

Web Semântica - Introdução

Prof. Dr. José de Jesús Pérez Alcázar EACH - USP

Agenda

- ▶ Motivação
- ▶ Tecnologias da Web Semântica
- ▶ Uma abordagem em camadas.



O que fazemos com a Web?

- No começo (inícios dos 90s):
leitura/compartilhamento (principalmente textual)
de documentos → Web 1.0
 - Meados a fins dos 90s: leitura/compartilhamento de
conteúdo multimídia
 - Fins dos 90s a inícios dos 2000s: eCommerce
 - Inícios dos 2000s:
gravação/compartilhamento/interação social → Web
2.0
 - Hoje: fazer coisas, trabalho, tomar decisões, criar
-



Nosso uso da Web evoluiu...

- Uma Web de documentos (para algumas pessoas)
- Uma Web de documentos multimídia (para a maioria das pessoas)
- Uma Web Social (para todas as pessoas)
- Uma Web de aplicações (para pessoas e algumas máquinas)
- Uma Web de dados (para algumas pessoas e várias máquinas)
- Uma Web de coisas (para máquinas)
- Uma Web Semântica (para pessoas e máquinas) → fazer a web mais acessível para os computadores.

Limitações da Web atual

- “A Web atual tem suas limitações quando se trata de:
 1. encontrar informações relevantes
 2. extraindo informação relevante
 3. combinando e reutilizando informações”

Fonte: Semantic Web Course. STI Innsbruck.

- Web sites convencionais dependem de linguagens de marcação para a estrutura do documento, folhas de estilo para a aparência e scripts para o comportamento, mas o conteúdo é somente legível para humanos.






Jaguar - Google Search - Mozilla Firefox


File Edit View History Bookmarks Tools Help

8 Jaguar - Google Search

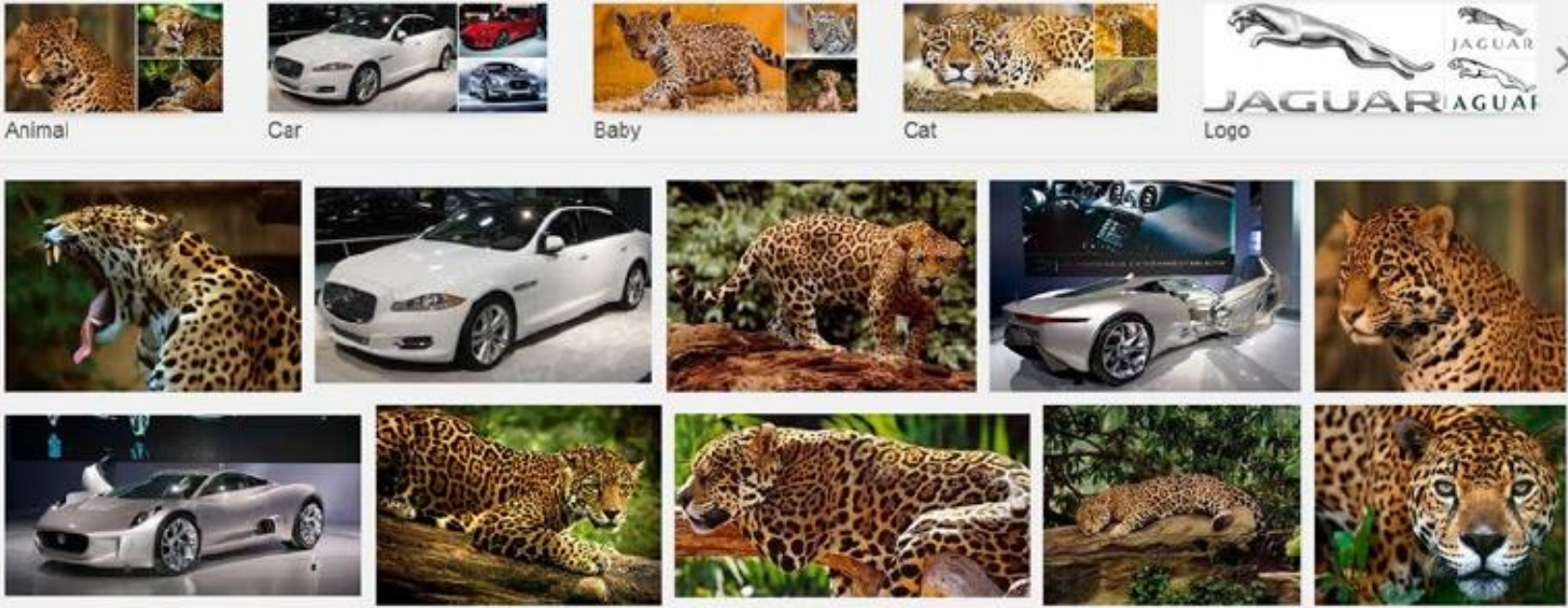
https://www.google.com.au/search?q=jaguar&client=firefox-a&hs=sta&rlz=1c1og-rczillam-15official&channel=ffb&source=new&from=isch&sa=1&oeq=...

Google Jaguar   

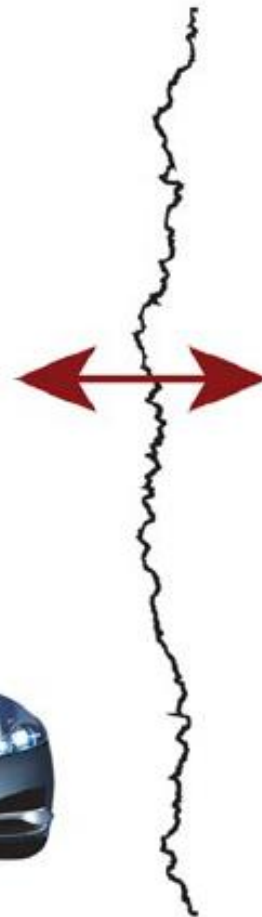
Web **Images** News Videos Maps More Search tools

Safe Search 

Animal Car Baby Cat Logo



The image shows a Google search results page for the keyword "Jaguar". The browser window is Mozilla Firefox. The search bar contains "Jaguar" and the search button is visible. Below the search bar, there are tabs for "Web", "Images", "News", "Videos", "Maps", and "More". The "Images" tab is selected. Below the tabs, there are five categories: "Animal", "Car", "Baby", "Cat", and "Logo". Each category has a small grid of image thumbnails. Below these categories, there is a larger grid of image search results. The results include various images of leopards and jaguars in different poses and settings, as well as images of Jaguar cars, including a white sedan and a silver sports car. The Jaguar logo is also visible in the results.



Jaguar Cars

Only the human mind understands that this article is about Jaguar Cars. On the right you can see a Jaguar C-XF.



Heading Level 1

text text text text text text
text text text text
text text text text 
text text link text

Figure 1-3. Traditional web site contents are meaningless to computers

Como melhorar a Web atual?

- Fazer a web legível às máquinas (autonomia):
 - Buscas mais semânticas procurando por sinônimos, sendo consciente dos homônimos, e tendo em conta o contexto e o propósito das consultas. Aumento do recall e precision.
 - Os sítios web poderiam ser mais personalizados, se agentes pessoais fossem capazes de entender o conteúdo e ajusta ela aos interesses pessoais.
 - O encadeamento poderia ser mais semântico decidindo que páginas seriam destinos úteis, baseados nas atuais atividades do usuário.
 - Seria possível integrar informação através dos sítios webs de forma automática.



Como melhorar a

$$\text{Recall} = (\{ \text{docs relevantes} \} \cap \{ \text{docs. Recuperados} \}) / \{ \text{docs relevantes} \}$$

$$\text{Precision} = (\{ \text{docs relevantes} \} \cap \{ \text{docs. Recuperados} \}) / \{ \text{docs recuperados} \}$$

- Fazer a web legível às máquinas
 - Buscas mais semânticas procurando por sinónimos e sendo consciente dos homônimos, e tendo em conta o contexto e o propósito das consultas. Aumento do recall e precision.
 - Os sítios web poderiam ser mais personalizados, se agentes pessoais fossem capazes de entender o conteúdo e ajusta ela aos interesses pessoais.
 - O encadeamento poderia ser mais semântico decidindo que páginas seriam destinos úteis, baseados nas atuais atividades do usuário.
 - Seria possível integrar informação através dos sítios webs de forma automática.



Decisões de projeto para a Web Semântica

- A web semântica (ou a web de dados) segue diferentes princípios de projeto que podem ser sumarizados:
 1. Disponibilizar dados estruturados e semi-estruturados em formatos padronizados na web;
 2. Fazer não apenas os conjuntos de dados, mas também os elementos individuais e suas relações acessíveis na web;
 3. Descrever a semântica pretendida de tais dados em um formalismo, para que essa semântica possa ser processada por máquinas.



A tecnologia básica para a Web Semântica

- Os três princípios de projeto mencionados acima tem sido traduzidos em tecnologias a serem descritas:
 1. usar grafos rotulados como o modelo de dados para objetos e suas relações, com objetos como nós no grafo, e as arestas no grafo representando as relações entre esses objetos. RDF (“Resource Description Framework”) é o formalismo usado para representar os grafos.
 2. usar identificadores da Web (Uniform Resource Identifiers - URI) para identificar os itens de dados individuais e suas relações que aparecem nos conjuntos de dados. Mais uma vez, isso é refletido na concepção de RDF.
 3. usar ontologias (resumidamente: vocabulários hierárquicos de tipos e relações) como modelo de dados para representar formalmente a semântica pretendida dos dados. Formalismos como RDF Schema (RDFS) e The Web Ontology Language (OWL) são usados para este propósito
-



Dos dados ao Conhecimento

- **Data was traditionally considered a material object, tied to bits, with no semantics per se. Knowledge was traditionally conceived as the immaterial object, living only in people's minds and language. The destinies of data and knowledge became bound together, becoming almost inseparable, by the emergence of digital computing in the mid-20th century.**

Claudio Gutierrez e Juan Sequeda (2021)



Dos dados ao Conhecimento

- É importante perceber que para capturar realmente a semântica pretendida dos dados, um formalismo tal como RDFS e OWL não são justo linguagens de descrição de dados, senão linguagens de representação de conhecimento leves.
- Elas são “lógicas” que permitem a inferência de informação adicional da informação explicitamente definida.
- RDFS é uma lógica de expressividade muito baixa que permite inferências muito simples, como herança de propriedades sobre uma hierarquia de tipos e inferência de tipo a partir de restrições de domínio e alcance. OWL permite inferências adicionais tais como de igualdade e diferença, restrições numéricas, existência de objetos, etc.



A arquitetura da Web Semântica

- Um contribuidor crucial para o crescimento da web é o fato de que qualquer um pode se referir a qualquer página da web sem ter que negociar permissões ou perguntar sobre o endereço correto ou identificador a usar.
 - Um mecanismo semelhante está em ação na Web Semântica (veja Figura): uma primeira parte pode publicar um conjunto de dados na Web (lado esquerdo do diagrama), uma segunda parte pode publicar independentemente um vocabulário de termos (lado direito do diagrama), e um terceiro pode decidir anotar o objeto da primeira parte com um termo publicado pela segunda parte, sem pedir permissão de qualquer um deles, e na verdade sem que nenhum deles tenha sequer que saber disso.
-



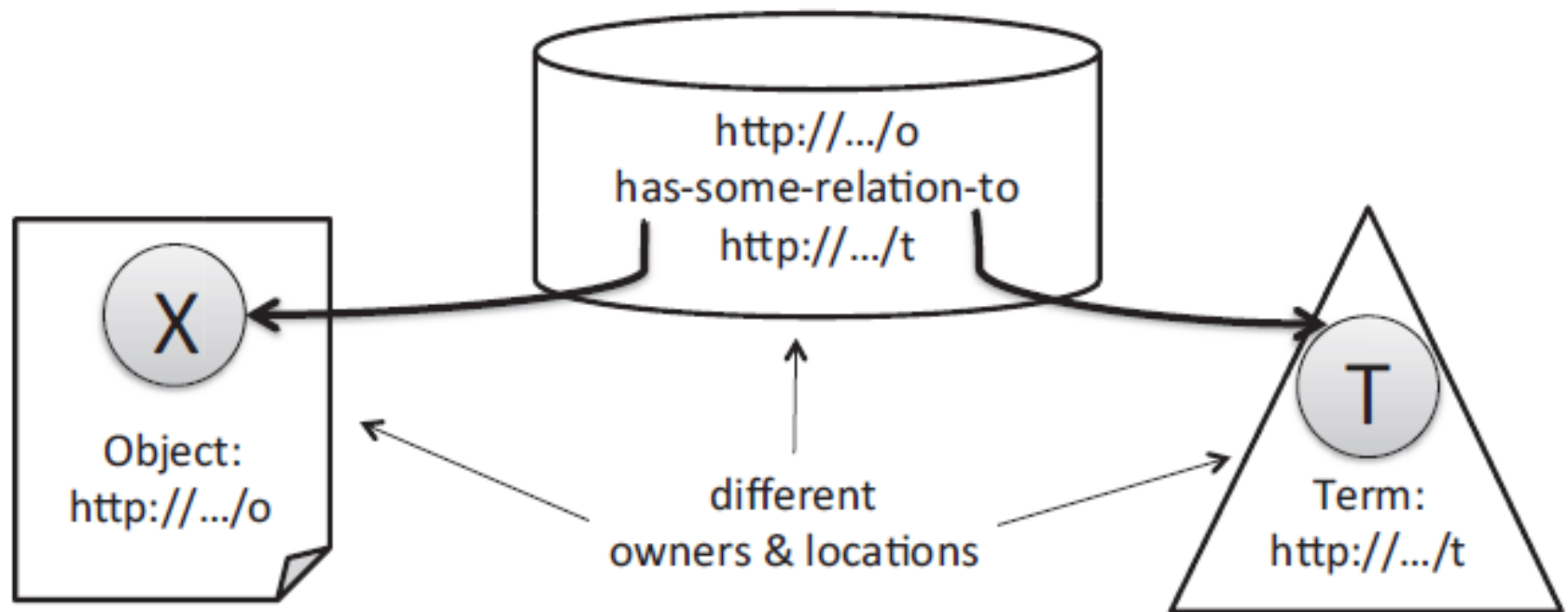


Figure 1.2: Web architecture for linked data



Como chegar lá

- Alguns passos significativos são necessários para fazer a visão acima uma realidade:
 1. Devemos concordar com a sintaxe padrão para representar dados e metadados.
 2. Devemos ter um acordo suficiente sobre os vocabulários de metadados para compartilhar a semântica pretendida dos dados.
 3. Devemos publicar grandes volumes de dados nos formatos do passo 1, usando os vocabulários do passo 2.
- Progressos: RDF, RDFS e OWL (variações como RDFa, OWL2, etc.) viraram padrões; vários milhares de vocabulários tem sido publicados nesses formatos.
- Desafios: como lidar com a escala cada vez maior, diminuir a barreira da adoção e, claro, lutar contra essa maldição onipresente dos sistemas de informação: a heterogeneidade semântica.

Tecnologias da Web Semântica

- Metadados explícitos.

<h1>Agilitas Physiotherapy Centre</h1>

Welcome to the Agilitas Physiotherapy Centre home page.

Do you feel pain? Have you had an injury? Let our staff

Lisa Davenport, Kelly Townsend (our lovely secretary)

and Steve Matthews take care of your body and soul.

<h2>Consultation hours</h2>

Mon 11am - 7pm

Tue 11am - 7pm

Wed 3pm - 7pm

Thu 11am - 7pm

Fri 11am - 3pm<p>

But note that we do not offer consultation

during the weeks of the


State of Origin games.

Para as pessoas, satisfatória. Mas para as máquinas seria problemático. Buscas por palavras chaves achariam as palavras physiotherapy e consultation hours. E um agente de busca poderia achar as pessoas do centro. Mas teriam problemas em distinguir os terapeutas da secretaria e as horas de consulta

Falta informação sobre o conteúdo

-
- XML (eXtensible Markup Language) permite definir a estrutura da informação das páginas web. Ex:

```
<company>
  <treatmentOffered>Physiotherapy</treatmentOffered>
  <companyName>Agilitas Physiotherapy Centre</companyName>
  <staff>
    <therapist>Lisa Davenport</therapist>
    <therapist>Steve Matthews</therapist>
    <secretary>Kelly Townsend</secretary>
  </staff>
</company>
```

- Representação mais processável por máquinas. Útil para trocas de informação. Entretanto, permanece a nível sintático, descreve a estrutura da informação, não o significado.
-
- 

-
- A linguagem básica da Web Semântica é RDF, que é uma linguagem para fazer sentencias sobre peças de informação:

Company A offer physiotherapy.

The name of A is "Agilitas Physiotherapy".

Lisa Davenport is a therapist.

Lisa Davenport works for A.

...

- O termo metadados faz referência a essas informação. Metadados capturam parte do significado dos dados, por isso o termo semântica da “Web semântica”.
-



O que é a Web Semântica?

- *“A Web Semântica é uma extensão da web atual na qual a informação recebe **um significado bem definido, permitindo que computadores e pessoas trabalhem em cooperação.**”*

T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila, “The Semantic Web”,
Scientific American, May 2001

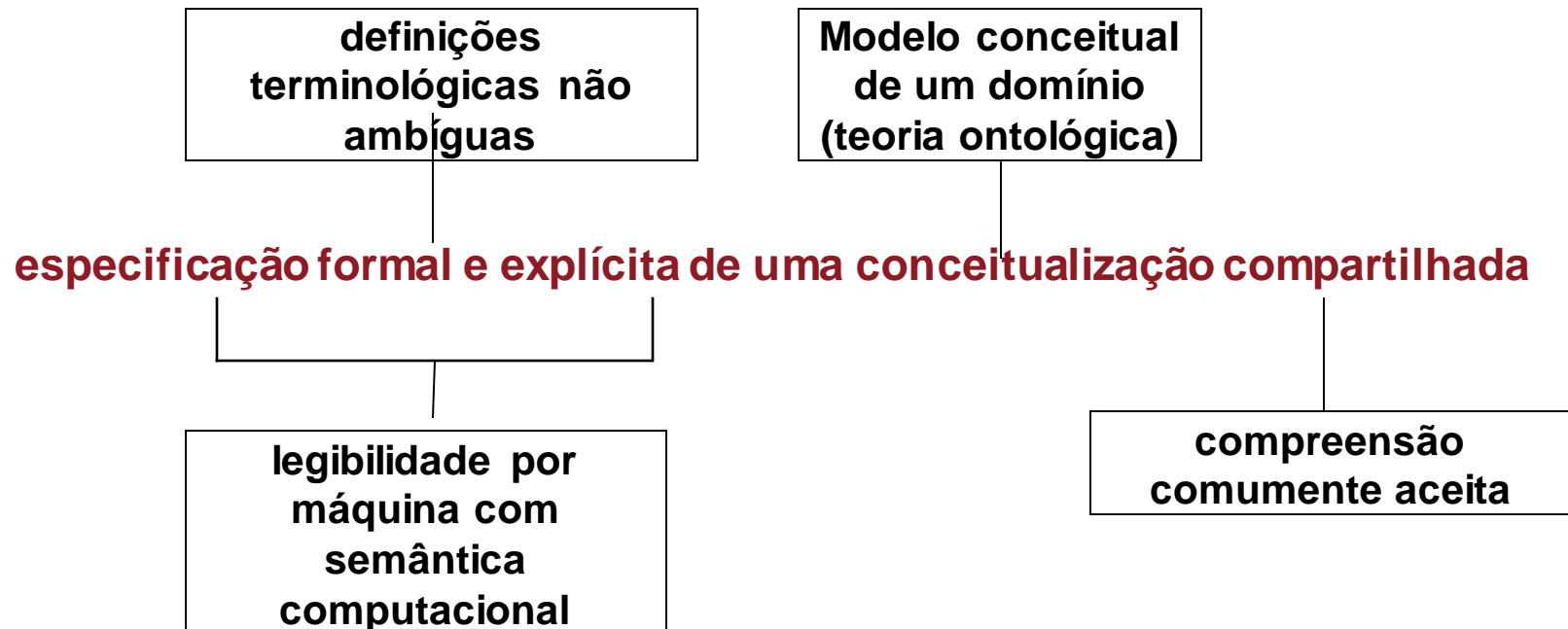


A Abordagem da Web Semântica

- Representa o conteúdo da Web de tal forma que facilita o processamento das máquinas.
- Uso de técnicas inteligentes para tirar vantagem dessas representações.
- A Web Semântica evoluirá gradualmente da web existente, não é uma competição com a web atual.
- A espinha dorsal da Web Semântica são as ***ontologias*** (Guarino, N., et al. 2009)



Definição de Ontologia



Gruber, T. "Toward principles for the design of ontologies used or knowledge sharing?", Int. J. Hum.-Comput. Stud., vol. 43, no. 5-6, 1995

... explícita, ... especificação, ... conceitualização, ...

Uma ontologia é:

- Uma conceitualização
 - Uma ontologia é um modelo dos conceitos mais relevantes de um fenômeno do mundo real
- Explícita
 - O modelo explicitamente define os tipos de conceitos, os relacionamentos entre eles e as restrições sobre o seu uso
- Formal
 - A ontologia tem que ser legível para a máquina (o uso de linguagem natural é excluído)
- Compartilhada
 - O conhecimento contido na ontologia é consensual, ex: ele tem sido aceito por um grupo de pessoas.

Studer, R.; Benjamins, R.; Fensel, D. "Knowledge engineering: Principles and methods", Data Knowledge Engineering, vol. 25, no. 1-2, 1998.



Exemplo de Ontologia

Conceito

Entidade conceitual do domínio

Propriedade

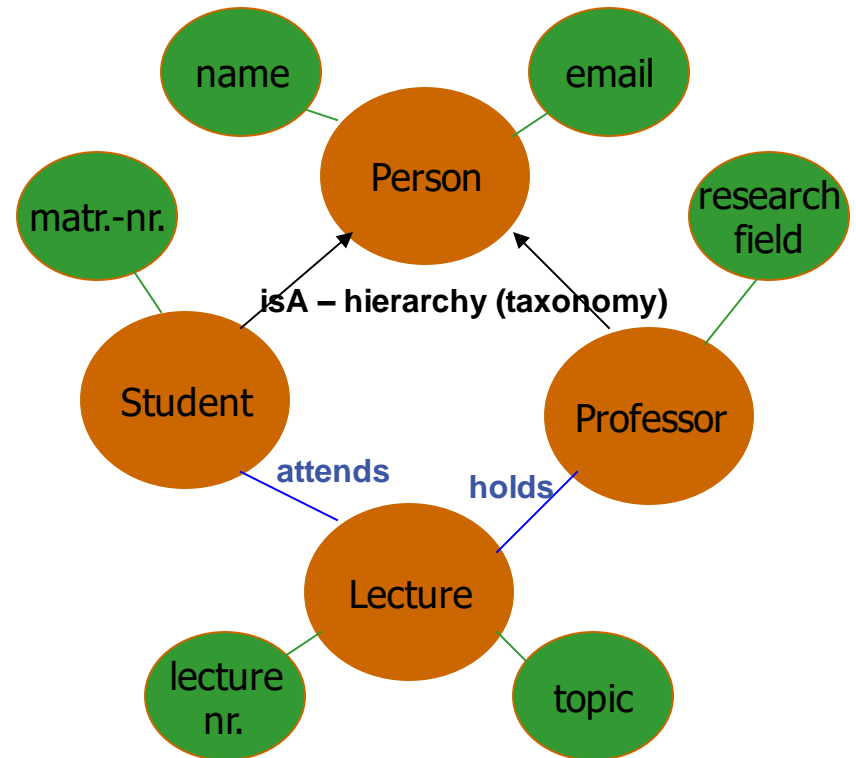
atributo descrevendo um conceito

Relação

relacionamento entre conceitos ou propriedades

Axioma

Descrição coerente entre Conceitos /
Propriedades / Relações via expressões lógicas



$\text{holds}(\text{Professor}, \text{Lecture}) \Rightarrow$
 $\text{Lecture.topic} = \text{Professor.researchField}$

A Web Semântica é sobre...

- Anotação de dados na Web
 - conectando (sintático) objetos Web, como pedaços de texto, imagens, ... a sua noção semântica (ex: esta imagem é sobre São Paulo, José Pérez é um professor)
- Ligação de Dados na Web (Web de Dados)
 - Rede global de conhecimento através de URI, RDF, e SPARQL (ex: ligando mi calendário com minhas imagens, ...)
- Integração de dados na Web
 - integração perfeita de dados com base em diferentes modelos conceituais (ex: integrando dados provenientes dos meus dois vendedores de livros favoritos)

Semantic Web - Ontologias

Para fazer a Web Semântica funcionar, nós precisamos:

- **Linguagens Ontológicas:**
 - expressividade
 - suporte ao raciocínio
 - Conformidade web
- **Raciocínio Ontológico:**
 - manipulação de conhecimento em grande escala
 - Tolerância a falhas
 - máquinas de inferência estáveis e escaláveis
- **Técnicas de Gestão de Ontologias:**
 - edição e navegação
 - Armazenamento e recuperação
 - Versionamento e suporte de evolução
- **Técnicas de Integração de Ontologias:**
 - Mapeamento , alinhamento, mistura de ontologias
 - Determinação da interoperabilidade semântica
- e ... **Aplicações**



RDF Schema (RDFS)

- RDF Schema (RDFS) é uma linguagem para capturar a semântica de um domínio, por exemplo:
 - Em RDF:
 - `<#john, rdf:type, #Student>`
 - O que é um “`#Student`”?
- RDFS é uma linguagem para definir tipos RDF:
 - Definir classes:
 - “*`#Student` é uma classe*”
 - Relacionamentos entre classes:
 - “*`#Student` é uma subclasse de `#Person`*”
 - Propriedades de classes:
 - “*`#Person` tem uma propriedade `hasName`*”

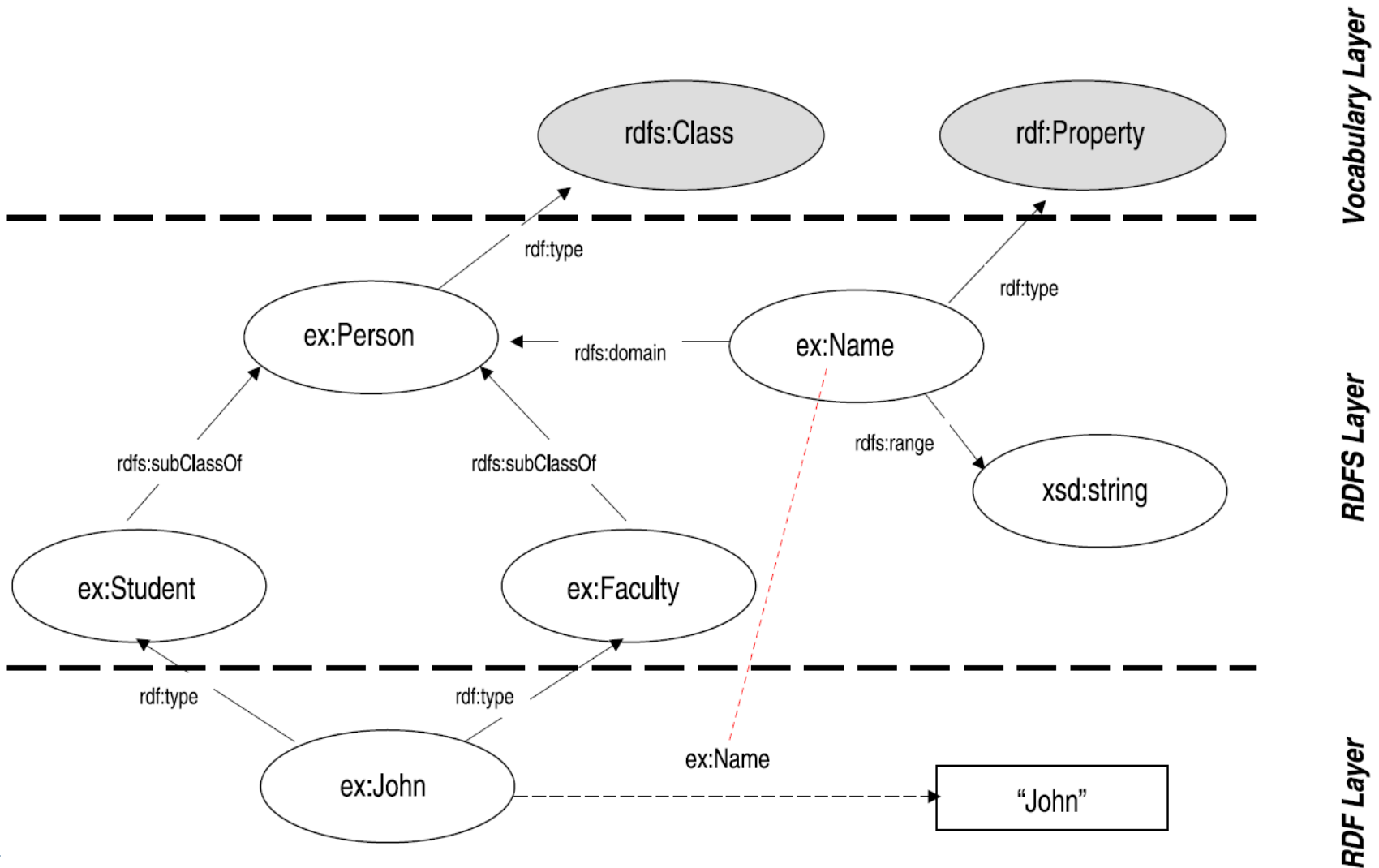


RDF Schema (RDFS)

- Classes:
`<#Student, rdf:type, #rdfs:Class>`
- Hierarquia de Classes:
`<#Student, rdfs:subClassOf, #Person>`
- Propriedades:
`<#hasName, rdf:type, rdf:Property>`
- Hierarquia de Propriedades:
`<#hasMother, rdfs:subPropertyOf, #hasParent>`
- Associando propriedades com classes (a):
 - “A propriedade `#hasName` unicamente se aplica a `#Person`”
`<#hasName, rdfs:domain, #Person>`
- Associando propriedades com classes (b):
 - “O tipo da propriedade `#hasName` é `#xsd:string`”
`<#hasName, rdfs:range, xsd:string>`



RDF Schema (RDFS) - Exemplo



Web Ontology Language (OWL)

- RDFS tem um número de Limitações:
 - Somente trata relações binárias
 - Características de Propriedades, ex: *inversa*, *transitiva*, *simétrica*
 - Restrições de alcance locais, ex: para classe *Pessoa*, a propriedade *temNome* tem alcance *xsd:string*
 - Descrições de conceitos complexos, ex: *Pessoa* é definida por *Homem* e *Mulher*
 - Restrições de Cardinalidade, ex: uma *Pessoa* pode ter no máximo 1 *nome*
 - Axiomas de Disjunção, ex: ninguém pode ser ao mesmo tempo um *Homem* e uma *Mulher*
- A Web Ontology Language ([OWL](#)) oferece uma linguagem ontológica, que é mais expressiva para usar com RDF
 - Afiliação de Classe
 - Equivalência de classes
 - Consistência
 - Classificação



Web Ontology Language (OWL)

- Quando nos definimos que algum recurso é de um tipo afirmação. Ex: `:roger_federer rdf:type :Pessoa` (afirmação de classe)
- nos criamos um axioma. Ex:
`:Pessoa owl:equivalentClass _:x .`
`_:x rdf:type owl:Class ;`
`owl:unionOf (:Man :Woman) .`
Podem ser chamados às vezes de restrições
- Sintaxe de Manchester: Desenvolvida pela Universidade de Manchester para ser o mais legível possível. Usada na interface de Protégé (editor de ontologias).
- Class: Pessoa
- Equivalent To: Homem or Mulher

-
- **Propriedades de Objetos:** relaciona indivíduos a outros indivíduos. Ex: :aluga e :moraEm

```
:aluga rdf:type owl:ObjectProperty ;
      rdfs:domain :Pessoa ;
      rdfs:range :Apartamento ;
      rdfs:subPropertyOf :moraEm .
```
 - **Propriedades de Tipos de Dados:** que relacionam objetos a valores de tipos de dados. Ex: :nome e :idade

```
:age rdf:type owl:DatatypeProperty ;
      rdfs:range xsd:nonNegativeInteger .
```
 - Assim como RDF, podem ser usados tipos de dados XSD.
-



OWL Constructor	DL Syntax	Manchester OWL S.	Example
intersectionOf	$C \sqcap D$	C AND D	Human AND Male
unionOf	$C \sqcup D$	C OR D	Man OR Woman
complementOf	$\neg C$	NOT C	NOT Male
oneOf	$\{a\} \sqcup \{b\} \dots$	{a b ...}	{England Italy Spain}
someValuesFrom	$\exists R C$	R SOME C	hasColleague SOME Professor
allValuesFrom	$\forall R C$	R ONLY C	hasColleague ONLY Professor
minCardinality	$\geq N R$	R MIN 3	hasColleague MIN 3
maxCardinality	$\leq N R$	R MAX 3	hasColleague MAX 3
cardinality	$= N R$	R EXACTLY 3	hasColleague EXACTLY 3
hasValue	$\exists R \{a\}$	R VALUE a	hasColleague VALUE Matthew

Fig. 3. The Manchester OWL Syntax OWL 1.0 Class Constructors

Fonte: Horridge, M., et al., 2006



Fig. 4. An example of the Manchester OWL Syntax being used to represent the concept of a VegetarianPizza in Protégé-OWL

Fonte: Horridge, M., et al., 2006

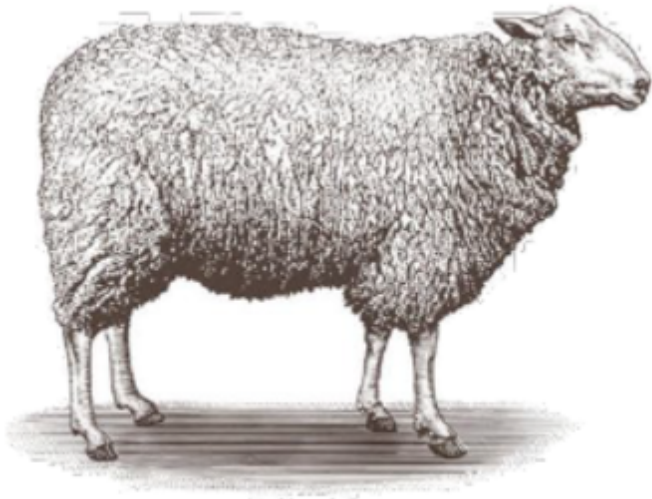
Hipótese do mundo aberto

- A Lógica de Descrições, assim como OWL, seguem a hipótese do mundo aberto (OWA).
- Isso também está ligado com a suposição do nome único.
- Vamos revisar esses conceitos.



A suposição do mundo aberto - OWA

- Se tivermos uma ontologia em LD vazia, tudo é possível.
- Em seguida, restringimos uma ontologia de forma iterativa, tornando-a mais restritiva à medida que vamos.
- Afirmamos o que não é possível, ou que é proibido ou excluído.



Ovelha \sqsubseteq Animal \sqcap ∇ temMembros.Pata

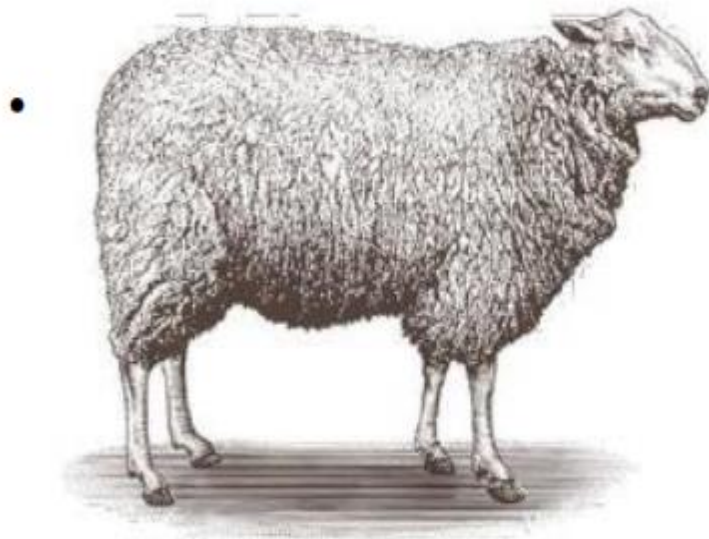


A suposição do mundo aberto - OWA

- Pergunta: A ovelha pode voar?
- Resposta sob a suposição OWA:

Ovelha \sqsubseteq Animal \sqcap \forall temMembros.Pata

Não faço ideia, mas provavelmente sim (de acordo a nossa ontologia/BC)



No OWA, a menos que tenhamos uma declaração (ou possamos inferir) “ovelhas podem / não podem voar”, nós retornamos “não sabemos”. No mundo real, estamos acostumados a lidar com informações incompletas



A suposição do mundo aberto - OWA

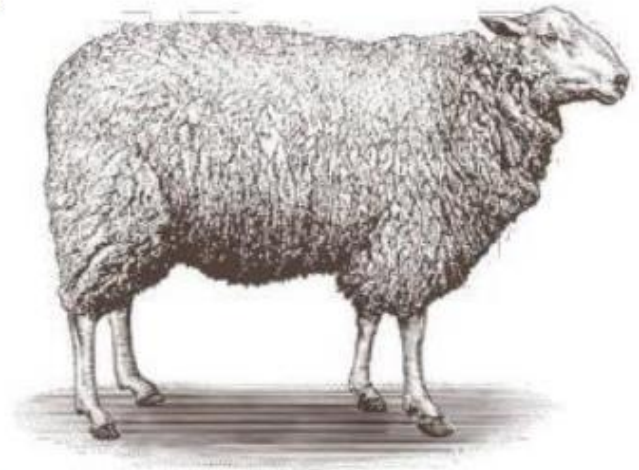
- Na Web Semântica nós esperamos que as pessoas estendam os nossos modelos (mas não nos preocupamos com antecedência como)
- A OWA assume informação incompleta por definição.
- Portanto, podemos intencionalmente subespecificar nossos modelos e permitir que outros os reutilizem e ampliem

Ovelha Animal temMembros.Pata podeVoar



A suposição do mundo fechado - CWA

- Sistemas que usam a hipótese do mundo fechado exigem um lugar para colocar tudo.
- Você não pode dizer nada até que exista um lugar para dizê-lo, como por exemplo um slot em um frame, campo em uma classe OO, coluna em um banco de dados.
- Afirmamos o que é possível e precisamos especificar todo o conhecimento.
- A CWA afirma que qualquer coisa que não possa ser mostrada como verdadeira é falsa; nenhuma declaração explícita de falsidade é necessária



Ovelha \sqsubseteq Animal \sqcap \forall temMembros.Pata

Ovelhas não podem voar!!



CWA vs. OWA

- OWA: Hipótese do mundo aberto
 - A existência de outros indivíduos é possível, se não forem explicitamente excluídos.
- CWA: Hipótese do mundo fechado
 - Supõe-se que a base de conhecimento contenha todos os indivíduos.

*are all pets of
HarryPotter owls?*

*no idea since we do
not know all pets of
HarryPotter*

*if we assume that
we know everything
about HarryPotter
then all of his pets
are owls*

$\text{hasPet}(\text{HarryPotter}, \text{Hedwig})$
 $\text{Owl}(\text{Hedwig})$ $\stackrel{?}{\models} \forall \text{hasPet.Owl}(\text{HarryPotter})$

*DL answers
don't know*


PROLOG
answers yes

$\leq 1 \text{ hasPet.}\top(\text{HarryPotter})$ $\stackrel{?}{\models} \forall \text{hasPet.Owl}(\text{HarryPotter})$

yes

*Now we know
everything about
HarryPotter's pets*



-
- Um dos problemas de OWL é que foi projetado para inferência. As restrições OWL não são, na verdade, restrições de dados, mas descrevem inferências a serem aplicadas com base nelas. Por isso, supondo que haja uma restrição `owl:maxCardinality 1` declarando que uma pessoa só pode ter 1 valor para `ex:hasFather` e há uma instância de `ex:Person` que tem dois valores `ex:hasFather`, então um processador OWL assumirá que esses dois valores devem na verdade, representar a mesma entidade do mundo real, apenas com URIs diferentes → não cumpre a hipótese do nome único.
 - Em OWL, a falta de um valor para uma propriedade com uma restrição de `owl:minCardinality 1` não é relatada como um erro por um processador OWL, porque mais dados podem aparecer a qualquer momento para satisfazer essa restrição sob a suposição de mundo aberto.
-
- 

SHACL (Shapes Constraint Language)

- O mais novo padrão da Web Semântica. OWL foi feito para a Internet pública. Entretanto, ele está sendo usado em sistemas corporativos, onde a OWA não é necessário.
- SHACL e OWL parecem similares (Knublauch, 2017). *Qualquer axioma que pode ser definido em OWL pode ser definido em SHACL.. SHACL usa o CWA.*
- *SHACL foi definida para definir restrições sobre dados RDF, isto é para validar dados RDF.*
- *Veja Labra Gayo, et al, 2018.*



Lógica

- É a disciplina que estuda os princípios do raciocínio; ela vem de Aristóteles.
- Em geral a lógica primeiro oferece linguagens formais para expressar conhecimento. Segundo, nos oferece uma semântica formal bem definida; e terceiro, raciocinadores automatizados podem deduzir (inferir) conclusões do conhecimento dado, assim fazendo o conhecimento implícito explícito. Esses raciocinadores têm sido bastante estudados na área de IA. Ex: dado

$\text{prof}(X) \rightarrow \text{faculty}(X)$

$\text{faculty}(X) \rightarrow \text{staff}(X)$

$\text{prof}(\text{michael})$



-
- Nos podemos deduzir:

faculty(michael)


staff(michael)

prof(X) → staff(X)

- O exemplo acima envolve conhecimento descrito em Ontologias. Assim, lógica pode ser usada para descobrir conhecimento ontológico que é dado implicitamente. Ele pode também ajudar descobrir relacionamentos inesperados e inconsistências.
- Porém a lógica é mais geral que ontologias. Ela pode ser usada por agentes de software para fazer decisões e selecionar cursos de ação. Ex:

loyalCustomer(X) → discount(X, 5%)



-
- Existe um compromisso entre potência expressiva e eficiência computacional. Quanto mais expressiva é a lógica, mais computacionalmente custosa ela fica para fazer deduções. Algumas deduções podem ficar impossíveis se barreiras de não computabilidade são encontradas. (**Lógica de Descrições**)
 - Por sorte a maior parte do conhecimento relevante para a Web Semântica parece ser de uma forma relativamente restrito.
 - Uma importante vantagem da lógica é que ela pode fornecer explicações para as deduções: a série de passos de inferência.
-
- 

A Web Semântica vs. Inteligência Artificial

- Muitas das tecnologias necessárias para o desenvolvimento da Web Semântica têm como origem a Inteligência Artificial (DeBellis, M. et al., 2023). Dado que a IA tem uma longa história, nem sempre de sucesso comercial. A ideia é pensar que a Web Semântica vai repetir os mesmos erros. Grandes expectativas e poucos resultados.
- Porém, o objetivo da web semântica não é emular a inteligência humana.
- Soluções parciais são suficientes na web semântica. O objetivo é ajudar usuários nas suas atividades do dia-a-dia.
- Os avanços em IA ajudaram para uma melhor web semântica.



Uma abordagem de camadas

- O desenvolvimento da Web Semântica procede em passos
 - Cada passo construindo uma camada sobre o topo de outra

Princípios:

- Compatibilidade para baixo
- Entendimento parcial para cima



Uma abordagem de camadas

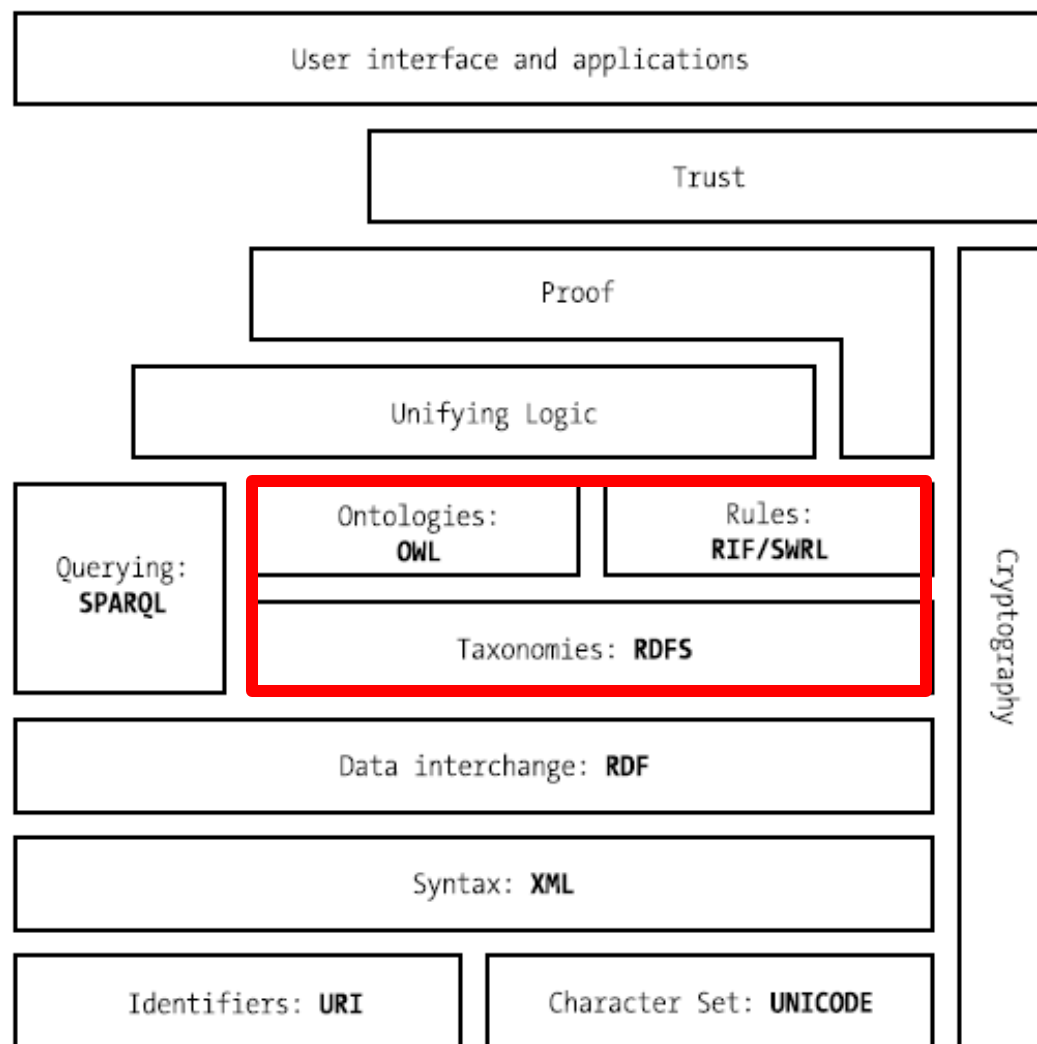


Figure 1-5. The Semantic Web Stack

Camadas da Web Semântica

- **Camada XML**
 - Bases Sintáticas
- **Camada RDF**
 - RDF data modelo de dados básico para fatos
 - RDF Schema linguagem ontológica simples
- **Camada de Ontologia**
 - Linguagens mais expressivos que RDF Schema
 - Atual padrão de Web: OWL



-
- **Camada Lógica**
 - Amplia as linguagens ontológicas ainda mais
 - Conhecimento declarativo específico da aplicação
 - **Camada de Prova**
 - Real processo dedutivo, Geração de provas, representação das prova e sua validação
 - **Camada de confiança**
 - Assinaturas digitais
 - recomendações,
-



Referências

- Antoniou, G.; Groth, P.; van Harmelen, F.; Hoekstra, R. “A Semantic Web Primer”. 3d. Edition, The MIT Press. 2012.
 - T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila, “The Semantic Web”, Scientific American, May 2001.
 - DeBellis, M., et al. "Knowledge Representation and the Semantic Web: An Historical Overview of Influences on Emerging Tools". Recent Advances in Computer Science and Communications. Vol. 16, No. 6. 2023
 - Guarino, N., et al. "What is an Ontology?" In: "Handbook on Ontologies", 2nd. Edition, Springer Verlag, 2009.
 - Gruber, T. “Toward principles for the design of ontologies used or knowledge sharing?”, Int. J. Hum.-Comput. Stud., vol. 43, no. 5-6, 1995.
 - Gutierrez, C.; Sequeda, J. “Knowledge Graphs”, Communications of the ACM, March 2021. Vol. 64, No. 2.
 - Horridge, M., et al. "The Manchester OWL Syntax". In Proceedings of the OWLED*06 Workshop on OWL: Experiences and Directions. 2006.
-



Referências

- *Knublauch, H.* SHACL and OWL Compared. <https://spinrdf.org/shacl-and-owl.html>
- *Labra Gayo, J. E., et al.* Validating RDF Data. Morgan and Claypool Pubs. 2018.
- *Studer, R.; Benjamins, R.; Fensel, D.* “Knowledge engineering: Principles and methods”, *Data Knowledge Engineering*, vol. 25, no. 1-2, 1998.

