

INE5633

Sistemas Inteligentes

Ontologias, Web Semântica, Lógica
Descritiva, RDF e OWL



Ontologia

- Conceito antigo já utilizado pela filosofia e outras áreas, desde Aristóteles, responsável pela classificação dos seres vivos, até então conhecidos
- Usado para se referir a uma concepção compartilhada de algum domínio de interesse, e pode ser utilizada para unificar o processo de solução de problemas relativos ao domínio em questão.
- O grande interesse em ontologias, hoje, dá-se pela necessidade de haver, cada vez mais, uma maior troca e reutilização de informações entre os sistemas e as pessoas
- Há, hoje, uma grande variedade de ferramentas, modelos e linguagens de desenvolvimento, criando verdadeiras ilhas de informação
- A partir daí, surge a necessidade de codificar o conhecimento para que o torne acessível aqueles que dele precisam e As ontologias servem para criar terminologias únicas, de modo que o conhecimento possa ser compartilhado e reutilizado

Definições de Ontologia

- A ontologia pode ser definida como o ramo da metafísica que trata da natureza do ser. O termo foi adaptado pela comunidade de inteligência artificial, serve para se referir a um conjunto de conceitos ou termos usados para descrever algumas áreas do conhecimento . Uma ontologia é a especificação formal explícita de uma conceitualização compartilhada

Área	Conceito
Filosofia	É a ciência que trata de seres em geral, enquanto seres, seus nomes e propriedades, concebidos como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres.
Linguagem e cognição	Refere-se a tudo que existe no mundo composto por objetos, mudanças e relações entre eles. Ontologia pode ser baseada no mundo, na mente, no intelecto, na cultura ou na linguagem.
Medicina	É uma doutrina que estuda o ser da doença, como se a enfermidade existisse em conformidade a um tipo bem definido, a uma essência.
Sistemas de informação	Segundo Chandrasekaran, Josephson e Benjamins, (1998), ontologias são teorias de conteúdo sobre os tipos de objetos, propriedades de objetos e relacionamentos entre objetos que são possíveis em um domínio de conhecimento específico.
Inteligência artificial	Guarino (1997) define a ontologia como uma caracterização axiomática do significado do vocabulário lógico, e, para Sowa e Dietz (1999), a ontologia define os tipos de coisas que existem no domínio de uma aplicação.

Definições

- ontologia e base de conhecimento não são sinônimos. Sowa e Dietz (1999) consideram a base do conhecimento como uma definição informal de uma coleção de informação que inclui uma ontologia como componente, ou seja, a ontologia é o alicerce sobre o qual o conhecimento pode ser construído.
- A ontologia provê, ainda, um conjunto de conceitos ou termos com o objetivo de descrever algum domínio, enquanto a base de conhecimento utiliza estas estruturas para representar o que é verdade sobre algum mundo real ou hipotético

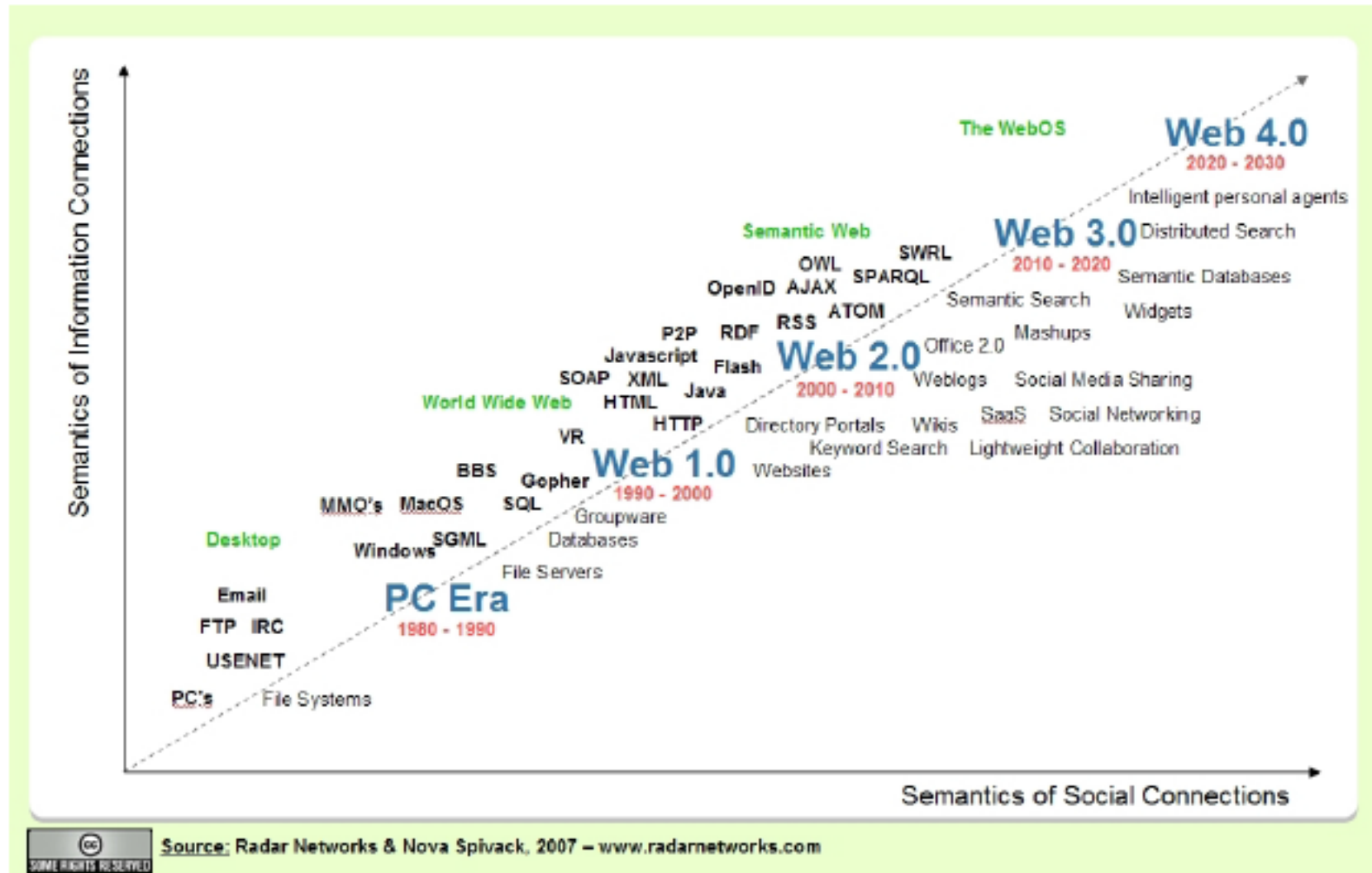
Elementos

- Uma ontologia consiste de conceitos, relações entre estes conceitos, definições, propriedades e restrições representadas através de axiomas
- É formada por uma hierarquia de classes organizadas, conceitos destas classes, axiomas e instâncias.
- Possui, além destes elementos, a especificação de atributos (propriedades que identificam unicamente uma instância) das classes, conjunto de valores que estes atributos poderão assumir, valor padrão, cardinalidade e restrições.

Objetivos

- As ontologias são especificações formais que dão suporte ao compartilhamento e reuso do conhecimento. As ontologias estabelecem uma junção entre membros de uma comunidade de interesse, podendo estes ser humanos ou agentes autômatos.
- Uso:
 - Comunicação
 - Interoperabilidade
 - Engenharia de Software
- Tipos:
 - Ontologia de domínio: conceituações de domínios particulares;
 - Ontologia de tarefas: conceituações sobre a resolução de problemas independentemente do domínio onde ocorram;
 - Ontologia de representação: conceituações que fundamentam os formalismos de representação do conhecimento

A WEB Semântica



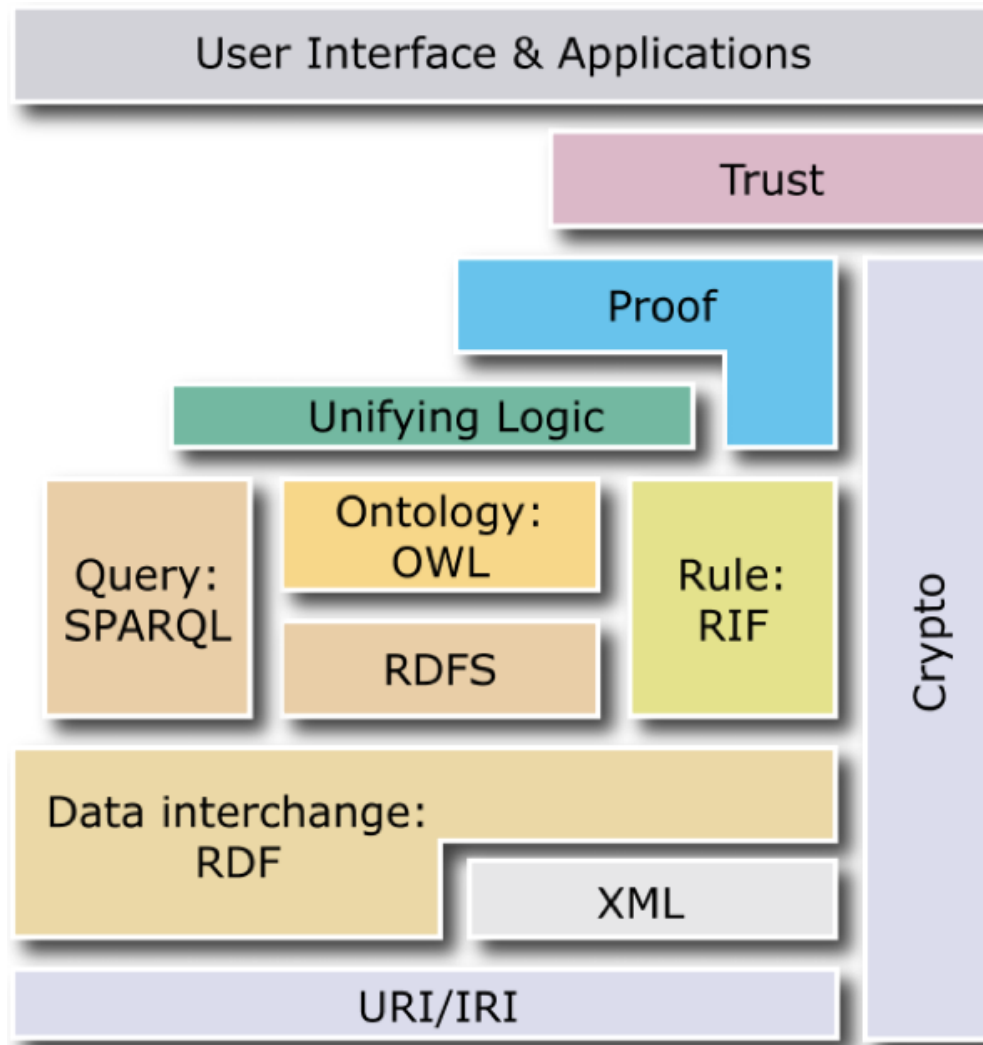
A WEB Semântica

- Possibilitar para as máquinas o que a Web clássica possibilitou para os humanos
 - Estender os princípios da Web para dados e não somente documentos
- Os dados/informações devem ser acessados diretamente através da arquitetura da Web (URLs, protocolos, etc.)
- Os dados/informações devem ser relacionados entre si assim como os documentos podem ser ligados na web 1.0
- Desenvolvimento de uma arquitetura comum que possibilite:
 - Que informações sejam compartilhadas e re-utilizadas entre aplicações
 - Que as informações possam ser processadas automaticamente
 - Que novas relações e fatos entre os dados possam ser inferidos

A WEB Semântica

- A web semântica pode ser vista como um conjunto de linguagens padronizadas
- Da mesma forma como o HTML possibilita interação com a web
- RDF, OWL, SPARQL, etc. possibilita interação com a WS
- Hoje já podemos utilizar e desenvolver bases de dados RDF e OWL
- Bem como realizar consultas utilizando SPARQL (um SQL para WS)

A WEB Semântica



Linguagens de representação

- Existem hoje muitas linguagens de representação definidas, baseadas na Lógica de Primeira Ordem e no XML, mas com diferentes expressividades e propriedades computacionais. Considera-se a tendência de que o XML passe a ser a linguagem padrão para troca de dados na Web, e portanto, é desejável também a utilização de sua sintaxe para modelar as ontologias

Linguagens de representação

Linguagem	Descrição
RDF / RDF-Schema	Implementa metadados, baseando-se na notação do XML como sintaxe de codificação. A linguagem RDF foi criada com o objetivo de facilitar o intercâmbio de informações, que podem ser interpretadas por máquinas, entre aplicativos via <i>Web</i> , além de adicionar semântica formal, representar metadados, e não dados propriamente ditos, e facilitar a representação do conhecimento. O RDF possui um modelo de representação simples, por isso mais flexível, que permitir a interpretação semântica do conhecimento modelado, com a utilização de conectivos lógicos, de negação, disjunção e conjunção (BREITMAN, LEITE, 2004). A especificação RDF é dividida em duas partes principais: RDF e RDF-Schema. A primeira define como descrever recursos através de suas propriedades e valores, enquanto a segunda define propriedades específicas, restringindo sua utilização.
DAML+OIL	Diante da limitação do RDF, o projeto On-to-Knowledge propôs a linguagem OIL, cuja contribuição decorre do uso de semântica formal e um mecanismo de inferência, fornecido através da lógica de descrição (BREITMAN, LEITE, 2004). Um sucessor do OIL é DAML+OIL. A linguagem DAML foi desenvolvida como uma extensão para XML e RDF, acrescentando construtos mais expressivos. A última versão da linguagem, a DAML+OIL, provê um conjunto de construções com o objetivo de criar ontologias e marcar informações de forma que seja compreendido e legível por máquina. DAML+OIL provê uma infra-estrutura básica que permite às máquinas fazerem a mesma classificação de inferências simples que os seres humanos fazem.
OWL	A OWL pode ser utilizada por aplicações que precisam processar o conteúdo da informação, ao invés de apenas disponibilizar conteúdo. Para a representação, utiliza a lógica descritiva para explicitação do conhecimento. A OWL facilita a leitura de conteúdo <i>Web</i> suportado por XML, RDF e RDF-Schema, provendo um vocabulário adicional com uma semântica formal. A OWL ainda provê três outras linguagens: <i>OWL Lite</i> , <i>OWL DL</i> , e <i>OWL Full</i> .
Lingo	A linguagem Lingo foi proposta por Falbo (1999), a fim de garantir independência de semântica numa linguagem gráfica. Na concepção de Falbo, a representação gráfica é fundamental para facilitar a comunicação entre os elementos do domínio de interesse. Pela característica da linguagem, as notações da Lingo são capazes de capturar certos axiomas de forma implícita, pois utiliza diferentes tipos de notação para diferentes tipos de associação.

XML - eXtensible Markup Language

- É uma metalinguagem para definir outras linguagens definida em 1998 pela W3C
- Derivada da SGML (Standard Generalized Markup Language) criada em 1986, assim como a linguagem HTML
- Usam *tags* (ou etiquetas) como Elementos fundamentais, para fazer a marcação
- Os Elementos possuem atributos que os identificam
- Enquanto a HTML possui elementos e atributos pré-definidos, a XML permite a criação de diversos elementos e atributos
- A principal diferença do XML para o HTML é a extensibilidade e a separação entre conteúdo e apresentação
- Para garantir interoperabilidade usa-se um DTD (Document Data Type) para definir estrutura de documentos
- Uma DTD é uma gramática que descreve os elementos e atributos que um documento XML possui

XML - eXtensible Markup Language

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE mail system "http://infowest.com/DTDs/email.dtd">
<email>
  <de>Autor</de>
  <para>Alguém</para>
    <data>Quarta-feira – 2 de dezembro de 2005</data>
    <assunto>Introdução ao XML</assunto>
  <texto>Comentários:
    <p alinhamento="justificado">Obrigado pela leitura desta introdução
  </p>
    <p>Esperamos que seja proveitosa</p>
  </texto>
</email>
```

```
<!ELEMENT Email (De, Para, Cc?, Data?, Assunto, Texto)>
<!ELEMENT De (#PCDATA) >
<!ELEMENT Para (#PCDATA) >
<!ELEMENT Cc (#PCDATA) >
<!ELEMENT Data (#PCDATA) >
<!ELEMENT Assunto (#PCDATA) >
<!ELEMENT Texto (#PCDATA | P | Br)* >
<!ELEMENT P (#PCDATA | Br)* >
<!ATTLIST P alinhamento (esquerda | direita | justificado) "esquerda" >
<!ELEMENT Br EMPTY >
```

XML - eXtensible Markup Language

- linguagens que são criadas usando a padronização XML podem ser classificadas como genéricas ou específicas.
- As linguagens genéricas são aquelas utilizadas para a manipulação de documentos XML ou que servem para chegar a outros níveis da Web Semântica (por exemplo RDF e OWL).
- As linguagens específicas são criadas por indústrias e comunidades com fins específicos de aplicação e geralmente utilizam-se das genéricas para a manipulação de seus documentos.
- Alguns exemplos de linguagens genéricas são: XSL (Extensible Style Sheet Language), XPath (XML Path), XQL (XML Query Language), XHTML, XSD (XML Schema Definition), etc.
- Uma linguagem genérica usada para definir a forma como o conteúdo será apresentado é a XSL. Esta linguagem faz caminhamentos em documentos XML e casa informações para extraí-las e apresentá-las da forma que o usuário deseja. Pode ser vista como uma linguagem de parsing e utiliza outra linguagem genérica - a XPath - para fazer o referido caminhamento.

XML - eXtensible Markup Language

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<catalogo>
  <cd>
    <titulo>Empire Burlesque</titulo>
    <artista>Bob Dylan</artista>
    <pais>USA</pais>

    <companhia>Columbia</companhia>
    <preco>10.90</preco>
    <ano>1985</ano>
  </cd>
  .
  .
</catalogo>
```

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<xsl:stylesheet version="1.0"
xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform">
  <xsl:template match="/">
    <html>
      <body>
        <h2>Minha Coleção de CDs</h2>
        <table border="1">
          <tr bgcolor="#9acd32">
            <th align="left">Titulo</th>
            <th align="left">Artista</th>
          </tr>
          <tr>
            <td><xsl:value-of select="catalogo/cd/titulo"/></td>
            <td><xsl:value-of select="catalogo/cd/artista"/></td>
          </tr>
        </table>
      </body>
    </html>
  </xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```


RDF

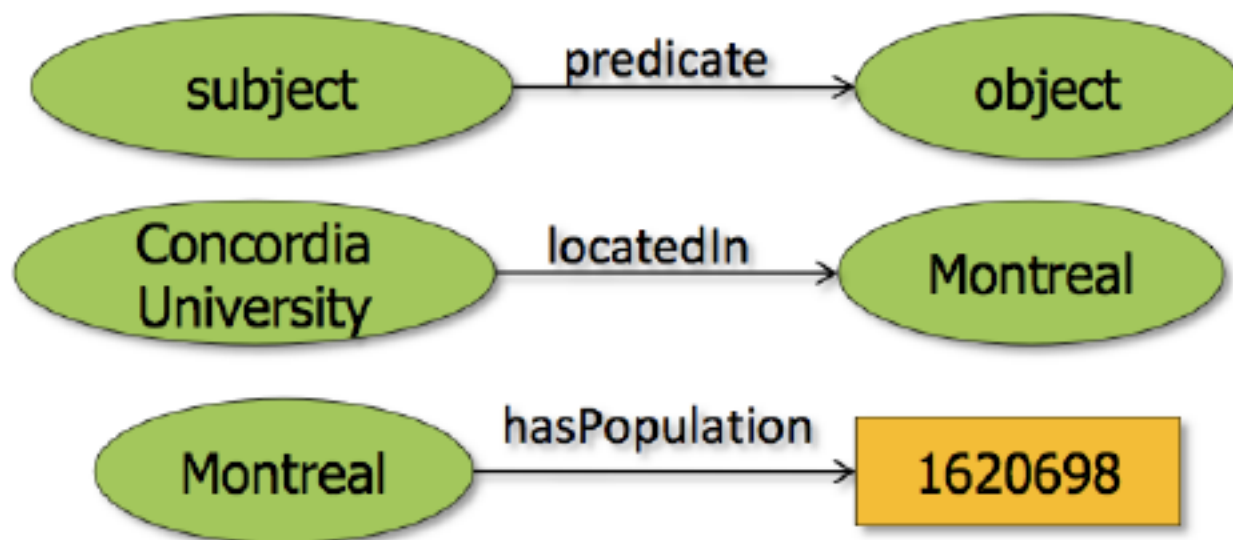
- Resource Description Framework
- Um simples modelo de dados para:
 - Descrever formalmente informações (sobre recursos quaisquer em uma forma acessível (interpretável) por máquinas
 - Representar meta-dados
- Possui várias sintaxes: XML, N3, Turtle, etc.
- Fundamentos:
 - Recursos (com identificadores únicos)
 - Literais
 - Relações nomeadas entre pares de recursos (ou recurso e literal)
- Recomendação W3C
 - www.w3.org/2007/02/turtle/primer/ à ☺ exemplos desta apresentação
 - <http://www.w3.org/RDF/> à ☺ todo o conjunto das especificações

RDF

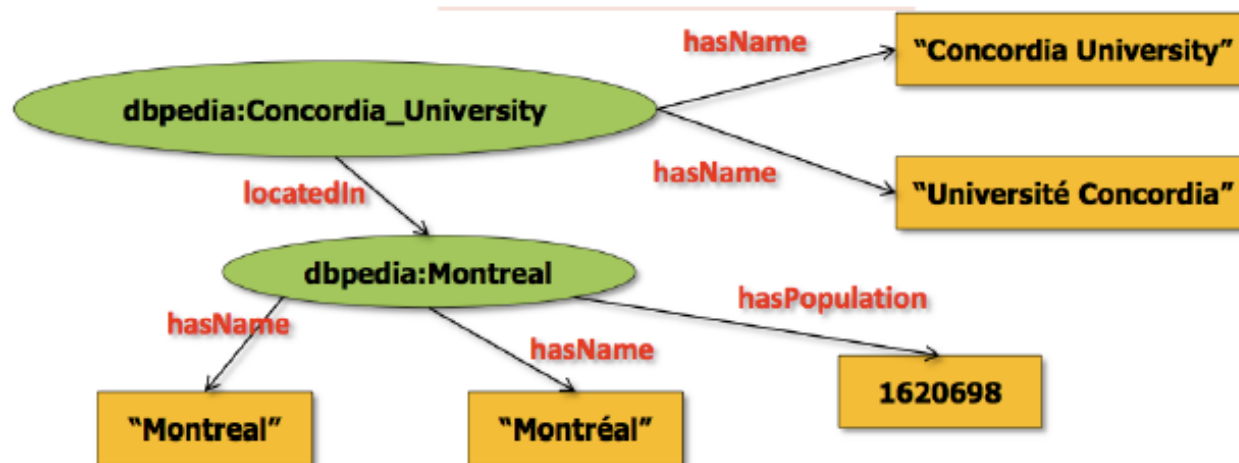
- Um recurso é qualquer coisa que possa ter um URI (identificador Web), como "<http://www.w3c.org/RDF>";
- Uma propriedade indica uma informação sobre um recurso, como "autor" ou "homepage";
- Um valor é o valor da propriedade, como "Joséda Silva" ou "http://inf.unisinos.br/~joao_silva".
- Observa-se que o valor da propriedade pode ser outro recurso.

RDF

- Tudo é uma tripla
 - Sujeito (recurso) → Predicado (relação) → Objeto (recurso ou literal)



RDF



Subject	Predicate	Object
http://dbpedia.org/resource/Montreal	hasName	"Montreal"
http://dbpedia.org/resource/Montreal	hasPopulation	1620698
http://dbpedia.org/resource/Montreal	hasName	"Montréal"
http://dbpedia.org/resource/Concordia_University	locatedIn	http://dbpedia.org/resource/Montreal
http://dbpedia.org/resource/Concordia_University	hasName	"Concordia University"
http://dbpedia.org/resource/Concordia_University	hasName	"Université Concordia"

Sintaxe do RDF



Sintaxe do RDF (XML)

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
          xmlns:contact="http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#">

  <contact:Person rdf:about="http://www.w3.org/People/EM/contact#me">
    <contact:fullName>Eric Miller</contact:fullName>
    <contact:mailbox rdf:resource="mailto:em@w3.org"/>
    <contact:personalTitle>Dr.</contact:personalTitle>
  </contact:Person>

</rdf:RDF>
```

Sintaxe do RDF (Turtle)

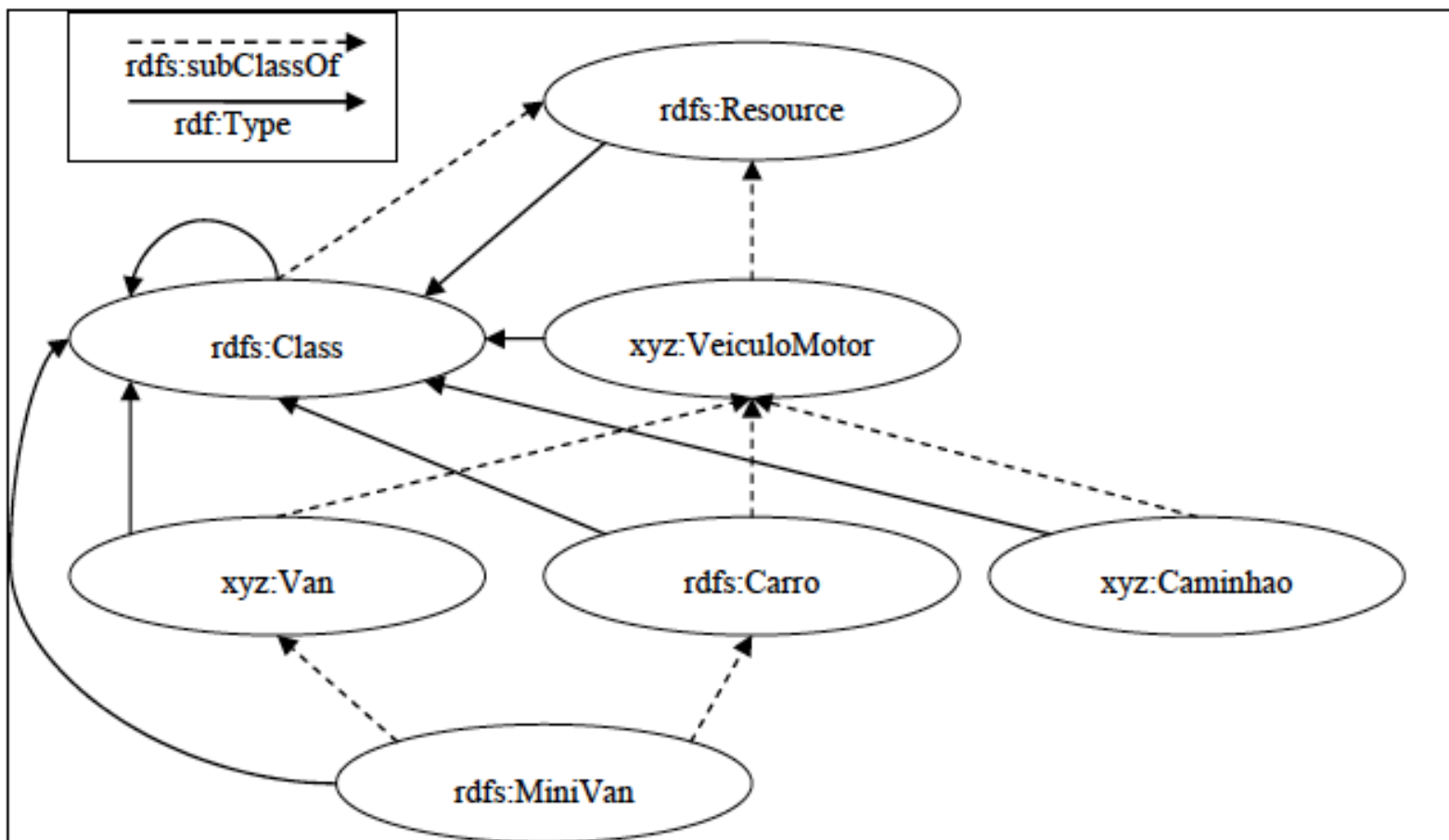
```
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>.  
@prefix contact: <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#>.  
  
<http://www.w3.org/People/EM/contact#me>  
  rdf:type contact:Person;  
  contact:fullName "Eric Miller";  
  contact:mailbox <mailto:em@w3.org>;  
  contact:personalTitle "Dr.".
```

RDF Schema

- O RDFS é um esquema de descrição que utiliza classes e propriedades para descrever os recursos, permitindo assim estruturação hierárquica e generalização/especialização semelhante ao conceito de orientação a objetos. Dessa forma os recursos são considerados instâncias de classes e subclasses de classes. Os elementos constituintes do RDFS são:
 - `rdfs:Resource` : todas as coisas descritas são recursos (Objeto);
 - `rdfs:Property`: propriedades
 - `rdfs:Class` : similar à noção de classe em OO;
 - `rdfs:type`: indica que um recurso é membro de uma classe;
 - `rdfs:subClassOf`: similar à noção de subclasse em OO;
 - `rdfs:subPropertyOf`: indica que uma propriedade é especialização de outra;

RDF Schema

Exemplo



RDF Schema

```
<rdf:RDF xml:lang="en" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
  <rdf:Description ID="VeiculoMotor">
    <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Resource"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description ID="Carro">
    <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#VeiculoMotor"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description ID="Caminhao">
    <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#VeiculoMotor"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description ID="Van">
    <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#VeiculoMotor"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description ID="MiniVan">
    <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Van"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Carro"/>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

OWL - Ontology Web Language

- Assim como RDF, a OWL é uma linguagem XML.
- Com OWL, além de se poder expressar a estrutura dos conceitos e relacionamentos, é possível descrever características especiais sobre os conceitos e os relacionamentos através de axiomas lógicos
- Essa estrutura, assim definida, constitui uma ontologia.

OWL - Ontology Web Language

- OWL propõe uma linguagem padrão para descrever classes e seus relacionamentos, os quais podem ser usados por aplicações e documentos web.
 - Derivada das linguagens OIL e DAML+OIL.
 - Desenvolvida para aumentar capacidade de expressar semântica disponível em XML, RDF e RDFS.
- OWL é capaz de:
 - formalizar um domínio de conhecimento;
 - definir indivíduos para um domínio de conhecimento;
 - inferir sobre um domínio de conhecimento.

OWL

- Com base nos elementos básicos do RDF; adiciona mais vocabulário para descrever propriedades e classes.
 - Relações entre classes (ex: disjointWith)
 - Igualdade (ex: sameAs)
 - Propriedades Específicas (ex: symmetrical)
 - Restrição de propriedades de classes (ex: allValuesFrom)

Relações entre as Sublinguagens

- Toda ontologia OWL Lite válida é uma ontologia OWL DL válida.
- Toda ontologia OWL DL válida é uma ontologia OWL Full válida.
- Toda conclusão OWL Lite válida é uma conclusão OWL DL válida.
- Toda conclusão OWL DL válida é uma conclusão OWL Full válida.

