

Um Sistema de Pergunta-Resposta para Ontologias OWL

Dora Melo¹, Irene Pimenta Rodrigues², and Vitor Beires Nogueira²

¹ Iscac, Instituto Politécnico de Coimbra e CENTRIA, Portugal
dmelo@iscac.pt,

² Departamento de Informática,
Universidade de Évora e CENTRIA, Portugal
{ipr,vbn}@di.uevora.pt

Resumo Os sistemas de pergunta-resposta em língua natural sobre a web semântica exigem mecanismos capazes de interpretar para além da correspondência de palavras em documentos, atualmente feito pelos motores de pesquisa na internet, bem como de encontrar uma resposta precisa, sem exigir a ajuda do utilizador para interpretar os documentos retornados. Neste artigo apresentamos um Controlador do Discurso que, através da análise da questão e do tipo de resposta esperada, permite fornecer respostas precisas às questões colocadas pelo utilizador em língua natural. O Controlador do Discurso não só representa a semântica das questões, como também representa a estrutura do discurso que contempla as intenções do utilizador e o contexto das questões, o que permite acrescentar a capacidade de lidar com múltiplas respostas e de fornecer respostas justificadas.

Palavras-Chave: Web Semântica, Ontologias, Sistemas de Pergunta-Resposta, Processamento de Língua Natural

1 Introdução

O desenvolvimento de uma camada semântica que trabalha sobre os conteúdos e serviços web, a web semântica, foi apresentado por Tim Berners-Lee [17] e tem vindo a ser reconhecido como o próximo passo na evolução da World Wide Web. A inclusão de conteúdos semânticos nas páginas web origina um conjunto de dados, que pode ser processado direta e indiretamente pelas máquinas, permitindo aos utilizadores encontrar, partilhar e combinar essa informação mais facilmente.

Os sistemas de pergunta-resposta em língua natural, sobre a web semântica, exigem mecanismos capazes de interpretar para além da correspondência de palavras em documentos, atualmente feito pelos motores de pesquisa na internet, bem como de encontrar uma resposta precisa, sem exigir a ajuda do utilizador para interpretar os documentos retornados. Consistente com o papel desempenhado pelas ontologias na estruturação e organização de informação semântica na web, os sistemas de pergunta-resposta baseados em ontologias permitem explorar o

poder expressivo das ontologias e ir além das habituais consultas através da correspondência de palavras-chave. As ontologias e a web semântica [14] tornaram-se numa metodologia fundamental para representar os domínios conceptuais do conhecimento e promover as capacidades dos sistemas de pergunta-resposta baseados na semântica [11].

Os sistemas de pergunta-resposta fornecem uma resposta concisa a questões colocadas pelo utilizador em língua natural, na sua própria terminologia [12]. De forma a melhorar a comunicação entre o sistema e o utilizador, as respostas também devem ser expressas em língua natural e, quando o justifique, também devem ser informativas, completas e justificadas.

Neste artigo apresentamos um Controlador do Discurso que, através da análise da questão e do tipo de resposta esperada, permite fornecer respostas precisas às questões colocadas pelo utilizador, em língua natural (atualmente, usamos apenas a língua Inglesa). O Controlador do Discurso não só representa a semântica das questões, como também representa a estrutura do discurso que contempla as intenções do utilizador e o contexto das questões, o que permite acrescentar a capacidade de lidar com múltiplas respostas e de fornecer respostas justificadas.

O Controlador do Discurso proposto faz parte integrante de um sistema cooperativo de pergunta-resposta para ontologias OWL2, que recebe questões expressas em língua natural e é capaz de devolver uma resposta cooperativa, também expressa em língua natural, obtida da base de conhecimento. O sistema inicia um diálogo com o utilizador sempre que não consegue decidir sobre o caminho correto para a obtenção da resposta. O nosso objetivo é disponibilizar um sistema que seja independente do conhecimento prévio dos recursos semânticos por parte do utilizador e seja capaz de responder de forma direta e precisa a questões colocadas em língua natural. O Controlador do Discursos, componente principal do sistema, mantém a estrutura do diálogo, que fornece o contexto adequado para a interpretação das questões, incluindo contextos implícitos (tais como conhecimento temporal e espacial), entidades e informação útil para a interpretação semântica (tais como entidades do discurso usados na resolução de anáforas ou como interpretar o significado de uma determinada instância de uma expressão, etc.). O sistema proposto faz uso de ontologias, descrições OWL2 e outros recursos web, tais como WordNet [9] e a DBpedia [1].

Os sistemas cooperativos de pergunta-resposta são sistemas automáticos de pergunta-resposta, no qual o sistema, tomando como ponto de partida a questão colocada, tenta estabelecer um diálogo controlado com os seus utilizadores. Ou seja, o sistema colabora automaticamente com os utilizadores, de forma a obter a informação e clarificação necessária para fornecer a resposta correta. Estes sistemas fornecem ao utilizador informação adicional, respostas intermédias, respostas qualificadas e/ou questões alternativas. Uma abordagem sobre processamento de respostas cooperativas sobre bases de dados é apresentada em [19]. O autor de [18] apresenta um conjunto de técnicas que promovem o melhoramento, o seu potencial e impacto nos sistemas de pergunta-resposta. Farah Benamara apresenta vários trabalhos nesta área: em [5], apresenta um modelo

baseado em lógica para uma geração precisa de respostas intensionais utilizando um sistema cooperativo de pergunta-resposta; em [4], apresenta uma proposta para construção de um sistema de pergunta-resposta baseado em lógica, WEB-COOP, que integra representação do conhecimento e estratégias avançadas de raciocínio para gerar respostas cooperativas a questões colocadas em língua natural; um formalismo de representação semântica aplicado aos sistemas cooperativos de pergunta-resposta é apresentado em [3,6], que é baseado em estruturas conceptuais léxicas e representa de uma forma homogênea textos web, questões expressas em língua natural, respostas relacionadas e respostas cooperativas.

Relativamente ao processamento de respostas, também podemos encontrar alguns trabalhos que tentam construir respostas, em vez de meramente extrair e devolver. Nomeadamente: em [21], os autores apresentam um modelo de pergunta-resposta, onde o sistema tenta, a partir da questão introduzida, estabelecer um diálogo controlado com o utilizador, baseado na estrutura dos conceitos armazenados na base de conhecimento, nas restrições do domínio e nas regras de restrições específicas; em [10], os autores apresentam um protótipo de um sistema que fornece respostas cooperativas, corrige equívocos, e tenta ir ao encontro das necessidades dos utilizador, utilizando informações semânticas sobre a base de dados para formular respostas coerentes e informativas.

A parte restante deste artigo está organizada da seguinte forma: na Secção 2, apresentamos o Controlador do Discurso proposto, descrevendo as componentes principais da arquitetura do sistema de pergunta-resposta no qual está integrado. Em paralelo, descrevemos um exemplo que ilustra o funcionamento do sistema. Posteriormente, na Secção 3, apresentamos uma avaliação preliminar que se resume a um primeiro conjunto de testes feito ao sistema. Finalmente, na Secção 4 apresentamos as conclusões e o trabalho futuro.

2 O Controlador do Discurso

O Controlador do Discurso lida com o conjunto das entidades do discurso e é capaz de processar a resposta à questão colocada pelo utilizador: tem de verificar os pressupostos da questão, para decidir quais os recursos do conhecimento (ontologias, WordNet, etc) que deve usar; decidir quando uma resposta foi alcançada; ou quando deve continuar à procura de novos recursos na expectativa de obter uma resposta. A decisão de quando aprofundar a resposta de forma a ser possível a sua justificação, quando se deve clarificar uma questão ou como se deve clarificar uma questão, também são da responsabilidade deste módulo. O Controlador do Discurso representa, assim, as intenções e convicções do sistema e do utilizador, a estrutura do discurso e o contexto da questão.

Na Figura 1 é apresentada a arquitetura do sistema de pergunta-resposta que integra o Controlador do Discurso proposto. Resumidamente, o sistema recebe a questão expressa em língua natural, que depois de feita a sua análise sintática será transformada na respetiva representação semântica, usando as estruturas de

representação do discurso (DRS³ - *Discourse Representation Structures*), que são suportadas pela teoria da representação do discurso (*Discourse Representation Theory* [15]). Posteriormente, e depois de consultar os recursos semânticos da informação, fornece ao utilizador uma resposta expressa em língua natural.

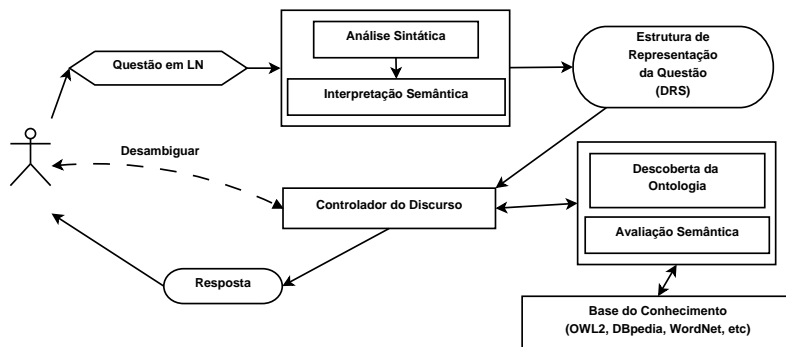


Figura 1. Arquitetura do Sistema de Pergunta-Resposta.

O Controlador do Discurso é a principal componente do sistema de pergunta-resposta e é invocado imediatamente depois da questão, colocada pelo utilizador e expressa em língua natural, ser transformada na sua representação semântica. O Controlador do Discurso tem como função controlar todas as fases de execução, desde que se obtém a DRS da questão, até ser possível enviar uma resposta ao utilizador. Ou seja, o Controlador do Discurso tenta fazer sentido da questão introduzida, através: da análise da estrutura da ontologia e da informação estruturada disponível na web (tal como a DBpedia); e da utilização da correspondência da similaridade entre strings e de recursos léxicais genéricos (tais como a WordNet), com o objetivo de fornecer uma resposta clara e informativa.

Em linhas gerais, o sistema recebe a questão em língua natural, colocada pelo utilizador, e depois de a transformar na sua representação semântica, o Controlador do Discurso é invocado e irá controlar todas as etapas até ao final. Mais especificamente, o Controlador do Discurso recebe a DRS da questão e invoca o módulo da Descoberta da Ontologia, de forma a obter uma extensão da representação da questão. Quando a extensão da representação da questão está completa, o Controlador do Discurso adiciona ao seu conhecimento um conjunto de recursos semânticos e invoca o módulo da Avaliação Semântica. Nesta etapa, a representação semântica da questão é transformada num problema

³ Existem duas componentes fundamentais inerentes a uma DRS: um conjunto de referentes do discurso que representam as entidades que estão em discussão, variáveis universalmente quantificadas, e um conjunto de condições (predicados de primeira ordem) que representam informações que foram dadas sobre as referências do discurso. As condições são tanto atómicas (do tipo $P(u_1, \dots, u_n)$ ou $u_1 = u_2$) como complexas (negação, implicação, disjunção, conjunção ou quantificadores generalizados).

de satisfação de restrições, acrescentando condições que restringem as entidades do discurso. Esta informação extra pode ajudar o Controlador do Discurso a formular uma resposta mais objetiva. Se na interpretação de toda a informação leva o Controlador Discurso a uma resposta vazia ou a respostas múltiplas, o utilizador é chamado a esclarecer e pode ser necessário voltar a invocar os módulos Descoberta da Ontologia e Avaliação Semântica. O processo é finalizado quando o Controlador do Discurso é capaz de devolver uma resposta à pergunta feita pelo utilizador.

A implementação do sistema proposto é baseado em Programação Lógica, mais especificamente Prolog. De entre todas as razões para esta escolha, a principal é o facto de existir uma vasta quantidade de bibliotecas e extensões que permitem processar e questionar as ontologias OWL2, assim como incorporar a noção de contexto no processo de raciocínio. Para além disso, a WordNet disponibiliza uma exportação para Prolog, facilitando a sua utilização.

2.1 Interpretação Semântica

A Interpretação (Análise) Semântica é feita com base na Lógica de Primeira Ordem [13] estendida com quantificadores generalizados [2]. Existe um cuidado especial no tratamento e identificação das entidades do discurso, a fim de se ter o quantificador apropriado introduzido pela interpretação determinante. Nesta fase, a estrutura sintática da questão é reescrita na correspondente DRS, [15,7]. A implementação desta componente segue uma abordagem semelhante à proposta utilizada para a construção de um sistema de pergunta-resposta sobre bases de dados de documentos, apresentada em [20].

De forma a ilustrar a execução do sistema de pergunta-resposta, considere a questão "Where is the Taj Mahal?", retirada de [8]. O sistema recebe a questão expressa em língua natural e, através da Análise Sintática, é gerada a correspondente árvore de derivação, obtida da interpretação gramatical. A Análise Sintática não impõe fortes restrições sobre a estrutura da questão e deixa todas as possíveis análises de interpretação e filtragem para o analisador semântico. A Análise Sintática transforma então a questão no correspondente conjunto de estruturas sintáticas, que por sua vez são reescritas, pela Interpretação Semântica, de acordo com um conjunto de regras e integrada numa DRS, expressa em Prolog. No nosso estudo, a DRS da questão apresentada é estabelecida pela seguinte estrutura de representação:

```
drs([wh-X, exist-Y, exist-Z],  
    [name(Y, 'Taj%20Mahal'), location(Y,Z), place(X)],  
    [is(X,Z)]).
```

onde os referentes do discurso são `wh-X`, `exist-Y` e `exist-Z`, com `X` uma entidade do discurso quantificada universalmente e `Y` e `Z` entidades do discurso quantificadas existencialmente, o predicado principal da questão é `is(X, Y)` e os predicados pressupostos são `name(Y, 'Taj%20Mahal')`, `location(Y, Z)` e `place(X)`.

2.2 Descoberta da Ontologia

A Descoberta da Ontologia é orientada pelo Controlador do Discurso, de forma a obter extensões da representação da questão, ao longo do processo de raciocínio. O contexto de raciocínio e o significado da questão poderão ser atualizados sempre que o Controlador do Discurso chegue a um impasse.

Nesta fase, o sistema procura recursos na ontologia que sejam semelhantes (ou estejam relacionados) com os termos associados aos predicados da DRS. Para tal, faz a verificação de semelhanças entre os rótulos, de acordo com as strings dos termos e recursos envolvidos, considerando abreviaturas, acrónimos, o domínio do conhecimento. Para maximizar a pesquisa, o sistema procura pelas classes, propriedades ou instâncias da ontologia, cujos rótulos correspondam exata ou parcialmente a um termo da DRS. Para cada termo cuja procura não for bem sucedida, é feita uma extensão aos seus sinónimos, hiperónimos e/ou hipónimos obtidos através do WordNet, com o objectivo de se encontrar informação na ontologia que possa representar os termos da questão. No final, é obtido um conjunto de todos os recursos semânticos encontrados e que poderão conter a informação necessária para responder à questão. Se a representação na ontologia de um termo não for encontrado, o Controlador de Discurso é alertado e é iniciado um diálogo controlado com o utilizador, que poderá reescrever a questão inicial, ou identificar um significado para o termo ambíguo, de forma a permitir a continuidade da procura.

Voltando ao exemplo iniciado na secção anterior, de forma a obter a extensão da representação da questão ao longo do processo de raciocínio, o módulo Descoberta da Ontologia tem de encontrar as classes, as propriedades e/ou os recursos na base de conhecimento que tenham rótulos coincidentes ou contenham os termos da pesquisa “name”, “location” e “place”. A Descoberta da Ontologia interpreta o primeiro termo `name` como sendo o nome de um recurso da base de conhecimento. Para os restantes termos `location` e `place`, o sistema encontra respetivamente a propriedade `http://dbpedia.org/property/location` e a classe `http://dbpedia.org/ontology/Place`.

O predicado principal `is` é interpretado, pela Descoberta da Ontologia, como uma relação de igualdade entre duas entidades, no contexto da base de conhecimento. Ou seja, a relação não se limita a verificar/estabelecer a igualdade entre duas entidades, também contempla a relação de inclusão e a relação de similaridade. As entidades devolvidas pela pesquisa na ontologia poderão ser recursos da DBpedia, valores numéricos ou strings. Pelo que, o predicado `is(X,Z)` representa: $X == Z$; $X \subseteq Z$; $Z \subseteq X$; ou qualquer outra relação que é possível estabelecer entre as entidades `X` e `Z`, no contexto da questão e do domínio do conhecimento.

Concluída a procura na ontologia, o próximo passo consiste em interpretar e avaliar a informação recolhida, de acordo com a semântica da questão, e se não estiverem relacionadas com a questão a procura por recursos na ontologia continuará. Caso a informação recolhida esteja relacionada com a questão será guardada e posteriormente utilizada no processamento da resposta.

2.3 Avaliação Semântica

A Avaliação Semântica é o mecanismo que permite restringir a representação semântica inicial da questão, através da adição de novas condições que limitam as entidades do discurso associadas à questão. Esta fase caracteriza-se como sendo a avaliação pragmática⁴ do sistema, onde a representação semântica da questão é transformada num problema de satisfação de restrições. Esta transformação é conseguida através da adição de condições que limitam as entidades do discurso. O problema de satisfação de restrições é constituído por um conjunto de regras de inferência, traduzidas em Prolog, que permite verificar a consistência dos termos da ontologia obtidos e encontrar a solução para a questão colocada pelo utilizador. Ou seja, os predicados da DRS são interpretados como simples factos Prolog, onde as restrições do problema são os predicados da representação semântica e as variáveis do problema são as entidades associadas aos referentes da DRS. As soluções do problema de satisfação de restrições representam o conjunto de factos que suportam a resposta à questão colocada pelo utilizador.

A Avaliação Semântica deve reinterpretar a representação semântica da questão, baseada na ontologia considerada, com o objetivo de obter o conjunto de factos que representam a informação fornecida pela questão. Ou seja, o módulo da Avaliação Semântica recebe a DRS da questão e interpreta-a na base de conhecimento com regras derivadas da ontologia e de informação obtida através da DBpedia e WordNet.

Se na base de conhecimento não existirem entidades que verifiquem o problema de satisfação de restrições, o Controlador do Discurso terá de continuar a sua pesquisa na obtenção de termos semelhantes, invocando novamente a Descoberta da Ontologia. O processo de procura e avaliação continuará até se conseguir fornecer uma resposta ao utilizador. Sempre que o sistema detetar casos ambíguos (tais como: não conseguir decidir na escolha entre dois ou mais conceitos; não encontrar informação na base de conhecimento que representa os termos; ou obter respostas múltiplas), inicia um diálogo controlado com o utilizador de forma a obter informações que permitam esclarecer e continuar o processo na busca da resposta.

Voltando ao exemplo apresentado, a Interpretação Semântica tem de executar e verificar a consistência dos predicados pressupostos da questão `name(Y, 'Taj% 20Mahal')`, `location(Y,Z)`, `place(X)`. Ou seja, tem de encontrar todas as entidades X, Y, Z da base do conhecimento que verificam os predicados pressupostos. Posteriormente, deste conjunto tem de seleccionar as entidades X, Y, Z que verificam o predicado principal `is(X,Z)`. Desta forma, o sistema encontra as seguintes duas soluções:

Solution 1

```
X = http://dbpedia.org/resource/Agra
Y = http://dbpedia.org/resource/Taj\_Mahal
Z = 'Agra, India'
```

⁴ A avaliação pragmática é a capacidade de julgar ou calcular a qualidade, a importância, o valor das soluções do problema obtidas pela resolução real do problema adaptado às condições atuais em vez de obedecer a teorias, ideias fixas ou regras.

Solution 2

```
X = http://dbpedia.org/resource/Mumbai
Y = http://dbpedia.org/resource/Taj_Mahal_Palace_&_Tower
Z = http://dbpedia.org/resource/Mumbai
```

Após a obtenção de todas as entidades que verificam a questão, o Controlador do Discurso pode processar a resposta e fornecê-la ao utilizador.

2.4 Processamento da Resposta

O Processamento da Resposta consiste na determinação da representação final da pergunta, que é interpretada na base de conhecimentos com os factos extraídos. Nesta fase, o Controlador do Discurso analisa os factos obtidos, que são solução da questão, e fornece ao utilizador uma resposta adequada, tendo em conta o tipo da questão e a resposta esperada.

De acordo com Manfred Kriska [16] é possível distinguir três tipos de questões, por análise do tipo de informação em falta: questões constituintes, questões de polaridade e questões alternativas. As questões constituintes criam uma proposição aberta, deixando as partes da descrição da proposição não especificadas. Alguns idiomas aplicam formas interrogativas para este propósito. Na língua inglesa, estas interrogativas são inicializadas pelo termo wh-(pronome ou questão), mais concretamente são as questões “what”, “who”, “when”, “where”, “why”, “which” e “whom”. As questões de polaridade são as conhecidas questões “yes/no”. Finalmente, as questões alternativas estão semanticamente relacionadas com as questões constituintes, diferindo destas no facto de mencionarem explicitamente as conclusões possíveis. Uma década antes, Hirschman e Gaizauskas [12] apresentaram uma forma possível de distinguir as questões através do tipo de respostas: respostas factuais, respostas de opinião e respostas de descrição (sumário). Apresentando ainda uma classificação das questões através do seu tipo: questões “yes/no”, questões “wh”, pedidos indiretos (p.ex. *I would like you to list ...*) e de comando (p.ex. *Name all the presidents ...*).

Por análise das diferentes abordagens feitas, é possível identificar um conjunto de questões que indicam claramente o tipo de resposta esperada e sobre o qual incide a nossa experimentação e verificação da consistência do sistema proposto: “who/whom” - sugere que a resposta corresponda a uma pessoa, a um nome de companhia ou um título profissional; “when” - sugere que a resposta seja uma data; “where” - sugere que a resposta seja uma localização, um lugar; “which” - refere-se a coisas inanimadas e a animais; “what” - refere-se a factos.

Voltando ao exemplo apresentado anteriormente, a questão colocada pelo utilizador refere-se à localização de “Taj Mahal”. O Controlador do Discurso ao analisar o conjunto de soluções detecta que está na presença de resposta múltipla, porque as duas localizações encontradas não se referem à mesma instância que representa o termo “Taj Mahal”.

O Controlador do Discurso não tendo informação suficiente para decidir qual das duas soluções é a correta, inicia um diálogo controlado com o utilizador. Assim, apresenta um conjunto de alternativas, cuja resposta por parte do utilizador

permita esclarecer sobre que assunto está a referir-se. O conjunto de alternativas é constituído por atributos que distingam as soluções. Para cada solução é escolhida, por comparação e de forma exaustiva, uma característica própria que a distinga das outras soluções. Assim, através da análise dos atributos de cada entidade associada ao termo “Taj Mahal”, o Controlador do Discurso inicia o seguinte diálogo com o utilizador:

```
USER: "Where is Taj Mahal?"
SYSTEM: "Taj Mahal" refers to a:
1) Mausoleums in India
2) Hotel
USER: 1
```

Depois de esclarecida a ambiguidade, o Controlador do Discurso está em condições de processar a resposta e devolvê-la ao utilizador. A resposta a apresentar ao utilizador, para além de objetiva e direta, deve informar sobre as entidades que serviram de suporte, permitindo melhorar a comunicação entre o utilizador e o sistema. Assim, são apresentadas as entidades da solução e respectivos resumos descritivos, disponibilizados pela DBpedia.

LOCATION: <http://dbpedia.org/resource/Agra>

Agra is a city on the banks of the river Yamuna in the northern state of Uttar Pradesh, India. It is located at the banks of river Yamuna, 363 kilometres (226 mi) west of state capital, Lucknow and 200 kilometres (124 mi) south from national capital New Delhi. With a population of 1,686,976 (2010 est.), it is one of the most populous cities in Uttar Pradesh and the 19th most populous in India.

RESOURCE: http://dbpedia.org/resource/Taj_Mahal

The Taj Mahal is a mausoleum located in Agra, India. It was built by Mughal emperor Shah Jahan in memory of his third wife, Mumtaz Mahal. The Taj Mahal is widely recognized as "the jewel of Muslim art in India and one of the universally admired masterpieces of the world's heritage. Taj Mahal is the finest example of Mughal architecture, a style that combines elements from Persian, Turkish and Indian architectural styles. In 1983, the Taj Mahal became a UNESCO World Heritage Site.

O nosso sistema de pergunta-resposta tem como objetivo principal o uso de interação com o utilizador para obter respostas mais objetivas e concretas. A interação, na forma de diálogo controlado, é usada não só para esclarecer os problemas de ambiguidade, mas também para ajudar a encontrar o caminho correto para a resposta pretendida. Tornar o sistema de pergunta-resposta mais cooperativo torna-o capaz de chegar mais perto da resposta desejada pelo utilizador. Em muitos casos, o utilizador é o único que pode ajudar o sistema na dedução e interpretação da informação.

3 Avaliação

A avaliação do Controlador do Diálogo apresentado, bem como do sistema de pergunta-resposta na sua completude, envolve o uso de uma base de conheci-

mento constituída apenas pela ontologia OWL2 da DBpedia, que cobre cerca de 320 classes, formando uma hierarquia de subsunção, e descritas por 1.650 propriedades diferentes. Para tornar a base de conhecimento mais completa, é usado também SPARQL⁵ *endpoints* para questionar a DBpedia RDF⁶ e o serviço de pesquisa online da DBpedia, que permite encontrar URIs⁷ relacionadas com uma determinada palavra-chave.

O teste de avaliação foi feito utilizando um conjunto de 40 questões apresentado no TREC 9 (*The Ninth Text REtrieval Conference* [22]). O conjunto em análise é constituído apenas por questões do tipo “wh” diretas, fazendo parte as seguinte questões:

- 222. Who is Anubis?
- 232. Who invented television?
- 347. Who was Monet?
- 390. Where was John Adams born?
- 422. When did Princess Diana and Prince Charles get married?
- 773. What city is Logan Airport in?
- 759. What is the collective noun for geese?

Numa primeira análise dos resultados, começámos por observar que o sistema não obteve resposta a 9 questões. Ou seja, o sistema não encontrou, na base de conhecimento, os recursos que identificam os termos da questão ou as entidades que são solução para a questão. Por exemplo, na questão 759, o sistema não encontrou recursos que relacionassem os termos “collective noun” e “geese”. A abertura de um diálogo com o utilizador permite que este possa reescrever a questão colocada, esclarecer os termos ou mesmo colocar uma nova questão. Desta forma, caso a base de conhecimento contenha a resposta, poderemos aumentar claramente o sucesso do sistema. Analisando o restante corpus, reduzido a 31 questões, obtivemos 16 respostas corretas (tendo sido verificadas manualmente). Dentro destas, 10 questões eram de resposta múltipla que, com o esclarecimento do utilizador, o sistema devolveu a resposta esperada. Constatámos que, para cada questão de resposta múltipla, o sistema obteve em média 3 a 4 soluções. Manifestamente um conjunto reduzido de alternativas, evidenciando o potencial do sistema na procura da resposta. Às restantes 15 questões, o sistema não obteve a resposta correta. Estas falhas identificam-se com alguns fatores que originam interpretações incorretas, nomeadamente: representação semântica da questão; questões incompletas ou mal formuladas; dimensão da base do conhecimento; ou informação incompleta e não uniforme dos recursos da ontologia.

Por exemplo, na questão 222. *Who is Anubis?*, a entidade que representa “Anubis” está semanticamente relacionada com o facto de ser uma pessoa, o que condiciona a resposta a obter. Ou seja, o sistema terá de encontrar as entidades na base de conhecimento que sejam pessoas e cujo nome seja “Anubis”. No entanto, o recurso da base de conhecimento, que origina a resposta correta <http://dbpedia.org/resource/Anubis>, não tem qualquer relação com a

⁵ <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

⁶ <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>

⁷ <http://tools.ietf.org/html/rfc3986>

condição de ser pessoa. Pelo que o sistema é influenciado no percurso que levará à obtenção de uma resposta incorreta, motivado tanto pela representação semântica da questão, como pela informação incompleta dos recursos da base de conhecimento.

Esta é ainda uma avaliação muito preliminar resumindo-se apenas a um primeiro conjunto de testes, cujos resultados surtiram satisfatoriamente, permitindo verificar a eficácia do sistema de pergunta-resposta proposto e identificar as deficiências que permitirão melhorar a seu desempenho. Futuramente pretendemos apresentar uma avaliação mais completa, fornecendo valores comparativos, utilizando para tal os resultados extraídos de outros sistemas de pergunta-resposta. No entanto, os resultados obtidos encorajam-nos a prosseguir.

4 Conclusões e Trabalho Futuro

Apresentámos um Controlador do Discurso que, através da análise da questão e do tipo de resposta esperada, permite fornecer respostas precisas às questões colocadas pelo utilizador em língua natural. O Controlador do Discurso não só representa a semântica das questões, como também representa a estrutura do discurso que contempla as intenções do utilizador e o contexto das questões, o que permite acrescentar a capacidade de lidar com múltiplas respostas e de fornecer respostas justificadas. Ou seja, o Controlador do Discurso tenta fazer sentido da questão introduzida, através: da análise da estrutura da ontologia e da informação estruturada disponível na web (tal como a DBpedia); e da utilização da correspondência da similaridade entre strings e de recursos léxicais genéricos (tais como a WordNet), com o objetivo de fornecer uma resposta clara e informativa. Para além disso, o Controlador do Discurso proposto faz uso da interação com o utilizador, na forma de diálogo controlado, para esclarecer os problemas de ambiguidade e para ajudar a encontrar o caminho correto para a resposta pretendida.

Como trabalho futuro, pretendemos aumentar o conjunto de testes, que abrangem os restantes tipos de questões e respostas esperadas e definir uma avaliação quantitativa, qualitativa e comparativa mais completa do desempenho tanto do sistema como do Controlador do Diálogo, utilizando resultados extraídos de outros sistemas de pergunta-resposta. Para além disto, pretendemos estender o sistema à língua Portuguesa. Para este efeito, será necessário enriquecer o domínio do conhecimento com conceitos que possam ser deduzidos a partir do domínio inicial. Desejamos, ainda, ampliar o domínio do conhecimento com outras ontologias que permitam suportar o conceito de domínio aberto e aproveitar a grande quantidade de informação semântica heterogénea fornecida pela web semântica.

Referências

1. Auer, S., Bizer, C., Kobilarov, G., Lehmann, J.: Dbpedia: A nucleus for a web of open data. *The Semantic Web* 4825(Springer), 722–735 (2007)

2. Barwise, J., Cooper, R.: Generalized quantifiers and natural language. *Linguistics and philosophy* 4(2), 159–219 (1981)
3. Benamara, F.: A semantic representation formalism for cooperative question answering systems. *Proceeding of Knowledge Base Computer Systems* (2002)
4. Benamara, F.: Cooperative question answering in restricted domains: the WEB-COOP experiment. In: *Proceedings of the Workshop Question Answering in Restricted Domains*, within ACL (2004)
5. Benamara, F.: Generating intensional answers in intelligent question answering systems. *Natural Language Generation* (2), 11–20 (2004)
6. Benamara, F.: A semantic representation formalism for cooperative question answering systems. In: *Proceeding of Knowledge Base Computer Systems (KBCS)* (2008)
7. Blackburn, P., Bos, J.: *Representation and inference for natural language: A first course in computational semantics*. Center for the Study of Language and Information (2005)
8. Burger, J., Cardie, C., Chaudhri, V., Gaizauskas, R., Harabagiu, S., Israel, D., Jacquemin, C., Lin, C.Y., Maiorano, S., Miller, G., Others: Issues, tasks and program structures to roadmap research in question & answering (Q&A). *Document Understanding Conferences Roadmapping Documents* pp. 1–35 (2001)
9. Fellbaum, C.: *WordNet: An electronic lexical database*. The MIT press (1998)
10. Gaasterland, T., Godfrey, P., Minker, J., Novik, L.: A cooperative answering system. In: *Logic Programming and Automated Reasoning*. pp. 478–480. No. X, Springer (1992)
11. Guo, Q., Zhang, M.: Question answering based on pervasive agent ontology and Semantic Web. *Knowledge-Based Systems* 22(6), 443–448 (Aug 2009)
12. Hirschman, L., Gaizauskas, R.: Natural language question answering: The view from here. *Natural Language Engineering* 7(4), 275–300 (2001)
13. Hodges, W.: *Classical logic I: first-order logic*. The Blackwell guide to philosophical logic pp. 9–32 (2001)
14. Horrocks, I.: Ontologies and the semantic web. *Communications of the ACM* 51(12), 58 (Dec 2008)
15. Kamp, H., Reyle, U.: *From Discourse to Logic, Studies in Linguistics and Philosophy*, vol. 42. Kluwer (1993)
16. Krifka, M.: Questions. In: Heusinger, Klaus von, Claudia Maienborn, P.P. (ed.) *Semantics: An international handbook of Natural Language Meaning*, vol. 2, chap. 66, pp. 1742–1785. Berlin (2011)
17. Lee, T.B., Hendler, J., Lassila, O., Others: The semantic web. *Scientific American* 284(5), 34–43 (May 2001)
18. Mcguinness, D.L.: Question Answering on the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems* pp. 6–9 (2004)
19. Minker, J.: An overview of cooperative answering in databases. *Flexible Query Answering Systems* pp. 282–285 (1998)
20. Quaresma, P., Rodrigues, I., Prolo, C., Vieira, R.: Um sistema de Pergunta-Resposta para uma base de Documentos. *Letras de Hoje* 41(2), 43–63 (2006)
21. de Sena, G.J., Furtado, A.L.: Towards a cooperative question-answering model. *Flexible Query Answering Systems* 1495, 354–365 (1998)
22. Voorhees, E.M.: Overview of the trec-9 question answering track. In: *Proceedings of the Ninth Text REtrieval Conference (TREC-9)*. pp. 71–80 (2001)