



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Engenharia de Software

Agentes da Web Semântica: O seu papel, o estado da arte e suas linguagens de implementação

Autor: João Pedro Sconetto
Orientador: Edgard Costa Oliveira

Brasília, DF
2017



João Pedro Sconetto

Agentes da Web Semântica: O seu papel, o estado da arte e suas linguagens de implementação

Artigo científico submetido ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do aprovação na matéria de Tópicos Especiais em Engenharia de Software.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Edgard Costa Oliveira

Brasília, DF

2017

João Pedro Sconetto

Agentes da Web Semântica: O seu papel, o estado da arte e suas linguagens de implementação/ João Pedro Sconetto. – Brasília, DF, 2017-
29 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Edgard Costa Oliveira

Projeto de Artigo Científico – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA , 2017.

1. Web Semântica. 2. Agentes. I. Edgard Costa Oliveira. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Agentes da Web Semântica: O seu papel, o estado da arte e suas linguagens de implementação

Esse trabalho é dedicado aos meus colegas de classe da turma de Web Semântica e Ontologias assim como ao professor e orientador Edgard Costa Oliveira por nos apresentar outra visão sobre a web no contexto de Engenharia de Software.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que apoiaram a construção deste artigo e fomentaram a busca de outras ideologias acerca da web atual e modos de como podemos transformá-la, além da apresentação de um mundo em Engenharia de Software mais acadêmico e menos voltado a construção de produtos de software.

Resumo

A web semântica muitas vezes se parece com a Internet das Coisas, esse modo a qual todas as coisas se conectam e se relacionam, criando em si essa camada onde a comunicação entre diversos dispositivos e nós, seres humanos, é fluida e trás uma série de comodidades. A web semântica em seus primórdios foi imaginada em uma época em que o termo Internet das Coisas não existia, mas sua concepção se parece muito com o *IoT* (*Internet of Things*), mas totalmente voltada para o mundo web, onde milhares de terabytes de dados habitam, alguns fazem sentido, outros são úteis a nós e grande parte apenas flutua por essa nuvem invisível da internet. Aqui buscamos mostrar, com um ponto da visão de um dos grandes idealizadores da web semântica, Tim Berners-Lee ([BERNERS-LEE](#); [HENDLER](#); [LASSILA](#).), como será e como está sendo implementada essa realidade, os grandes passos que já foram feitos e os agentes presentes nessa web semântica. Estes que são o tópico cerne deste trabalho, assim como o seu propósito de existência, as dificuldades para a sua implementação, seu estado da arte e o seu futuro. Portanto convergimos ao ponto de que os agentes web semânticos, serão muito mais do que simples estruturas e cadeias de instruções de máquina, serão um reflexo de nós na própria web, essa que nos tem cada vez mais inseridos e conectados.

Palavras-chaves: Web Semântica. Agentes. Internet. Internet das Coisas.

Abstract

The semantic web often resembles the Internet of Things, this way to which all things connect and relate, creating in itself that layer where communication between various devices and us, human beings, is fluid and brings a series of amenities. The semantic web in its primordial was imagined at a time when the term Internet of Things did not exist, but its conception closely resembles IoT, but totally oriented towards the world wide web, where thousands of terabytes of data inhabit, some make sense, others are useful to us and much of it just floats through this invisible cloud of the internet. Here we seek to show, with the point of view of one of the great idealizers of the semantic web, Tim Berners-Lee ([BERNERS-LEE](#); [HENDLER](#); [LASSILA](#).), how will be and how it is being implemented, the great steps already took and the agents present in this semantic web, which are the main topic of this work, as well as its purpose of existence, the difficulties for its implementation, its state of the art and its future. So we converge to the point that semantic web agents will be much more than simple structures and chains of machine instructions, will be a reflection of us in the web itself, the one that has us more connected and more inserted into.

Keywords: Semantic Web. Agents. Internet. Internet of Things.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura de camadas (<i>Layer Cake</i>) da Web Semântica	18
Figura 2 – Uma potencial classe de serviço e suas propriedades na Web Semântica.	20
Figura 3 – Plataforma do 2APL executando na IDE Eclipse.	28

Lista de tabelas

Tabela 1 – Propriedades descritas ontologicamente.	21
Tabela 2 – Melhorias obtidas através de sistemas multi-agentes	26

Lista de abreviaturas e siglas

IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IoT	<i>Internet of Things</i>
IdC	Internet das Coisas
WS	Web Semântica
2APL	<i>A Pratical Agent Programming Language</i>
BDI	<i>Belief-desire-intention</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrador)

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	A Web Semântica	17
1.2	Agentes	19
1.3	Ontologias	20
2	DESENVOLVIMENTO	23
2.1	Agentes Web-Semânticos	23
2.2	Sistemas Multi-Agentes	25
2.3	Linguagens de programação <i>Agent-Based</i>	27
2.3.1	2APL	27
2.3.1.1	Plataforma do 2APL	27
	REFERÊNCIAS	29

1 Introdução

1.1 A Web Semântica

Em termos mais concisos e técnicos, a Web Semântica(WS) se trata de uma extensão para a web atual (World Wide Web), ou seja, se trata de uma estrutura que dará base para estender as possibilidades e capacidades da web. Ela permitirá intercomunicação entre máquina e humanos, que passarão a trabalhar em conjunto para alcançar os mais diversos resultados. A WS busca trazer semântica para as palavras e conteúdos presentes na internet, interligando-os entre si, para então, neste âmbito, conseguir atribuir um significado (sentido) aos mesmos, ao passo que seja perceptível tanto pelo humano quanto ao computador esta semântica ([WIKIPEDIA](#)).

Os conteúdos atuais da web são desenvolvidos e planejados para a leitura de humanos, não para programas de computador operarem, tampouco de forma semântica, logo a WS proposta por Tim Berners-Lee em [2001](#) dizia que essa mesma web teria uma estrutura, a qual traria significado para os demais conteúdos. Vale notar que a web atual, e os programas, conseguem, ainda que numa forma bastante rude, extrair algumas informações das páginas, seja para processamento de rotinas ou de *layout* de páginas, partes como *headers* ou talvez links para outras páginas, mas nada além, logo computadores não possuem um modo confiável de processar semântica.

O objetivo é criar um ambiente onde agentes de software naveguem entre páginas possam realizar tarefas para os usuários, assim como exemplificado no próprio texto de Berners-Lee, onde Pete e Lucy (personagens criados para o exemplo) precisam procurar clínicas para o tratamento de sua mãe, os agentes que ficam responsáveis por essa tarefa tem de se preocupar com fatores levantados pelos usuários acerca de restrições para encontrar o especialista, como estar disponível quinzenalmente, que conheça a aplicação do tratamento prescrito, que seja perto da casa da mãe, que tenha qualificações não menores que excelente ou muito bom, ou seja, dentro da explicitação de tal podemos verificar a poderosa ferramenta que a web semântica é quando foi proposta, e quando for plenamente implementada.

O texto ainda diz que a WS "saberá todas essas informações sem precisar da inteligência artificial na escala do Hal de 2001 (Uma odisséia no espaço) ou do C-3PO (Star Wars)"([BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA., 2001](#)), pois toda a semântica ficará codificada dentro da página web quando o produtor de conteúdo for elaborar seu material, pois terá o suporte de software os quais estarão de acordo com seu contexto e diversas estruturas que permitirão a página ser escrita dando suporte para a semântica deste

contexto.

Logo, como dito anteriormente, a WS não é uma web separada da web atual mas sim uma extensão da mesma, na qual informação é dada com um significado bem definido, permitindo que computadores e pessoas trabalhem em cooperação. Então com o desenvolvimento da WS, num futuro próximo, se dará início a várias novas funcionalidades, uma vez que as máquinas se tornarão muito mais capazes de processar e "entender" os dados que em dias atuais elas somente apresentam.

A estrutura básica dessa WS deve trabalhar em redes semânticas, onde as mesmas apontam para objetos, entre objetos e recursivamente para informações interligadas, montando nesta rede formas de associar semânticamente significados para os objetos ali contidos. Foi proposto uma em camadas onde se teria essa rede para os conteúdos e páginas web, com o nome de Bolo de Camadas (*Layer Cake*) como é mostrado na figura a seguir:

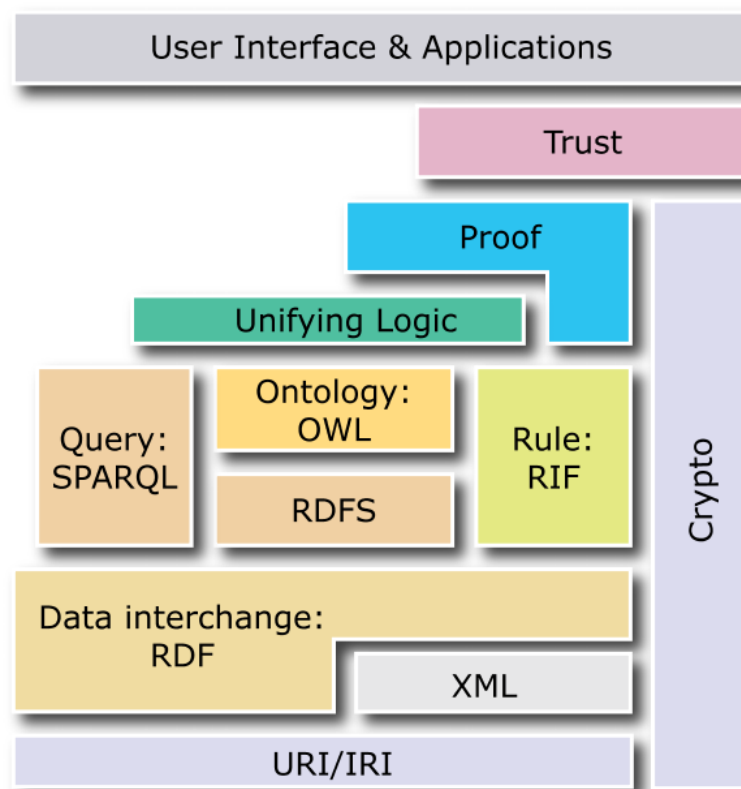


Figura 1 – Estrutura de camadas (*Layer Cake*) da Web Semântica

Posteriormente algumas partes serão melhor explicadas, como foram concebidas e como se dá seu funcionamento dentro da WS.

1.2 Agentes

Novamente, em alguns termos mais técnicos, os *agentes* da WS são um software, o qual analisa os dados dentro da web e a partir destes dados podem realizar uma série de tarefas para os usuários. A ideia principal é ter esses agentes conectados aos usuários e a WS, para então coletar dados de diversas fontes, processar as informações e trocar resultados com outros agentes, estes se darão, ao passo que vários desses agentes forem implementados e estiverem presentes na web, os quais irão conceder o real poder da WS. A WS promoverá essa sinergia, nesta concepção até agentes que não forem expressamente designados para trabalharem em conjunto poderão transferir dados entre si, a partir do momento em que os dados começarem a ser transportados com semântica.

Em um outro texto ([HENDLER, 2001](#)) temos a seguinte expressão, e que ao meu ver é um ponto que vale ser ressaltado, nele o autor diz:

"Ao invés de fazer tudo para os usuário, os agentes deverão achar caminhos possíveis para alcançar as metas do usuário e oferecer ao usuário opções para conquistar seus objetivos."

Hendler, James.

Como seria a ideia, por exemplo, de um agente de viagem, onde ele oferecia ao usuário uma lista de diversos voos, ou talvez a escolha entre ir de avião ou ir de trem, o agente da web poderá oferecer inúmeras possibilidades para que o usuário obtenha o que ele necessita na web.

Com o uso das ferramentas da WS isso se tornaria rotineiro e disponível para qualquer um que precise de usar a web e seus serviços para os mais incontáveis propósitos. Precisamos apenas fazer estes serviços capazes, disponíveis e usáveis pelos agentes. O autor ainda exemplifica com uma imagem que mostra um classe de serviço, a qual trabalharia junto do agente oferecendo, neste exemplo, um serviço meteorológico de imagens de satélite, apresentando três propriedades, uma apontando para o serviço de publicidade, outro para descrição do serviço e o último que é uma lógica declarativa do serviço.

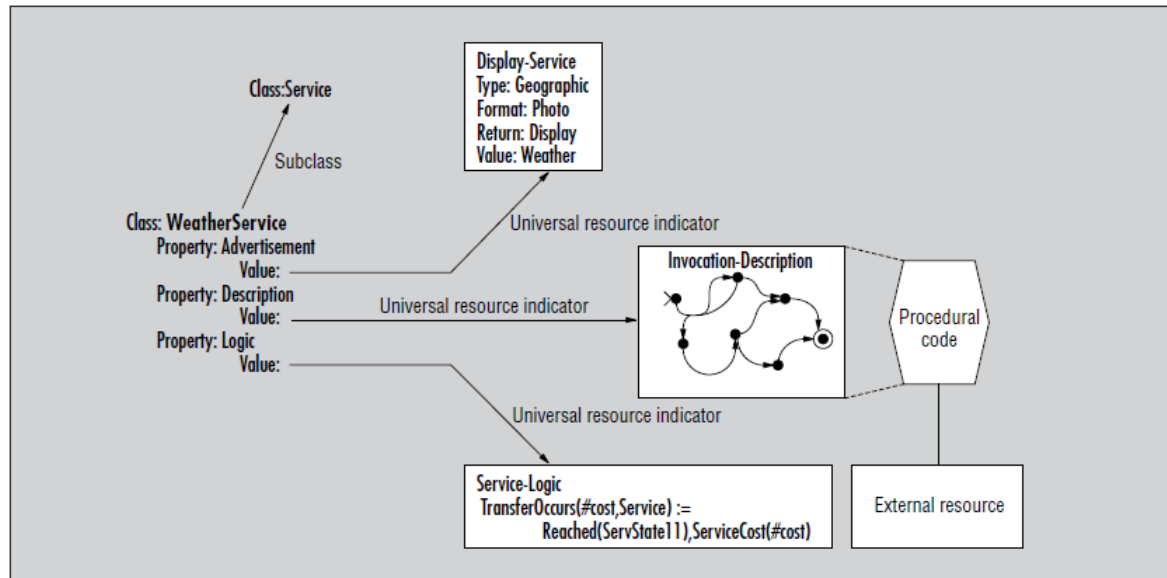


Figura 2 – Uma potencial classe de serviço e suas propriedades na Web Semântica.

Fonte: (HENDLER, 2001)

1.3 Ontologias

Um componente chave em abordagens semânticas é a ontologia, o vocabulário formal, acordado, cujo os termos são usados na construção das descrições dos serviços. Uma ontologia é uma conceitualização do domínio de uma aplicação em formato inteligível por humanos e legível por máquinas, e tipicamente compreende as classes de entidades, relações entre entidades e axiomas que se aplicam às entidades que existem nesse domínio (GIBBINS; HARRIS; SHADBOLT, 2003). As ontologias são atualmente um tópico de muito interesse na área de pesquisas e que vem crescendo rapidamente desde a proposta em 2001 de Tim Berners-Lee e seus associados. Com o interesse de várias comunidades, e não somente nos estudos relacionados à agentes, pois oferecem uma base mais formal para caracterizar os ativos de conhecimento detidos por agentes de software, serviços Web Semânticos e organizações.

As ontologias que são usadas em inteligência artificial, na própria WS, em engenharia de software e arquitetura da informação, como uma forma de representar o conhecimento do mundo, no contexto de seu domínio, ou em alguma parte deste. Geralmente descrevem (WIKIPEDIA):

Tabela 1 – Propriedades descritas ontologicamente.

Indivíduos	Os objetos básicos.
Classes	Conjuntos, coleções ou tipos de objetos.
Atributos	Propriedades, características ou parâmetros que os objetos podem ter e compartilhar.
Relacionamentos	As formas como os objetos podem se relacionar com outros objetos.

Logo essa técnica de organização de informações é uma outra poderosa ferramenta, que está presente em uma das camadas da WS, que busca classificar em glossários, dicionários, classificando ou categorizando através de taxonomias e outras formas, os dados que temos na nossa web atual.

2 Desenvolvimento

2.1 Agentes Web-Semânticos

Em uma definição comumente utilizada temos que agente é um sistema computacional que está situado em algum ambiente e é capaz de algumas ações autônomas no seu ambiente, em ordem a alcançar seu objetivo designado. Um agente tem, basicamente, duas importantes capacidades. Primeiro, agentes são capazes de ações autônomas em alguma extensão e conseqüentemente são capazes de decidir por si mesmos o que os mesmos necessitam em ordem a satisfazer seus objetivos. Segundo, agentes são capazes de interagir com outros agentes por troca de dados e são capazes de empenhar com outros agentes em algumas atividades sociais como as de coordenação, cooperação, negociação e etc. (KUMAR, 2012)

De acordo com (ANTONIOU; HARMELEN 2008), agente é uma parte de software que trabalha proativamente e autonomamente. Agentes denotam um sistema de computador baseados em software que possuem as seguintes propriedades:

- Autonomia: Opera sem intervenção direta humana e possui autocontrole sobre suas ações e estados internos.
- Habilidade Social: Tem a habilidade de interagir com outros agentes e humanos usando alguma linguagem de comunicação.
- Reatividade: Tem capacidade de perceber seu ambiente e responder de maneira oportuna às mudanças ocorridas.
- Proatividade: exibição de comportamento dirigido a metas, tomando iniciativas sem intervenção direta.
- Continuidade Temporal: Execução continua de processo caso esteja ativo ou em estado de hibernação (*sleep*) em *background*.
- Objetividade: Capaz de lidar com tarefas complexas e de alto nível, tomando decisões sobre quando é melhor dividir um tarefa em sub-tarefas menores, analisando ainda em que ordem e de que forma essas sub-tarefas precisam ser realizadas.

Entre algumas outras tarefas performadas por agentes web semânticos temos:

- Receber algumas tarefas e preferências dos solicitadores do serviço.

- Buscar informação de recursos da web.
- Comunicar com outros agentes.
- Comparar informações sobre requisitos e preferências do usuário.
- Selecionar certas escolhas
- Prover uma resposta para os solicitadores do serviço ou do usuário.

Algumas das tecnologias usadas pelos agentes web semânticos são ([ANTONIOU; HARMELEN, 2008](#)):

- *Ontologias*: são usadas para auxiliar buscas na web. Estas também são usadas para interpretar informações recuperadas e para se comunicar com outros agentes. Usam metadados para identificar e extrair informações de fontes da web.
- *Lógica*: é usada para processar as informações recuperadas e *desenhar* uma conclusão.
- *Linguagens de Comunicação entre Agentes (Agent Communication Languages)*: são usadas para comunicação com outros agentes.
- *Representação Formal*: é necessária para representar os parâmetros cognitivos, tais como crença, desejo, intenção, etc. dos agentes.
- *Negociação*: é o processo pelo qual um grupo de agentes alcança um acordo mutuamente aceitável sobre alguma matéria, como preço, qualidade, etc. É o processo de tomar uma decisão conjunto por duas ou mais partes. Em geral, antes de selecionar um determinado agente para utilizar seu serviço, o agente solicitante negocia com ele sobre vários parâmetros do serviço para chegar, ao já citado, acordo.

2.2 Sistemas Multi-Agentes

Em uma outra vertente dos agentes temos, devido a demanda de aplicações mais complexas, sistemas onde há a existência de multi-agentes, os quais se comunicam de modo ponta-a-ponta (*peer-to-peer*). Esses sistemas contam com a presença de múltiplos elementos computacionais que interagem entre si, consistindo em numerosos agentes que são capazes de interagir entre si por meio de troca de mensagens via rede computacional infraestrutural. Nestes sistemas a maioria dos agentes estão agindo em favor de usuários e têm diferentes metas e motivações. Eles são capazes de cooperar, coordenar e negociar uns com os outros (como previamente citado) (KUMAR, 2012). E destes sistemas temos as seguintes características:

- Cada agente tem informações ou capacidades incompletas para resolver o problema. Assim, tem um ponto de vista limitado.
- Não há um sistema de controle global.
- Os dados (informações) são descentralizados.
- A computação é assíncrona.

Sistemas de tecnologia de multi-agentes são capazes de melhorar o desempenho dos sistemas nas seguintes dimensões:

Tabela 2 – Melhorias obtidas através de sistemas multi-agentes

Dimensão	Melhoria
Eficiência Computacional	Estes sistemas exploram a simultaneidade de computação (computação concorrente) e a comunicação é mantida ao mínimo.
Confiabilidade	Estes sistemas oferecem recuperação a falhas de componentes. Como agentes com capacidades redundantes ou uma apropriada coordenação <i>inter-agente</i> são encontradas dinamicamente.
Extensibilidade	Devido ao número e as capacidades dos agentes que trabalham em um problema podem ser alterados.
Robustez	Estes sistemas são capazes de tolerar incertezas.
Manutenibilidade	Sistemas multi-agentes são mais fáceis de manter devido à sua modularidade.
Capacidade de Resposta	Devido à sua natureza modular, estes sistemas podem lidar com anomalias localmente.
Flexibilidade	Agentes com diferentes habilidades podem adaptativamente se organizar para resolver o problema.
Reuso	Agentes de funcionalidades específicas podem ser reutilizados em diferentes equipes de agentes.

2.3 Linguagens de programação Agent-Based

Nesta seção será apresentada, de acordo com resultados obtidos em pesquisa, linguagens e paradigmas os quais suportam a modelagem de agentes, para estruturas e implementações de soluções baseadas em agentes (*agent-based*). Dados desta pesquisa foram retiradas de fontes na própria web ([WIKIPEDIA](#)) e devido a fonte citada podem estar (em momentos futuros à escrita do documento) desatualizados, ou apresentarem dados divergentes, assim como é possível o surgimento de outras linguagens e *frameworks*, entre outras mudanças que possam ocorrer.

2.3.1 2APL

A 2APL (*A Practical Agent Programming Language*), que em tradução livre seria Linguagem Prática de Programação de Agentes, é uma linguagem de programação modular, [BDI-based](#) (*Belief-desire-intention*), que suporta o desenvolvimento de sistemas multi-agentes. 2APL prové um rico conjunto de construções de programação permitindo a implementação de conceitos como crenças, metas declarativas, ações, planos, eventos e regra de raciocínio. As regras de raciocínio permitem a seleção em tempo de execução e a geração de planos baseados em metas declarativas, eventos recebidos, mensagens e planos que tenham falhado. 2APL pode ser usada para implementar sistemas multi-agentes consistindo em agentes de software com comportamentos reativos e pró-ativos. Sistemas multi-agentes são especificados em termos de agentes individuais e os ambientes os quais eles irão interagir. Agentes individuais são especificados nos termos dos seguintes ingredientes:

- Crenças (*Beliefs*)
- Metas (*Goals*)
- Ações Básicas (*Basic Actions*)
- Planos (*Plans*)
- Regras de Raciocínio (*Reasoning Rules*)
- Módulos (*Modules*)
- Ambientes (*Environments*)

2.3.1.1 Plataforma do 2APL

A plataforma do 2APL e seu plug-in editor correspondente para Eclipse (IDE para codificação) são desenvolvidos para facilitar o desenvolvimento e execução de programas multi-agentes. A execução de um agente 2APL individual é realizado pelo processo cíclico

sense-reason-act, chamado de *deliberation process* (processo de deliberação). A execução de um programa multi-agente 2APL é a execução paralela dos agentes individuais envolvidos no programa.

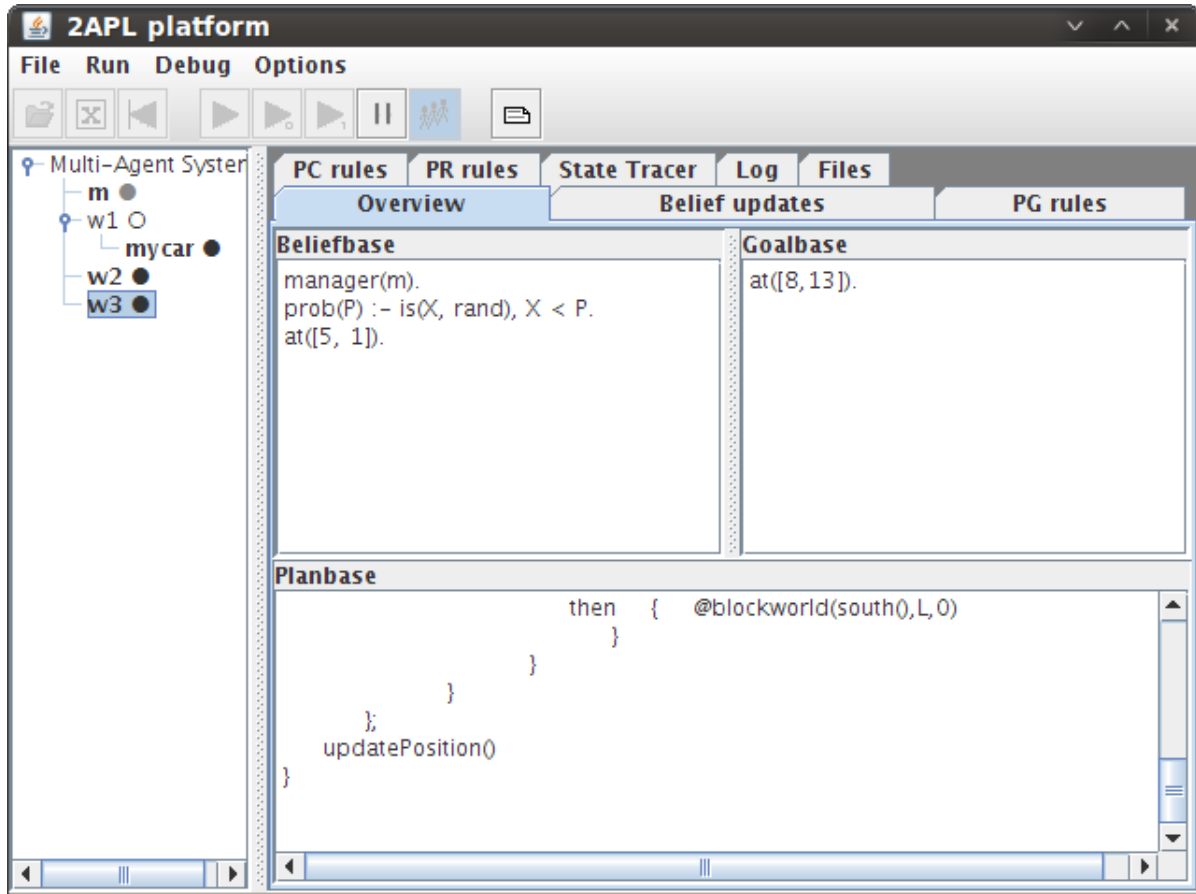


Figura 3 – Plataforma do 2APL executando na IDE Eclipse.

Fonte: Retirado a página do 2APL na [WIKIPEDIA](#).

Referências

ANTONIOU, G.; HARMELEN, F. van. *A Semantic Web Primer*. 2ª. ed. Londres, Inglaterra: The MIT Press, 2008. 287 p. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. *Scientific American*, p. 4, 2001. Citado 3 vezes nas páginas 7, 8 e 17.

CHEN, H. et al. Intelligent agents meet semantic web in a smart meeting room. p. 9, 2004. Nenhuma citação no texto.

GIBBINS, N.; HARRIS, S.; SHADBOLT, N. Agent-based semantic web services. p. 8, 2003. Citado na página 20.

HENDLER, J. Agents and the semantic web. p. 8, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

KAGAL, L. et al. Authorization and privacy for semantic web services. IEEE, p. 8, 2004. Nenhuma citação no texto.

KUMAR, S. *Agent-Based Semantic Web Service Composition*. 2012. 5 p. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 25.

WIKIPEDIA. *Agent-based Programming Languages*. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Agent-based_programming_languages>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

WIKIPEDIA. *Ontologia*. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ontologia_\(ci%C3%A2ncia_da_computa%C3%A7%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ontologia_(ci%C3%A2ncia_da_computa%C3%A7%C3%A3o))>. Citado na página 20.

WIKIPEDIA. *Web Semântica*. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Web_sem%C3%A2ntica>. Citado na página 17.