

# Interoperability Frameworks for Competencies and Learning Outcomes: Databases vs Ontologies

## Ferramentas para Inteoperabilização de Competências e Resultados de Aprendizagem: Base de Dados vs Ontologias

Maria José Angélico Gonçalves<sup>1</sup>, Manuel Pérez<sup>2</sup>, Pedro Pimenta<sup>3</sup>, Ana Paula Afonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico do Porto/ISCAP/CEISE, Porto, Portugal

<sup>2</sup>Universidade de Vigo, Vigo, Espanha

<sup>3</sup>Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

[mjose@iscap.ipp.pt](mailto:mjose@iscap.ipp.pt), [mpcota@uvigo.pt](mailto:mpcota@uvigo.pt), [pedrocpimenta@gmail.com](mailto:pedrocpimenta@gmail.com), [apafonso@iscap.ipp.pt](mailto:apafonso@iscap.ipp.pt)

*Resumo*— As mudanças ditadas pelo Processo de Bolonha no EEES (Espaço Europeu de Ensino Superior) associadas a mudanças pedagógicas e metodológicas, deram origem ao novo paradigma de ensino, centrado no estudante e nos objetivos de formação. Por outro lado, os avanços científicos conseguidos na área das TI (Tecnologias de Informação), em especial da Web Semântica (WS), encerram potenciais contributos para a automatização de processos de instituições de ensino superior, nomeadamente na disponibilização do portfólio formativo das instituições. O objetivo deste trabalho consistiu, por um lado, no desenvolvimento de um modelo para identificação e classificação de Competências e Resultados de Aprendizagem (RA) e, por outro, na implementação de ferramentas informáticas - Base de Dados e Ontologias - que tem como finalidade interoperabilizar as Competências e RA resultantes do modelo.

*Abstract*—The changes introduced into the European Higher Education Area (EHEA) by the Bologna Process, together with renewed pedagogical and methodological practices, have created a new teaching-learning paradigm: Student-Centred Learning. In addition, the last few years have been characterized by the application of Information Technologies, especially the Semantic Web, not only to the teaching-learning process, but also to administrative processes within learning institutions. On one hand, the aim of this study was to present a model for identifying and classifying Competencies and Learning Outcomes and, on the other hand, the computer applications of the information management model were developed, namely a relational Database and an Ontology.

*Palavras chave* – Bolonha; Educação Superior; Resultados de Aprendizagem; Interoperabilidade; Base de Dados; Ontologias; Programa.

*Keywords* - Bologna; Higher Education; Learning Outcomes; Interoperability; Database; Ontologies, Syllabus.

### I. INTRODUÇÃO

No âmbito do processo de Bolonha, ao longo dos últimos anos, a Europa tem vindo a articular o sistema de ensino superior em torno de um espaço comum europeu de qualidade, garantindo a mobilidade nacional e internacional dos estudantes, formando cidadãos críticos com visão globalizada, prontos para enfrentarem as exigências do mercado de trabalho.

Neste contexto, a interoperabilidade entre os sistemas que gerem o intercâmbio de informação entre instituições do EEES contribuirá para uma melhor gestão de todo este fenómeno

Este trabalho centrou a sua temática em dois objetos de estudo: Educação e Gestão da Informação Aplicada à Web, mais especificamente Educação Superior e Web Semântica.

No que se refere à Educação Superior, desenvolvemos um modelo de identificação e classificação de Competências e RA (MICRA), cujo objetivo é organizar e gerir a informação das UCs, tendo em vista a melhoria dos mecanismos de comparação de programas de UCs de cursos de ensino superior e consequente creditação de competências, que designámos de MICRA.

Quanto às TI, implementámos ferramentas informáticas, com a finalidade de disponibilizar na Web os resultados da aplicação do modelo. Realçamos, assim, o papel que a nova visão da Web, WS, pode originar na educação e mais concretamente nos sistemas de gestão da informação, visando a interoperabilidade entre sistemas, especificamente a interoperabilidade de Competências e RA.

Estruturalmente o artigo está organizado em seis secções. Após esta breve introdução, definimos, na secção II, alguns conceitos, clarificando a forma como foram interpretados no âmbito deste trabalho.

Em seguida, na secção III, apresentámos o problema, as questões de investigação e a metodologia de investigação utilizada para a sua resolução.

A secção IV apresenta o modelo MICRA. A validação do modelo foi efetuada usando um Estudo de caso.

Na secção seguinte, secção V, procedemos à apresentação da implementação de ferramentas informáticas - BD e Ontologias.

Na última secção resumimos as principais contribuições deste trabalho e apresentamos propostas de trabalho futuro.

## II. DEFINIÇÃO DE CONCEITOS

**Unidade Curricular (UC)** é a unidade de ensino com objetivos de formação próprios e que é objeto de inscrição administrativa e de avaliação traduzida numa classificação final [1].

**Ficha da UC**, também designada por Programa, é um documento aprovado pelos órgãos competentes da Escola de Ensino Superior, que reúne toda a informação relevante para a caracterização e o funcionamento de cada uma das UCs integrantes dos planos de estudos dos ciclos ministrados.

O conceito **Tópico de Conhecimento** existe para agrupar os tópicos e subtópicos ministrados nas UCs (Conteúdo programático) em áreas de conhecimento.

**Tópico/Subtópico** é uma lista ordenada, mais ou menos detalhada, de conteúdos ou conceitos que pertencem a um determinado Tópico de Conhecimento.

Sobre os conceitos **Competências e RA**, na bibliografia, deparamo-nos com várias definições, umas mais abrangentes que outras [2,3,4,5,6]. Todavia, estes dois conceitos estão relacionados com o que o estudante irá conhecer, compreender e ser capaz de fazer no final de uma experiência de aprendizagem. Para definição dos conceitos optámos por adotar a classificação de Competência proposta pelo projeto Tuning [2], fazendo um paralelismo com a definição de RA propostos pelo QEQ [5], expressos em termos de Conhecimento, Aptidões e Competências. Relativamente às Competências Específicas, fizemos ainda uma correspondência entre o QEQ [5] e a taxonomia do domínio cognitivo de Bloom [7] (ver figura 1), tendo como finalidade a definição dos Objetivos/RA.

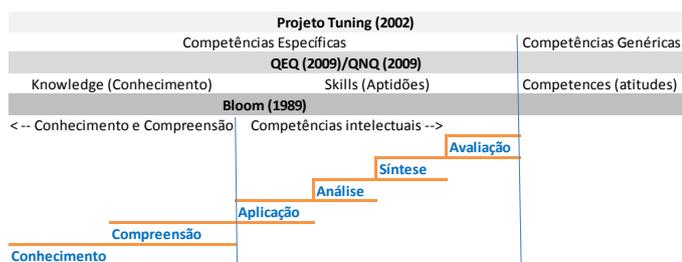


Figura 1 - Conceito de RA

## III. PROBLEMA, QUESTÕES, OBJETIVOS E METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A ausência de um modelo de estruturação e organização da informação que conduza à definição dos RA, provido de significado semântico dentro de um domínio específico, constituiu a motivação fundamental deste trabalho de investigação. A tentativa de resolução deste problema é neste trabalho concretizado pela procura de resposta à seguinte questão de investigação:

**Quais são os RA esperados na conclusão das UCs de uma área científica, de um curso do Ensino Superior? Como interoperabilizá-los?**

Constituíram objetivos deste trabalho:

1. Identificar os conteúdos ministrados na área das TI, nas UCs da área científica de Informática, de um curso de licenciatura da área de Negócio.
2. Compreender o nível de complexidade dos conteúdos ministrados, atendendo às Competências Específicas no domínio do conhecimento.
3. Identificar as Competências Transferíveis a desenvolver pelo estudante.
4. Gerir a informação resultante da aplicação do modelo MICRA, ou seja gerir as Competências e os RA classificados por categorias, utilizando ferramentas informáticas.

A metodologia de investigação utilizada para a definição, seleção e análise dos materiais empíricos que permitiram responder às questões de investigação formuladas e concretização do objetivo proposto foi estudo de caso.

A técnica escolhida para procedermos à análise e interpretação dos documentos foi a análise de conteúdo, utilizando a ferramenta WebQDA, disponível em [http://www.webqda.com/flash\\_content/flash\\_content.html](http://www.webqda.com/flash_content/flash_content.html). Segundo [8], a análise de conteúdo é uma técnica de pesquisa utilizada para fazer inferências válidas e replicáveis de dados, dentro dos seus contextos.

## IV. MODELO MICRA

O modelo MICRA consiste numa análise profunda e sistemática do contexto educativo, baseada nos documentos oficiais das UCs (programas e componentes de avaliação). Identifica e classifica as Competências e RA esperados aquando da conclusão das UCs da área científica de Informática de um curso da área de Negócio, comparando-as com as competências aconselhadas nos perfis de Competências de cursos similares, propostos por organismos/instituições internacionais [9,10]. A versão preliminar do modelo foi apresentada por [11,12].

### A. Arquitetura e estrutura do modelo MICRA

O modelo compreende as seguintes fases, esquematizadas na Figura 2.

5. Definição do corpus documental;
6. Definição dos Tópicos de Conhecimento, Tópicos e Subtópicos, mapeados de acordo com os padrões existentes;

7. *Identificação das Competências Específicas esperadas aquando da conclusão do Tópico de Conhecimento;*
8. *Identificação das Competências Transferíveis esperadas aquando da conclusão das UCs; e*
9. *Listagem dos Programas das UCs (Secções: Objetivos/RA e Conteúdo programático).*

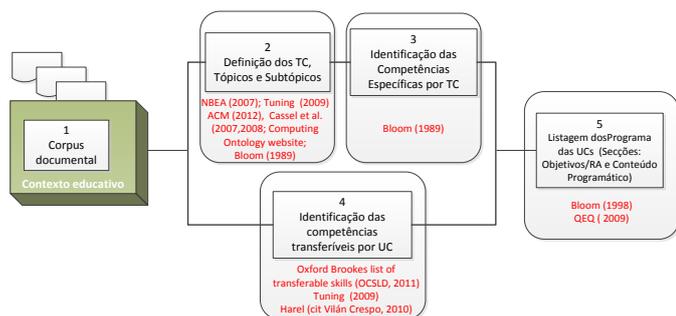


Figura 2 - Modelo genérico da arquitetura MICRA

A primeira etapa tem como finalidade selecionar os documentos a analisar tendo em consideração os objetivos do estudo, de acordo com [13].

Na segunda etapa procedemos à identificação do conhecimento específico (tópicos e subtópicos lecionados) na área do Negócio [9,10] alinhado com os padrões e as classificações de referência da área das TI [14,15,16,17].

A terceira etapa consiste na identificação e classificação das Competências Específicas por Tópico de Conhecimento [7].

Na quarta etapa identificámos as Competências Transferíveis esperadas aquando da conclusão das UCs [9,18,19].

Finalmente, a quinta etapa, lista os Programas das UC, especificamente as secções Objetivos/Competências e Conteúdo programático.

A tabela 1 apresenta a estrutura do modelo MICRA.

TABELA 1 - ESTRUTURA DO MODELO MICRA

- 1. Definição do corpus documental**
- 2. Definição dos Tópicos de Conhecimento(TC), Tópicos e Subtópicos, mapeados de acordo com os padrões existentes.**
  - a. *Identificar TC, usando os padrões e as classificações existentes na área do negócio [9,10] e na área das TI [14,15,16,17].*
  - b. *Classificar as UR nas categorias TC anteriormente identificados, e Níveis de Bloom [7].*
  - c. *Listar Tópicos e Subtópicos por TC alinhados com os padrões selecionados na área das TI.*
- 3. Identificação das Competências Específicas (CE) esperadas aquando da conclusão do TC**
  - a. *Listar as UR ordenadas por Tópico, Subtópico e nível de Bloom.*
  - b. *Identificar o verbo usado na UR.*
  - c. *Agrupar as UR por Tópico, Subtópico, nível Bloom*

e Verbo, usando, por exemplo, tabelas dinâmicas em Excel.

d. *Identificar CE esperadas no final da leçãoção do TC, sintetizando a informação obtida no ponto anterior.*

**4. Identificação das Competências Transferíveis (CT) esperadas aquando da conclusão das UCs**

a. *Classificar as UR na categoria Competências Transferíveis [9,18, 19]*

b. *Identificar as CT por UC.*

**5. Listagem dos programas, secções: Objetivos/RA e Conteúdo programático por UC**

a. *Listar as CE por TC, considerando o paralelismo efetuado entre a classificação de [5,7].*

b. *Listar as CT, incluindo as competências em TI.*

c. *Listar conteúdo programático por TC.*

## B. Validação do MICRA num Estudo de Caso

A “unidade de análise” deste estudo integrou as UCs da área científica de Informática do ciclo de estudos de 1º ciclo (licenciatura) em Contabilidade e Administração do Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto do Instituto Politécnico do Porto. De acordo com [20] a definição da unidade de análise é uma etapa fundamental ao planear e conduzir um estudo de caso único.

Na escolha do “caso” tivemos em conta quer às condições de acesso à documentação, quer à sua atualidade.

A metodologia de investigação utilizada está em conformidade com [21] e [22], quando referem que o estudo de caso é um exemplo de estudo de uma situação específica (UCs da área científica de Informática, do curso de Contabilidade e Administração, do ISCAP); uma situação em que o investigador se encontra envolvido (docente das UCs); o investigador faz parte do mundo investigado (pertence à comunidade do ISCAP).

O estudo incidiu em acontecimentos contemporâneos - Criar um EEES comparável e compatível onde seja viável a legibilidade dos graus entre todos os signatários, no âmbito do processo de Bolonha. A experiência desenvolveu-se em contexto real no qual os documentos analisados (Programas das UCs e componentes de avaliação, que incluem; BD moodle, Testes, Exames finais, Atividades individuais e de grupo) dizem respeito a todos os documentos oficiais utilizados no ano letivo 2010/2011.

Para selecionarmos os documentos tivemos em consideração a “regra da representatividade”, pois são os mais representativos em função dos objetivos definidos; a “regra da homogeneidade”, pois obedecem a critérios precisos de escolha; a “regra da pertinência”, pois são adequados enquanto fonte de informação correspondendo aos objetivos que originaram a análise [23].

## C. Apresentação de resultados

Da análise deste estudo obtivemos os seguintes dados qualitativos que nos permitiram identificar:

- As Competências Específicas e Transferíveis esperadas aquando da conclusão da lecionação das UCs, ou seja os RA esperados, de acordo com [23].
- Tópicos e Subtópicos, em linguagem padrão, mapeados de acordo com as classificações utilizadas [14,15,16,17].

Desta análise obtivemos ainda informação sobre discrepâncias existentes entre competências a adquirir nas UCs analisadas e competência aconselhadas nos perfis de competências de cursos na área de Negócio (Tuning Project, 2009; NBEA, 2013). Relativamente a Competências Transferíveis verificou-se que o nº de referências relativas a estas competências era mínimo à exceção de competências em TI. Nos documentos analisados, na UC de Sistemas de Informação para a Gestão, registamos as seguintes Competências: TI: 13; Trabalho em grupo: 2; Comunicação: 0 e Estudo:0, estando as mesmas referenciadas de forma muito genérica quando comparadas com [18] Verificámos assim a necessidade de efetuar estudos adicionais.

Da aplicação do modelo resultou, ainda, uma análise quantitativa, que nos ajudou a compreender as características das UCs/Tópicos de Conhecimento no que se refere ao nível de profundidade requerido (níveis de Bloom) e à sua tipologia (teórico, prática ou teórico/prática). Obtivemos ainda indicadores sobre verbos de ação utilizados na formulação das perguntas ou afirmações existentes nos documentos analisados, e número de ocorrências de cada verbo por nível de Bloom [7].

Na secção seguinte apresentámos extratos de resultados da aplicação do MICRA ao Estudo de Caso (análise qualitativa).

## V. FERRAMENTAS INFORMÁTICAS

As TI têm permitido às organizações em geral e às instituições de ensino em particular aumentar a eficiência dos seus processos. Num contexto de ensino global estamos convictos que esta situação será reforçada quando a WS for uma realidade.

Após a definição do modelo MICRA, a sua automatização foi efetuada em duas fases. Na primeira fase, desenvolvemos uma aplicação usando um SGBD relacional, que teve como objetivo gerir a informação resultante da aplicação do modelo MICRA ao estudo de caso. A segunda fase consistiu no desenvolvimento de uma ontologia, designada de SICRA, que, para além do objetivo já referido, pretendeu também disponibilizar a informação na WS.

### A. Implementação de uma BD

O conceito de BD surgiu na década de 60, existindo por isso uma extensa literatura sobre o conceito. Ao longo do tempo foram desenvolvidos vários modelos, sendo o modelo relacional, proposto por Codd, adotado em larga escala, até aos dias de hoje. Este modelo, tendo por base a teoria dos conjuntos, contribuiu decisivamente para a massificação da utilização da tecnologia de bases de dados [24].

Posteriormente, surgiram as BD orientadas a objetos, para representar dados complexos [25], as BD multimédia, para armazenar arquivos multimédia [26], as BD distribuídas, com o objetivo de partilhar dados ou processos instalados em diversos

sistemas [27], as BD XML, para interagir com a Web [28], as BD dedutivas ou lógicas, para fazer deduções a partir dos dados [29], as datawarehouses, para analisar e extrair nova informação [30], e assim por diante. Todas estas propostas vieram a complementar as lacunas existentes nas BD relacionais, especialmente na representação semântica. Todavia, nas últimas décadas, o modelo relacional tornou-se padrão para a representação da informação e as BD relacionais são utilizadas no desenvolvimento de aplicações devido à sua eficiência e flexibilidade de aplicação.

A adoção da tecnologia de BD necessita que se proceda à modelação dos dados, independentemente das aplicações que os vão utilizar. A modelação de dados, vista como o conjunto de atividades que conduz ao desenho da BD, passa por três etapas [31]: Desenho conceptual, Desenho lógico e Desenho físico. O modelo utilizado para a modelação dos dados foi o modelo E-R. Na implementação da BD utilizamos um SGBD relacional MsAccess.

Os requisitos funcionais que implementámos coincidem com as questões de investigação utilizadas na definição do modelo MICRA, descritas na secção 3.2, do capítulo 3.

A figura 3 apresenta o modelo conceptual da BD.

Validámos os requisitos funcionais da aplicação, procedendo a várias consultas à BD.

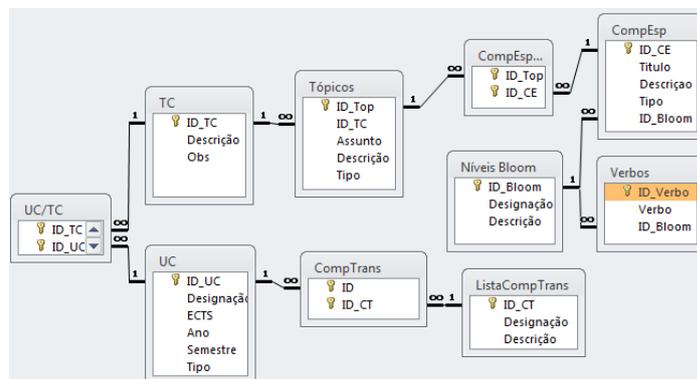


Figura 3 - Modelo conceptual da BD

### B. Implementação de uma Ontologia

No âmbito da Inteligência Artificial, as ontologias têm sido estudadas desde os anos 70. Ao longo do tempo foram aparecendo várias definições [32, 33, 34, 35, 36]. Studer [37] consideram que, das muitas definições existentes para ontologia, a definição dada por [38] e [39] são aquelas que melhor traduzem a essência fundamental do conceito, que tanto combina a sua definição como a sua partilha: "Uma ontologia é uma especificação formal explícita de uma conceitualização compartilhada" [37]. Os elementos que constituem esta definição são explicados pelos autores da seguinte forma: a) Conceptualização: refere-se a um modelo abstrato de um fenómeno mundial decorrente de ter identificado os conceitos relevantes desse fenómeno; b) Explícito: refere-se ao facto de que o tipo de conceito utilizado e as restrições que regem o seu uso são explicitamente definidos; c) Formal: refere-se ao facto de que uma ontologia deve ser capaz de ser lida por máquinas; d) Compartilhada: reflete a noção de que uma ontologia

captura conhecimento consensual de uma comunidade ou grupo e não o objeto de um único indivíduo.

Para desenvolvimento da ontologia, que designámos de SICRA, adotámos a metodologia “Ontology development 101”, proposta por [40], incluindo, no final, os passos “Validação” e “Documentação” do modelo “Methontology” proposto por [41].

No desenvolvimento da SICRA, tivemos como objetivos:

- Disponibilizar o currículo (RA e conteúdo programático) das UCs da área científica de Informática, do curso de Contabilidade e Administração, via Internet;
- Comparar e adaptar os currículos de várias instituições;
- Otimizar a mobilidade de estudantes e docentes ao abrigo de programas de mobilidade no EEES, designadamente o programa Erasmus Plus.

Pretendemos que a ontologia respondesse aos seguintes requisitos funcionais:

1. Áreas de conhecimento das ciências da computação ministradas nas unidades curriculares da área científica de Informática do curso de Contabilidade e Administração.
2. Subtópicos ministrados por Tópico de conhecimento.
3. Competências Específicas por Tópico, subdivididas em Conhecimento e Compreensão e Aptidões.
4. Verbos utilizados na definição das competências específicas.
5. Tópicos que se relacionam com determinada competência específica.
6. UC onde é adquirida determinada competência específica.
7. Certificação de que os estudantes, após a lecionação da UC, ficam com competências TIC para viver e trabalhar na sociedade de informação.
8. Conteúdos programático por UC.
9. Competências específicas por UC.
10. Competências transferíveis por UC.
11. RA esperados aquando da conclusão das UCs da área científica de Informática, por UC.

Após uma pesquisa exaustiva de ontologias que definissem Competência pudésemos reutilizar optámos por implementar, em OWL [42], a norma IEEE std 1484.20.1 TM, 2007 [4]. A esta ontologia atribuímos-lhe o nome IEEE\_RCD\_Imp.owl. No seu desenvolvimento reutilizámos a ontologia dterms.rdf, disponível pela Dublin Core, em <http://dublincore.org/2012/06/14/dterms.rdf>, que implementa a especificação de todos os termos de metadados mantidos pela DCMI, incluindo propriedades, esquemas de codificação de vocabulário, sintaxe, esquemas de codificação e classes.

Seguiu-se o desenvolvimento da ontologia SICRA. Definimos as classes, subclasses, propriedades e relações e introduzimos as instâncias. O modelo proposto na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** representa, num

nível de abstração elevado, o domínio da ontologia e as subclasses.

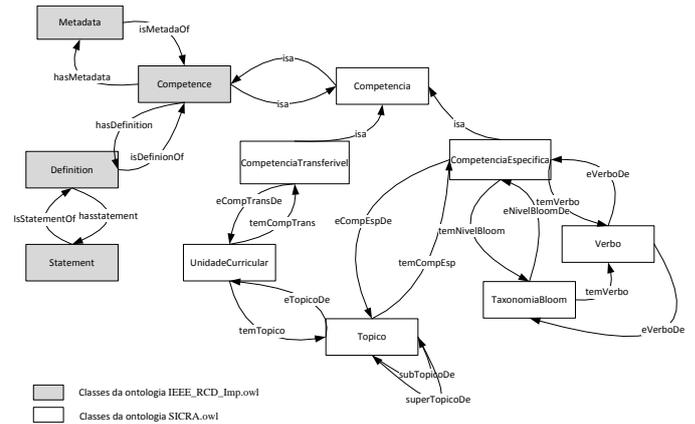


Figura 4 -Protégé: Domínio da ontologia, as subclasses e as relações

A etapa seguinte consistiu na definição de regras de raciocínio, onde testámos os conteúdos, de modo a garantir que as classes, as suas propriedades, bem como as instâncias, atenderam aos critérios previamente estabelecidos.

Quando a especificidade da linguagem OWL não foi suficiente para expressarmos o conhecimento implícito utilizamos a linguagem SWRL [43], indo ao encontro do proposto pelo W3C que recomenda que esta linguagem pode ser utilizada como uma extensão da linguagem OWL, como por exemplo, apresentação dos RA de uma UC.

A validação da ontologia consistiu na verificação e validação de todos os requisitos funcionais. Por exemplo as figura 5 e 6 a presentam o Conhecimento e Compreensão e as aptidões, requeridas no TC Conceitos Gerais de TI (requisito funcional número 3).

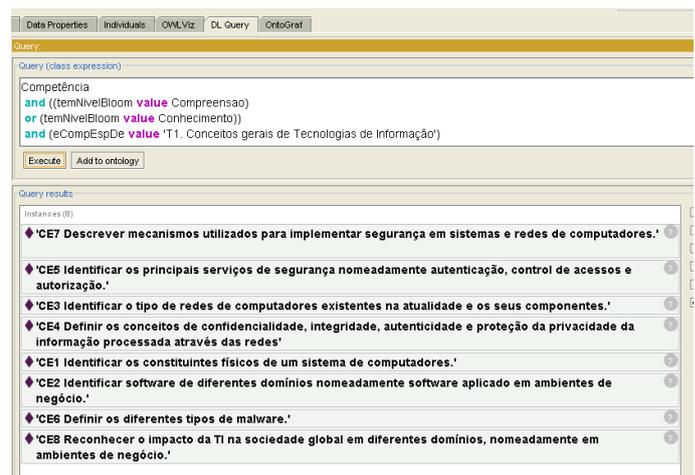


Figura 5- Protégé: Conhecimento e Compreensão esperados aquando da conclusão do Tópico de Conhecimento T1

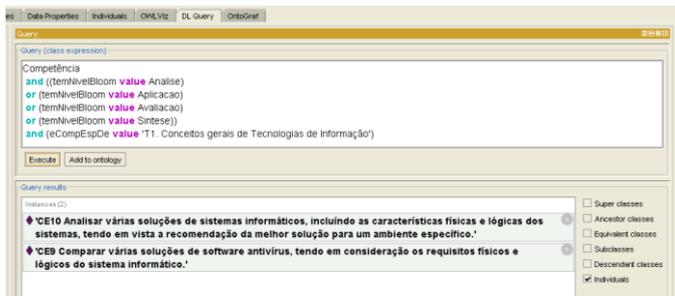


Figura 6 - Protégé: Aptidões esperadas aquando da conclusão do TC Conceitos Gerais de TI

### C. BD vs Ontologias

A tabela 2 apresenta, de uma forma sintética as principais diferenças existentes entre BD e Ontologias.

TABELA 2 - BD VS ONTOLOGIAS

BD	Ontologias
Assunção de um mundo fechado <ul style="list-style-type: none"> <li>A informação em falta é tratada como falsa</li> </ul>	Assunção de um mundo aberto <ul style="list-style-type: none"> <li>A informação em falta é tratada como desconhecida</li> <li>As ontologias são partilháveis, reutilizáveis e mapeáveis</li> </ul>
Assunção de um nome único <ul style="list-style-type: none"> <li>Cada individuo tem apenas um nome</li> </ul>	Assunção de um nome não único <ul style="list-style-type: none"> <li>Um individuo pode ter mais que um nome</li> </ul>
O esquema da BD comporta-se como restrições sobre a estrutura de dados <ul style="list-style-type: none"> <li>Define as estruturas lógicas válidas da BD</li> </ul>	Os axiomas da ontologia comportam-se como restrições (regras de inferência) <ul style="list-style-type: none"> <li>Envolve informações implícitas</li> </ul>
Foco nos dados	Foco no significado
Os tuplos são fundamentais	As instâncias são opcionais
Dicionário de dados <ul style="list-style-type: none"> <li>Artefacto separado</li> </ul>	Comentários <ul style="list-style-type: none"> <li>fazem parte da ontologia</li> </ul>
Permite interoperabilidade entre sistemas específicos. Por exemplo BD distribuídas.	Aumenta a interoperabilidade entre sistemas na Web, bem como o desenvolvimento de sistemas inteligentes.

Na bibliografia têm aparecido várias abordagens que integram ontologias e BD relacionais, nomeadamente: a) Usar a mesma técnica de modelação concetual para representar BDs e ontologias [44]; b) Gerar esquemas de BDs a partir de ontologias [45,46]; c) Obter ontologias a partir de representação de BDs [47,48] e d) Usar ontologias baseadas em BDs [49,50,51,52], entre outros. Esta última abordagem permite que as instâncias (dados) armazenadas em BDs possam ser eficientemente guardadas e consultadas usando as linguagens RDF ou OWL.

No estudo de caso apresentado, num futuro próximo, será necessário usar os dois paradigmas - BD e Ontologias. Quando o volume de dados for grande (nº de instâncias), as BD serão utilizadas para armazenar a informação e as ontologias serão usadas para permitirem que os sistemas suportados pela Web “dialoguem”, permitindo a recuperação da informação de uma forma semanticamente mais rica.

## VI. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

O presente trabalho, desenvolvido nas áreas da Educação Superior, Tecnologia Educativa e Gestão da Informação Aplicada à Web, teve como finalidade definir classificar e

interoperabilizar os RA das UC de uma área científica, de um curso de Ciências Empresariais.

A inovação deste projeto de doutoramento residiu, não só no desenvolvimento de um modelo inovador de identificação de Competências e RA, designado de MICRA, como também, na implementação de ferramentas informáticas – Base de Dados (BD) e Ontologia - que tiveram como objetivo gerir a informação resultante da aplicação do modelo, tornando-a assim interoperável, perceptível. No final fazemos uma análise comparativa de utilização de BD e/ou ontologias.

Como trabalho futuro, no que se refere ao modelo MICRA, verifica-se a necessidade de replicar a sua aplicação em instituições congêneres e comparar os resultados obtidos. Entendemos ainda ser importante sensibilizar os órgãos de gestão das instituições de Ensino Superior, nomeadamente na instituição que serviu de base ao estudo de caso, para definição de uma estratégia de adoção massiva do modelo. Quanto às ontologias propostas pretendemos introduzir novas funcionalidades, implementando os campos opcionais da norma IEEE RCD-IEEE std 1484.20.1 TM, 2007, designadamente definir competências usando uma estrutura formal e catalogar as competências com um conjunto de palavras-chave/metadados para pesquisa de OA na Web, usando a(s) norma(s) IEEE LOM ou/e DCM.

### REFERENCES

- [1] Decreto-Lei nº 115 de 7 de agosto de 2013. Regime Jurídico dos Graus Académicos e Diplomas do Ensino.
- [2] Tuning Educational Structures in Europe (2002). Acesso em: 19 de Março 2010, Disponível em: [http://www.aic.lv/ace/ace\\_disk/Bologna/Reports/projects/Tuning/Tun\\_Book.pdf](http://www.aic.lv/ace/ace_disk/Bologna/Reports/projects/Tuning/Tun_Book.pdf).
- [3] Roldão, M. C. (2003). Gestão do currículo e avaliação de competências. As questões dos professores. Lisboa: Editorial Presença.
- [4] IEEE-RCD (2008). Standard for Learning Technology - Data Model for Reusable Competency Definitions. Acesso em: 20 junho de 2011, Disponível em: <http://www.cenltsa.net/main.aspx?put=264>.
- [5] The European Qualifications Framework for Lifelong Learning (EQF). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-08474-4. DOI 10.2766/14352. Visited on 12 January 2010, available at [http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/news/EQF\\_EN.pdf](http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/news/EQF_EN.pdf).
- [6] Coillie, M. V. (2012). HR-XML Competency Website. Acesso em: 1 de junho de 2013, Disponível em: <http://wiki.teria.no/display/inloc/HR-XML+Competency>.
- [7] Bloom (1989), B. S.; Krathwol, David R., , Edward J. Engelhart, Max D.; Hill, Walker H. Taxonomy of Educational Objectives Book 1: Cognitive Domain . New York: Longman Publishing. 207 p. ISBN 0582280109
- [8] Krippendorff, Klaus (1980). Content Analysis. An Introduction to its Methodology. Londres: Sage.
- [9] Tuning Project (2009). Reference Points for the Design and Delivery of Degree Programmes in Business. Publicaciones de la Universidad de Deusto, Apartado 1 – 48080 Bilbao. Acesso em: Janeiro de 2010, Disponível em: <http://www.unideusto.org/tuningeu/publications/253-reference-points-for-the-design-and-delivery-of-degree-programmes-in-business.html>.

- [10] NBEA (2007) National Standards for Business Education. National Business Education Association, 1914 Association Drive, Reston, VA 20191.
- [11] Gonçalves, M. J. A., Pimenta P. Braga L. & Pérez Cota M. (2013d). Learning outcomes Interoperability: A case study. Proceedings of the 8ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (CISTI 2013), Lisboa, Portugal.
- [12] Gonçalves, M. J. A., Pimenta P., Braga L. & Pérez Cota M. (2013c). Defining and Classifying Learning Outcomes: A Case Study in the Issues in Informing Science and Information Technology (IISIT) Journal, volume 10 of 2013.
- [13] Hiernaux, J. P. (1997). Análise estrutural de conteúdos e modelos culturais: aplicação a materiais volumosos. em L. Albarello, F. Digneffe, J. P. Hiernaux, C. Maroy, D. Ruquoy e P. Saint-Georges. Práticas e Métodos de Investigação em Ciências Sociais. Lisboa: Gradiva.
- [14] Cassel, L. N., Davies, G., LeBlanc, R., Snyder, L., & Topi, H. (2008). Using a computing ontology as a foundation for curriculum development. In Proceedings of the Sixth International Workshop on Ontologies & Semantic Web for E-Learning (pp. 21-29). Montreal, Canada.
- [15] Cassel, L. N., Sloan, R. H., Davies, G., Topi, H., & McGettrick, A. (2007). The Computing Ontology project: The computing education application. In Proceedings of the 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 5196520). Covington, Kentucky, USA: ACM.
- [16] COW (2011). Computing Ontology Website. Acesso em: 12 de abril de 2011, Disponível em: <http://www.distributedexpertise.org/computingontology/?q=node>.
- [17] ACM (2012) Computing Classification System, 2012 Revision. Association for Computing Machinery em <http://www.acm.org/about/class/2012>.
- [18] OCSLD (2011) Oxford Brookes list of transferable skills. Oxford University.. Acesso em: 20 de dezembro de 2011, Disponível em: [http://www.brookes.ac.uk/services/ocslid/resources/trans\\_skills.html](http://www.brookes.ac.uk/services/ocslid/resources/trans_skills.html).
- [19] Vilán Crespo L., Pérez Cota M (2010) “Integración real de la informática en el sistema educativo no universitario de Galicia. Implicaciones, problemática actual y aportaciones para la contextualización y desarrollo de la Informática Educativa”, Tesis correspondiente al Programa de Doctorado em Informática Avanzada Para obtener el grado de Doctor.
- [20] Yin, R. K. (1994). Case Study Research: Design and Methods. Newbury Park: SAGE Publications, Applied Social Research Methods series, volume 5, p171, second edition.
- [21] Stake, R. E. (1999). Investigación con Estudio de Casos (R. Filella, Trad.). Madrid: Ediciones Morata.
- [22] Cohen, L., Manion, L. & Morriison, K. (2007). Research Methods in Education (6ª ed.). Great Britain: Routledge.
- [23] Bardin, L. (2007) Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70.
- [24] Codd, E. F. (1970). A Relational Model for Large Shared Data Banks, Communications of the ACM, 13, 6 (1970), 377-387.
- [25] Kim, W (1990). Introduction to object-oriented databases. MIT Press, Cambridge.
- [26] Marcus, S. & Subrahmanian, V. S. (1996). Foundations of multimedia database systems. J CM 43(3):474–523. doi:10.1145/233551.233554.
- [27] Özsü, M. T. & Valduriez, P. (1991). Distributed database systems: Where are we now?. Computer 24(8):68–78. doi:10.1109/2.84879.
- [28] Graves, M. & Goldfarb, C. F. (2001). Designing xml databases. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River.
- [29] Borgida, A., Brachman, R. J., McGuinness, D. L. & Resnick, L. A. (1989). Classic: a structural data model for objects. In: SIGMOD '89. Proceedings of the 1989 ACM SIGMOD international conference on management of data. ACM, New York, NY, USA, pp 58–67. doi:10.1145/67544.66932.
- [30] Berson, A. & Smith, S. J. (1997). Data warehousing, data mining, and olap. McGraw-Hill Inc., New York.
- [31] Azevedo, A., Abreu, A. & Carvalho, V., Desenho e Implementação de Bases de Dados com Microsoft Access XP, Centro Atlântico, 2002.
- [32] Guarino, N. & Giaretta, P. (1995). Ontologies and knowledge bases: towards a terminological clarification. Trento, Roma: Laboratory for Applied Ontology. Acesso em: 3 de março 2011. Disponível em: <http://www.loa-cnr.it/Papers/KBKS95.pdf>.
- [33] Guarino N. (1997) Understanding, building an using ontologies. International Journal of Human-Computer Studies Volume 46, Issues 2–3, February 1997, Pages 293–310.
- [34] Guarino, N. (1998). Formal ontology and information systems. Trento, Roma: Laboratory for Applied Ontology (LOA). Acesso em: 3 de março 2011, Disponível em <http://www.ladseb.pd.cnr.it/infor/Ontology/Papers/FOIS98.pdf>.
- [35] Uschold, M. & Gruninger, M. (1996). Ontologies: principles, methods an applications. Acesso em: 21 setembro de 2011. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.136.6109&rep=rep1&type=pdf>.
- [36] Gómez-Pérez A., Fernández-López M. & Corcho-García, O. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. where is their meeting point? Em Data knowledge engineering, vol 46. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, The Netherlands, pp 41–64.
- [37] Studer, R. et al. (1998). Knowledge engineering: principles and methods . Pennsylvania: School of Information Sciences and Technology(IST). Pennsylvania State University. Acesso em: 10 de abril de 2011, Disponível em <http://citeseer.nj.nec.com/225099.html>.
- [38] Gruber, T. R. (1993). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. [en línea]. Pennsylvania: School of Information Sciences and Technology (IST). Pennsylvania State University. Acesso em: 3 de março 2012, Disponível <http://citeseer.nj.nec.com/gruber93toward.html>.
- [39] Borst W.N. (1997). Construction of Engineering Ontologies, University of Twente, Enschede, NL- Center for Telematica and Information Technology, 1997.
- [40] Noy, N. F. & McGuinness, D. L. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. Acesso em: 2 de janeiro de 2012, Disponível em [http://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology\\_101.html](http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology_101.html)
- [41] Fernandez-Lopez, M., Gomez-Perez, A. & Juristo, N. (1997), Methontology: from Ontological Art towards Ontological Engineering, in 'Proceedings of the AAAI97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering', pp. 33–40.
- [42] McGuinness, D. L., & Harmelen, F. v. (2004). OWL Web Ontology Language - Overview. W3C Recommendation. Acesso em: 15 de julho de 2012, Disponível em: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [43] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., & Dean, M. (2004). SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. W3C Member Submission. Acesso em: 14 de novembro de 2012, Disponível em: <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>
- [44] Brockmans, S., Haase, P. & Hitzler, P. (2006). A metamodel and uml profile for rule-extended owl dl ontologies. In: Sure JDY (ed) The semantic web: research and applications: 3rd European semantic web conference, ESWC 2006, vol 4011, pp 303–316.

- [45] Jean, S., Pierra, G. & AitAmeur, Y. (2006). Domain ontologies: a database-oriented analysis. In: Proceedings of the web information systems and technologies (WEBIST'2006).
- [46] Fankam, C., Jean, S., Bellatreche, L. & Ait-Ameur, Y. (2008). Extending the ansi/sparc architecture database with explicit data semantics: an ontology-based approach. In: ECISA '08: Proceedings of the 2nd European conference on software architecture. Springer, Berlin, pp 318–321.
- [47] Astrova, I. (2005). Towards the semantic web—an approach to reverse engineering of relational databases to ontologies. In: Advances in Databases and Information Systems: 9th East-European Conference, ADBIS 2005, pp 111–122.
- [48] Sonia, D. & Khan, S. (2008). R2 transformation system: relation to ontology transformation for scalable data integration. In: IDEAS '08: proceedings of the 2008 international symposium on database engineering and applications. ACM, New York, NY, USA, pp 291–295 doi:10.1145/1451940.1451982.
- [49] HP Labs SemanticWeb Programme (2007). Jena, a semantic web framework for java. <http://jena.apache.org/>.
- [50] Broekstra, J., Kampman, A. & Van Harmelen, F. (2002). Sesame: a generic architecture for storing and querying RDF and RDF schema. In: Proceedings of the first international semantic web conference (ISWC 2002), Sardinia, Italy, LNCS, vol 2342. Springer, Berlin, pp 54–68. doi:10.1007/3-540-48005-6\_7.
- [51] Kampman, A & Broekstra, J. (2007). Sesame. Web resource. <http://www.openrdf.org>.
- [52] Dehainsala, H., Pierra, G., Bellatreche, L. & Ontodb L. (2007). An ontology-based database for data intensive applications. Proceedings of the 12th international conference on database systems for advanced applications (DASFAA'07), Bangkok, Thailand. LNCS, Springer, Berlin, pp 497–508.