental de novos agentes semelhantes.
- ◆ Dinamismo: Qualquer agente pode (com maior ou menor facilidade) entrar ou sair da comunidade. A funcionalidade e complexidade dos diferentes agentes pode evoluir de forma independente e transparente de todos os restantes.
- ◆ Autonomia e flexibilidade: Cada entidade interveniente é responsável pela construção e manutenção das suas próprias aplicações e agentes em particular.
- ◆ Interação indirecta: O facto dos utilizadores apenas terem de interactuar com os seus agentes, elimina os problemas da descontinuidade ao nível de interface com o utilizador, e reduz o número de interacções, nomeadamente as interacções humanas, por vezes demoradas e difíceis. O utilizador interactua com o seu agente, dando-lhe informação e tarefas precisas.

### **4.3 Desenho e Desenvolvimento de um Protótipo**

A aproximação baseada em agentes da aplicação CELIA foi implementado sobre dois sistemas de agentes móveis: o AgentSpace [SMD98, AS99], concebido e desenvolvido pelo autor desta comunicação (e actualmente em utilização em vários trabalhos de investigação realizados no âmbito do Departamento de Engenharia Informática e do INESC onde o autor desenvolve a sua actividade); e o Aglets WorkBench [LO98] da IBM.

Ambos são sistemas de suporte e de desenvolvimento de aplicações Java baseadas em agentes e apresentam mecanismos de alto nível da perspectiva do desenvolvimento desta classe de aplicações. (Sai fora do objectivo desta comunicação detalhar aqui as suas respectivas funcionalidades.) O objectivo do desenvolvimento destes protótipos foi, por um lado, a avaliação das ideias aqui discutidas, e por outro lado, permitir uma comparação entre os sistemas AgentSpace e Aglets do ponto de vista de desempenho e facilidades oferecidas ao programador. Esses resultados podem ser consultados em [SD98].

Detalhes relativamente a estes protótipos ou acesso ao seu código Java pode ser obtido na Web, em <http://berlin.inesc.pt/agentspace/examples/celia/index.html>.

## **5 OUTROS CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO**

Apresentam-se de seguida dois cenários, mais ou menos futurísticos, representativos da utilização desta classe de aplicações.

## 5.1 Jornal Electrónico Personalizado

A empresa MetaNews decide montar um negócio de notícias personalizadas. Para tal contacta diversos serviços noticiosos que têm actualmente “websites” na Internet (e.g., DN, Expresso, TVI, etc.) de modo a estabelecer contratos de permissão de acesso automático ao conteúdo da informação por estes criada (adicionalmente decide obter automaticamente informação de outros “websites” noticiosos sem permissão, pois ainda não há legislação adequada sobre o assunto!).

Para cada um desses “websites” o gestor da MetaNews instala e configura um determinado agente que fica especializado nessa sua função: que sabe como é que esse “website” está estruturado (por exemplo, onde se encontra a secção de “Economia”, ou a de “Desporto|Futebol”), qual a importância ou qualidade dessa informação, qual a sua periodicidade, etc.

O gestor pode ainda instalar e configurar um ou mais agentes especializados em procurar novos “websites” ou outros agentes com funções similares. Estes vão negociando entre si, trocando contactos, trocando meta-informação da descrição de “websites”, etc.

Por outro lado, a MetaNews providencia um “website” normal com os sumários de notícias produzidas em diferentes serviços noticiosos. Típicamente providencia uma interface Web normal a ser usada por utilizadores anónimos e curiosos.

No entanto, e em adição ao que actualmente é usual, a empresa poderá providenciar a criação de agentes especializados para clientes finais. Estes subscrevem o serviço (eventualmente pagando em conformidade), definem o seu perfil de interesse (e.g., os temas que têm interesse, os que não querem de alguma forma receber, os jornais que mais apreciam), indicam como pretendem receber a informação (e.g., para o respectivo pager, fax, caixa de correio electrónica, agente de informação pessoal localizada noutra máquina, ou simplesmente na Web), qual a periodicidade com que a desejam receber (e.g., diariamente; todas as primeiras quartas de cada mês, às 8:30; semanalmente).



O João Alberto, dono de uma grande empresa de produção de papel, tem um número muito específico de interesses. Em particular quer estar actualizado relativamente aos seguintes assuntos que possam sair na comunicação social: qualquer referência à sua empresa ou a mais duas empresas suas concorrentes; informações desportivas sobre golfe e judo; e a evolução das bolsas de valores em todo o mundo, em particular a de Madrid e de Londres. Subscreve o serviço da MetaNews e solicita que a informação relevante lhe seja enviada para o seu agente de informação pessoal em dias alternados a partir das 16:00. Adicionalmente solicita que sempre que ocorrer uma referência à sua empresa lhe seja enviado o título da notícia para o seu telemóvel pessoal.



A Rita, técnica administrativa numa repartição pública, tem interesses em eventos culturais, em particular música e exposições de pintura. Adicionalmente quer acompanhar todos os temas relativos a legislação da administração pública. Subscreve o serviço da

MetaNews e solicita que a informação relevante lhe seja enviada por e-mail todas as quintas à noite.

## 5.2 Negociações Automáticas

A Central de Compras do Estado (CCE) decide automatizar os modelos de negociações com os seus fornecedores. Para tal providencia uma infraestrutura onde os diferentes organismos públicos possam configurar e gerir um agente especializado (normalmente cada nível hierárquico da estrutura da Administração Pública tem diferentes competências técnicas e financeiras para adquirir o que quer que seja).

Por outro lado permite que qualquer empresa possa registar-se num super serviço de mediação, designado por “agente mediador”, que mantém a lista de todas as empresas potenciais fornecedores ao Estado. O agente mediador, para além de manter a informação geral sobre essas empresas, mantém ainda a referência electrónica para cada agente de cada empresa.

Para as pequenas empresas que não têm capacidade de manter externamente os seus próprios agentes, a CCE permite a criação, configuração e gestão desse tipo de agentes na sua infraestrutura pública através de uma interface Web normal.



O Joaquim Oliveira, técnico da empresa de papel do João Alberto, tem a incumbência de supervisionar o sector das encomendas da empresa. Foi ele o responsável por instalar um sistema de agentes e os respectivos agentes de apoio à empresa.

Em particular existe um agente de negociação com a CCE, o qual tem um algoritmo secreto mas relativamente simples. O preço proposto do papel é uma função que varia com o nível de stock da pasta de papel existente em armazém, do nível actual de produção, do nível de vendas estimadas, e com o preço base da pasta de papel. Como este agente aprendeu, ao longo do tempo, o comportamento típico do agente de compra da CCE, sabe que pode oferecer no máximo três licitações, e que os factores mais importantes são função de três variáveis: disponibilidade de entrega, preço do material, e prazo de pagamento. Em geral, os negócios realizados através do agente optimizam a capacidade de produção em detrimento das margens de lucro.



A Rita, técnica administrativa numa repartição pública, é responsável pelas compras do seu ministério. Actualmente o procedimento é mais facilitado e eficiente! Hoje ela precisa de adquirir 1000 resmas de papel com a máxima urgência: a mercadoria tem de ser entregue no armazém do ministério daí a dois dias, e a forma de pagamento tem de ser superior a 90 dias. A Rita especifica esses requisitos no seu agente e espera descansada pela resposta. Passado duas horas, recebe um e-mail do seu agente a notificar que a empresa do João Alberto irá entregar a mercadoria no dia seguinte, a indicar qual o preço por resma, e quais as condições de pagamento. A Rita acede novamente ao seu agente e pede para que este notifique o agente do armazém do ministério... (isto também devia ser realizado automaticamente pensou a Rita)...



## 6 DISCUSSÃO GERAL

Apesar de aparentemente a abordagem baseada em agentes parecer oferecer um paradigma adequado para concepção de aplicações do tipo do discutido nas Secções 4 e 5 existem, contudo, limitações e desafios não negligenciáveis e que são referidos de seguida. Referem-se, por outro lado, os benefícios e expectativas que esta abordagem pode vir a oferecer.

### 6.1 Limitações e Desafios

Os principais desafios e limitações que se reconhecem na aplicação/utilização dos agentes no contexto na Internet, em particular da Internet do futuro, vista como um espaço aberto de agentes são entre outros:

- ◆ *Designação ambígua*: O facto de um agente suscitar inúmeras interpretações, apresentar um conjunto de características alargado, ser influenciado por diferentes comunidades científicas e existir em diferentes áreas de aplicação, conduz a uma ambiguidade e confusão generalizada do que é, de facto, um agente de software. Tal ambiguidade pode conduzir facilmente a discussões pouco produtivas e a um consequente descrédito geral.
- ◆ *(des)Confiança do utilizador*: O utilizador não está habituado, em geral, a interactivar de forma indirecta com o computador. Não está habituado a utilizar aplicações que lhe executam tarefas de forma autónoma. Entre outros, surge o “síndrome da competência e da confiança” referido por Maes [Mae94]. Por um lado, o utilizador tem de ter confiança nos agentes que utiliza – nomeadamente, confiança nos fabricantes dos agentes em causa –, de forma a delegar-lhe tarefas relativamente complexas e/ou críticas. De forma a facilitar essa confiança, o utilizador deverá poder monitorizar o estado corrente dos seus agentes e eventualmente obter um registo de actividades realizadas, com maior ou menor detalhe. Por outro lado, os agentes têm de mostrar que são competentes/capazes de realizar adequadamente e com flexibilidade as tarefas para os quais foram desenvolvidos e configurados.
- ◆ *Novos modelos de negócio*: Por vezes os problemas da adopção/utilização de agentes não tem a ver com questões tecnológicas, mas sim com a adequação e integração das novas aplicações aos modelos de negócio existentes ou emergentes. Ou seja, embora de um ponto de vista tecnológico seja possível, por exemplo conceber agentes de pesquisa do melhor preço de um produto, com eventual compra correspondente, ou agentes de jornais electrónicos personalizados, é fundamental que as soluções tecnológicas sejam acompanhadas com correspondentes soluções legais e de carácter ético.
- ◆ *(in)Experiência de desenvolvimento*: A área de concepção e implementação de aplicações baseadas em agentes é relativamente recente, nomeadamente segundo a perspectiva da engenharia de software. Não existem soluções maduras de métodos de desenvolvimento de software para este conjunto de aplicações, nem tão pouco ambientes e ferramentas de suporte e de desenvolvimento.

- ◆ *(in)Segurança*: Em geral, mas em particular no âmbito de aplicações baseadas em agentes móveis colocam-se questões importantes do ponto de vista da segurança. O facto de um agente poder mover-se para uma máquina remota, e aí executar-se, exige mecanismos de segurança a diferentes níveis, nomeadamente segurança do local remoto relativamente ao agente móvel; do agente relativamente ao local remoto; e segurança no próprio canal de comunicação. Por outro lado, e de uma perspectiva ortogonal à questão da mobilidade, pelo simples facto de se supôr um espaço aberto de agentes, exige que os mesmos (ou pelo menos os seus donos) sejam devidamente certificados e/ou reconhecidos num determinado contexto.
- ◆ *(in)Existência de Normas*: Para se poder criar espaços abertos de agentes, que sejam suportados por diferentes organizações, tipos de plataformas, etc., é fundamental que esses agentes possam vir a comunicar, a estabelecer redes de relações e de conhecimento de forma dinâmica. Para tal é necessário a definição de standards universalmente reconhecidos e utilizados (tal como hoje o protocolo HTTP ou a especificação HTML para documentos o é). Tais normas impõem-se a diferentes níveis (alguns hoje mais fáceis de concretizar que outros): ao nível dos protocolos de comunicação (e.g., HTTP, IIOP), ao nível das interfaces de programação (e.g., interfaces remotas em Java, IDL, ou MIDL), mas, mais dificilmente, ao nível das ontologias de conhecimentos que os agentes de alguma forma necessitam para poderem entender semânticamente os seus eventuais interlocutores.

## 6.2 Benefícios e Expectativas

Por outro lado, os principais benefícios e expectativas na adopção de agentes são, entre outros, os seguintes:

- ◆ *Delegação*: A delegação corresponde ao modelo de interacção homem-máquina de gestão indirecta: o utilizador em vez de executar directamente um conjunto de acções, apenas “comanda ou programa” um determinado agente especializado que lhe realiza as tarefas pretendidas de forma assíncrona e eventualmente desconectada.
- ◆ *Personalização*: A personalização de determinados serviços permite que estes se adaptem às exigências/preferências de cada utilizador em particular e pode constituir um factor competitivo decisivo em determinadas áreas de negócio. Nomeadamente, na área do comércio electrónico, ou da disseminação electrónica de informação.
- ◆ *Automatização*: A capacidade de automatização providenciada por um agente é particularmente adequada na realização de tarefas rotineiras, sistemáticas e eventualmente complexas. As áreas de aplicação variam significativamente. Por exemplo, agentes de interface que detectam padrões de sequências de acções realizadas repetidamente e automatizam-nas convenientemente.
- ◆ *Notificação*: A notificação de eventos por entidades de software, evita que a mesma actividade tenha de ser realizada directamente por um utilizador. Através deste mecanismo, na ocorrência de determinado evento, o agente pode realizar

automaticamente um conjunto restrito de acções e/ou notificar o sucedido ao seu utilizador.

- ◆ *Resolução de tarefas complexas*: Os sistemas de agentes são adequados à resolução de problemas particularmente complexos, ou cuja solução exija a participação de múltiplos intervenientes, já que a complexidade do sistema pode ser dividida por múltiplas entidades relativamente autónomas de complexidade inferior.
- ◆ *Mobilidade*: A capacidade de mobilidade de agentes de software, não sendo actualmente imprescindível, pode vir a potenciar novas aplicações e melhorar o desempenho e escalabilidade de aplicações distribuídas em contextos abertos como a Internet e em ambientes de computação móvel. Contudo, e por outro lado, os agentes móveis levantam alguns desafios, como por exemplo a segurança e a robustez.
- ◆ *Aprendizagem*: A capacidade de aprendizagem de um agente pode contribuir significativamente para um aumento da qualidade geral de um serviço. Por exemplo: através do reconhecimento de padrões de acções repetitivas de forma a automatizá-las; ou através do refinamento dinâmico do perfil de utilizador, de forma a melhorar a eficácia de um mecanismo de filtragem de informação.

## 7 CONCLUSÕES

A designação de agente é utilizada num largo espectro de ambientes computacionais, de aplicações, e por variadas comunidades científicas. Este facto conduz necessariamente à confusão que a sua designação implica. Na opinião do autor os agentes de software são melhor entendidos como um paradigma de interacção homem-máquina baseado no modelo de delegação de tarefas (ou de interacção indirecta) e/ou como uma tecnologia de espectro largo, potencialmente aplicável em inúmeras áreas de aplicação. Dessa perspectiva, as principais conclusões a reter são que os agentes de software:

- ◆ Devem ser, em termos genéricos, melhor caracterizados pelos seus atributos e benefícios correspondentes.
- ◆ Existem em diferentes áreas de aplicação: telecomunicações, comunicação social, gestão de empresas, comércio, etc. Não existem, regra geral, por si só. Ou seja, encontram-se em sistemas/aplicações que os integram.
- ◆ Devem ser melhor entendidos como uma metáfora de concepção de aplicações que promove, entre outras, a delegação de tarefas, a personalização, a automatização, a monitorização de eventos, e a adaptabilidade a situações novas.

Esta comunicação discutiu o tema dos agentes na Internet, analisando as suas actuais e mais representativas aplicações, e perspectivando o futuro da Internet encarada como um espaço aberto e dinâmico de agentes, cada qual especializado em determinadas funções e executando tarefas em nome do seu respectivo utilizador.

Apresentou-se um caso de estudo, cujo protótipo foi concebido e implementado sobre dois sistemas de suporte a agentes Java (AgentSpace e Aglets), e que permitiu clarificar e detalhar a noção de aplicações baseadas em agentes para contextos abertos e dinâmicos.

Este caso de estudo permitiu ainda concluir que os actuais modelos de desenvolvimento para a Web não são adequados para a classe de aplicações introduzida.

O impacto, aqui visionado e discutido, dos agentes no futuro da Internet será particularmente atraente e relevante caso se consigam ultrapassar alguns dos desafios e limitações identificados.

## REFERÊNCIAS

- [AS99] AgentSpace Web Site. 1997-1999.  
<http://berlin.inesc.pt/agentspace/>
- [Ban94] M. Bangemann. *Recommendations to the European Council – Europe and the Global Information Society* (the Bangemann Report), The High-Level Group on the Information Society, Maio 1994.  
<http://www.earn.net/EC/report.html>
- [Inf96] The Informant. *Your Personal Search Agent on the Internet*, 1996.  
<http://informant.dartmouth.edu/>
- [LO98] D. Lange, M. Oshima. *Programming and Deploying Java Mobile Agents with Aglets*. Addison-Wesley. 1998.
- [Mae94] P. Maes. Agents that Reduce Work and Information Overload. Em D. Riecken (editor). Tema especial: Intelligent Agents. *Communications of the ACM*, 37(7), Julho 1994.
- [Mis97] Missão para a Sociedade de Informação. *Livro Verde para a Sociedade de Informação em Portugal*. Abril 1997.  
<http://www.missao-si.mct.pt/livroverde/>
- [New99] NewsHound. *Welcome to NewsHound – Your Best Friend for Information*, Maio 1999.  
<http://www.hotcoco.com/newshound/>
- [Rat99] Rational Software Corp. *UML – Unified Modeling Language*. 1997-1999.  
<http://www.rational.com/uml>
- [SD98] A. Rodrigues da Silva, J. Delgado. AgentSpace versus Aglets: Infraestruturas de Agentes para as Futuras Aplicações da Internet. (SBC – SEMISH’98, Brasil, Belo Horizonte), *Anais do 18º Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – Rumo à Sociedade do Conhecimento*, 1998.
- [SMD97] A. Rodrigues da Silva, M. Mira da Silva, J. Delgado A Survey of Web Information Systems. In *Proceedings of the WebNet’97 – World Conference of the WWW, Internet & Intranet* (Toronto, Canada), Novembro 1997.
- [SMD98] A. Rodrigues da Silva, M. Mira da Silva, J. Delgado. AgentSpace: An Implementation of a Next-Generation Mobile Agent System. Em K. Rothermel, and F. Hohl (editores). *Lecture Notes in Computer Science 1219. (Mobile Agents’98)* Springer, 1998.
- [Sil99] A. Rodrigues da Silva. *Agentes de Software na Internet*. Editora: Centro Atlântico. 1999.
- [WJ95] M. Wooldridge, N. Jennings. Intelligent Agents: Theory and Practice. *Knowledge Engineering Review*, 10(2), Cambridge University Press, 1995.