

Mestrado em Engenharia Informática  
Estágio  
Relatório Final

# COLOR – Ambientes Colaborativos de Aprendizagem

Nuno Miguel Coelho Fernandes

[nmcf@student.dei.uc.pt](mailto:nmcf@student.dei.uc.pt)

Orientador:

Paulo Gomes

Data: 12 de julho de 2012



**FCTUC** DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA INFORMÁTICA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

# Resumo

Associado à necessidade de disseminação e partilha do conhecimento e num contexto de formação profissional, surge a necessidade de formação rápida também designada por formação *just in time*. Tipicamente este tipo de formação é suportado por uma metodologia de ensino a distância (*e-learning*) em regime de auto-formação. Para dar resposta a este novo contexto de aprendizagem existem os *Learning Management Systems* que assumem um papel preponderante nas organizações, uma vez que centralizam a maior parte da actividade pedagógica inerente ao cenário de formação profissional. A plataforma de aprendizagem PoLO – Portal de *Learning Objects* surgiu com a pretensão de ultrapassar carências em termos de aquisição de conhecimento, de modo a aumentar a eficácia da aprendizagem. No seguimento desse trabalho, o COLOR surge com o objetivo de ultrapassar limitações ao nível da colaboração e da organização da informação que o PoLO possui, desenvolvendo novas funcionalidades no âmbito das redes sociais e espaços de aprendizagem. Através da utilização de técnicas de *information retrieval*, aliadas a um contexto colaborativo, pretende-se o desenvolvimento de funcionalidades que permitam que a informação possa fluir de uma forma rápida e intencionada, aumentando a eficiência da aprendizagem.

## Palavras-Chave

*E-Learning*, Ensino e aprendizagem, *Information retrieval*, *Learning Objects*, *Learning Management Systems*, Plataformas de Aprendizagem Colaborativa, Repositórios de *Learning Objects*, SCORM.



# Índice

<b>1.</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Estado da Arte.....</b>	<b>3</b>
2.1.	<i>Learning Objects</i> .....	3
2.2.	Metadados .....	4
2.3.	Normas, Especificações e Modelos de Referência.....	5
2.4.	Repositórios de <i>Learning Objects</i> .....	7
2.4.1.	Discussão e Comparação dos Repositórios de LOs .....	8
2.5.	Modelos Colaborativos de Aprendizagem.....	10
2.5.1.	Fases do Processo de Aprendizagem .....	10
2.5.2.	Sistemas para Suporte à Aprendizagem Colaborativa .....	11
2.6.	Plataformas de Ensino e Aprendizagem.....	12
2.6.1.	<i>Learning Management Systems</i> .....	12
2.6.2.	<i>Personal Learning Environments</i> .....	14
2.7.	Conclusão.....	16
<b>3.</b>	<b>Metodologia do Projeto .....</b>	<b>17</b>
3.1.	Ferramentas Utilizadas.....	17
3.2.	Tecnologia.....	17
3.3.	Planeamento .....	18
<b>4.</b>	<b>Análise de Requisitos.....</b>	<b>20</b>
<b>5.</b>	<b>Arquitetura e Desenho do Sistema .....</b>	<b>26</b>
5.1.	Utilizadores do Sistema.....	26
5.2.	Arquitetura.....	26
5.2.1.	Camada de Dados .....	28
5.2.2.	Camada de Aplicação .....	29
5.3.	Desenho do Sistema.....	29
5.3.1.	Camada de Dados .....	30
5.3.2.	Camada de Aplicação .....	32
<b>6.</b>	<b>Implementação .....</b>	<b>34</b>
6.1.	Modelização do Aluno.....	34
6.2.	Modelização do LO.....	36
6.3.	Pesquisa de LOs.....	40
6.3.1.	Algoritmo de Pesquisa de <i>Strings</i> .....	40
6.3.2.	Ordenamento por Soma Pesada de Vários Fatores .....	41
6.3.3.	Ordenamento por Popularidade .....	43
6.4.	Sistema de Recomendação de LOs.....	43

<b>7.</b>	<b>Experimentação .....</b>	<b>45</b>
7.1.	Experimentação do Sistema de Pesquisa .....	45
7.2.	Testes funcionais ao Sistema .....	47
<b>8.</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>49</b>
8.1.	Sumário do Trabalho .....	49
8.2.	Pontos Fortes do Sistema.....	50
8.3.	Limitações do Sistema e Trabalho Futuro.....	50
	<b>Referências .....</b>	<b>52</b>

# 1. Introdução

Com o intuito de auxiliar os alunos numa aprendizagem mais eficiente, surgiu o conceito de *e-learning*, que inclui todas as formas de aprendizagem e ensino suportadas eletronicamente e que pretendem efetuar a construção de conhecimento com referência à experiência individual, à prática e ao conhecimento do aluno [Tavangarian, Leypold et al. 2004]. Com o aparecimento desta prática, surgiu a necessidade de um serviço de gestão de formação que centralizasse a maior parte da atividade pedagógica. Os *Learning Management Systems* vieram dar resposta a esse problema [Ellis 2009], sendo porém mais orientados a cenários de aprendizagem formal do que a cenários de auto-aprendizagem.

Da procura da otimização do processo de aprendizagem existente, introduzindo uma ideia de conteúdos pedagógicos mais simples e prática do que a existente até essa altura, surgiu o projeto PoLO [Martins 2010], pela Portugal Telecom Inovação e pela Universidade de Coimbra em 2009/2010. Era pretendida a ultrapassagem das carências em termos de aquisição de conhecimento que se verificavam, de modo a aumentar a eficácia da aprendizagem, poupando tempo aos formandos. Para além dessa eficácia e simplicidade, era pretendido o aumento do potencial dos conteúdos disponibilizados, tanto na sua catalogação e interoperabilidade como na sua reutilização.

O PoLO, apesar de ter atingido os objetivos descritos, não estava inserido num ambiente Web 2.0, não existindo qualquer tipo de funcionalidade que permitisse a interação entre alunos, para além de ter um problema de sobrecarga de informação. Surgiu então o PoLO II [Sá, Gomes, et al. 2010], com o objetivo de ultrapassar essas limitações, fornecendo ao aluno um conjunto de ferramentas que lhe permitissem encontrar informação mais rapidamente e ao mesmo tempo organizar os seus conteúdos. O PoLO II conseguiu aumentar o potencial de aprendizagem pessoal que uma rede social de aprendizagem tem, ou seja, faz uso de um ambiente Web 2.0 para aumentar o nível de aprendizagem. Ainda assim, as potencialidades de colaboração não chegam a ser muito exploradas.

Pretende-se então, no seguimento dos resultados dos projetos PoLO e PoLO II, estudar e desenvolver novas funcionalidades do sistema PoLO II no âmbito das redes sociais e espaços de aprendizagem pessoal para o ambiente de aprendizagem colaborativa e de aprendizagem não formal. Estas funcionalidades constituirão o sistema COLOR (*Collaboration Learning Objects Repository*) e focam-se em cinco grandes áreas.

- Análise e construção do perfil de utilizador, tendo em particular atenção a forma como este interage com a rede de contactos, e a forma como utiliza os *Learning Objects* (LOs) [Polsani 2003].
- Construção de ferramentas que permitam ao utilizador encontrar a informação desejada de uma forma rápida. Para isso serão utilizadas técnicas de *information retrieval*.
- Adição de ferramentas que potenciem a colaboração entre os utilizadores do sistema, melhorando o ambiente Web 2.0 do PoLO II.
- Adição de ferramentas que incentivem a participação do aluno na definição de conteúdos, fazendo com que este tenha um papel mais ativo no sistema e ajudando o sistema a adaptar-se às necessidades dos alunos.
- Adição de outras funcionalidades de apoio à atividade pedagógica, que permitam aos utilizadores tirarem um melhor partido do sistema.

O trabalho a desenvolver para o projeto COLOR apresenta, como objetivos específicos:

- A realização de um estudo aprofundado acerca das tendências de colaboração e partilha em sistemas de *Learning Objects* para formação profissional, como suporte à formação formal e informal;
- A especificação e desenvolvimento de um protótipo do modelo de colaboração a implementar no PoLO;
- O teste e a validação do protótipo num cenário de formação real restrito.

Desta forma, foi efetuada uma análise conceptual e tecnológica de serviços, informação e comunicação entre os vários atores do COLOR, desenvolvido um protótipo deste modelo e efetuada a sua implementação em ambiente real de aprendizagem.

Quanto à abordagem técnica, é pretendido:

- A realização de um estudo sobre o estado da arte dos modelos de comunidade e interação em sistemas de *Learning Objects* evidenciando estudos de casos reais, com particular destaque para ambientes de mercado empresarial;
- A modelização do aluno e dos objetos de aprendizagem do sistema PoLO, com base em técnicas de Inteligência Artificial, nomeadamente técnicas de Representação de Conhecimento e técnicas de Aprendizagem Computacional;
- O desenvolvimento das ferramentas de serviços, funcionalidades e ferramentas do modelo de colaboração para aprendizagem a integrar no POLO;
- A realização de um *case study* para analisar as interações entre aluno-aluno, aluno-LO, aluno-comunidade. Esta parte será estudada com recurso a técnicas de Análise de Redes Sociais. Estas técnicas serão desenvolvidas e posteriormente integradas no ambiente COLOR;
- O teste e a validação de conceitos, serviços e ferramentas desta técnica colaborativa de aprendizagem no ambiente POLO.

O COLOR utiliza uma arquitetura com três camadas (dados, aplicação e apresentação), e as implementações a efetuar da nossa parte passam pela camada de dados e pela camada de aplicação, ficando a implementação da camada de apresentação a cargo da Portugal Telecom Inovação. As modificações nestas camadas têm em vista a implementação dos requisitos descritos no capítulo 4, Análise de Requisitos.

Para a sua execução, o projeto seguiu as atividades de garantia da qualidade e Metodologia de Controlo da PT Inovação. Mais especificamente, os documentos produzidos no âmbito do projeto, como requisitos, conceção e manuais, serão sujeitos aos controlos de qualidade, gestão de riscos, gestão de alterações e de melhoria contínua.

Este documento encontra-se dividido em oito capítulos. O capítulo 1, Estado da Arte, mostra o nível atual de desenvolvimento na área dos repositórios de *Learning Objects*, nas plataformas de ensino e de aprendizagem e nos *Personal Learning Environments*. No capítulo 3, Metodologia do Projeto, são referidas as ferramentas e tecnologias utilizadas no projeto, assim como o seu planeamento. A análise de requisitos é apresentada no capítulo 4, Análise de Requisitos. Segue-se o capítulo 5, Arquitetura e Desenho, onde é feita a análise e são descritos os utilizadores do sistema, assim como a arquitetura e o desenho do sistema. No capítulo 6, Implementação, são descritos os algoritmos principais implementados no sistema, assim como a modelização do LO. A experimentação dos algoritmos descritos no capítulo referente à implementação é feita no capítulo 7. Finalmente, nas Conclusões, é feita uma recapitulação do trabalho. No Anexo A é apresentado o um estado da arte com informação mais detalhada.

## 2. Estado da Arte

Neste capítulo é feita a apresentação do estado da arte no que diz respeito aos repositórios de LOs existentes atualmente ou em fase de desenvolvimento, assim como a apresentação de conceitos associados ao *e-learning*, entre normas especificações e modelos de referência. É descrito também o conceito de plataformas de ensino e aprendizagem, juntamente com alguns exemplos destes sistemas. Outro aspeto importante é a apresentação do levantamento sobre *Personal Learning Environments*, devido às circunstâncias colaborativas em que estes funcionam. Ainda no contexto da colaboração, são descritos alguns trabalhos relevantes na área da aprendizagem colaborativa.

Este capítulo encontra-se dividido em cinco secções. Começamos por definir o conceito de *Learning Object* na secção 2.1. Na secção 2.2 falamos de metadados, mais especificamente da sua importância nos repositórios de LOs. Na secção 2.3 são introduzidas algumas normas, especificações e modelos de referência necessários para o entendimento do trabalho feito. Sobre os repositórios de LOs fala-se na secção 2.4, assim como é feita uma análise comparativa de alguns dos repositórios de LOs mais populares. Abordamos de seguida, na secção **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, a temática dos modelos colaborativos de aprendizagem. Por último, na secção 2.6, dois tipos de plataformas da área do ensino e da aprendizagem, os *Learning Management Systems*, e os *Personal Learning Environments* evidenciado as semelhanças e diferenças entre eles. Para um estado da arte mais detalhado, por favor consultar o Anexo A.

### 2.1. *Learning Objects*

Para resolver problemas relacionados com a falta de flexibilidade dos sistemas de *e-learning*, surgiu a necessidade de sistemas que disponibilizassem conteúdos de tamanho reduzido e que oferecessem rapidez e simplicidade aos utilizadores. Esses conteúdos deveriam ser reutilizáveis, multiplataforma e acedidos *on-demand*, de uma forma prática. Os *Learning Objects* (LO) surgiram como uma solução para esses problemas e permitem a representação de conteúdos, disponibilizando conteúdos de pequena granularidade de modo a atribuir novas competências aos formandos [Polsani 2003].

Existem várias definições para *Learning Object*:

- “Qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser usada para aprendizagem, educação ou treino” [IEEE 2001].
- “Qualquer recurso digital que possa ser reutilizado para suportar a aprendizagem” [Wiley 2002].
- “Uma nova forma de pensar acerca de conteúdos de aprendizagem. Tradicionalmente, o conteúdo vem em intervalos de várias horas. Os *Learning Objects* são unidades de aprendizagem muito mais pequenas, tipicamente variando entre 2 a 15 minutos” (Wisconsin Online Resource Center<sup>1</sup>).
- “A experiência estrutural independente mais pequena que contém um objetivo, uma atividade de aprendizagem e uma avaliação, em que: um objetivo é um elemento de um componente estrutural do LO que é uma afirmação descrevendo os resultados pretendidos de uma atividade de aprendizagem; a atividade de aprendizagem é um elemento de um componente estrutural de um LO que ensina um objetivo; uma avaliação é um elemento de

---

<sup>1</sup> [www.wisc-online.com/](http://www.wisc-online.com/)

<sup>2</sup> <http://dublincore.org/>



um componente estrutural de um LO que determina se um objetivo foi cumprido” [L’Allier 1997].

- “Unidade de conteúdo de aprendizagem independente e auto-compreensível que está predisposta a ser reutilizada em múltiplos contextos instrutivos” [Polsani 2003].

Polsani afirma que a definição do IEEE apresentada é muito abrangente e também impraticável, pois segundo esta definição, objetos não digitais e digitais desfrutam do mesmo estado conceptual, tornando impossível usar o termo *Learning Object* de uma forma significativa. Já quanto à definição de Wiley, Polsani afirma que é simples de mais, limitando-se a excluir os recursos não digitais da primeira definição. Não diferencia um LO de um qualquer simples componente como uma imagem ou um vídeo, faltando clarificação conceptual à definição. Já a definição do Wisconsin Online Resource Center’s inclui a imposição arbitrária do tempo, mas o tempo necessário para aprender o conteúdo de um LO não pode ser uma medida ou um meio de definir um LO na generalidade, pois o tempo necessário para explorar um LO varia de formando para formando, dependendo das características de cada um. A definição de L’Allier é mais articulada que as anteriores. Contudo, qualquer definição que estipule o uso pretendido, método e mecanismo de medição de um LO, restringe a reutilização, pois a metodologia, a intenção e a avaliação são determinadas pela situação instrutiva e não pelo próprio LO.

Polsani surge assim com uma definição própria mais adequada, apresentando os princípios da criação do conceito de LO, ou seja, aprendizagem e reutilização. Polsani afirma que para qualquer objeto digital ou pedaço de média ser considerado um LO, deve ser inserido numa *Learning Intention* (Intenção de Aprendizagem), que tem dois aspetos: forma e relação. A forma é a *framework* em que um objeto digital está embutido, e é a forma que define um conteúdo de média no trajeto para se tornar um LO. A relação é necessária para que a compreensão através da qual um objeto se torna um objeto de conhecimento não seja arbitrária, mas venha sim a partir de uma reorganização fundamentada de sensibilidade. E enquanto a forma e a relação fornecem um mecanismo para a constituição interna de um LO, a reutilização fornece-lhe valor. Um LO pode beneficiar de flexibilidade, escalabilidade e adaptabilidade oferecidas pela tecnologia de informação apenas quando o próprio objeto estiver predisposto para reutilização por múltiplos desenvolvedores em vários contextos de instrução.

## 2.2. Metadados

Os metadados [NISO 2004] podem ser definidos como informação estruturada que é criada especificamente para descrever outro recurso. Fornecem informação básica tal como o autor, a data de criação e o assunto do item descrito, analogamente a uma biblioteca, que facilita a descoberta de um trabalho em particular, fornecendo informação como o título, o autor, o editor, etc.

A catalogação consistente de recursos *on-line* maximiza as oportunidades para os utilizadores encontrarem os conjuntos mais relevantes e compreensivos de recursos. Os metadados podem também ser usados para organizar, guardar e ir buscar itens para propósitos de gestão da informação. A vantagem de usar uma norma de metadados é que os conjuntos de dados funcionarão com outros conjuntos que usem a mesma norma.

Os metadados são usados pelos repositórios para:

- Ajudar os utilizadores nas pesquisas, fornecendo uma especificação detalhada do tipo de material que está a ser pesquisado, tornando a pesquisa mais refinada do que a dos motores de pesquisa convencionais.
- Pesquisar os resultados das pesquisas de modo a que sejam dadas prioridades a palavras contidas em certos elementos de metadados em detrimento de outros elementos.
- Alocar itens em diferentes categorias dentro dos diretórios dos repositórios.
- Ajudar na gestão dos conteúdos.
- Fornecer informação geral de catalogação que poderá permitir que os documentos nos repositórios sejam pesquisados por outros motores de busca.

Dentro da comunidade internacional de educação as duas principais normas consideradas para os metadados são a Dublin Core<sup>2</sup> e a IEEE Learning Object Metadata (LOM) [IEEE 2002]. Para os intervenientes na educação e treino, a normalização, durante os anos de 2002 e 2003, das duas normas internacionais de metadados, IEEE LOM e Dublin Core, foi de uma importância significativa. As normas IEEE LOM e Dublin Core passaram a ser pontos de referência importantes para os implementadores construírem e gerirem sistemas de suporte ao *e-learning*.

Na prática, as organizações e as comunidades necessitam de implementar a LOM de formas que vão de encontro aos seus requisitos. Para fazer isso, essas entidades criam “perfis de aplicação”, um termo que tem sido adotado por grande parte da comunidade de metadados para descrever conjuntos de elementos de metadados que são ou versões abreviadas de normas completas ou são um conjunto heterogêneo de elementos desenhados para diferentes esquemas de metadados. Surgiram com a necessidade de contornar o problema do preenchimento de todos os elementos dos metadados, que é dispendioso e pouco prático. Consistem na utilização de metadados de uma ou mais especificações e no refinamento das definições dadas por estas. Tipicamente, os perfis de aplicação são desenvolvidos para ir de encontro às necessidades de uma aplicação específica, dentro de uma comunidade específica. Por exemplo, para trocar registos de metadados entre instituições de ensino superior num determinado país; ou para assegurar que o conteúdo que vem para uma agência governamental a partir de uma variedade de fontes externas possa ser incorporado no catálogo suportado pelo sistema de gestão de aprendizagem das agências; ou para suportar o desenvolvimento distribuído de materiais de recursos de aprendizagem por equipas de aprendizagem dentro de uma corporação. Contudo, existem atualmente diversas práticas relacionadas com a definição e a implementação de perfis de aplicação [IMS 2006a].

## 2.3. Normas, Especificações e Modelos de Referência

De seguida, são apresentadas as normas, especificações e modelos de referência mais relevantes na área do *e-learning*.

### IEEE LOM

A norma IEEE 1484.12.1 – 2002 [IEEE 2002] para a Learning Object Metadata (LOM) é uma norma aberta reconhecida internacionalmente, publicada pelo Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Learning Technology Standards Committee, para a descrição de LOs. A norma é conhecida como tendo múltiplas partes e define um modelo conceptual para os metadados e um

---

<sup>2</sup> <http://dublincore.org/>

*binding* XML. Alguns dos atributos dos LOs que são descritos por esta norma são: o tipo de objeto, o autor, o proprietário, os termos de distribuição, o formato e atributos pedagógicos, como o estilo de ensino e interação. É a especificação mais utilizada nem mais flexível na área do ensino e aprendizagem.

## Dublin Core

A norma Dublin Core<sup>3</sup> é um conjunto de metadados que descreve e cataloga um largo número de recursos numa rede, de modo a facilitar a localização desses recursos. Foi desenvolvida pela Dublin Core Metadata Initiative<sup>4</sup> (DCMI).

## CMI001

A CMI001 [AICC 2004] é uma especificação de interoperabilidade em tempo real pra Learning Management Systems (LMS), desenvolvida pela Aviation Industry CBT Committee (AICC).<sup>8</sup> A especificação CMI001 (CMI001 – AICC/CMI Guidelines For Interoperability) foi atualizada em 1998, onde foi adicionada uma interface baseada na *web* chamada de HACP (HTTP-based AICC/CMI Protocol). No ano seguinte, a especificação CMI001 sofreu uma atualização onde foi adicionada uma API Javascript. O modelo de dados de ambiente em tempo real e a API usadas na especificação SCORM são uma derivação deste trabalho.

## IMS

O IMS Global Learning Consortium<sup>9</sup> é uma organização global sem fins lucrativos que se esforça para permitir o crescimento e aumentar o impacto das tecnologias da aprendizagem. Os seus membros fornecem formação e fomentam o crescimento da indústria da aprendizagem. A sua principal atividade é desenvolver normas de interoperabilidade e de práticas de adoção para a aprendizagem distribuída. Algumas das quais, como a Interoperabilidade em Teste e Questões e a Enpacotamento de Conteúdos, são largamente usadas [IMS 2006].

## SCORM

O *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) [ADLI 2001a] define um *Content Aggregation Model*, um *Run-time Environment* e Sequenciamento e Navegação para *Learning Objects*. É um modelo que referencia um conjunto de especificações técnicas interrelacionadas e linhas orientadoras desenhadas para irem de encontro aos requisitos de alto nível do Departamento de Defesa dos EUA para conteúdo de aprendizagem baseado na *web*.

---

<sup>3</sup> <http://dublincore.org/documents/dces/>

<sup>4</sup> <http://dublincore.org/>

<sup>8</sup> <http://www.aicc.org/joomla/dev/>

<sup>9</sup> <http://www.imsglobal.org/>

A especificação SCORM define um *Content Aggregation Model*, um *Run-time Environment* e Sequenciamento e Navegação. Essas definições estão descritas em vários livros, a que se junta o *SCORM Overview* (Visão Geral), e podem ser visualizadas de uma forma geral na Figura 1. Em baixo descrevemos cada um dos livros.

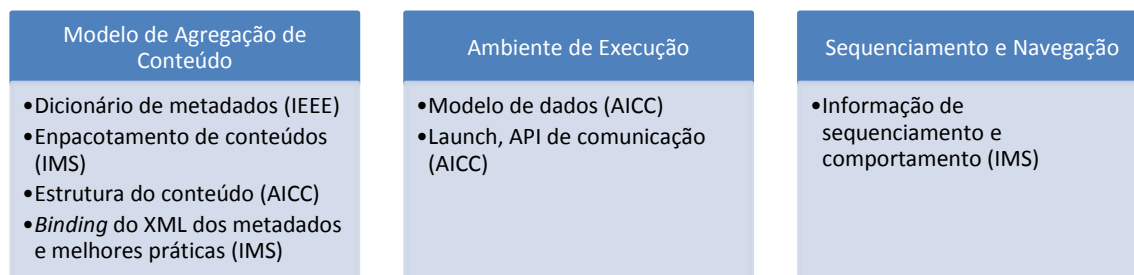


Figura 1 – Organização do SCORM

## Modelo de Agregação de Conteúdo do SCORM

O Modelo de Agregação de Conteúdo do SCORM representa um meio pedagogicamente neutro para os *designers* e os implementadores de instruções agregarem os recursos de aprendizagem com o propósito de transportarem uma experiência de aprendizagem desejada. Um recurso de aprendizagem é qualquer representação de informação que é usada numa experiência de aprendizagem. As experiências de aprendizagem consistem em atividades que são suportadas por recursos de aprendizagem eletrônicos ou não eletrônicos [ADLI 2001b]:

## Ambiente em Tempo de Execução do SCORM

Um objetivo do SCORM é que os recursos de aprendizagem sejam reutilizáveis e interoperáveis entre vários *Learning Management Systems* (LMS). Para isto ser possível, deve existir uma forma comum de começar recursos de aprendizagem, um mecanismo comum para os recursos de aprendizagem comunicarem com um LMS e uma linguagem ou vocabulário predefinidos formarem a base da comunicação. Esses três aspetos do Ambiente em Tempo de Execução são o *Launch*, a *Application Program Interface* (API) e o Modelo de Dados [ADLI 2001c].

## Sequenciamento e Navegação no SCORM

O livro de Sequenciamento e Navegação (SN) do SCORM descreve como o conteúdo compatível com o SCORM pode ser levado até aos alunos através de um conjunto de eventos de navegação iniciados pelos alunos ou pelos sistemas. A ramificação e o fluxo desse conteúdo podem ser descritos por um conjunto predefinido de atividades [ADL 2004].

## 2.4. Repositórios de *Learning Objects*

Os repositórios de LOs são plataformas que permitem submeter, armazenar, disseminar e pesquisar *Learning Objects*. Um repositório digital diferencia-se de outras coleções digitais pelas seguintes características [Heery & Anderson 2005]:

- O conteúdo é depositado num repositório seja pelo criador do conteúdo, detentor do conteúdo ou por terceiros;
- A arquitetura do repositório gere o conteúdo assim como metadados;
- O repositório oferece um conjunto mínimo de serviços básicos, como por exemplo *put*, *get*, pesquisa e controlo de acesso;
- O repositório deve ser sustentável e confiável, bem suportado e bem gerido.

### 2.4.1. Discussão e Comparação dos Repositórios de LOs

Com a vasta gama de repositórios disponíveis, é importante fazer uma análise comparativa das várias opções. É apresentada uma comparação seguidamente, separada por diferentes parâmetros.

**Armazenamento:** O armazenamento dos metadados e dos respetivos LOs variam segundo três abordagens:

- Armazenamento apenas de metadados, enquanto que os LOs estão armazenados em servidores remotos independentes.
- Armazenamento tanto dos metadados como dos LOs.
- Armazenamento dos metadados e de alguns LOs apenas.

Uma catalogação dos repositórios segundo estas abordagens pode ser encontrada na Tabela 1.

Apenas metadados	Metadados e todos os LOs	Metadados e alguns LOs
ARIADNE	Wisc-online	CAREO
MERLOT	PoLO	SMETE
Edna	E-Escola	
	BOA	

Tabela 1 – Armazenamento dos metadados e dos LOs pelos repositórios de LOs

**Descrição dos metadados:** a maior parte dos repositórios analisados utilizam um perfil de aplicação baseado no IEEE LOM, exceto o Edna e o BOA, que utilizam a especificação Dublin Core, o SMETE, que utiliza ambas as especificações, e o PoLO, que utiliza o SCORM.

**Navegação pelos LOs:** todos os repositórios apresentam um sistema de classificação hierárquico organizado por temas. Isso permite aos utilizadores navegarem em listas de LOs relacionados por um determinado tema, sendo também fornecida aos utilizadores, em todos os sistemas analisados, o número de LOs relacionados com determinado tema.

**Acesso aos repositórios de LOs:** na maior parte dos casos o acesso é gratuito, o utilizador não necessita de efetuar *login* no repositório para realizar operações de pesquisa e de consulta dos LOs. No entanto, no que se refere a qualquer tipo de colaboração, seja pela submissão de LOs ou pela submissão de comentários e outro tipo de informação, é geralmente necessário o utilizador estar registado e efetuar o respetivo *login*.

**Pesquisa:** a maioria dos repositórios fornece ferramentas de pesquisa simples e avançada, com possibilidade de filtragem por vários parâmetros, como:

- Fornecedor de conteúdo
- Tipo de LO (por ex.: aplicação, diagrama, exercício...)
- Contexto ou sector (por ex.: educação superior, educação técnica, educação profissional...)
- Formato (por ex.: Excel, PowerPoint, Word, áudio, imagens)
- Coleção, comunidade, categoria ou disciplina (por ex.: biologia, engenharia, história...)
- Grau de ensino ou audiência
- Língua
- Autor
- Data de adição
- Descrição
- Título
- Se foi ou não revisto por pares

**Pesquisa noutros repositórios de LOs:** nos repositórios estudados, a pesquisa noutros repositórios só está disponível nos seguintes: Ariadne, MERLOT, Edna e SMETE. Este tipo de pesquisa tem a vantagem de apresentar, de forma integrada, uma lista de todos os LOs existentes nos diversos repositórios.

**Informação devolvida pela pesquisa:** todos os repositórios estudados retornam, após a pesquisa, informação diversa associada aos LOs, como a descrição, a data de submissão, os autores, os contribuidores, os editores, as palavras-chave, o tema, o tipo de recurso, o número de *hits*, o recurso, o grau de ensino, o custo, os objetivos de aprendizagem, os pré-requisitos e o *rating*. Normalmente também é possível ordenar os resultados da pesquisa por parâmetros como a relevância, o título, a data de publicação ou a popularidade.

**Submissão dos LOs:** a submissão dos LOs é feita através de um formulário próprio. Nalguns repositórios a submissão dos LOs está sujeita a um processo de aprovação, de forma a controlar a qualidade.

**Preço e número de LOs:** verifica-se que nos repositórios de LOs em que o acesso é gratuito e os utilizadores podem também colaborar na submissão de LOs, o número de LOs é consideravelmente mais elevado e existe mais informação associada aos mesmos. Para além disso, o nível de qualidade dos LOs não é comprometido pelo facto de serem de consulta gratuita.

**Preenchimento dos metadados:** o preenchimento é feito através de formulários apropriados e varia de repositório para repositório dado que os perfis de aplicação são também diferentes. A ajuda para o preenchimento dos metadados nem sempre existe ou, quando existe, é só para um subconjunto. O preenchimento dos metadados não é, no entanto, validado pela maioria dos repositórios.

**Avaliação dos LOs:** alguns repositórios suportam a avaliação dos LOs por parte dos utilizadores. A informação dessa avaliação é depois utilizada como forma de ordenação na lista de resultados obtidos após uma pesquisa. Neste âmbito, o repositório MERLOT distingue ainda os melhores LOs com dois “prémios”.

**Submissão de comentários e outras informações:** Alguns repositórios, como por exemplo o e-escola, permitem que os utilizadores façam comentários aos LOs. Esses comentários são depois mostrados juntamente com os LOs. O repositório CAREO permite criar um fórum de discussão para cada LO.

**Revisão por Pares:** Apenas as plataformas MERLOT, Connexions e SMETE fazem este tipo de revisão, que consiste na avaliação do LO por pessoas reconhecidas na respetiva área do conhecimento.

**Suporte financeiro:** dos repositórios analisados, todos são suportados por consórcios, fundações ou iniciativas conjuntas de universidades com ou sem apoio governamental.

## 2.5. Modelos Colaborativos de Aprendizagem

A aprendizagem colaborativa é uma situação em que duas ou mais pessoas aprendem alguma coisa juntas [Dillenbourg 1999], procurando a compreensão, soluções, significados, ou criando um produto. Na aprendizagem colaborativa, existe um esforço conjunto intelectual por parte dos estudantes, ou dos estudantes em conjunto com os professores. Os professores que usam a aprendizagem colaborativa tendem a pensar menos neles próprios como transmissores de conhecimento aos estudantes, e mais como *designers* experientes de experiências intelectuais [Smith 1992], empenhados em suportar ou gerir as atividades metacognitivas relacionadas com a interação dos membros do grupo [Jermann 2001].

Ao contrário da aprendizagem individual, as pessoas inseridas na aprendizagem colaborativa contribuem para os recursos e proficiências de outras pessoas. Isso consegue-se quando alguém pergunta a outra pessoa por informação, avalia as ideias de outras pessoas, monitoriza o trabalho de outro, etc. [Chiu 2000] [Chiu 2008]. Mais especificamente, a aprendizagem colaborativa é baseada no modelo de que o conhecimento pode ser criado dentro de uma população onde os membros interagem ativamente partilhando experiências e assumindo cargos assimétricos [Mitnik, Recabarren et al. 2009].

De outra forma, a aprendizagem colaborativa consiste em metodologias e ambientes em que os alunos entram numa tarefa comum onde cada indivíduo depende de outros e ajuda outros. Essas metodologias e ambientes incluem tanto as conversações cara a cara como discussões por computador (fóruns *on-line*, salas de conversação, etc.). Métodos para examinar os processos de aprendizagem colaborativa incluem análises de conversação e análises estatísticas do discurso.

### 2.5.1. Fases do Processo de Aprendizagem

Segundo [Jermann 2001], a gestão de colaboração deve seguir um processo que compare continuamente o estado da interação com uma configuração alvo, sendo executadas ações sempre que ocorrer uma perturbação, de modo a trazer o sistema de volta ao equilíbrio. A gestão da colaboração pode ser descrita como um ciclo repetitivo contendo as seguintes fases:

1. Reunir dados da interação.
2. Construir um modelo da interação.
3. Comparar o estado atual da interação com o estado desejado.
4. Aconselhar/orientar a interação.

Os sistemas que adotam a colaboração geralmente adotam uma de duas abordagens. A primeira estrutura a situação em que a colaboração acontece, de modo a encorajar os membros do grupo a empenharem-se em certos tipos de interação. A segunda implica estruturar a colaboração através de instrução ou autorregulação.

## 2.5.2. Sistemas para Suporte à Aprendizagem Colaborativa

[Jermann 2001] sugere a divisão dos sistemas colaborativos de aprendizagem em três tipos:

- Sistemas de espelhamento (*mirroring*), que agregam dados *raw* em ficheiros de *log* e os mostram aos colaboradores. Permitem aos estudantes e professores acompanharem as ações dos participantes.
- Sistemas que monitorizam o estado da interação, chamados de ferramentas metacognitivas, que modelam o estado da interação e fornecem visualizações aos colaboradores que podem ser usadas para autodiagnosticar a interação.
- Sistemas de instrução ou aconselhamento, que guiam os colaboradores recomendando ações que os estudantes podem efetuar de modo a aumentarem a sua interação.

### ***Sistemas de espelhamento***

O nível mais básico de suporte que um sistema pode oferecer envolve fazer os estudantes ou professores estarem cientes das ações dos outros participantes [Jermann 2001], de modo a ajudar os estudantes a manter uma representação das atividades dos seus colegas de equipa. Esta conscientização nem sempre se verifica, pois frequentemente as ações tomadas podem não estar diretamente visíveis para os colaboradores, apesar de terem uma influência significativa na colaboração.

### ***Sistemas que monitorizam o estado da interação***

Os sistemas que monitorizam o estado da interação podem ser divididos em duas categorias [Jermann 2001]: aqueles que agregam os dados da interação num conjunto de indicadores de alto nível e os mostram aos participantes, e aqueles que internamente comparam o estado atual da interação a um modelo de interação ideal, mas não revelam esta informação aos utilizadores. No primeiro caso, é esperado que os alunos giram eles próprios a interação, tendo-lhes sido dada a informação apropriada para o fazerem. No segundo caso, é pretendido que esta informação seja usada mais tarde por um agente de formação, ou analisada por investigadores num esforço para perceber e explicar a interação.

### ***Sistemas de instrução ou aconselhamento***

Os sistemas de instrução ou aconselhamento [Jermann 2001] analisam o estado de colaboração usando um modelo de interação, e oferecem recomendações com a intenção de aumentarem a eficácia do processo de aprendizagem. O instrutor num sistema de recomendações tem um cargo similar ao de um professor numa sala de aula de aprendizagem colaborativa. Este ator, seja um computador ou um humano, é responsável por guiar os estudantes em direção à colaboração e aprendizagem efetivas.



## 2.6. Plataformas de Ensino e Aprendizagem

Como resposta ao crescendo da utilização de sistemas de *e-learning*, surgiu a necessidade centralização da atividade pedagógica pertencente ao panorama da formação profissional. As plataformas de ensino e aprendizagem surgiram como uma resposta a essa questão.

As plataformas de ensino e aprendizagem permitem gerir a aprendizagem dos alunos, promover uma boa utilização dos LOs, personalizar a aprendizagem de acordo com as necessidades dos alunos e ainda incentivar e promover a partilha do conhecimento entre todos através da disponibilização de recursos de planeamento, implementação e avaliação.

Os *Learning Management Systems* (LMS) [Ellis 2009] e os *Learning Content Management Systems* (LCMS) [Robbins 2002] representam duas categorias de plataformas de suporte ao ensino e aprendizagem suportadas por meios eletrónicos. De seguida passaremos a descrever estes dois tipos de sistemas.

### 2.6.1. *Learning Management Systems*

Um *Learning Management System* (LMS) é um sistema usado para a administração, documentação, monitorização, planeamento, transporte e descrição de programas de formação e aprendizagem, eventos *on-line* e em salas de aula, programas de *e-learning* e conteúdo de treino, ou seja, de todos os eventos de aprendizagem dentro de uma organização [Ellis 2009]. Consiste na substituição de programas de aprendizagem fragmentados por uma forma sistemática de avaliar e aumentar os níveis de competência e performance na organização. Por exemplo, um LMS simplifica os esforços globais de certificação, habilita as organizações a alinhar iniciativas de aprendizagem com objetivos estratégicos, e fornece uma forma viável de gestão de competências ao nível da empresa. O foco de um LMS é gerir formandos, mantendo o registo do seu progresso e performance ao longo de todas as atividades de aprendizagem. Um LMS executa tarefas administrativas difíceis, mas não é geralmente usado para criar conteúdos para cursos [Greenberg 2002].

Existem vários LMS no mercado. Passamos a apresentar um sistema desenvolvido pela PT Inovação, o Formare<sup>12</sup>, e os dois mais populares no mercado [Davis 2009]: o Moodle<sup>13</sup> e o Blackboard<sup>14</sup>.

### Formare LMS

O Formare<sup>15</sup> é um serviço integrado e flexível de *e-learning* e *b-learning*, desenvolvido pela PT Inovação, que suporta soluções de formação e educação em ambientes Internet/Intranet e difusão de conteúdos educacionais multimédia. Assenta a sua essência em 3 vetores principais: a interação eficaz e intuitiva com o utilizador, a disponibilização de serviços inovadores, de fácil utilização e a

---

<sup>12</sup> <http://www.formare.pt/>

<sup>13</sup> <http://moodle.org/>

<sup>14</sup> <http://www.blackboard.com/>

<sup>15</sup> <http://www.formare.pt/>

difusão de conteúdos formativos e informativos em diferentes formatos. Disponibiliza várias funcionalidades como gestão administrativa, pedagógica, de conteúdos e da avaliação.

## Moodle

O Moodle<sup>19</sup> (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) é um sistema de gestão de cursos de código aberto desenhado para ajudar educadores que pretendem criar cursos *on-line* e *Web sites* dinâmicos. É um *software* usado por todo o mundo por universidades, escolas, corporações e professores independentes. É utilizado principalmente num contexto de *e-learning* ou *b-learning*, permite a criação de cursos *on-line*, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem.

## Blackboard Learning System

O Blackboard Learning System<sup>22</sup> é um ambiente de aprendizagem virtual e um sistema de gestão de cursos desenvolvido pela Blackboard Inc, sendo uma aplicação proprietária. É uma plataforma de *software* baseada na Web. Oferece gestão de cursos, uma arquitetura aberta configurável e um *design* escalável que permite integração com sistemas de informação de estudantes e protocolos de autenticação. Pode ser instalado em servidores locais ou hospedado pela Blackboard ASP Solutions.

O sistema oferece alguns benefícios, como alta viabilidade, rápido feedback, comunicação melhorada, rastreabilidade, construção de proficiências e bom suporte ao utilizador. Por outro lado, são-lhe associados alguns problemas, como o facto de o *software* ter uma curva de aprendizagem elevada, ter algumas opções restritas a sistemas operativos específicos, ser ineficiente no uso de banda larga quando os materiais têm que ser descarregados de cada vez que o acesso é solicitado e o próprio *software* ter um custo elevado [Bradford 2007].

## Dokeos

O Dokeos<sup>23</sup> é uma plataforma de código aberto para aprendizagem à distância, em que formadores e alunos podem organizar cursos. Permite que os formadores se foquem na criação de cenários e conteúdo sem se terem que preocupar com aspetos técnicos [Dokeos 2011].

Mais especificamente, o Dokeos oferece um ambiente de aprendizagem ergonómico e efetivo, adaptado para dispositivos móveis e para tablets, sendo a sua interface constituída por botões e menus largos. Disponibiliza ferramentas para a produção de conteúdo *on-line*, entre as quais: uma caixa para média, que permite guardar e reaver média, fazendo uma divisão por categoria de média (imagens, fotos, áudio, vídeo, etc.); uma ferramenta de gestão de documentos, para a qual os utilizadores podem transferir vários tipos de documentos e organizá-los por pastas; modelos de conteúdos; criação de questionários, disponibilizando uma vasta gama de modelos; inserção de hiperligações; criação de glossários, que permitem definir termos ou frases relacionados com os cursos; conversão de apresentações em módulos; e importação de módulos SCORM.

---

<sup>19</sup> <http://moodle.org/>

<sup>22</sup> <http://www.blackboard.com/>

<sup>23</sup> <http://www.dokeos.com/en>

## ReLOAMS

O ReLOAMS, ou *Reusable Learning Objects Authoring Management System*, é um sistema que está a ser desenvolvido com o intuito de resolver as falhas que se verificavam nas definições de clareza conceptual e nos usos de LOs, resultando em problemas de *design* e de usabilidade nos sistemas de *e-learning*. É definido como um sistema prático de gestão de LOs desenvolvido para ajudar professores e administradores a gerir a complexidade de construção e desconstrução de LOs [Theng, Saputra et al. 2006].

### 2.6.2. *Personal Learning Environments*

Os *Personal Learning Environments* (PLEs) são um fenómeno relativamente novo no campo do *e-learning*, e o seu aparecimento foi motivado pelos seguintes fatores [Harmelen 2007]:

- A necessidade que os alunos que têm uma formação ao longo da vida têm por um sistema que lhes forneça uma interface para diferentes sistemas de *e-learning* e que permita que informações de portefólios sejam mantidas entre as instituições.
- A necessidade de os próprios alunos terem controlo sobre os sistemas de *e-learning*, necessidade essa corroborada por abordagens pedagógicas.
- As necessidades dos alunos que por vezes executam atividades de aprendizagem *offline*.

Como tal, um PLE define-se como um sistema de *e-learning* que fornece acesso a uma variedade de recursos de aprendizagem e que pode fornecer acesso a alunos e professores que usem outros PLEs e/ou *Virtual Learning Environments*. Em vez de se integrarem diferentes serviços num sistema centralizado, a ideia é fornecer o aluno com diferentes serviços, permitindo que ele selecione, use e combine os serviços da maneira que melhor vá de encontro às suas necessidades.

Os PLEs fazem parte de um ecossistema de aprendizagem. Um ecossistema de aprendizagem consiste em recursos disponíveis para um aluno, incluindo outras pessoas, sejam alunos ou professores, materiais impressos, materiais computacionais (ex. computadores e Internet), e outros recursos, como material em modelos físicos. Um PLE inclui as partes do ecossistema de aprendizagem que são baseadas no computador. Isso inclui programas como *browsers* e outros programas cliente, servidores e *web services*, sistemas ubíquos e universais e dispositivos *wireless* e móveis.

Um PLE segue uma filosofia construtivista [Harmelen 2007], ou seja, permite que os alunos construam ativamente novos conhecimentos à medida que interagem com o seu ambiente. O construtivismo social tem uma perceção que o conhecimento é criado pelos alunos no contexto de e como resultado da interação social. As abordagens do construtivismo social são particularmente auxiliadas usando serviços sociais em rede como mecanismos de mediação entre os alunos, e particularmente entre alunos distribuídos geograficamente.

Um PLE apresenta como pontos fortes, quando utilizado para o ensino, um aumento da motivação dos alunos; uma maior facilidade na produção e distribuição de conteúdos; a partilha de conteúdos entre instituições; a gestão total do ambiente virtual de aprendizagem; a realização de avaliações de alunos; suporte tecnológico para a disponibilização de conteúdos de acordo com um modelo pedagógico e *design* institucional; controlo de acessos e atribuição de notas.

Contrastando com as soluções LMS tradicionais, que são centradas na instituição, um PLE segue uma abordagem mais centrada no aluno, e é caracterizada pela liberdade de uso de um conjunto de ferramentas e serviços que pertencem e são controlados por alunos individuais. Uma comparação entre as plataformas LMS e as plataformas PLE pode encontrar-se na Tabela 2.

Plataforma LMS	Plataforma PLE
Centrada no professor e na instituição.	Centrada no aluno (o aluno pode selecionar as ferramentas mais adequadas às suas necessidades).
Interoperabilidade difícil.	Interoperabilidade baseada em normas.
Implementação cara mesmo para ferramentas gratuitas.	Maioritariamente sem custos.
Conteúdos com limitação temporal (o acesso aos conteúdos termina no final do curso)	Conteúdos evolutivos com suporte à formação ao longo da vida.
Plataforma segura com garantias de privacidade.	Exposição da informação podendo criar problemas de segurança e privacidade.
Cursos isolados uns dos outros e do exterior.	Social e colaborativa.
Desenvolvida especificamente para o ensino.	Integra ferramentas de uso genérico.
Mercado maduro com suporte garantido pelos fabricantes e comunidades de utilizadores.	As ferramentas evoluem rapidamente existindo grande variedade de escolha.

**Tabela 2 – Comparação entre as plataformas LMS e as plataformas PLE**

Como os PLEs usam várias aplicações configuradas individualmente, de acordo com as necessidades e os gostos do utilizador, surgem problemas de interoperabilidade entre essas aplicações. Este problema tem sido ultrapassado através do seguimento das normas da *Web 2.0*, que nos indicam que o *software* social é baseado num conjunto de pequenas peças pouco interligadas que recorrem a standards e a serviços *web*. Neste sentido têm surgido propostas de ferramentas que procuram facilitar a utilização e a agregação dos diferentes serviços e aplicações que podem integrar um PLE.

Um dos projetos mais citados é o Elgg<sup>29</sup>. Trata-se de uma plataforma de *software*, de código aberto, desenvolvido para a construção de redes sociais. A plataforma permite integrar diversas ferramentas com grande controlo por parte do utilizador. Segundo os seus autores, esta plataforma permite a criação de uma paisagem digital pessoal ("*personal learning landscape*").

Outro PLE de referência é o PebblePAD<sup>30</sup>. É um PLE usado em contextos de aprendizagem tão vastos como escolas, universidades e empresas, por alunos e professores. É usado tanto para planeamento do desenvolvimento pessoal (processo de criação de um plano de ação baseado na consciência, nos valores, na reflexão, no estabelecimento de objetivos e no planeamento para desenvolvimento pessoal dentro do contexto de uma carreira, educação, relações, ou simplesmente para benefício pessoal), como para desenvolvimento pessoal contínuo (processo que permite que uma pessoa mantenha os seus conhecimentos e aptidões relacionados com a sua vida profissional) ou para aprendizagem, ensino e avaliação. A plataforma foi desenhada com o aluno no centro do sistema e fornece suporte de modo a ajudar os utilizadores a criarem registos de aprendizagem, alcance de objetivos e objetivos desejados.

<sup>29</sup> <http://elgg.org/>

<sup>30</sup> <http://www.pebblepad.co.uk/>

Uma diferente solução é a Personal Learning Environment Framework (PLEF), uma *framework* que permite aos alunos tomarem controlo sobre a sua experiência de aprendizagem através da agregação, gestão, etiquetagem, comentários e partilha dos recursos favoritos, como *feeds* e *widgets*, dentro de um espaço personalizado.

## 2.7. Conclusão

Alguns repositórios analisados permitem a revisão de conteúdos por pares. Esta será uma funcionalidade a adotar no COLOR, pois este processo poderá trazer benefícios a todos os intervenientes no sistema [Ware 2008]: os gestores de conteúdos poderão ser ajudados nas suas decisões pelas opiniões de especialistas e os alunos poderão beneficiar por causa da filtragem que a revisão efetua e pelo “selo de aprovação” que a revisão deve fornecer. Para além dos interesses dos intervenientes, a revisão por pares poderá trazer três benefícios ao sistema: aumento na qualidade dos LOs; filtragem dos LOs para benefício dos alunos; e um “selo de aprovação” significando que os LOs cumprem certos requisitos.

Uma funcionalidade disponível na maioria dos repositórios analisados é o ordenamento dos resultados da pesquisa baseado na popularidade dos LOs. É uma funcionalidade interessante pois a popularidade tem em conta a opinião da comunidade, sendo indicada, portanto, para o ambiente colaborativo que será o COLOR.

Uma funcionalidade interessante no sistema CAREO, do ponto de vista colaborativo, é o fórum de discussão. O CAREO permitia que os utilizadores criassem um fórum por LO. É uma ferramenta que promove o debate entre os utilizadores, incentivando à colaboração entre os utilizadores da comunidade e, portanto, enquadrando-se nos objetivos do COLOR.

Os sistemas de espelhamento permitem aumentar a conscientização sobre ações tomadas em recursos partilhados, o que poderá ajudar os estudantes a manter uma representação das atividades dos seus colegas de equipa. Dada a importância deste tipo de sistemas, torna-se importante implementar no COLOR algumas funcionalidades típicas de um sistema de espelhamento. No nosso sistema serão então registadas as ações dos utilizadores, de modo que esse histórico de aprendizagem possa ser usado para espelhar a situação colaborativa mostrando as ações dos alunos lado a lado, e oferecendo uma representação de ações concorrentes, ajudando portanto os estudantes a coordenar as suas ações.

Dos *Personal Learning Environments* analisados foram retiradas também algumas ideias interessantes. Uma delas é o fórum de discussão, também verificado nalguns repositórios de LOs. Outra funcionalidade interessante do ponto de vista colaborativo são as *wikis*, que permitem aos utilizadores produzir conteúdo relacionado com os LOs. Outra funcionalidade interessante é o sistema de mensagens, que possibilita aos utilizadores trocarem mensagens com os seus contatos.

### 3. Metodologia do Projeto

No desenvolvimento deste trabalho teve que se optar por um de entre os possíveis modelos de desenvolvimento de *software* possíveis. Verificando cada um dos modelos, optou-se pelo seguimento do modelo em cascata, sobretudo devido a este apresentar os seguintes benefícios [Munassar 2010]:

- É fácil de implementar e de perceber.
- É largamente usado e conhecido.
- Consolida bons hábitos: definir antes de desenhar e desenhar antes de definir.
- Define entregas e metas.

Para o desenvolvimento do projeto foram utilizadas várias ferramentas e tecnologias, que são descritas a seguir. O *software* utilizado para o desenvolvimento do projeto foi o já usado no projeto precedente do COLOR, o PoLO. A escolha do *software* e das tecnologias a usar partiu da PT Inovação.

#### 3.1. Ferramentas Utilizadas

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado Microsoft<sup>31</sup> Visual Studio 2010<sup>32</sup>. No decorrer do desenvolvimento da interface do utilizador, foram utilizados alguns comandos do Telerik<sup>33</sup> RadControls *for* ASP.NET AJAX<sup>34</sup>.

Foi utilizado também o *software* de mapeamento objeto-relacional Telerik OpenAccess ORM<sup>35</sup>. Através do modelo de dados da aplicação, esta ferramenta gera a camada de acesso aos dados. No apoio à gestão da base de dados, recorreu-se à ferramenta SQL Server Management Studio Express<sup>36</sup>, que nos permitiu interagir com a base de dados através de uma interface gráfica.

#### 3.2. Tecnologia

No desenvolvimento da camada de aplicação (ver secção 5.2) foi usada a *framework* Microsoft .Net<sup>37</sup> 4.0. A camada de negócio está escrita na linguagem C#. Foi também usada a linguagem LINQ<sup>38</sup>, um componente da *framework* referida que permitiu a adição de capacidades de *querying* à linguagem C#. Já para a camada de interface foi utilizada a *framework* para aplicações web ASP.NET<sup>39</sup>. Nesta camada programou-se em linguagem C#, no lado do servidor. No lado do cliente, usou-se a linguagem Javascript para a adição de conteúdo dinâmico à aplicação. Quanto à camada de dados, usámos o servidor de bases de dados relacionais Microsoft SQL Server 2005.

---

<sup>31</sup> <http://www.microsoft.com/>

<sup>32</sup> <http://www.microsoft.com/visualstudio/en-us/products/2010-editions>

<sup>33</sup> <http://www.telerik.com/>

<sup>34</sup> <http://www.telerik.com/products/aspnet-ajax.aspx>

<sup>35</sup> <http://www.telerik.com/products/orm.aspx>

<sup>36</sup> <http://www.microsoft.com/download/en/details.aspx?id=8961>

<sup>37</sup> <http://www.microsoft.com/net>

<sup>38</sup> <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb308959.aspx>

<sup>39</sup> <http://www.asp.net/>

### 3.3. Planejamento

No desenvolvimento deste trabalho foi seguido um modelo de desenvolvimento em cascata, sendo dividido portanto pelas fases de análise de requisitos, projeto, implementação, integração, testes, instalação e, finalmente, manutenção do *software*. O seguimento deste modelo resultou no planejamento descrito na Tabela 4 e na Figura 1.

Tarefa	Data de início	Data de fim
Relatório do Estado da Arte	07/07/2011	30/07/2011
Modelização do Aluno e do LO	07/07/2011	30/09/2011
Especificação e Conceção	01/09/2011	01/11/2011
Relatório de Conceção	01/11/2011	01/12/2011
Proposta de Estágio	01/12/2011	13/01/2012
Desenvolvimento do protótipo	03/10/2011	28/04/2012
Testes e experimentação	01/03/2012	28/04/2012
Relatório Final do Projeto	31/05/2012	30/06/2012

**Tabela 3 – Planejamento inicial**

Tarefa	Data de início	Data de fim
Relatório do Estado da Arte (ver capítulo 2)	07/07/2011	30/07/2011
Modelização do Aluno e do LO (ver secções 6.1 e 6.2)	07/07/2011	30/09/2011
Especificação e Conceção	01/09/2011	01/11/2011
Relatório de Conceção	01/11/2011	01/12/2011
Proposta de Estágio	01/12/2011	13/01/2012
Desenvolvimento do protótipo	03/10/2011	17/07/2012
Testes e experimentação (ver capítulo 8)	01/06/2012	31/07/2012
Relatório Final do Projeto	31/05/2012	12/07/2012

**Tabela 4 – Planejamento após alterações**



Figura 1 – Diagrama de Gantt

Como se pode observar nas tabelas Tabela 3 e Tabela 4, ocorreram alguns desvios em relação ao que estava definido no planeamento inicial. Os desvios ocorreram nas tarefas de desenvolvimento do protótipo e, consequentemente, de testes e experimentação. A causa desses desvios deve-se a que este se trata de um projeto de uma dimensão considerável, em que os requisitos foram alvo de mudanças ao longo do tempo.



## 4. Análise de Requisitos

Neste capítulo é descrito o que foi feito relativamente a cada um dos requisitos funcionais definidos para o projeto. Enquanto nós ficámos encarregados da implementação da parte da camada de aplicação e da camada de dados (ver secção 5.2), a PT Inovação ficou encarregada da implementação da camada de apresentação (ver secção 5.2).

Os requisitos funcionais do projeto podem ser enquadrados em quatro áreas. A primeira área consiste na análise e construção do perfil de utilizador, tendo em particular atenção a forma como este interage com a rede de contactos, e a forma como utiliza os LOs. Os requisitos funcionais inseridos nessa área são os seguintes:

- O sistema deve registar os LOs visualizados por um utilizador.
- Um utilizador deve ter uma página pessoal.

A segunda área consiste no desenvolvimento de ferramentas que permitam ao utilizador encontrar a informação desejada de uma forma rápida. Para isso serão utilizadas técnicas de *information retrieval*.

- O sistema deve sugerir LOs aos alunos.
- O utilizador deverá poder pesquisar por LOs.

A terceira consiste na adição de ferramentas que potenciem a colaboração entre os utilizadores do sistema, melhorando o ambiente Web 2.0 do PoLO II. Os requisitos que se enquadram nesta área são os seguintes:

- O sistema deve disponibilizar um fórum de discussão associado a cada LO.
- O sistema deve disponibilizar um *chat* associado a cada LO.
- Um utilizador deve poder comunicar através de mensagens com outros utilizadores.
- Um utilizador deve poder seguir ações de outros utilizadores.
- Um utilizador deve poder fazer *Like* a um LO.
- Um utilizador deve ter uma página pessoal.

A quarta consiste na adição de ferramentas que incentivem a participação do aluno na definição de conteúdos, fazendo com que este tenha um papel mais ativo no sistema, contribuindo para que o sistema vá de encontro às necessidades dos alunos:

- Um aluno deve poder submeter LOs.
- Um aluno deve poder sugerir novos temas para LOs.

A quinta área consiste na adição de outras funcionalidades de apoio à atividade pedagógica. Os requisitos seguintes podem-se enquadrar nesta área:

- O sistema deve fornecer gestão global de notas pessoais.
- O sistema deve enviar notificações de novas versões de LOs aos utilizadores.
- Um concetor deve poder indicar se um LO está apto para um ambiente móvel ou não.
- Um utilizador deve poder ter o perfil de convidado.
- Um utilizador deverá ter uma data de validade.
- Um utilizador deve poder validar LOs.

- Um utilizador poderá criar LOs que tenham como objetivo a partilha de informação e não sejam formativos.
- Os LOs devem ter a informação de qual é o seu formato técnico.
- Quando não for possível visualizar o conteúdo de um LO no COLOR, o utilizador deve ser redirecionado para uma página externa ao COLOR.
- Um utilizador deve poder rever LOs.
- Os LOs devem ser validados antes de estarem disponíveis para os alunos.

A Tabela 5 apresenta todos os requisitos funcionais.

Código	Descrição
RF1	O utilizador deverá poder pesquisar por LOs
RF2	O sistema deve sugerir LOs aos alunos
RF3	O sistema deve disponibilizar um fórum de discussão associado a cada LO
RF4	Um utilizador deve poder rever LOs
RF5	O sistema deve disponibilizar um <i>chat</i> associado a cada LO
RF6	Um utilizador deve poder comunicar através de mensagens com outros utilizadores
RF7	Um utilizador deve poder seguir ações de outros utilizadores
RF8	O sistema deve registar os LOs visualizados por um utilizador
RF9	O sistema deve apresentar aos utilizadores os LOs mais populares
RF10	Um utilizador poderá criar LOs que tenham como objetivo a partilha de informação e não sejam formativos
RF11	O sistema deve fornecer gestão global de notas pessoais
RF12	Os LOs devem ser validados antes de estarem disponíveis para os alunos
RF13	Um utilizador deve ter uma página pessoal
RF14	O sistema deve enviar notificações de novas versões de LOs aos utilizadores
RF15	Um concetor deve poder indicar se um LO está apto para um ambiente móvel ou não
RF16	Um aluno deve poder submeter LOs
RF17	Um aluno deve poder sugerir novos temas para LOs
RF18	Um utilizador poderá ter o perfil de convidado
RF19	Um utilizador deverá ter uma data de validade
RF20	Um utilizador deve poder fazer <i>Like</i> a um LO

**Tabela 5 – Requisitos funcionais**

De seguida são descritos todos os requisitos detalhadamente, sendo descrito em que consistiu a implementação de cada um, assim como as mais-valias que trouxeram ao sistema.

### **RF1 – O utilizador deverá poder pesquisar por LOs**

Este requisito consistiu na implementação de mecanismos que permitem ao utilizador pesquisar por LOs. O sistema PoLO II já possuía um sistema de pesquisa. No COLOR, melhorou-se esse

sistema, adicionando vários tipos de ordenamento dos resultados. São eles o ordenamento por relevância, por popularidade, por data e por título. No capítulo 6.3, é descrito detalhadamente o algoritmo de pesquisa.

Os sub-requisitos associados são os seguintes:

- RF1.1: o sistema deve fornecer ordenamento de pesquisa por popularidade. Consistiu no desenvolvimento mecanismos que permitam aos utilizadores ordenarem os resultados das pesquisas por popularidade. A popularidade é baseada na Classificação de Bayes dos LOs.
- RF1.2: o sistema deve fornecer ordenamento de pesquisa por soma pesada de vários fatores. Na secção 6.3. são detalhados esses fatores.
- RF1.3: O sistema deve disponibilizar resultados de pesquisa baseados no perfil dos utilizadores: este requisito consistiu no desenvolvimento de mecanismos que fazem com que as pesquisas apresentem resultados baseando-se nos perfis dos utilizadores. O perfil do utilizador influencia os resultados ordenados por relevância. São tidos em conta os LOs a que o aluno fez *Like* anteriormente, os LOs que o utilizador adicionou aos favoritos e os LOs visualizados recentemente pelo utilizador.

#### **RF2 – O sistema deve sugerir LOs aos alunos**

Este requisito consistiu no desenvolvimento de mecanismos que façam com que o sistema sugira LOs aos alunos baseando-se no perfil dos utilizadores. Estas sugestões são apresentadas numa vista própria. A implementação deste requisito é descrita detalhadamente na secção 6.4 .

#### **RF3 – O sistema deve disponibilizar um fórum de discussão associado a cada LO**

Possibilita aos utilizadores o debate de questões através de mensagens publicadas. Cada fórum estará associado a um LO e só poderá ser visualizado por alunos que já tenham feito o LO, para além dos gestores, concetores e administradores. Foi integrado um módulo com esta funcionalidade, construído pela PT Inovação.

#### **RF4 - Um utilizador deve poder rever LOs**

Este requisito consistiu no desenvolvimento de uma funcionalidade que permite que um ou vários utilizadores possam fazer a revisão de LOs. Apenas os gestores de conteúdos poderão convidar revisores. Pode ser pedido a qualquer tipo de utilizador para que seja revisor de um LO. A revisão consiste num conjunto de respostas a perguntas pré-definidas no sistema. O revisor atribui uma nota ao LO. A escala é de 1 a 5, com representação da escala qualitativa. Os itens a classificar são os seguintes: qualidade do LO, originalidade, facilidade de utilização, rigor. O avaliador deverá também indicar se recomendaria ou não o LO a outro utilizador.

#### **RF5 - O sistema deve disponibilizar um *chat* associado a cada LO**

Este requisito permite que os utilizadores comuniquem entre si através de mensagens instantâneas. Existe um *chat* por cada LO, que será utilizado por alunos que estejam a frequentar o LO. Foi integrado um módulo com esta funcionalidade, construído pela PTIn.

#### **RF6 – Um utilizador deve poder comunicar através de mensagens com outros utilizadores**

Este requisito permite que os utilizadores comuniquem através de mensagens. As tarefas deste requisito incluem:

- RF 4.1: Um utilizador deve ser capaz de enviar mensagens para outros utilizadores.
- RF 4.2: Um utilizador deve ser capaz de responder a mensagens enviadas por outros utilizadores.
- RF 4.3: O utilizador deve poder optar pelo recebimento de mensagens no *e-mail* externo ao COLOR.

#### **RF7 – Um utilizador deve poder seguir ações de outros utilizadores**

Consiste no desenvolvimento de mecanismos que permitam a um utilizador seguir outros utilizadores e receber notificações das suas atividades. O sub-requisito associado é o seguinte:

- RF 5.1: O sistema deve fornecer opções de privacidade no que respeita ao seguimento de utilizadores.

#### **RF8 – O sistema deve registar os LOs visualizados pelo utilizador**

Este requisito consistiu no desenvolvimento de mecanismos que permitem que quando um utilizador entra num LO, esse fato seja guardado na base de dados. Esses dados ajudam a compor o perfil do utilizador e são usados no ordenamento da pesquisa por soma pesada de vários fatores e na sugestão de LOs pelo sistema. Ficam registados na base de dados um número máximo de LOs visualizados, que é parametrizável.

#### **RF9 – O sistema deve apresentar aos utilizadores os LOs mais populares**

O sistema apresenta uma lista com os LOs mais populares. Para o cálculo da popularidade são tidos em conta os seguintes fatores:

- O rating de Bayes do LO, que será calculado com base no número médio de votações de todos os LOs, na média de votações, no número de votos do LO e no rating do LO;
- A idade do LO: quanto mais antigo for um LO, menor probabilidade terá de aparecer na lista.

#### **RF10 – Um utilizador poderá criar LOs que tenham como objetivo a partilha de informação e não sejam formativos**

Este requisito consistiu na adição de uma opção à criação de LOs, que permite especificar se um LO é formativo, ou seja, se tem avaliação e conta para histórico, ou se o LO é apenas para partilha de informação e não tem questionário. Este requisito não invalida que não fique registado que um utilizador viu um LO.

#### **RF11 - O sistema deve fornecer gestão global de notas pessoais**

Este requisito consistiu no desenvolvimento de um mecanismo que permite ao utilizador escrever e visualizar anotações, estando ou não dentro de um LO. São disponibilizadas aos utilizadores todas as suas notas sobre os LOs.

#### **RF12 – Os LOs devem ser validados antes de estarem disponíveis para os alunos**

Este requisito consistiu no desenvolvimento de uma funcionalidade que permite que um utilizador possa fazer a revisão de LOs. Apenas os gestores de conteúdos e os administradores podem validar LOs. Os gestores de conteúdos podem apenas validar LOs da sua área de gestão.

#### **RF13 – Um utilizador deve ter uma página pessoal**

A página pessoal de utilizador consiste numa página que contem dados sobre o utilizador. Esta página pode ser visualizada pelo próprio utilizador e pelos seus contatos e os dados apresentados são os seguintes:

- Informação pessoal. Entre os dados a incluir na informação pessoal deve constar um campo para indicar se o utilizador está ativo e a opção de o utilizador estar ativo até uma determinada data, havendo portanto utilizadores com prazo de vida.
- LOs revistos pelo utilizador.
- Quem está a seguir o utilizador e que outros utilizadores é que o utilizador está a seguir.
- LOs produzidos pelo utilizador.
- LOs já realizados, no caso dos alunos.
- LOs a frequentar atualmente, no caso dos alunos.
- LOs sugeridos à comunidade.
- Um *link* para as suas redes.
- Opções de privacidade, em que os utilizadores podem escolher se querem que a sua página pessoal esteja visível para os seus contatos ou não.

#### **RF14 – O sistema deve enviar notificações de novas versões de LOs aos utilizadores**

Este requisito consistiu no desenvolvimento de mecanismos que permitem aos utilizadores receberem notificações de novas versões de LOs já frequentados pelos utilizadores.

#### **RF15 – Um concetor deve poder indicar se um LO está apto para um ambiente móvel ou não**

Consistiu na adição de um atributo ao LO, que permite que o criador do LO possa assinalar se o LO é indicado para um ambiente móvel ou não.

#### **RF16 – Um aluno deve poder submeter LOs**

Consistiu no desenvolvimento de mecanismos que permitem que um aluno possa submeter LOs para aprovação, passando o utilizador respetivo a ter também as funções de concetor, caso a submissão seja aprovada.

#### **RF17 – Um aluno deve poder sugerir novos temas para LOs**

Consistiu no desenvolvimento de mecanismos que permitem aos alunos sugerirem temas para novos LOs. As sugestões consistem numa mensagem enviada dos alunos para os gestores, que assim podem ter noção das necessidades de formação.

#### **RF18 – Um utilizador poderá ter o perfil de convidado**

Este requisito consistiu na adição de mais um tipo de perfil ao sistema: o Convidado. Um utilizador deste tipo pode efetuar consultas, mas não edições, avaliações, sugestões ou criações.

**RF19 – Um utilizador deverá ter uma data de validade**

Este requisito consistiu na implementação de mecanismos que permitem que possa ser definido um prazo para a conta dos utilizadores, após o qual o utilizador não poderá aceder ao sistema.

**RF20 – Um utilizador deve poder fazer *like* a um LO**

Consistiu na implementação de um sistema que permite que os utilizadores possam fazer *Like* a um LO.

## 5. Arquitetura e Desenho do Sistema

Este capítulo tem como principal objetivo a arquitetura e o desenho do projeto. A fase de especificação consiste na definição da arquitetura. A fase de desenho consiste na elaboração da descrição detalhada das seguintes camadas:

- Camada de Dados: responsável pelo armazenamento de dados.
- Camada de Negócio: responsável por toda a lógica interna de funcionamento do protótipo.
- Camada de Interface: responsável pela apresentação da informação aos utilizadores e interação com os mesmos.

Na secção 5.1 são apresentados os utilizadores do sistema. Depois, na secção 5.2, é definida a arquitetura do sistema, sendo referido os módulos que já estavam implementados no sistema PoLO II e que foram modificados, para além dos novos módulos que foram adicionados. Na secção 5.3 é descrito o desenho do sistema, sendo descritas as principais alterações efetuadas nas classes da camada de aplicação e nas entidades da camada de dados.

### 5.1. Utilizadores do Sistema

O sistema vai ter os seguintes perfis de utilizadores:

- *Administrador* – faz a gestão de todo o sistema, em especial dos vários utilizadores.
- *Gestor de Conteúdos* – faz a gestão da classificação de LOs de forma a esta classificação se manter coerente.
- *Conceptor* – responsável pela criação de LOs.
- *Aluno* – pode frequentar LOs, adquirindo competências.
- *Convidado* – poderá conhecer o sistema, mas não poderá criar LOs.

### 5.2. Arquitetura

A arquitetura do COLOR está já definida pela arquitetura do projeto em que assenta – o PoLO II. Neste ponto não existem arquiteturas alternativas que se integrem tão bem como a arquitetura já usada no PoLO II. Assim foi decidido desenvolver as novas funcionalidades na arquitetura já existente. Caso contrário o esforço de integração seria maior, e a performance seria menor.

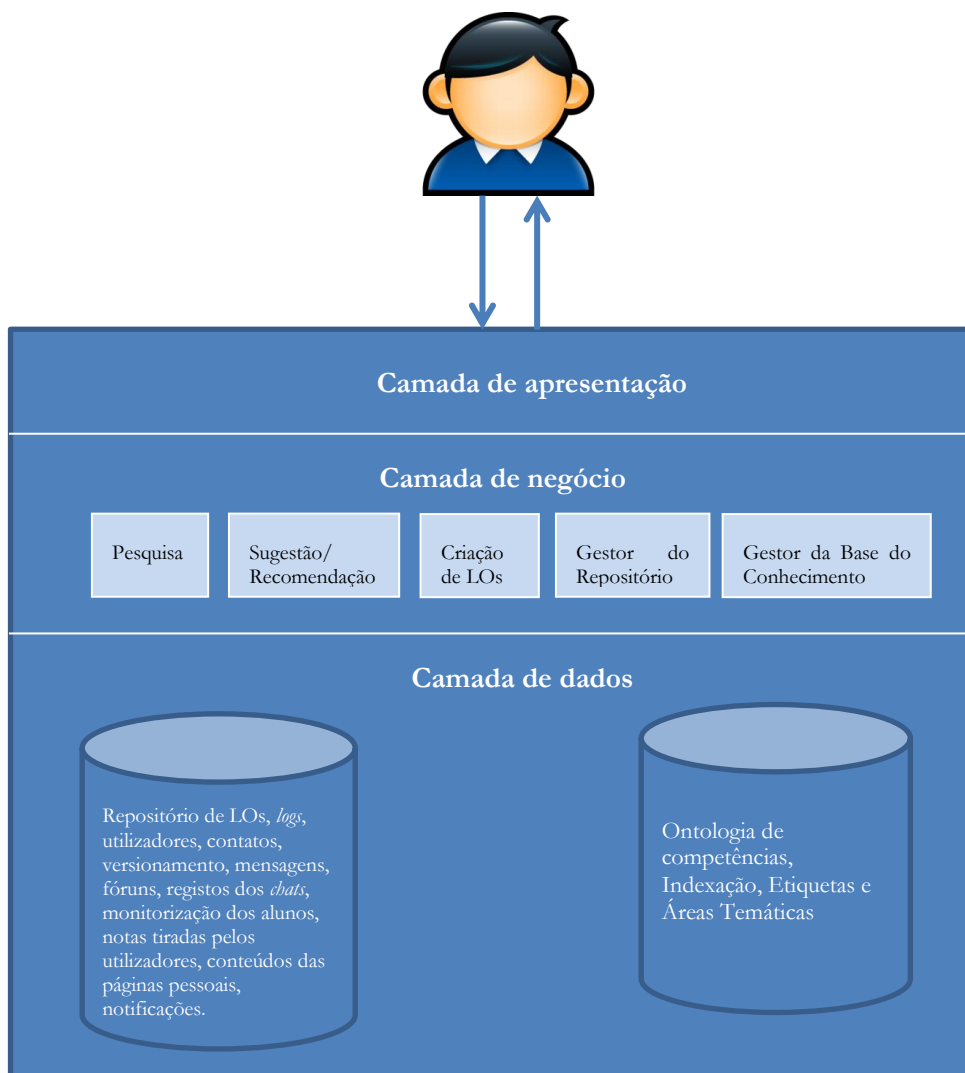
Esta arquitetura assenta em três camadas. Esta solução é uma arquitetura bastante usada para sistemas baseados na *Web*, em que existe uma clara distinção entre camadas, permitindo uma separação clara nas três principais partes de um sistema: apresentação, lógica de negócio e dados. Isto permite uma maior flexibilidade em caso de modificações e de manutenção. Esta arquitetura tem também a vantagem de ser mais compreensível para os programadores, já que divide conceptualmente as várias partes da aplicação. É também de realçar que é o tipo de arquitetura usada pelos sistemas em que o COLOR pode vir a ser integrado.

As camadas envolvidas são as seguintes:

- **Dados** – armazena os dados sobre os LOs, Registos de Utilização e Utilizadores, competências, etiquetas, índices, versionamento, fóruns, registos dos *chats*,

monitorização dos alunos, notas tiradas pelos utilizadores, conteúdos das páginas pessoais, notificações e seguimento de utilizadores.

- **Aplicação** – efetua todas as operações lógicas sobre o negócio, com destaque para: a gestão do repositório, gestão da ontologia de representação, pesquisa, sugestão/recomendação e criação de LOs.
- **Apresentação** – apresenta o conteúdo para o utilizador e interage com ele.



Uma visão global da arquitetura pode ser vista na Figura 2. De seguida passamos a descrever as camadas de dados e de aplicação. O desenho da arquitetura da camada de interface ficou a cargo da PT Inovação.

**Figura 2 – Arquitetura do projeto**



### 5.2.1. Camada de Dados

No PoLO II, na camada de dados, tínhamos os seguintes módulos:

- Repositório de Los, Logs, Utilizadores, Contactos e Versionamento: módulo responsável pelo armazenamento dos seguintes tipos de informação:
  - **LO:** Learning Objects
  - **Logs:** registos de utilização do sistema.
  - **Utilizadores:** informação sobre utilizadores do sistema, que pode ser recolhida de outro subsistema FORMARE.
  - **Versões:** informação sobre as versões de cada LO do sistema.
  - **Contactos:** informação sobre os contactos de cada utilizador do sistema.
- Ontologia de Competências, Indexação, Etiquetas e Áreas Temáticas: módulo responsável pelo armazenamento de quatro tipos fundamentais de informação para pesquisas e sugestões:
  - **Ontologia de Competências:** estrutura de conhecimento que armazena as competências possíveis.
  - **Estrutura de Indexação:** estrutura de indexação que armazena informação associativa entre competências e utilizadores e LOs.
  - **Estrutura de Etiquetas:** estrutura que armazena informação associativa entre etiquetas e utilizadores e LOs.
  - **Estrutura de Áreas Temáticas:** estrutura que armazena informação associativa entre LOs e áreas temáticas.

No COLOR, alterou-se o primeiro módulo, de modo a que possa armazenar informação relativa às novas funcionalidades, mais precisamente informação relativa aos fóruns, mensagens, *chats*, *logs* das ações dos alunos, anotações, notificações, formato técnico dos LOs, data de validade dos utilizadores, informação sobre se um LO está apto para um ambiente móvel ou não, número de *Likes* dos LOs e informação relativa ao seguimento dos utilizadores. O módulo ficou então definido da seguinte forma:

- Repositório de LOs, *logs*, utilizadores, contatos, versionamento, mensagens, fóruns, registos dos *chats*, monitorização dos alunos, notas tiradas pelos utilizadores, conteúdos das páginas pessoais, notificações. As alterações referentes ao PoLO II serão as seguintes:
  - LOs: para além da informação sobre os LOs que já era armazenada no PoLO II, passa a ser armazenada informação sobre o número de *Likes* dos LOs, sobre o seu destacamento e sobre a sua promoção, para além de armazenar uma indicação sobre se o LO está apto para ambientes móveis ou não e sobre o formato técnico do LO.
  - *Logs*: registos de utilização do sistema, onde passarão a ser armazenados *logs* de várias ações dos alunos, como das suas interações e tempos gastos nas atividades.
  - Utilizadores: informação sobre utilizadores do sistema, que pode ser recolhida de outro subsistema FORMARE.
  - Versões: informação sobre as versões de cada LO do sistema.
  - Contatos: informação sobre os contactos de cada utilizador do sistema.

- Fóruns: informação relativa aos fóruns, desde o LO associado, aos assuntos, tópicos e mensagens.
- Mensagens: informação sobre as mensagens trocadas entre os utilizadores.
- *Chat*: registos de mensagens instantâneas que os utilizadores poderão trocar quando estiverem a realizar um LO.
- Seguimento de utilizadores: informação relativa ao seguimento de utilizadores.

### 5.2.2. Camada de Aplicação

Do PoLO II, na camada de aplicação herdamos os seguintes módulos:

- Gestor do Repositório: módulo que implementa todos os métodos de acesso entre os módulos da camada de negócio e o repositório de informação (LOs, Logs e Utilizadores).
- Gestor da Base de Conhecimento: módulo que implementa todos os métodos de acesso entre os módulos da camada de negócio e a base de conhecimento (Ontologia de Competências, Indexação, Etiquetas e áreas temáticas).
- Pesquisa: módulo da camada de negócio que recebe pedidos da camada de interface para efetuar pesquisas e que as vai processar.
- Sugestão / Recomendação: módulo da camada de negócio que recebe pedidos da camada de interface para efetuar sugestões e recomendações e que as vai processar.
- Criação de LOs: módulo da camada de negócio que recebe pedidos da camada de interface para a criação de LOs, e que as realiza.

No COLOR foi alterado o módulo de pesquisa, de modo a ser possível ordenar os resultados da pesquisa. Quanto ao módulo Gestor do Repositório, foram implementados nele o *chat*, o fórum, o sistema de mensagens e o sistema de anotações. Foram adicionados métodos que permitem aos utilizadores fazerem *Like* nos LOs. Será ainda implementada neste módulo a funcionalidade de seguimento de utilizadores.

## 5.3. Desenho do Sistema

O COLOR consiste em 3 camadas diferentes:

- Camada de dados: responsável pelo armazenamento de dados.
- Camada de negócio: responsável por toda a lógica interna de funcionamento do protótipo.
- Camada de interface: responsável pela apresentação da informação aos utilizadores e interação com os mesmos.

Passamos de seguida a descrever em detalhe as camadas de dados e de negócio. O desenho da camada de interface ficou a cargo da PT Inovação.

### 5.3.1. Camada de Dados

A camada de dados foi implementada em SQL Server 2005, à semelhança do foi feito com o PoLO II. O modelo de dados vai consistir numa alteração do modelo de dados do PoLO II, ao qual foram adicionadas as seguintes entidades:

- **Fórum:** esta entidade representará informação relativa aos fóruns de discussão e gestão, incluindo as mensagens, tópicos e assuntos.
- **Chat:** esta entidade conterá os registos das conversas instantâneas.
- **Mensagem:** esta entidade contém a informação relativa às mensagens, incluindo o texto da mensagem, o remetente e o recetor.
- **Notificação:** esta entidade contém toda a informação relativa às notificações.
- **Pedido de submissão:** guarda a informação referente aos pedidos de submissão feitos pelos alunos, incluindo a informação sobre o aluno que efetuou o pedido, sobre o quem foi o revisor e qual foi o veredito.
- **Perfil:** a partir de agora, como um utilizador poderá ter mais do que um perfil, foi adicionada esta entidade de modo a permitir esse fato.
- **Sugestão de Sistema:** foram armazenadas nesta entidade as sugestões de LOs feitas pelo sistema aos utilizadores.
- **Tema Sugerido:** foram armazenados nesta entidade os temas sugeridos pelos utilizadores para a criação de novos LOs.

Para além disso, foram modificadas as seguintes entidades:

- **UtilizadorEAD** – foi eliminado o campo “função” desta entidade, pois agora é pretendido que um utilizador possa ter mais que uma função (perfil). Foram também adicionados campos da área da interação entre utilizadores e campos necessários à monitorização dos alunos.
- **LO** – foi adicionado um campo a esta entidade, de modo a se guardar o número de *Likes* de um LO, assim como um campo relativo à promoção (marketing) do LO, outro ao destaque do LO, e ainda outro para indicar se o LO está apto para um ambiente móvel ou não. Será também adicionado um campo relacionado com a informação sobre se o LO é formativo, ou seja, se tem avaliação e conta para histórico, ou se serve apenas para partilha de informação. Foi ainda adicionado um campo indicativo do formato técnico do LO.

Na Figura 4 pode-se visualizar uma parte do modelo de dados onde estão visíveis as principais alterações efetuadas.

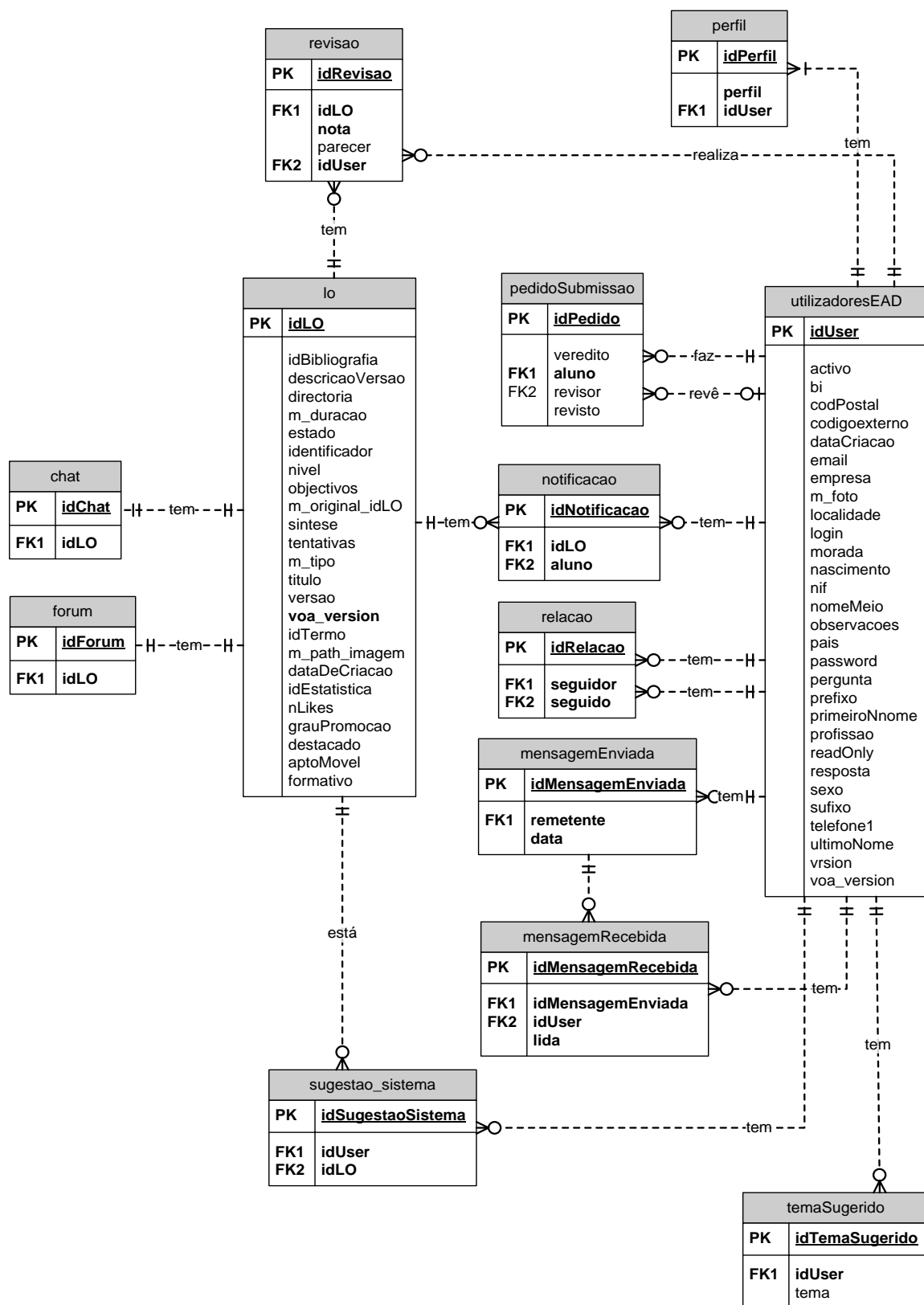


Figura 4 – Modelo ER mostrando as principais alterações efetuadas no modelo de dados

### 5.3.2. Camada de Aplicação

O diagrama de classes para este projeto, que descreve a camada de negócio, consistirá na adição ou alteração de algumas classes ao modelo do PoLO II. As classes adicionadas foram as seguintes:

- **Fórum:** esta classe efetua a ligação à base de dados, realizando operações de leitura e escrita dos dados relativos aos fóruns.
- **Chat:** esta classe efetua a ligação à base de dados, realizando operações de leitura e escrita dos dados relativos aos *chats*.
- **Mensagem:** esta classe efetua a ligação à base de dados, realizando operações de leitura e escrita dos dados relativos às mensagens.
- **Notificação:** esta classe efetua a ligação à base de dados, realizando operações de leitura e escrita dos dados relativos às notificações.
- **Pedido de submissão:** efetua a ligação à base de dados, realizando operações de leitura e escrita dos dados relativos aos pedidos de submissão.
- **Perfil:** efetua a ligação à base de dados, realizando operações de leitura e escrita dos dados relativos aos perfis de utilizador.

Foram também modificadas as seguintes classes:

- **UtilizadorEAD** – foram modificados campos nesta classe de modo a que um utilizador possa ter mais do que um perfil, assim como foram adicionados campos da área da interação entre utilizadores e campos que permitam a monitorização do aluno.
- **LO** – foram adicionados campos a esta entidade, de modo a implementar o botão de *Like* nos LOs, assim como um campo para indicar se o LO está apto para um ambiente móvel ou não.
- **AnotacaoLO** – esta entidade foi modificada de modo a permitir que as notas tiradas pelos utilizadores possam ser vistas de uma forma global, e não apenas dentro de cada LO.

Na Figura 5 é mostrado um esboço das modificações efetuadas no diagrama de classes atual, isto é, são apenas mostradas as alterações em relação à versão atual do PoLO II. Para facilitar o processo de implementação e de maneira a tornar mais consistente e simples o acesso a dados foi usado o processo de *object-relational mapping*, através da ferramenta Telerik OpenAccess ORM.

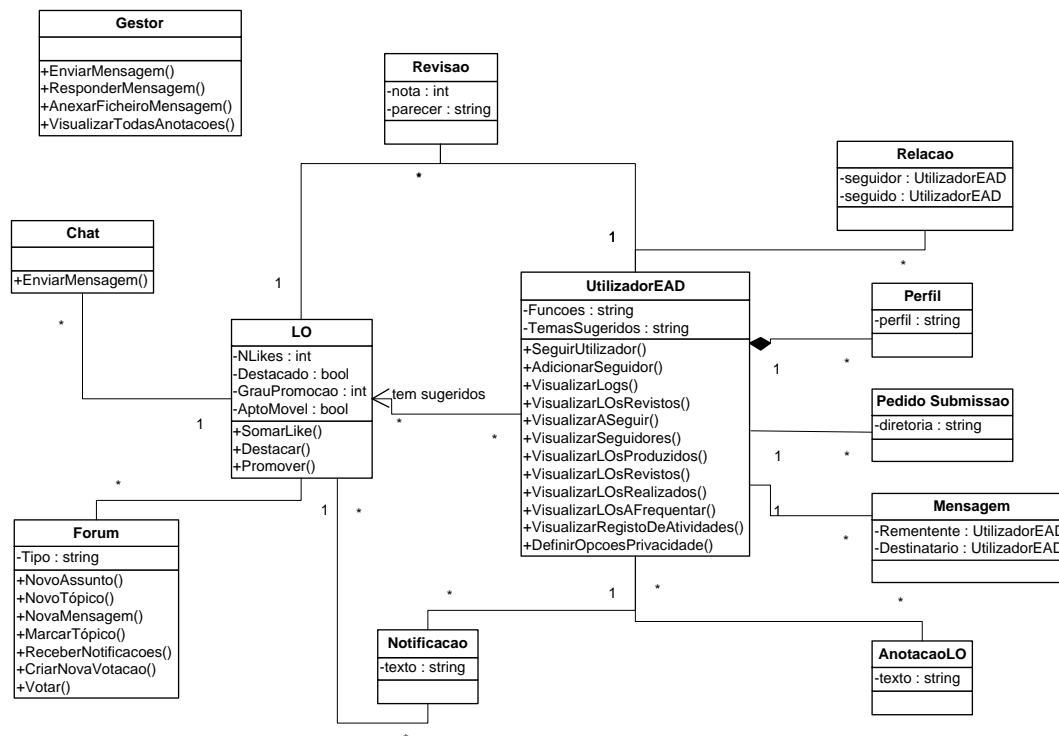


Figura 5 – Diagrama de classes com as principais alterações

## 6. Implementação

Neste capítulo começa-se por descrever como a modelização do LO e do aluno. A modelização permite-nos construir modelos que expliquem as características e o comportamento de um *software* ou de um sistema de software. Na construção do *software* os modelos podem ser usados na identificação das características e funcionalidades que o *software* deverá fornecer (análise de requisitos), e no planeamento da sua construção. Posteriormente são descritos os dois algoritmos mais relevantes construídos para o COLOR: os algoritmos de pesquisa e de recomendação de LOs, que foram também alvo de experimentação.

### 6.1. Modelização do Aluno

O modelo do aluno é composto por dois tipos de dados, como se pode ver na . Os dados que não se alteram ao longo da interação entre o aluno e o sistema, são chamados de modelo estático. Os dados que são alterados através da interação entre aluno e o sistema são chamados de modelo dinâmico e podem mudar ao longo da sessão. Cada um dos modelos define um conjunto de atributos do aluno. A informação sobre o aluno pode vir de várias fontes: do próprio aluno ou da interação entre o aluno e o sistema.

O modelo estático é composto por um submodelo, o perfil pessoal, que contém informação biográfica sobre o aluno que facilmente pode ser obtida da ficha de inscrição do mesmo (Tabela 6).

Campo	Variáveis / Tipo de dados	Descrição	Fonte de Dados
Nome	Texto	Nome do aluno.	Aluno
Login	Texto	Login do aluno.	Aluno
Password	Texto	Password do aluno.	Aluno
Sexo	Texto	Sexo do aluno.	Aluno
Localidade	Texto	Localidade do aluno.	Aluno
Ativo	Boleano	Indica se o utilizador está ativo ou inativo. Um utilizador está ativo se estiver dentro da data de validade.	
Data de criação	Data	Data de registo do utilizador	Implícito
Data de validade	Data		
Foto	Texto	Diretoria da foto	Aluno
Função	Texto	Função do utilizador dentro do sistema, que neste caso é aluno.	Implícita
Data de nascimento	Data	Data de nascimento do aluno.	Aluno
Telemóvel	Inteiro	Número de telemóvel do aluno.	Aluno
E-mail	Texto	E-mail do aluno.	Aluno
Perfil público	Boleano	Indica se o perfil do aluno está ou não visível para outros alunos.	Aluno
Receber mensagens no e-mail externo	Boleano	Indica se o aluno receberá as mensagens que lhe forem enviadas também no seu e-mail externo.	Aluno

Tabela 6 - Descrição do perfil pessoal do aluno

No modelo dinâmico temos os seguintes perfis:

- Perfil do conhecimento
- Perfil de colaboração
- Perfil de organização.

O perfil de conhecimento (Tabela 7) descreve quais as competências do aluno relevantes para o curso que está a frequentar. Cada LO tem competências e proficiências associadas. Uma competência é uma aptidão, um tipo de conhecimento, que o LO confere. A proficiência define o nível desse conhecimento. Existe ainda informação sobre os LOs que o aluno concluiu e que lhe conferiram as competências. Este modelo é também obtido implicitamente através da interação entre o aluno e o sistema, sendo atualizado à medida que o aluno vai concluindo LOs.

Campo	Variáveis / Tipo de dados	Descrição	Fonte de Dados
Competências e proficiências	Dicionário	Lista de competências e proficiências adquiridas.	Implícitas
LOs concluídos	Lista	Lista de LOs concluídos pelo aluno.	Implícitos

**Tabela 7 – Descrição do perfil de conhecimento do aluno.**

Quanto ao perfil de colaboração, este descreve um conjunto de atributos relacionados com o ambiente colaborativo do sistema, e que permitem a interação entre os utilizadores, seja através de mensagens ou da sugestão de LOs. Os dados para o preenchimento desses atributos podem ser obtidos através da introdução pelo próprio aluno ou por outros atores do sistema, no caso das sugestões de LOs.

Campo	Variáveis / Tipo de dados	Descrição	Fonte de Dados
Contatos	Lista	Lista de contatos.	Aluno
Mensagens privadas recebidas	Lista	Mensagens recebidas tendo como remetente outros utilizadores.	Remetente das mensagens
Mensagens privadas enviadas	Lista	Mensagens enviadas para outros utilizadores	Aluno
LOs sugeridos por outros utilizadores	Lista	Lista de LOs sugeridos por outros utilizadores.	Outros utilizadores
<i>Likes</i>	Lista	Lista de LOs aos quais os utilizador fez <i>Like</i> .	Aluno

**Tabela 8 – Descrição do perfil de colaboração do aluno.**

Da necessidade de disponibilizar ao aluno ferramentas de organização de LOs surgiu o perfil de organização (Tabela 9), descreve os atributos relevantes para a organização do espaço de trabalho por parte do aluno. Encontram-se neste perfil a lista dos LOs que o aluno assinala como favoritos, para além da lista dos LOs marcados e das notas pessoais.

Campo	Variáveis / Tipo de dados	Descrição	Fonte de Dados
LOs favoritos	Lista	Lista de LOs favoritos.	Aluno
Notas pessoais	Lista	Notas pessoais.	Aluno

**Tabela 9 – Descrição do perfil de organização do aluno.**



## 6.2. Modelização do LO

Na modelização do LO, foram tidas em conta algumas características consideradas fundamentais num objeto deste género. Partindo dos princípios da criação do conceito de LO apresentados por [Polsani 2003], ou seja, aprendizagem e reutilização, foram delineados os campos para o LO, que são apresentados na Tabela 10. Na Figura 6 podemos ver um pedaço do diagrama físico dos dados, em que é apresentada as principais tabelas onde são guardados os dados relativos aos LOs.

Uma característica relevante do nosso sistema é a classificação e indexação dos LOs. A classificação e indexação são feitas, por um lado, com base numa categorização taxonómica, utilizando conceitos e termos, e por outro lado, com base em etiquetas.

Aqui, entende-se por etiqueta uma palavra ou um conjunto de palavras que são associados ao LO, descrevendo-o, e que permitem que ele seja encontrado através da navegação ou pesquisa. A classificação por etiquetas é um processo simples, em que é dada total liberdade ao criador para associar os termos desejados ao LO.

A classificação baseada em conceitos é mais complexa, porque está dependente dos conceitos existentes, e é feita utilizando algoritmos de *text mining* [Larsen & Aone 1999], processamento de linguagem natural [Manning, Schutze 1999] e de raciocínio baseado em casos [Leake 1994]. Os conceitos são entidades abstratas que têm termos associados, normalmente termos com o mesmo significado (ex.: carro e automóvel) ou que estejam fortemente relacionados. Existem também relações entre conceitos, podendo cada um ter um conceito pai e vários conceitos filho. Como já referido, este tipo de classificação é uma mais-valia para o sistema, pois permite pesquisas muito mais poderosas, facilitando também o processo de classificação.

Campo	Variáveis / Tipo de dados	Descrição	Fonte de Dados
Tentativas	Número de tentativas (inteiro)	Número de tentativas que cada aluno dispõe para responder ao questionário do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Duração	Número de horas (inteiro entre 1 e 8)	Estimativa do número de horas para o estudo do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Data de Criação	Data	Representa a data de criação do LO.	Implícito (análise da criação do LO)
Título	Texto	Título do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Objetivos	Texto	Objetivos do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Síntese	Texto	Síntese do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Nível	Nível (baixo; médio; alto)	Nível de dificuldade do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Diretoria	Texto	Diretoria do disco onde se encontra armazenado o LO.	Implícito
Estado	Criação; por validar; desenvolvimento; válido.	Estados em que um LO pode estar.	Implícito. É alterado...

Ficheiros	Lista	Lista de ficheiros constituintes do LO.	Implícito (ficheiros colocados na diretoria dos LOs respetivos)
Programa	Lista	Lista de páginas constituintes do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Bibliografia	Texto	Bibliografia associada ao LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Criador	Texto	Criador do LO.	Implícito (análise do utilizador que criou o LO)
Alunos	Lista	Lista de alunos que frequentaram o LO.	Implícito (análise dos percursos dos alunos)
Lista de competências	Lista	Lista de competências que um aluno adquire quando completa o LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Termos	Lista	Termos associados ao LO.	Implícito (extraídos dos conteúdos dos LOs)
Etiquetas	Lista	Etiquetas associadas ao LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Conceitos	Lista	Conceitos associados ao LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Questionário	Lista	Lista de questões do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Tipo	Texto; vídeo; multimédia; áudio	Tipo de dados que constituem o LO	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Versão	Inteiro	Versão do LO.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Descrição da versão	Texto	Descrição da versão.	Criador do LO (formulário de criação do LO)
Localização da imagem	Texto	Localização da imagem identificativa do LO.	Implícito (definida pelo sistema, baseando-se na diretoria do LO)
Identificador	Inteiro	Diferencia LOs com o mesmo título.	Implícito (definido pelo sistema, baseando-se nos títulos dos LOs existentes)
Número de Likes	Inteiro	Indica o número de <i>likes</i> que o LO tem.	Sistema guarda atualiza este valor de cada vez que um utilizador faz <i>like</i>
Conteúdo normalizado	<i>Boolean</i>	Indica se o LO contém ou não conteúdo normalizado.	Criador do LO.
Maior versão	<i>Boolean</i>	Indica se esta é, ou não, a maior versão do LO.	Definida pelo sistema.
LOs semelhantes	Lista de LOs	LOs semelhantes ao LO. A semelhança é baseada nos conteúdos, nos conceitos, se foram concluídos um a seguir ao outro e se pertencem aos mesmos percursos.	Calculada pelo sistema com base nos fatores de semelhança.
Áreas temáticas	Lista de áreas temáticas	Áreas temáticas a que o LO pertence.	Administrador ou gestor responsável pela área temática.

Percursos	Lista de percursos	Lista de percursos a que o LO pertence.	Administrador ou gestor.
Sugestões ao criador	Lista de sugestões ao criador	Lista de sugestões sobre o LO para o criador.	Utilizadores dos LOs
Comentários	Lista de comentários	Lista de comentários sobre o LO.	Utilizadores dos LOs
Estatísticas	Atributo do tipo Estatística	Contém as médias de votações, o número de frequências, o <i>rating</i> de Bayes e a popularidade do LO.	Dados calculados pelo sistema.
Votos LO	Lista de votos	Votos dados ao LO pelos alunos, consoante a sua opinião sobre o mesmo.	Alunos

**Tabela 10 – Modelização do LO**

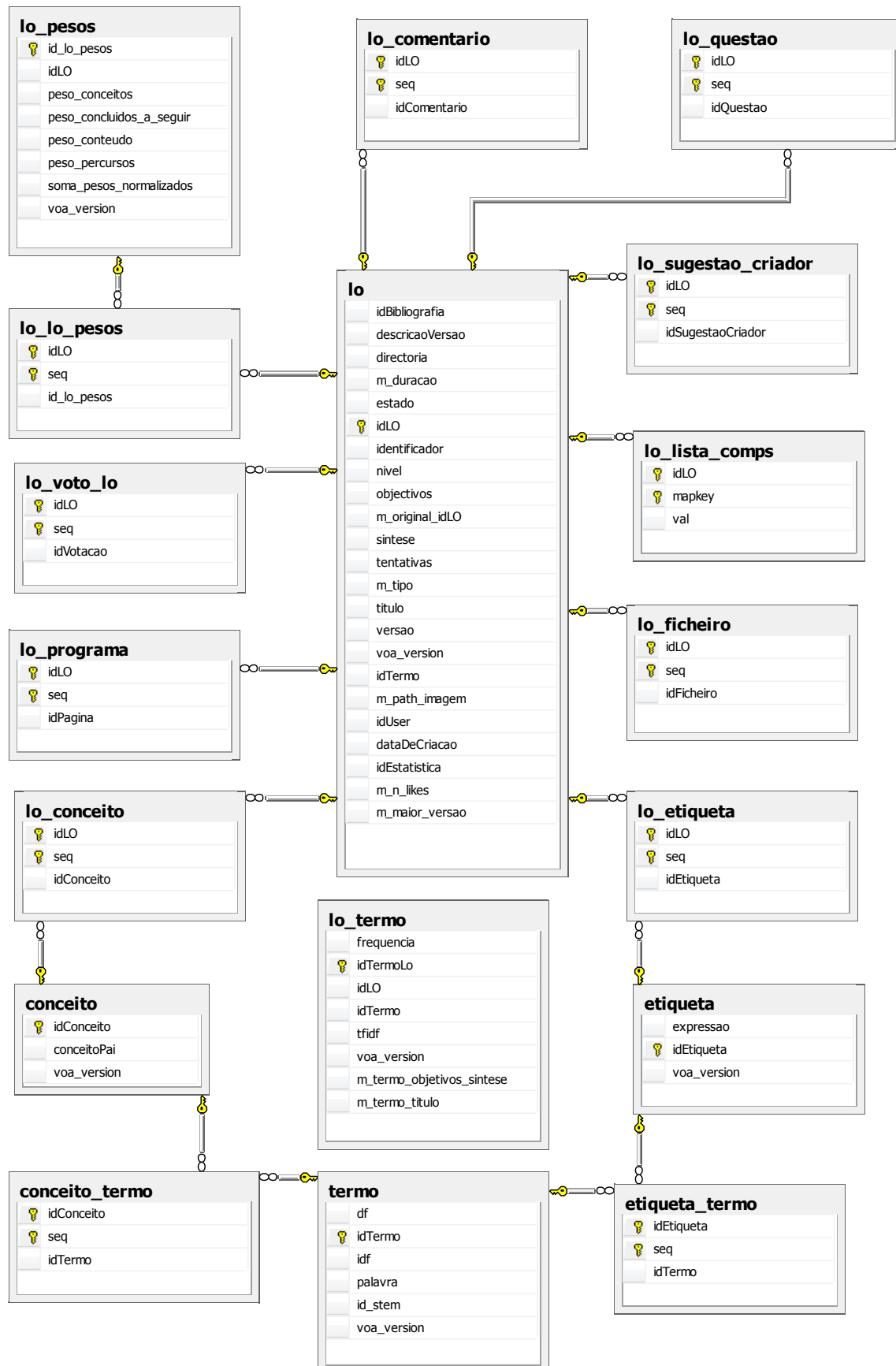


Figura 6 – Modelo físico de dados: excerto representativo da tabela lo e das tabelas relacionadas

## 6.3. Pesquisa de LOs

A partir da análise feita aos sistemas de pesquisa de sistemas de aprendizagem, e que foi apresentada no estado da arte, decidiu-se pela implementação de quatro tipos diferentes de ordenamento para a pesquisa:

- Por soma pesada de vários fatores;
- Por popularidade;
- Por título;
- Por data.

Os ordenamentos por título e por data são ordenamentos simples dos LOs por título ou data. O ordenamento por soma pesada de vários fatores já apresenta alguma complexidade e é descritos em detalhe na secção seguinte.

Para além destes tipos de ordenamento, são disponibilizados ao utilizador filtros de pesquisa. Nestes filtros, o utilizador pode especificar características que pretende que os LOs resultantes tenham. Essas características são:

- Por criador do LO;
- Por idade do LO (menos de 30, de 7 ou de 1 dia);
- Por duração do LO (1 a 8 horas);
- Por nível de complexidade (baixo, médio ou alto);
- Por média de votações (valor entre 2 e 5).

Para cada filtro, é feita uma *query* com os parâmetros escolhidos pelo utilizador e um *join* com os LOs já obtidos nas queries feitas anteriormente aos termos, etiquetas e conceitos.

Seguidamente são descritos o algoritmo de pesquisa de *strings* e os algoritmos de ordenamento por soma pesada de vários fatores e por popularidade. A Figura 8 mostra uma esquema geral do processo de pesquisa.

### 6.3.1. Algoritmo de Pesquisa de *Strings*

Para a pesquisa de LOs, é tida em conta a estrutura taxonómica do sistema. Como foi visto na secção 6.2, a informação está estruturada em conceitos, etiquetas e termos. Os conceitos e etiquetas têm termos associados. Cada termo corresponde a uma palavra, que por sua vez, tem um *stem* associado, que corresponde à raiz da palavra. A Figura 7 mostra uma representação desta estruturação.

Na pesquisa, os termos da *query* de pesquisa feita pelo utilizador são reduzidos à sua forma normal, isto é, ao seu *stem*. Este processo permite que a pesquisa não seja condicionada pelo género (masculino ou feminino), número (singular ou plural) e grau (aumentativo ou diminutivo) das palavras, melhorando assim a qualidade dos resultados.

Depois de termos achado os *stems* dos termos de pesquisa, fazemos uma *query* à base de dados, procurando por *stems* que contenham algum dos *stems* originados a partir dos termos de pesquisa. Podem existir *stems* de termos associados diretamente ao LO, de termos associados a conceitos e de termos associados a etiquetas. Logo, precisamos de fazer pelo menos 3 *queries*, uma para pesquisar cada um desse tipo de *stems*. Para além disso, se formos utilizar o ordenamento por soma pesada de vários fatores, precisamos de fazer mais *queries*, de modo a diferenciarmos os LOs extraídos através da pesquisa por termos que extraídos do título dos LOs ou dos objetivos ou síntese dos LOs.

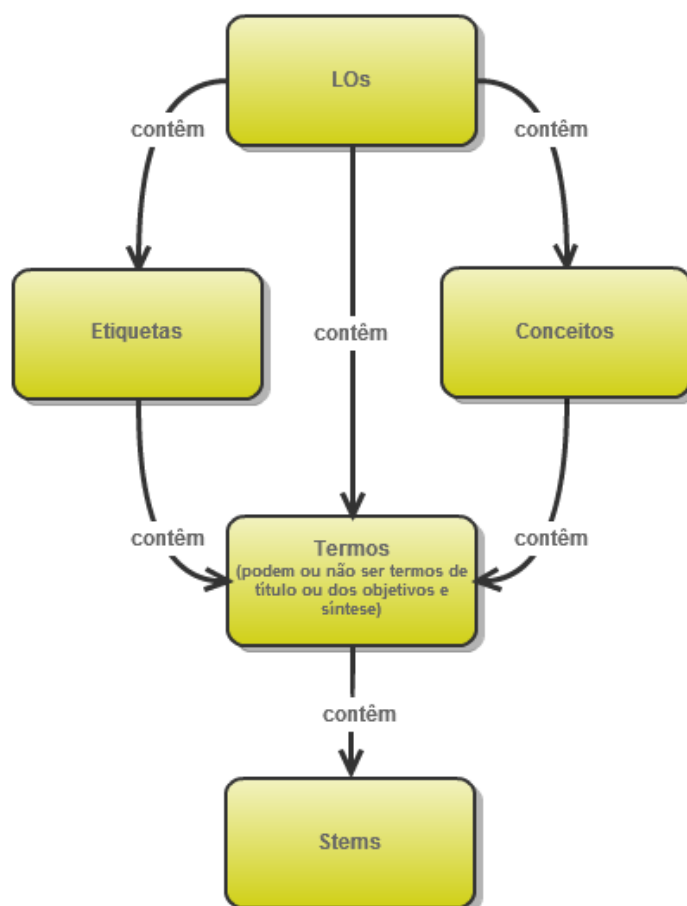


Figura 7 – Categorização taxonômica do COLOR

### 6.3.2. Ordenamento por Soma Pesada de Vários Fatores

No primeiro ordenamento, em que os LOs são ordenados tendo em conta uma soma pesada de vários fatores, é tido em conta se o LO foi devolvido a partir de uma *query* aos conceitos, às etiquetas, aos termos, aos termos do título ou aos termos dos objetivos e da síntese. Por outro lado, é tido em conta o perfil do utilizador que está a efetuar a pesquisa. É considerado se o utilizador já fez *like* ao LO, se ele o tem nos favoritos e se já o visualizou anteriormente. A cada uma dessas considerações é atribuído um peso, que define a importância que cada um desses tipos de dados tem para o ordenamento de resultados da pesquisa.

Cada um dos termos da pesquisa é pesquisado através das *queries* indicadas e é feito uma interseção de resultados por cada termo de pesquisa. Ou seja, para cada espaço de procura (conceitos, etiquetas, termos, termos de título e termos de objetivos e síntese), é apenas pretendido que sejam apresentados nos resultados da pesquisa LOs que sejam devolvidos por todas as *queries* relativas aos termos de pesquisa. A pesquisa é tão mais refinada quanto mais termos de pesquisa uma pesquisa contém.

Depois de se obterem as listas de LOs resultantes das *queries* efetuadas aos espaços de procura indicados. Essas listas de LOs são concatenadas e agrupadas por LO, de modo a não serem devolvidos LOs repetidos, fazendo-se também a soma dos pesos associados a cada LO, de modo a que estes fiquem já com o seu peso final, que será usado no ordenamento dos resultados.

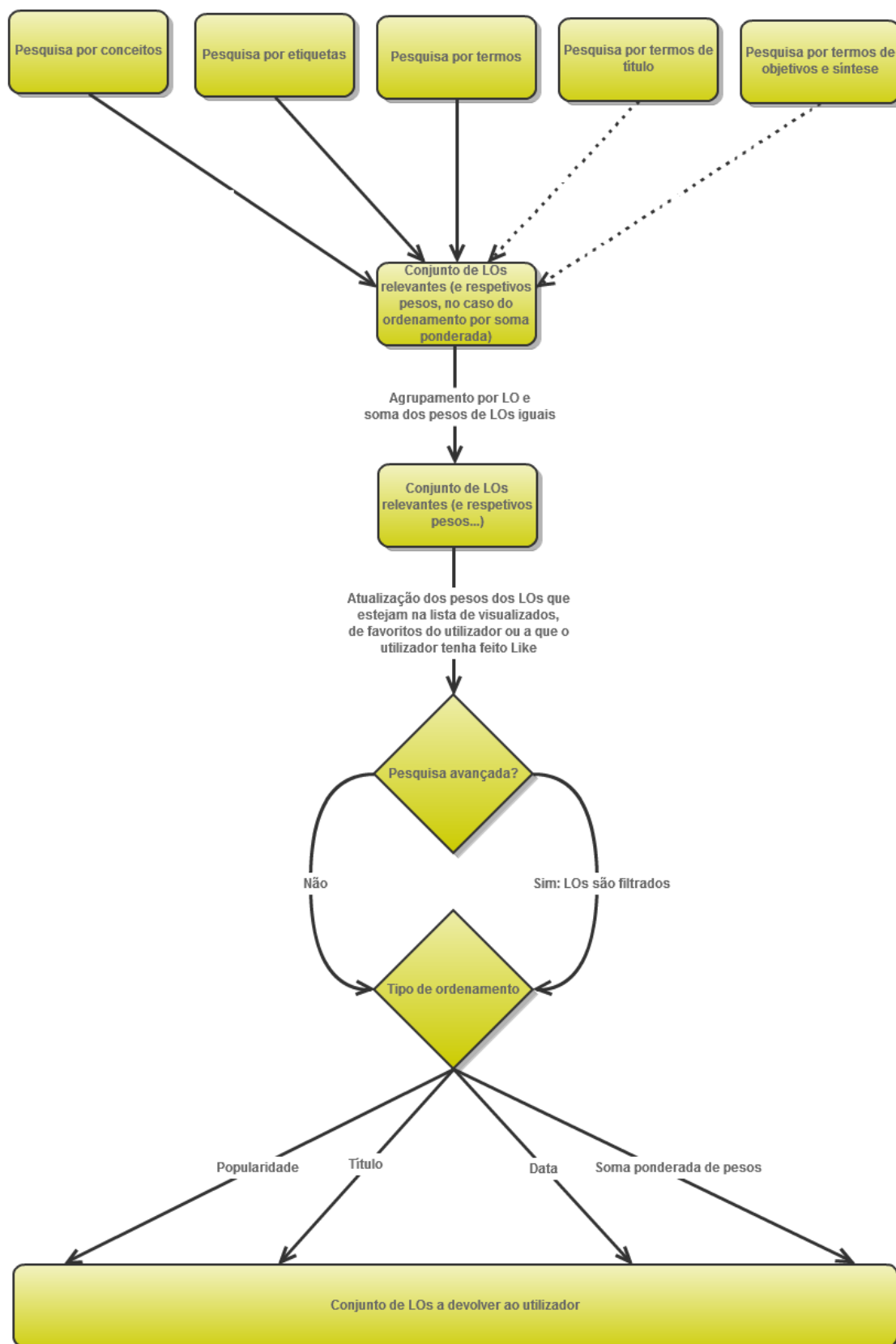


Figura 8 – Esquema do algoritmo de pesquisa

### 6.3.3. Ordenamento por Popularidade

No ordenamento por popularidade, contrariamente ao que se passa no ordenamento por soma pesada de vários fatores, não são atribuídos pesos aos LOs. Apenas se pesquisam LOs com base nos seus termos, etiquetas e conceitos, enquanto na ordenamento anterior são feitas mais *queries* de modo a se saber também se os LOs foram encontrados através da pesquisa por termos de título ou por termos de objetivos e síntese.

Depois de se ter obtido os conjuntos de LOs resultantes das queries, é feita a sua união, de modo a serem descartados os LOs repetidos. Finalmente é feito o ordenamento pela sua média *Bayesiana*, no caso do ordenamento por popularidade. A média *Bayesiana* é um método que permite calcular a média de um conjunto de dados consistente com o teorema de Bayes, e pode ser calculada através da seguinte fórmula:

$$\bar{x} = \frac{Cm + \sum_{i=1}^n x_i}{n + C}$$

Onde:

- $C$  é uma constante proporcional ao tamanho típico do conjunto de dados;
- $m$  é a média aritmética feita sobre todos os dados;
- $n$  é o tamanho do conjunto de dados atual.

Para os nossos propósitos, podemos calcular a média Bayesiana de cada um dos LOs aplicando a seguinte fórmula:

$$MB = \frac{((NMedioVotTodos * MedVotTodos) + NVotosLO * VotLO)}{NVotosLO + NMedioVotTodos}$$

Onde:

- $MB$  é a média *Bayesiana*;
- $NMedioVotTodos$  é o número médio dos votos atribuídos a todos os LOs;
- $MedVotTodos$  é a média das votações atribuídas a todos os LOs;
- $NVotosLO$  é o número de votos atribuídos a este LO;
- $VotLO$  é a soma de todos os votos atribuídos a este LO.

A média *Bayesiana* tem em consideração o peso de cada voto. Permite que, se tiver sido atribuído um número reduzido de votos, esses votos contem menos, e quando tiver sido atribuído um número relativamente grande de votos, esses votos tenham um maior peso. Isto é, a “convicção” ou “credibilidade” de um voto depende do número de votos que o LO tenha recebido até então.

. Como na fórmula original  $C$  é um valor que determina a sensibilidade do cálculo, e de modo a tornar o sistema adaptativo, atribuímos a  $C$  um valor que se ajusta automaticamente: o número médio dos votos atribuídos a todos os LOs. Deste modo, quanto maior for o número médio de votos dados aos LOs do sistema, maior terá de ser o número de votos dados a um dado LO para que eles tenham um impacto significativo no *ranking* desse LO.

## 6.4. Sistema de Recomendação de LOs

O sistema de recomendação de LOs recomenda LOs ao utilizador com base nos últimos LOs que este visualizou. Quando um utilizador visualiza um LO, é atualizada uma lista com os últimos



LOs visualizados. O número de LOs nessa lista é parametrizável, e o valor por defeito é de 30 LOs. Cada LO nessa lista tem um peso associado. Esse peso é influenciado pelos seguintes fatores:

- Ordem de visualização (se foi o último ou o penúltimo LO a ser visualizado, por exemplo);
- Se o LO foi concluído nessa visualização ou não;
- Se o utilizador está a frequentá-lo ou se já o concluiu;
- Se lhe foi sugerido ou o tem nos seus favoritos.

A ordem de visualização é tida em conta para que um LO que tenha sido visto mais recentemente tenha mais importância para as sugestões do que um LO visualizado há mais tempo. Saber se o LO foi concluído nesta visualização é muito relevante, pois o sistema poderá recomendar LOs ao utilizador de continuidade do estudo realizado nesse LO. Caso o LO não tenha sido concluído na corrente visualização, é tida em conta se o utilizador está a frequentá-lo ou se já o concluiu, pois caso isso se verifique pode inferir-se que o utilizador tem um interesse particular nesse objeto e, consequentemente, em objetos relacionados. A mesma dedução pode-se fazer se o LO visualizado se encontrar na lista dos LOs sugeridos ao utilizador ou no conjunto dos seus LOs favoritos.

Por outro lado, cada LO tem uma lista de LOs semelhantes associada. Cada LO semelhante tem vários pesos associados. São eles:

- Peso associado ao conteúdo;
- Peso associado aos conceitos;
- Peso associado aos LOs concluídos a seguir;
- Peso associado aos percursos.

O peso associado aos percursos consiste num inteiro que indica o número de percursos em comum que o LO tem com o LO semelhante. Este valor é atualizado nos LOs semelhantes dos LOs de um dado percurso quando um LO é adicionado ou removido desse percurso.

O peso associado aos LOs concluídos a seguir indica que um LO semelhante foi concluído imediatamente a seguir ao LO em causa e o seu valor indica o número de vezes que isso aconteceu. Cada vez que um utilizador conclui um LO, o valor relativo a este peso é atualizado no LO semelhante correspondente do LO concluído antes desse.

O peso associado aos conteúdos consiste na similaridade de cosseno entre os termos de um LO da lista de visualizados e os do LO semelhante.

O peso associado aos conceitos consiste no número de conceitos iguais entre os conceitos dum LO visualizado e dum LO semelhante.

Quando um peso de um LO semelhante a um determinado LO é atualizado, são normalizados os pesos dos LOs semelhantes desse LO e é guardada a soma dos pesos normalizados para cada LO semelhante. Essa soma também é, por sua vez, normalizada, pois este valor irá ser utilizado para calcular o peso dos LOs a recomendar.

Os LOs a recomendar a um utilizador são calculados de cada vez que um utilizador visualiza um LO. Para cada um dos últimos LOs visualizados por um utilizador, copiam-se os seus LOs semelhantes para uma lista de LOs a recomendar, caso os LOs não tenham sido já concluídos, adicionados aos favoritos ou estejam na lista de visualizados do utilizador. A lista de LOs a recomendar é então ordenada por peso. Esse peso é calculado com base no peso do LO visualizado e no peso do LO semelhante a esse LO. Finalmente é guardado na base de dados um número parametrizável de LOs a recomendar.

## 7. Experimentação

Apesar de estar planeado fazer-se a experimentação da pesquisa e do sistema de recomendação, a experimentação do sistema de recomendação ainda não foi feita, pois o processo de colocação do protótipo em ambiente real só agora está a decorrer, devido a atrasos relativos ao que estava inicialmente planeado. O fato do projeto ter uma dimensão considerável, envolvendo o trabalho de vários elementos, para além do dinamismo que caracterizou a definição dos requisitos ao longo do decorrer do projeto, levou a que esta meta não fosse concluída no tempo estipulado.

Na secção 7.1 é apresentada a experimentação efetuada ao sistema. Na secção 7.2 são descritos alguns dos testes funcionais feitos ao sistema.

### 7.1. Experimentação do Sistema de Pesquisa

Quanto à experimentação do sistema de pesquisa, foi definido um espaço de procura de 93 LOs, um conjunto de 72 queries de pesquisa, com os respetivos resultados esperados. Foram feitos testes à pesquisa com ordenamento por relevância, pois é o ordenamento que permite parametrizar os pesos dos vários campos de pesquisa, permitindo-nos tirar conclusões de quais são as estruturas que nos permitem obter melhores resultados: termos, etiquetas ou conceitos.

De modo a medirmos a relevância dos dados, recorreremos ao cálculo da *precision* e da *recall*. A *precision* define-se como a fração de instâncias devolvidas que são relevantes, ou seja:

$$precision = \frac{|\{documentos\ relevantes\} \cap \{documentos\ devolvidos\}|}{|\{documentos\ devolvidos\}|}$$

Já a *recall* é a fração de instâncias relevantes que são devolvidas. A sua fórmula é a seguinte:

$$recall = \frac{|\{documentos\ relevantes\} \cap \{documentos\ devolvidos\}|}{|\{total\ de\ documentos\ relevantes\}|}$$

Associada a estes conceitos temos também a *f-measure*, uma medida que combina a *precision* e a *recall* e é uma medida de precisão de um teste. Pode ser interpretada como uma média ponderada da *precision* e da *recall*, onde o valor de *f-measure* atinge o seu melhor valor em 1 e o seu pior em 0. A fórmula é a seguinte:

$$F = 2 \cdot \frac{precision \cdot recall}{precision + recall}$$

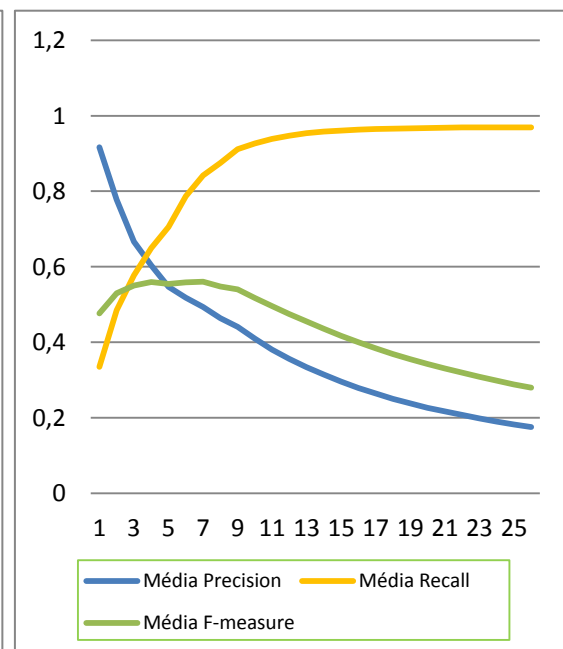
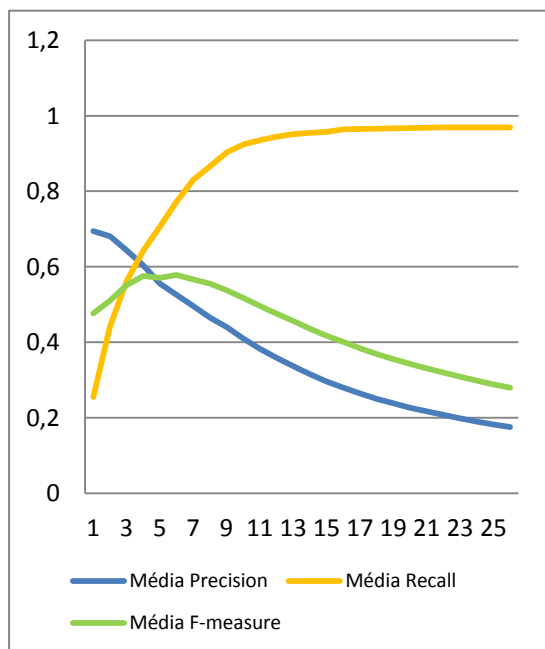
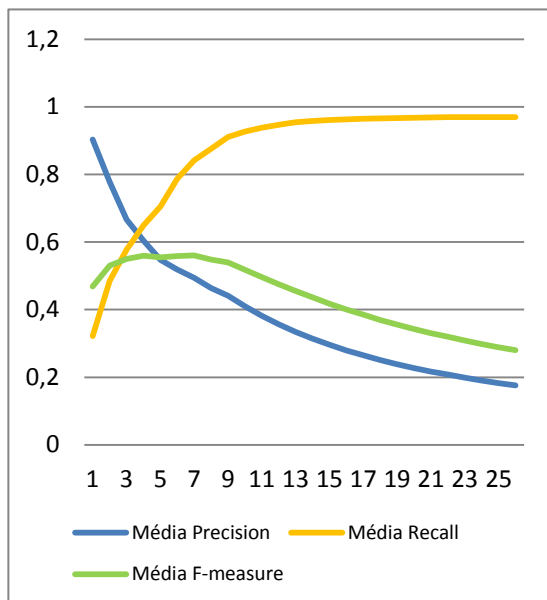
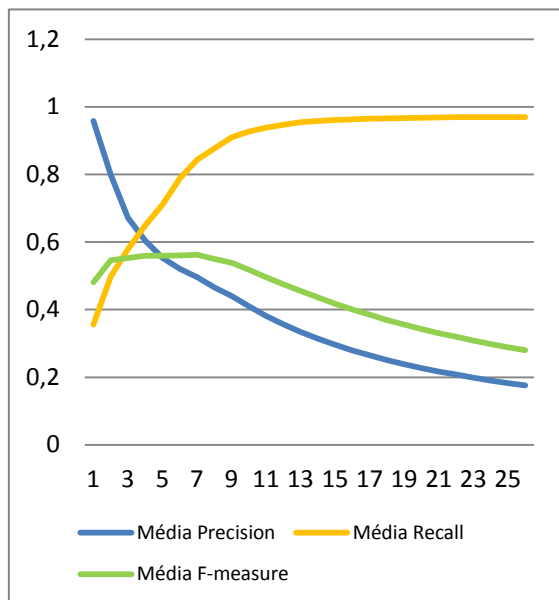
Com o objetivo de se descobrir a melhor combinação de pesos possível, experimentaram-se várias combinações. Essas combinações estão representadas na Tabela 11. Em cada teste, procurou-se dar um peso maior a uma das variáveis, relativamente às outras.

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 podemos ver os gráficos relativos aos resultados dos testes para cada combinação. No eixo das ordenadas dos gráficos pode-se ver o valor médio das medidas, que varia entre 0 e 1. No eixo das abcissas é apresentado o número de LOs devolvidos.

	Peso Conceitos	Peso Etiquetas	Peso Termos	Peso Termos do Título	Peso Termos dos Objetivos e Síntese
Combinação 1	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
Combinação 2	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1

Combinação 3	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1
Combinação 4	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1
Combinação 5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6

Tabela 11 – Combinações de pesos experimentadas



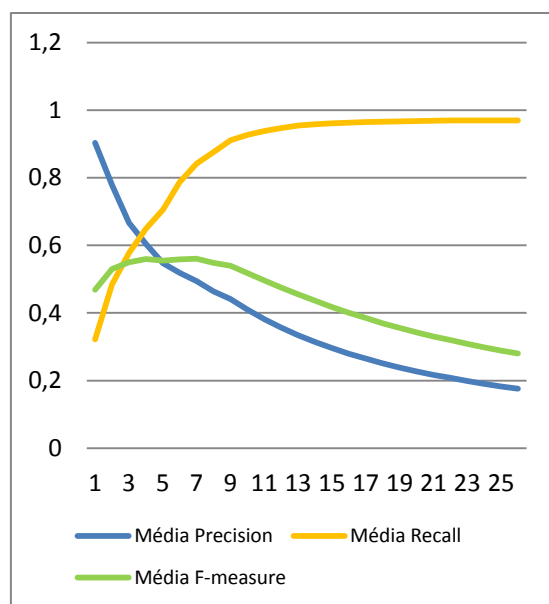


Figura 13 – Resultados da combinação 5

Analisando os gráficos, verifica-se, como era de esperar que o valor da *recall* vai-se aproximando de 1 à medida que vão sendo devolvidos LOs, pois o número de LOs relevantes devolvidos vai-se aproximando do número total de LOs relevantes. Pelo contrário, a média da *precision* vai diminuindo, pois a percentagem de LOs devolvidos que não são relevantes vai aumentando à medida que vão saindo resultados.

Pela análise dos gráficos, verificou-se que a combinação de pesos em que foram observados melhores resultados, ou seja, em que a *f-measure* média foi mais elevada, foi a combinação 1. Nesta combinação foi dado um peso maior aos conceitos, isto é, neste caso os LOs devolvidos através das *queries* aos conceitos têm mais hipóteses de aparecer primeiro nos resultados do que os LOs devolvidos através de *queries* feitas a outros tipos de dados.

Através da análise do gráfico correspondente podemos verificar que a média da *recall* chega, no seu valor mais alto, a um valor muito próximo de 1, significando que a grande maioria dos LOs relevantes para a *query* de pesquisa, ou seja, os LOs que se espera obter, foram corretamente devolvidos nos resultados. Por outro lado, olhando para a linha referente à média da *precision*, verifica-se, como era de esperar, que o este valor é inicialmente mais alto, ficando mais reduzido à medida que vão saindo resultados. Em média, cerca de 96% dos LOs devolvidos em primeiro lugar nos resultados são relevantes, o que é um valor muito razoável.

## 7.2. Testes funcionais ao Sistema

Os testes realizados ao sistema tiveram como objetivo fornecer informações sobre a sua qualidade. Para isso foi utilizado o sistema de modo a se encontrarem possíveis defeitos. Não foi possível a realização de testes a todos os requisitos, pois à data da escrita deste relatório, ainda faltava efetuar a implementação da camada de apresentação de alguns requisitos. Os detalhes dos testes realizados podem ser visualizados na Tabela 12.

Requisito associado	Descrição	Input	Output esperado	Resultados
RF1	Efetuar uma pesquisa com ordenamento por soma pesada de vários fatores	<i>Query</i> “redes”.	LOs relacionados com a <i>query</i>	LOs relacionados com a <i>query</i>
RF3	Escrever um comentário num fórum de um LO	Comentário escrito.	O comentário deve aparecer.	O comentário apareceu associado ao LO.
RF3	Eliminar um comentário num fórum de um LO	Clicar no ícone “Eliminar” relativo ao comentário	O comentário deve ser eliminado.	O comentário foi eliminado e não aparece.
RF5	Conversar com outros utilizadores num <i>chat</i> de um LO	Escrever uma mensagem num <i>chat</i> .	Os utilizadores que estão a frequentar o LO naquele momento devem ver a mensagem.	Os utilizadores vêm a mensagem.
RF6	Enviar uma mensagem para outro utilizador através do sistema de mensagens	Escrever uma mensagem e enviar para outro utilizador.	O destinatário deve receber a mensagem.	O destinatário recebeu a mensagem.
RF7	Passar a seguir outro utilizador	Na lista de contatos, clicou-se no botão “Seguir utilizador”.	O utilizador a seguir deve ser adicionado à lista de utilizadores a seguir.	O utilizador passou a seguir o outro utilizador.
RF7	Deixar de seguir outro utilizador.	Na lista de contatos, clicou-se no botão “Deixar de seguir”.	O utilizador deve deixar de seguir o outro utilizador.	O utilizador deixou de seguir o outro utilizador.
RF8	Visualizar um LO e verificar se essa ação ficou registada na base de dados.	Entrou-se num LO.	O registo de visualização deve aparecer na base de dados.	A visualização ficou registada na base de dados.
RF9	Visualizar os LOs mais populares.	Aceder à página “Mais Populares”.	Devem ser apresentados os LOs mais populares.	São apresentados os LOs mais populares.
RF10	Criar um LO não formativo.	Criar LO não formativo.	O campo do LO “LO sujeito a avaliação” deve ficar com o valor “Não”.	O campo ficou com o valor “Não”.
RF11	Tirar uma nota e verificar se ela aparece na lista de notas pessoais.	Escreveu-se uma nota relativa a um LO.	A nota deve aparecer na lista de notas pessoais.	A nota apareceu na lista de notas pessoais do utilizador.
RF12	Submeter um LO e verificar se ele fica visível para os alunos.	Submeteu-se um LO.	O LO não deve ficar visível para os alunos.	O LO não ficou visível para os alunos.
RF13	Validar um LO e verificar se ele fica visível para os alunos.	Validou-se um LO.	O LO deve ficar visível para os alunos.	O LO ficou visível para os alunos.
RF19	Verificar o funcionamento do prazo de validade.	Criou-se um utilizador, definir um prazo de validade, e tentar fazer <i>login</i> após esse prazo.	Não deve ser possível ao utilizador fazer <i>login</i> .	Não foi possível fazer <i>login</i> .

Tabela 12 – Testes funcionais realizados

## 8. Conclusões

Este capítulo apresenta as conclusões gerais de todo o trabalho de investigação relativo à concepção e implementação do sistema COLOR, incluindo as contribuições desta tese para a comunidade científica e as suas limitações. São ainda apresentadas questões que poderão ser desenvolvidas em trabalhos futuros.

### 8.1. Sumário do Trabalho

Este projeto surgiu com o intuito de estudar e desenvolver novas funcionalidades do sistema PoLO II – Portal de *Learning Objects*. Era importante o desenvolvimento de funcionalidades que aumentassem a eficácia da aprendizagem neste sistema de *e-learning*.

O primeiro passo do trabalho consistiu no estudo acerca das tendências de colaboração e partilha em sistemas de *Learning Objects*. Nessa fase do trabalho foram analisados vários repositórios de LOs e discutidas as várias funcionalidades encontradas nesses sistemas, tendo sido extraídas ideias importantes para o nosso sistema, tal como a revisão de LOs por pares, o ordenamento dos resultados de pesquisa baseado na relevância dos LOs, o fórum de discussão em cada LO e o sistema de mensagens.

A análise e construção do perfil de utilizador, tendo em particular atenção a forma como este interage com a rede de contactos e a forma como utiliza os LOs foi uma fase importante no desenvolvimento do projeto. Esse perfil pode ser analisado pelo utilizador correspondente ou por outros utilizadores, permitindo o espelhamento das ações dos alunos, oferecendo uma representação de ações concorrentes e ajudando, portanto, os estudantes a coordenarem as suas ações. O perfil tem também um papel importante na sugestão de LOs e nos resultados de pesquisa apresentados ao utilizador. Juntamente com o perfil do aluno foi feita a modelização do LO, onde foram definidos todos os seus atributos e as formas de interação com o utilizador, tendo esta definição uma grande influência no sistema.

Na fase de desenho foi definida a estrutura interna da aplicação, sendo definidas as classes da camada de negócio e respetivos atributos e relações. Foram também especificadas as entidades da camada de dados, sendo definidas as colunas, as chaves primárias, as chaves forasteiras e os tipos de dados.

A fase de implementação dos requisitos foi a que mais tempo demorou. Em conjunto com a PT Inovação, foram implementados os objetivos propostos: enquanto as camadas de aplicação e de dados ficaram sob a nossa responsabilidade, a PT Inovação ficou incumbida da implementação da camada de apresentação.

Na experimentação foi testado o sistema de pesquisa, utilizando métricas de *information retrieval*. Foram testadas várias combinações de pesos na pesquisa com ordenamento por soma pesada de vários fatores, de modo a perceber qual a combinação que produzia melhores resultados. Através do cálculo da *precision* e da *recall* para cada caso, chegou-se a essa combinação.

## 8.2. Pontos Fortes do Sistema

As sugestões realizadas entre os utilizadores são uma das várias ferramentas potenciadoras da socialização entre os utilizadores do sistema, de modo a que a informação possa fluir de uma forma rápida e intencionada, com o utilizador a encontrar os dados necessários através das influências de outros utilizadores. A colaboração permitirá que os utilizadores, inseridos no ambiente colaborativo que está a ser construído, contribuam para os recursos e proficiências de outros utilizadores. Com a integração de ferramentas Web 2.0, o COLOR adquire cada vez mais características respeitantes à parte social e colaborativa, permitindo que os alunos construam ativamente novos conhecimentos à medida que interagem com o ambiente do sistema, seguindo uma filosofia construtivista.

A afirmação do COLOR como uma plataforma de aprendizagem completa é ainda corroborada pelo fato de a plataforma ser centrada no aluno, podendo este selecionar as ferramentas e os LOs mais adequados às suas necessidades. A evolução dos conteúdos ao longo do tempo, através do conceito de versões, é outra mais-valia.

A categorização taxonómica através de conceitos, termos e etiquetas apresenta-se como outro ponto forte do sistema. Esta classificação permitiu a posterior implementação da pesquisa semântica dos LOs. O motor de pesquisa, com vários tipos de ordenamento, tirando partido da pesquisa semântica, torna-se também uma mais-valia no sistema, permitindo ao utilizador encontrar os LOs desejados de forma rápida. O ordenamento por relevância toma particular destaque, pois tem em conta o perfil do utilizador para o ordenamento dos resultados.

Outra utilidade da categorização reside na sua utilização na implementação do sistema de sugestões. A categorização taxonómica permitiu a construção de um sistema de sugestões mais robusto, que tem em conta, para além do conteúdo, a semelhança no que respeita aos conceitos e etiquetas. O perfil do utilizador tem também um papel importante na sugestão de LOs, permitindo ao utilizador encontrar os LOs que melhor se adequam às suas necessidades. Procurou-se que o sistema sugerisse os LOs mais interessantes possíveis. As sugestões também são influenciadas pelas sugestões pessoais de LOs feitas ao utilizador pelos seus contatos, melhorando ainda mais a eficácia do sistema.

A garantia de qualidade dos LOs submetidos, através da validação pelos gestores de conteúdos e da revisão por pares, é outro ponto forte do sistema. Este processo traz benefícios aos alunos, pois ficam com um conjunto de LOs de qualidade, que cumprem requisitos pré-definidos, à sua disposição.

## 8.3. Limitações do Sistema e Trabalho Futuro

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foram-se registando e discutindo melhorias a implementar numa próxima versão da plataforma:

- A principal limitação do COLOR poderá estar relacionada com a sua escalabilidade. A utilização do sistema num cenário real permitirá tirar conclusões a nível de performance, permitindo a melhoria deste aspeto numa próxima versão.
- O sistema deve permitir guardar as mensagens enviadas pelo utilizador na sua caixa de mensagens.

- O processamento dos vídeos e termos do LO deverá ser feito de forma assíncrona após a criação do LO.
- O sistema deverá eliminar automaticamente o registo de estudo do LO de alunos que não concluírem o estudo e que não registarem qualquer atividade em relação ao LO ao fim de um tempo predefinido.
- Todo o processo de edição do LO deverá ser realizado salvaguardando o estado inicial do mesmo, e só após confirmação de todas as edições é que estas deverão ser salvas no sistema.
- O sistema deverá suportar, nos questionários, questões consistentes em completamento e associação de frases.
- O processo de validação do LO deve passar por um utilizador assinalar que irá iniciar a validação de um LO, de modo a que dois utilizadores não possam validar o mesmo LO simultaneamente.



## Referências

- [ADLI 2001a] ADLI, Advanced Distributed Learning Initiative. 2001a. Sharable Content Object Reference Model SCORM™ – Version 1.2 – The SCORM Overview.
- [ADLI 2001b] ADLI, Advanced Distributed Learning Initiative. 2001b. Sharable Content Object Reference Model SCORM™ – Version 1.2 – The SCORM Content Aggregation Model.
- [ADLI 2001c] ADLI, Advanced Distributed Learning Initiative. 2001c. Sharable Content Object Reference Model SCORM™ – Version 1.2 – The SCORM Run-Time Environment.
- [ADL 2004] ADL, Advanced Distributed Learning. 2004. Sharable Content Object Reference Model SCORM™ 2004 – 4<sup>th</sup> Edition – Sequencing and Navigation [SN].
- [AICC 2004] AICC, Aviation Industry CBT Committee. 2004. CMI Guidelines for Interoperability - Revision 4.0.
- [Australian Flexible Learning 2003] Australian Flexible Learning. 2003. Introduction to Standards and Specifications for Learning Objects Repositories.
- [Ayala, Yano 1998] Ayala, G, Yano, Y 1998. A collaborative learning environment based on intelligent agents. *Expert Systems with Applications*, 14, 129-137.
- [Barros, Verdejo 2000] Barros, B., Verdejo, M.F. 2000. Analyzing student interaction processes in order to improve collaboration. The DEGREE approach. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 221-241.
- [Beck 1999] Beck, K. 1999. *Extreme Programming Explained*. Addison-Wesley.
- [Boehm 1986] Boehm, Barry W. 1986. A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 114, 14-24, ACM.
- [Brandon Hall Research 2002] Brandon Hall Research. 2002. *LMS and LCMS Demystified*.
- [Bruce & Rubin 1993] Bruce, B. C., & Rubin, A. 1993. *Electronic quills: A situated evaluation of using computers for writing in classrooms*. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- [Bruce & Peyton & Batson 1993] Bertram C. Bruce, Joy Kreeft Peyton, Trenton W. Batson. 1993. *Network-based classrooms: promises and realities*. Cambridge University Press.
- [Burton 1998] Burton, M. 1998. *Computer modeling of dialogue roles in collaborative learning activities*. Unpublished doctoral dissertation, Computer Based Learning Unit, The University of Leeds.
- [Chiu 2000] Chiu, M. M. 2000. Group Problem-Solving Processes: Social Interactions and Individual Actions. *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 30, 1.
- [Chiu 2008] Chiu, M. M. 2008. Flowing toward correct contributions during groups' mathematics problem solving: A statistical discourse analysis. *Journal of the Learning Sciences*, 17 3, 415 – 463.
- [Chiu 2004] Chiu, Ming 2004. Adapting Teacher Interventions to Student Needs During Cooperative Learning: How to Improve Student Problem Solving and Time On-Task. *American Educational Research Journal*, Summer 2004, 412, 365-399.
- [Cole 1996] Cole, M. 1996. *Cultural psychology: A once and future discipline*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- [Constantino-Gonzales, Suthers 2000] Constantino-Gonzalez, M., and Suthers, D. 2000. A coached collaborative learning environment for Entity-Relationship modeling. Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada, 324-333.
- [Davis 2009] Davis, B., Carmean, C., and Wagner, E. 2009. Moodle moves to the front of the LMS Adoption Pack.
- [Dillenbourg 1999] Dillenbourg P. 1999. What do you mean by collaborative learning?. In P. Dillenbourg Ed Collaborative learning: Cognitive and Computational Approaches, 1-19, Oxford: Elsevier.
- [Dillenbourg 2007] Dillenbourg, P., & Tchounikine, P. 2007. Flexibility in Macro-Scripts for Computer-Supported Collaborative Learning. Journal of Computer Assisted Learning, 231, 1-13.
- [Dinis 2007] Dinis, Patrícia. 2007. Bolsa de Objetos de Aprendizagem. Tese de Mestrado.
- [Dokeos 2011] Dokeos. 2011. Creating & delivering on-line courses with Dokeos 2.0 – Trainer manual.
- [Ellis 2009] Ellis, Ryann K. 2009. Field Guide to Learning Management Systems. ASTD Learning Circuits.
- [Flores, Graves, et al. 1988] Flores, F., Graves, M., et al. 1988. Computer systems and the design of organizational interaction. ACM Transactions on Office Information Systems, 62, 153-172.
- [Greenberg 2002] Greenberg, L. 2002. LMS and LCMS: What's the Difference?.
- [Gruber, Peyton & Bruce 1995] Gruber, S., Peyton, J. K., & Bruce, B. C. 1995. Collaborative writing in multiple discourse contexts. Computer-Supported Cooperative Work, 3, 247-269.
- [Harmelen 2007] Harmelen, M. 2007. Personal Learning Environments. Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies.
- [Heery & Anderson 2005] Heery, Rachel & Anderson, Sheila 2005. Digital Repositories Review.
- [Hmelo-Silver 2006] Hmelo-Silver, C.E. 2006. Analyzing collaborative learning: Multiple approaches to understanding processes and outcomes. Proceedings of the 7<sup>th</sup> international conference on learning sciences, USA, 1059-1065.
- [IEEE 2001] IEEE Learning Technology Standards Committee LTSC 2001. Draft Standard for Learning Object Metadata Version 6.1.
- [IEEE 2002] IEEE, Learning Technology Standards Committee. 2002. Draft Standard for Learning Object Metadata.
- [IMS 2006] IMS Global Learning Consortium. 2006. IMS Question and Test Interoperability Overview. Version 2.1 Public Draft revision 2 Specification.
- [IMS 2006a] IMS Global Learning Consortium. 2006a. IMS Meta-data Best Practice Guide for IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata - Version 1.3 Final Specification.
- [Inaba, Okamoto 1996] Inaba, A., Okamoto, T. 1996. Development of the intelligent discussion support system for collaborative learning. Proceedings of ED-TELECOM '96, Boston, MA, 137-142.
- [Jermann 2001] Jermann, P., Soller, A. and Muehlenbrock. M. 2001. From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning.
- [Kollar, Fischer, Hesse 2006] Kollar, I., Fischer, F., & Hesse, F. 2006. Collaboration Scripts – A Conceptual Analysis. Educational Psychology Review, 182, 159-185.

[L’Allier 1997] L’Allier, James J. 1997. Frame of Reference: NETg’s Map to the Products, Their Structure and Core Beliefs. NetG.

[Larman, Craig 2003] Larman, C., Basili, V. 2003. Iterative and Incremental Development: A Brief History. IEEE Computer IEEE Computer Society 36 6: 47–56.

[Larsen & Aone 1999] Larsen, B., & Aone, C. 1999. Fast and effective text mining using linear-time document clustering. KDD '99 Proceedings of the fifth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, 16-22, ACM, New York.

[Leake 1994] Leake, David B. 1994. Case-based reasoning. The Knowledge Engineering Review, 91, 61-64, Cambridge University Press.

[Lee 2009] Lee, M. 2009. How can 3D virtual worlds be used to support collaborative learning? An analysis of cases from the literature. Journal of e-learning and Knowledge Society, 51, February 2009, 149-158.

[Manning, Schutze 1999] Manning, Christopher D., Schütze, Hinrich. Papers in Textlinguistics, 317-379, MIT Press, Cambridge.

[Martins 2010] Martins, J. 2010, PoLO – Portal de *Learning Objects*. Tese de Mestrado em Engenharia Informática, Universidade de Coimbra, Coimbra.

[McManus, Aiken 1995] McManus, M., Aiken, R. 1995. Monitoring computer-based problem solving. Journal of Artificial Intelligence in Education, 64, 307-336.

[Mitnik, Recabarren et al. 2009] Mitnik, R., Recabarren, M., et al. 2009. Collaborative Robotic Instruction: A Graph Teaching Experience. Computers & Education, 532, 330-342.

[Muehlenbrock, Hoppe 1999] Muehlenbrock, M., and Hoppe, U. 1999. Computer supported interaction analysis of group problem solving. Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning CSCL 1999 Conference, Palo Alto, CA: Stanford University, 398-405.

[Munassar 2010] Munassar, N., Govardhan, A. 2010. A Comparison Between Five Models Of Software Engineering. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, 75, 94-101.

[NISO 2004] NISO, National Information Standard Organization. 2004. Understanding Metadata.

[Nurmela, Lehtinen, et al. 1999] Nurmela, K.A., Lehtinen, E. et al. 1999 Evaluating CSCL log files by Social Network Analysis. Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning CSCL 1999 Conference, 434-444, CA: Stanford University.

[Ogata, Matsuura, Yano 2000] Ogata, H., Matsuura, K., Yano, Y. 2000. Active Knowledge Awareness Map: Visualizing learners activities in a Web based CSCL environment. International Workshop on New Technologies in Collaborative Learning, Tokushima, Japan.

[Plaisant, Rose, et al. 1999] Plaisant, C., Rose, A., et al. 1999. The design of history mechanisms and their use in collaborative educational simulations. Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning CSCL 1999 Conference, Palo Alto, CA: Stanford University, 348-359.

[Polsani 2003] Polsani, P. 2003. Use and Abuse of Reusable Learning Objects. Journal of Digital Information, 34, Article 164.

[Rengarajan 2001] Rengarajan, R. 2001. LCMS and LMS - Taking Advantage of Tight Integration.

[Robbins 2002] Robbins, S. 2002. Evolution of the Learning Content Management System.

- [Romme 2002] Romme, A. e Nighuis, J. 2002. Collaborative learning in thesis rings.
- [Rosatelli, Self, Thirty 2000] Rosatelli, M., Self, J., Thirty, M. 2000. LeCs: A collaborative case study system. Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada, 242-251.
- [Sá, Gomes, et al. 2010] Sá, R., Gomes, P., et al. 2010. PoLO II: Portal de *Learning Objects* – Especificação e Desenho – Relatório interno.
- [Scardamalia, Bereiter 2006] Scardamalia, M., Bereiter, C. 1996. Computer support for knowledge-building communities. In T. Koschmann Ed., CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm, 249-268. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [Silva 2007] Silva, Alberto. 2007. WebComfort – Gestor de Conteúdos e Aplicações Web.
- [Simoff 1999] Monitoring and Evaluation in Collaborative Learning Environments. Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning CSCL 1999 Conference, Palo Alto, CA: Stanford University.
- [SIQuant 2006a] SIQuant 2006a. SIQuant WebComfort Gestor de Portais e Conteúdos Web v.2.5 - Manual do Programador.
- [SIQuant 2006b] SIQuant 2006b. SIQuant WebComfort Gestor de Portais e Conteúdos Web v. 2.5 - Manual do Utilizador.
- [Soller, Lesgold 2000] Soller, A., and Lesgold, A. 2000. Knowledge acquisition for adaptive collaborative learning environments. Proceedings of the AAAI Fall Symposium: Learning How to Do Things, Cape Cod, MA.
- [Smith 1992] Smith, B. L., & MacGregor, J. T. 1992. What is Collaborative Learning?. National Center on Postsecondary Teaching, Learning, and Assessment at Pennsylvania State University.
- [Stahl 2006] Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. 2006. Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. In R. K. Sawyer Ed.. Cambridge handbook of the learning sciences, 409-426. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [Tavangarian, Leybold et al. 2004] Tavangarian, D., Leybold, M., et al. 2004. Is e-Learning the Solution for Individual Learning?. Electronic Journal of e-Learning, 2, 2004, 273-280.
- [Teasley, Roschelle 1993] Teasley, S., Roschelle, J. 1993. Constructing a joint problem space. In S. Lajoie and S. Derry Eds., Computers as cognitive tools, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 229-257.
- [Tedesco, Self 2000] Tedesco, P., Self, J. A. 2000. Using meta-cognitive conflicts in a collaborative problem solving environment. Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada, 232-241.
- [Theng, Saputra et al. 2006] Theng, Y. L., Saputra, D., et al. 2006. ReLOMS: Designing for effective use and reuse of learning objects for e-learning systems. Proceedings of the Asia-Pacific Conference on Library & Information Education & Practice 2006, Singapore, 3-6 April 2006, 160-163.
- [Theng, Saputra et al. 2007] Theng, Y. L., Saputra, D., et al. 2006. ReLOAMS: Towards a community authored, reusable learning objects management system. Proceedings ascilite Singapore 2007, 1009-1018.

[Vizcaino, Contreras, et al. 2000] Vizcaino, A., Contreras, J., et al. 2000. An adaptive, collaborative environment to develop good habits in programming. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada, 262-271.

[Vygotsky 1978] Vygotsky, L. S. 1978. Mind in society: The development of higher psychological processes. London: Harvard University Press.

[Ware 2008] Ware, M. 2008. Peer review: benefits, perceptions and alternatives. Publishing Research Consortium, 12-14.

[Wiley 2002] Wiley, David. A. 2002. Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy. The Instructional Use of Learning Objects  
Bloomington, IN: Agency for Instructional Technology.

