

Um Ambiente de Banco de Dados Para Ensino a Distância Baseado em *Workflows* e Objetos de Aprendizado

Luiz Antônio M. Pereira
lpereira@inf.puc-rio.br

Rubens Nascimento Melo
rubens@inf.puc-rio.br

PUC-RioInf.MCC12/03 Abril, 2003

Abstract

Effective e-learning environments should promote high cooperation. Workflow techniques can certainly contribute to such effectiveness because, in these environments, the creation and delivery of learning contents are typically accomplished by individuals through the execution of specific and predefined sequences of activities. Literature in this area has stressed the importance of workflow techniques in e-learning. However, it is also important to consider new methods that may reduce development costs such as reusability and standardization. In this work we propose the application of learning objects (LOs) and their standards. We define the architecture of a web-based heterogeneous and distributed database environment that permits partners to create and share a pool of learning objects. Such LOs may be primitive or recursively composed by aggregation. This environment is being proposed as a database solution for PGL (Partnership in Global Learning) which is an international e-learning project sharing a network of learning objects repositories.

Keywords: E-Learning, Workflows in e-learning, *Partnership in Global Learning*, PGL, *learning objects* LO management, LO metadata, web-services in e-learning.

Resumo

Ambientes efetivos de ensino a distância (EAD) devem promover muita cooperação. As técnicas de *workflow* podem certamente contribuir para essa efetividade porque, nesses ambientes, a criação e a entrega de conteúdos de aprendizado são, tipicamente, realizadas por indivíduos executando seqüências de atividades específicas e pré-definidas. A literatura nessa área ressalta a importância das técnicas de *workflow* em EAD. Entretanto, também é importante considerar-se novos métodos que podem reduzir os custos de desenvolvimento, tais como reusabilidade e padronização. Nesse trabalho propomos a aplicação de objetos de aprendizado (LOs) e seus padrões. Definimos a arquitetura de um ambiente baseado na *web* de banco de dados distribuído e heterogêneo que permite que parceiros criem e compartilhem um *pool* de objetos de aprendizados. LOs podem ser primitivos ou compostos recursivamente por agregação. Esse ambiente está sendo proposto como uma solução de banco de dados para o PGL (*Partnership in Global Learning*), um projeto internacional de ensino a distância que compartilha uma rede de repositórios de objetos de aprendizado.

Palavras-chave: Ensino a Distância, EAD, *Workflows* em EAD, *Partnership in Global Learning*, PGL, *learning objects*, gerenciamento de LOs, metadados de LOs, serviços *web* em EAD.

1 - Introdução e Motivação

1.1 - Ensino a Distância - Introdução

Muitos cursos oferecidos na forma tradicional, i.e. presenciais e liderados por instrutores, têm sido cogitados para serem convertidos para a forma eletrônica, com a finalidade de serem ministrados a distância [1], com os alunos separados fisicamente entre si, separados dos professores e fora dos limites geográficos do estabelecimento de ensino [2].

Embora as definições e características precisas de Ensino a Distância (EAD) não sejam um consenso entre pesquisadores [3], interessam-nos alguns aspectos comuns a todos os diversos entendimentos a respeito do assunto; EAD pode ser caracterizada modernamente, não só pela separação física e temporal entre professores e alunos, como também pela necessária interação entre eles mediada por alguma forma de tecnologia que permita a *cooperação*¹ (alunos-alunos, professores-alunos). A infra-estrutura de comunicação, que é vista pelos pesquisadores como uma das mais efetivas, consiste das já bastante difundidas Internet e *intranets*.

A opção por se ministrar ou cursar um programa de ensino a distância considera inúmeros aspectos dos quais destacamos (1) o aspecto econômico, referente tanto à parte dos alunos quanto dos instrutores e instituições de ensino e que pode estar associado à abrangência geográfica e mercadológica, custos de transporte e estadia, etc., (2) o aspecto da padronização da forma e do conteúdo dos programas e o não menos importante (3) aspecto social, expresso na preocupação dos governos em levarem o ensino aos mais recônditos lugares de um país.

Os sistemas modernos de ensino a distância têm suas origens nos antigos programas de treinamento baseado em computadores (ou CBT - *Computer-Based Training*), cujo paradigma pode ser sintetizado na frase "treinamento onde você quer, na hora que você quer". Alguns dos cursos a distância produzidos hoje em dia utilizam ferramentas de autoria que são versões adaptadas à *web* das ferramentas de autoria desenvolvidas no passado.

Um dos maiores fatores que limitam os sistemas de autoria de CBT antigos - assim como suas versões adaptadas para a *web* - é que estes adotam um processo de ensino que ocorre em um ambiente de *confinamento solitário*; o aluno senta em frente a um PC, navega por telas e tem *feedback* automático, até que o *programa* detecta que um certo nível de competência foi atingido. Com o CBT, a interação ocorre, basicamente, em um nível: entre o aluno e o conteúdo, ou seja, através de apresentações e questionários *online*, eventualmente dosados por um servidor de páginas ou programa de aplicação.

¹ A distinção entre cooperar e colaborar não é clara nos dicionários (Aurélio e Houaiss, versões eletrônicas 3.0 e 1.0, respectivamente). Cooperar significa operar, ou obrar, simultaneamente; atuar, juntamente com outros, para um mesmo fim; contribuir com trabalho, esforços, auxílio; colaborar.

As redes de computadores permitem uma abordagem instrucional mais ampla porque elas suportam outros níveis de interação, o que elimina o já mencionado confinamento solitário. Os recursos oferecidos pelos ambientes *web* - HTML, Java e linguagens de criação de páginas dinâmicas - permitem que a interação se faça em três níveis : (1) entre o aluno e o conteúdo, conforme o modelo clássico de CBT, (2) entre o aluno e o instrutor, onde há troca de *e-mails* e/ou bate-papo (*chat*) para ajudas especiais e (3) entre os próprios alunos, através de quadros de avisos, listas de *e-mails*, grupos de discussão e até *workflows*.

Em termos de poder instrucional, essa nova geração de produtos para ensino a distância, que explora o potencial interativo e cooperativo dos ambientes *web*, supera em muito o padrão clássico de CBT. Modernas ferramentas de autoria e entrega (*delivery*) de cursos a distância permitem aos instrutores construir ambientes ricamente interativos e cooperativos. Nesses ambientes podem ser usados os recursos dos três níveis já mencionados, além de áudio em tempo real em um ambiente virtual de *sala de aula eletrônica*, recursos esses que também podem ser usados como complementos para as aulas presenciais.

Web-Based Training (WBT), *Internet-Based Training (IBT)* ou *e-learning*, como podem ser chamados os cursos oferecidos via Internet/intranets, já faz parte do cotidiano de empresas e universidades européias, norte-americanas e de outros países ricos. Muitos departamentos de treinamento estão convencidos de que WBT/IBT pode ser uma modalidade interessante, sob o ponto de vista custo/benefício, dentro de seus programas de treinamento, a despeito de ainda existirem questões sobre a melhor maneira de se operacionalizar ensino a distância. Essas questões dizem respeito à adequação do treinamento às reais necessidades instrucionais das empresas bem como às suas infra-estruturas tecnológicas e limitações orçamentárias existentes [1].

Nesse cenário, o aprendizado baseado na cooperação entre alunos e entre alunos e professores, cujo suporte tem sido dado mais recentemente pelas pesquisas em CSCW - *Computer Supported Cooperative Work*, assume posição de destaque, na medida em que existem diferentes técnicas de aprendizagem que pressupõem atividades em grupos e que têm se mostrado eficientes, tanto no domínio cognitivo (aumento da capacidade de aprendizado e do desempenho acadêmico), quanto no afetivo e social (aumento da autoconfiança pessoal e da confiança do grupo). Há uma vasta bibliografia de relatos de casos em que alunos marginalizados em escolas multirraciais nos EUA passaram a ser bem aceitos nos grupos, quando o foco de atenção da atividade escolar passou a ser a produção em grupo, através da cooperação [4]. Uma das grandes conquistas desta forma de aprendizagem é a formação de grupos com relações afetivas muito fortes que, sistematicamente, cooperam entre si e assumem como sendo responsabilidade do grupo o sucesso de cada um de seus membros. As pesquisas em CSCW/EAD têm resultado no desenvolvimento de técnicas e programas que dão suporte a *ambientes computacionais cooperativos de aprendizagem*.

No contexto de EAD onde a participação cooperativa de alunos e professores deve, idealmente, existir, ou seja, onde etapas que compõem a criação e execução do conteúdo devem ser realizadas de forma cooperativa e segundo uma ordem, verificamos a aplicabilidade das já mencionadas técnicas de *workflow*. Pesquisa nesse sentido encontra-se descrita em [3] e [5].

É importante, também, considerarmos novas metodologias de desenvolvimento de conteúdos de aprendizado que sejam efetivos e que possam ser reutilizados, possibilitando, com isso, diminuição nos custos de desenvolvimento e padronização de conteúdo. Nesse caso, objetos de aprendizado (LOs) assumem um papel de grande importância, como veremos adiante.

1.2 - Ensino a Distância – Breve História

O conceito de EAD não é novo, apesar de só ter tido maior destaque nos últimos anos, devido ao impacto e disseminação das novas tecnologias de informação e comunicações[2].

Embora alguns especialistas considerem que o Apóstolo Paulo já utilizava métodos de EAD nas suas epístolas, esta modalidade de ensino remonta, oficialmente, ao século XIX, e coincide com a rápida expansão da rede de estradas de ferro nos Estados Unidos da América. A melhoria das comunicações permitiu o aparecimento e a consolidação do ensino por correspondência, como se chamava então, pois tanto os materiais pedagógicos como o restante da correspondência entre professores e alunos era transportado de trem. Com a invenção do telefone, este novo meio de comunicação foi rapidamente adotado como forma de interação entre estabelecimentos de ensino, professores e alunos. A televisão também teve papel importante na disseminação de cursos a distância, por sua popularização como por sua abrangência geográfica.

Desde então EAD tem recorrido a novas tecnologias à medida em que estas se tornam acessíveis e o seu potencial educativo e interativo é comprovado.

Ensino a distância passou a caminhar, de meados da década de 80 para cá, em sincronismo com a popularização e evolução da Informática, notadamente das infra-estruturas de comunicação e de recursos mais apropriados e baratos para armazenamento e exibição de conteúdos multimídia. Esses aspectos dizem respeito ao que se denomina *tecnologia instrucional* que, modernamente, entende-se que é o uso de computadores, CD-ROMs, media interativa, redes locais, *modems*, satélites, teleconferência e outros meios tecnológicos para suportar o aprendizado. Mais recentemente, a maioria das instituições que ministram EAD utiliza, além dos recursos já mencionados, a *Internet*.

Hoje em dia, apesar dos participantes no processo educativo continuarem fisicamente separados uns dos outros, o conceito de distância alterou-se significativamente, visto a separação geográfica já não constituir uma barreira à interação e à aprendizagem.

Enquanto que, antigamente, a distância geográfica constituía o grande desafio que se colocava EAD, atualmente é o fator *tempo* que se apresenta como o maior obstáculo² [2].

² Embora a(s) razão(ões) para tal não esteja(m) explicitada(s) na referência usada, entendemos que o fator tempo tem se apresentado como o maior obstáculo para EAD hoje em dia em função do ritmo atribuído das pessoas, impondo dificuldades de estabelecerem um horário comum para interagirem, mesmo que “virtualmente”.

1.3 - Principais Tecnologias para EAD Baseadas em Computadores

As várias tecnologias usadas em EAD podem ser, de um modo geral, divididas em quatro categorias: impressos, áudio (voz), computadores (dados) e vídeo. Cada uma dessas categorias tem muitas subdivisões. Muitas dessas tecnologias se encontram em mais de uma das categorias relacionadas [6] na tabela 1.1, que apresentamos abaixo.

Impressos	Livros
	Guias de estudo
	Livros de exercícios
	Fax
Voz/Audio	Telefone
	Mail de voz
	Áudio-conferências
	Fitas de áudio
	Rádio
Computadores	E-mail (<i>correio eletrônico</i>)
	Cursos baseados na Web
	Video-conferências
	CD-ROM
	Software cooperativo
Video	Fitas de vídeo
	Transmissão de vídeo por satélite
	Transmissão de vídeo por microondas
	Redes de difusão (TV convencional)

Tabela 1.1 – Categorias das tecnologias de EAD [6]

Iremos no ater, apenas, às tecnologias de EAD da categoria (baseada em) “computadores”, devido aos objetivos finais desse trabalho e também porque, com a crescente popularidade da Internet, essas tecnologias têm sido cada vez mais consideradas como sendo os meios mais efetivos de se promover ensino a distância.

As expectativas para adoção do computador no ensino podem ser resumidas em dois pontos principais: favorecer a comunicação entre os envolvidos (professores e alunos) e facilitar o acesso às fontes de conhecimento (especialistas e conhecimento estruturado) [7].

As principais tecnologias envolvendo computadores usadas em EAD consistem de *e-mails*, cooperações *online*, e ensino baseado na *web*, que descreveremos, resumidamente, a seguir.

1.3.1 - E-Mail

O correio eletrônico é uma forma comum e bastante barata de comunicação entre estudantes e professores. Em alguns casos, todo um curso pode ser estruturado

considerando-se o uso de *e-mails* como a única forma de comunicação possível. Em outros, os *e-mails* podem complementar outras tecnologias.

Listas de discussão (*bulletin boards* ou *newsgroups*) também podem ser usados como extensões aos *e-mails* convencionais.

Como vantagens dos *e-mails* podemos citar versatilidade e conveniência a baixo custo. A versatilidade é caracterizada pela possibilidade dos participantes poderem anexar arquivos (planilhas, PPTs, PDFs, etc.) aos textos. A conveniência é caracterizada pela possibilidade de uso durante o dia ou noite, muitas das vezes, gratuitamente.

Como desvantagens podemos citar (1) a necessidade de se dispor de um PC com conexão com a Internet (2) necessidade de se ser familiarizado com os *softwares* clientes de *e-mail* e, dentro de nosso contexto a mais importante, (3) da comunicação via *e-mail* ser assíncrona, significando que as mensagens não são trocadas em tempo real.

1.3.2 - Cooperações Online

Nesse grupo se enquadram as formas de EAD ditas síncronas, já que todos os participantes se comunicam em tempo real. Desse grupo fazem parte [6]:

- os já bastante conhecidos *chats online*,
- os quadros-brancos (eletrônicos) compartilhados e
- as vídeo conferências.

Os quadros brancos compartilhados adicionam a possibilidade de se usar elementos gráficos à forma anterior. Nesse caso os participantes podem desenhar formas gráficas simples (círculos, setas, linhas, etc.) no espaço virtual comum, podendo, também, colar textos e imagens trazidos de outras fontes.

Exemplos conhecidos que se enquadram nessa categoria são o "CU See Me" e "Net Meeting". Outros ambientes mais sofisticados permitem o compartilhamento de telas de aplicações e/ou compartilhamento das aplicações propriamente ditas.

A vantagem da cooperação *online* é que, pelo fato da comunicação ser síncrona, o *feedback* das ações dos participantes é imediato.

As desvantagens incluem:

- a necessidade de software similar em cada estação de trabalho;
- a necessidade de se organizar as interações previamente ou de se adotar um protocolo rígido para interação entre os participantes;
- a necessidade de se limitar o número de participantes dos grupos.

1.3.3 - Ensino Baseado na Web

A WWW expandiu os horizontes de EAD, já que pode ser usada para melhorar o ensino através de um acesso melhorado a recursos remotos e do uso de mecanismos

mais efetivos de entrega (*delivery*) de conteúdos de aprendizado. Os recursos de que falamos podem ser materiais, como visualização e *download* de vídeos e documentação eletrônica, acesso a *sites* temáticos, etc., e também recursos humanos (assessoria dos *experts*).

Essa área, mesmo já plena de resultados práticos, é ainda objeto de inúmeras linhas de pesquisas. No TecBD, por exemplo, estudamos formas, técnicas e mecanismos de se desenvolver, classificar/documentar, armazenar, pesquisar e utilizar os chamados *objetos de aprendizado* (LOs - *Learning Objects*), que assumem papel importante nesse trabalho.

1.4 - Considerando a Cooperação Entre os Alunos

Já mencionamos que técnicas de aprendizagem que pressupõem a cooperação entre alunos têm se mostrado eficientes, tanto no domínio cognitivo quanto no afetivo e social.

No contexto profissional, em função da necessidade de constante atualização técnica e da dificuldade crescente de "abandono" do local de trabalho para isso (as *restrições temporais e espaciais* mencionadas em [7]), as empresas têm procurado mecanismos não convencionais de aplicação de treinamento para seus funcionários. EAD tem sido cogitada cada vez mais para emprego nos assim chamados "Programas de Formação Continuada". Nesses casos, os funcionários/treinandos estudam em ambiente similar ao que trabalham, conectados através da Internet ou intranet da empresa, e empregando a forma de atuação cooperativa, cujos objetivos são ratificar a necessidade e exercitar formas inovadoras de cooperação como, também, estabelecer uma nova abordagem (a virtual) do trabalho em equipe.

Pesquisadores identificaram um conjunto de fatores determinantes do sucesso da aprendizagem cooperativa. O requisito básico é a existência de um objetivo compartilhado e compreendido por todos e que, quando alcançado, caracteriza o fim da cooperação. Outros dois aspectos, muitas vezes desprezados mas que parecem ser fatores determinantes do sucesso, são demarcações de "fronteiras" temporais, isto é, delimitação de "tempos" para as atividades - início e fim da participação em um grupo, de uma fase ou atividade, da atividade cooperativa como um todo - e a definição de "ritmos" - a frequência dos encontros periódicos (Johnson-Lenz & Johnson, conforme [7], página 13).

A solução vislumbrada é, portanto, um modelo de formação que envolve o aprendizado cooperativo em espaço e tempo virtuais. Isso é possível através do desenvolvimento de tecnologia especialmente projetada para a finalidade de formação através do trabalho cooperativo em contextos independentes de tempo e de espaço. Estes novos ambientes podem mudar o papel do aprendiz, fazendo que este deixe de ser um aprendiz que necessita estar fisicamente no seu ambiente de aprendizagem para se tornar um aprendiz-virtual, ou um tele-aprendiz e, e do professor, fazendo que este se torne um *tele-professor*[4].

Existem inúmeros ambientes computacionais cooperativos no mercado [4]. Na área de ensino, os sistemas de mensagens, conferência síncrona e assíncrona, já

apresentados, são muito usados entre aprendizes e professores, para esclarecer dúvidas, distribuir e recolher exercícios, trabalhos e avisos.

Em função da importância do aspecto cooperação em EAD, verificamos a adequação do uso de sistemas de *workflow* para acompanhamento e controle das atividades individuais e coletivas, tanto a nível de projeto e desenvolvimento do conteúdo, pois permite a definição de todo o curso, com a especificação clara de todas as atividades a serem executadas, quanto a nível de sua execução, com a especificação dos prazos e dos agentes responsáveis pelas execuções das tarefas.

No próximo capítulo trataremos mais detalhadamente de sistemas de *workflows*, apresentando os principais conceitos envolvidos. Mais detalhes ainda poderão ser encontrados em [10].

1.5 – Reúso de Conteúdo Instrucional Modular

Como poderemos desenvolver conteúdos instrucionais (programas) rapidamente e a baixo custo? Baseados no sucesso das soluções dadas para problemas semelhantes em diversas áreas da atividade humana, podemos pensar em uma solução que envolva divisão em módulos, padronização e reúso. De fato, uma resposta para a pergunta que fizemos vem sendo buscada através das pesquisas sobre Objetos de Aprendizado Reutilizáveis (*Reusable Learning Objects* ou, simplesmente, *Learning Objects* - RLOs ou LOs).

Um desenvolvedor de conteúdo pode montar um novo conteúdo instrucional através da definição de uma estrutura apropriada de LOs padronizados e pré existentes. O conteúdo pode ser “entregue” ao(s) aluno(s) que o executa(m) através de um gerenciador de conteúdo que adira ao *padrão*. A idéia é minimizar a duplicação do esforço de produção desses módulos de ensino que é, em geral, bastante custosa, na medida em que os mesmos podem conter apresentações multimídia, simulações e animações. LOs provêm uma grande flexibilidade na organização de material de ensino e vêm sendo apontados pela literatura como uma solução eficiente para os problemas de padronização e conseqüente menor custo de desenvolvimento de conteúdo instrucional. A literatura aponta, ainda, outros benefícios decorrentes da adoção de LOs para a composição de programas de aprendizado, não só por parte dos autores dos programas, mas também por parte dos alunos ([9] e [8]).

Já mencionamos que o uso de objetos modulares pressupõe uma padronização. No caso de LOs, tentativas de padronização vêm sendo publicadas por diversas empresas, pelo meio acadêmico e por instituições de desenvolvimento de padrões. Um importante resultado desses esforços é o conjunto padrão de metadados do IEEE (*Learning Object Metadata* – IEEE-LOM), que vem sendo adotado por um número cada vez maior de profissionais e entidades de desenvolvimento de conteúdo instrucional.

Nesse trabalho apresentaremos os conceitos e características dos LOs, do padrão de metadados LOM do IEEE, como podemos modelar e criar conteúdos baseados em módulos, como iremos gerenciar (armazenar, manter, pesquisar e compor) os objetos em bases de LOs. Em trabalho anterior ([10]) nos aprofundamos nas questões de

padronização, uso, modelagem/montagem (semi) automática de módulos, relações entre LOs, dentre outras. O mencionado trabalho pode ser entendido como uma fundamentação importante deste, pois além da descrição detalhada do LOM e da descrição deste feita em XML pelo IMS, documenta os entendimentos que o grupo do TecBD tem sobre os demais conceitos envolvidos, conceitos que, nesse trabalho, serão fartamente usados.

1.6 – LOs e *Workflows* em SGBDs como Motivadores

Segundo a implementação do LOM pelo IMS, a que adotamos como nosso padrão, os objetos de aprendizado são, no nível mais elementar e de forma mais geral, grandes conjuntos de bits (BLOBs – *Binary Large Objects* – objetos binários grandes) descritos segundo um padrão por um texto em XML. Esses objetos, suas descrições e seus possíveis relacionamentos precisam ser armazenados, pesquisados, editados, consultados e recuperados de qualquer ponto da rede, conforme requisitados. Além disso, devemos supor que os mecanismos de armazenamento usarão, também de forma geral, infra-estruturas de gerência com tecnologias distintas, já que o ambiente de EAD que estudamos é distribuído.

Por outro lado, um ambiente colaborativo, como dever ser o de EAD, deve possuir as informações de estado de execução e de controle do ambiente, também armazenadas e disponíveis para consulta e alteração no âmbito de todo o ambiente. As questões de distribuição e heterogeneidade do ambiente, claro, também devem ser consideradas. Em [10] estudamos essas questões e, no presente trabalho, estaremos adicionando as necessidades de armazenamento lá relacionadas às necessidades de armazenamento de LOs relacionadas em [8], pois, como já adiantamos, entendemos que sistemas de *workflows* têm muito a contribuir para os ambientes de EAD.

Relacionamos abaixo importantes aspectos, em termos de gerência de dados, do que foi apresentado nesses dois últimos parágrafos:

- gerência de objetos complexos;
- distribuição de dados;
- heterogeneidade;
- necessidade de transparência, por parte dos usuários, na manipulação (obtenção, uso e reenvio) dos diversos artefatos usados/gerados durante a execução dos conteúdos, independentemente do local em que os artefatos estejam e das tecnologias de armazenamento sendo usadas.

Essas características não só justificam como indicam o uso de tecnologias de bancos de dados (não convencionais) e daí, portanto, nosso interesse em pesquisas na área de EAD.

1.7 – O Projeto PGL Também Como Motivador

Motivados, ainda, pelo projeto PGL (*Partnership in Global Learning*), do qual a PUC-Rio participa através das pesquisas no TecBD, estamos procurando definir a

arquitetura de um ambiente distribuído onde, em linhas gerais, vários parceiros poderão contribuir com a criação de objetos de aprendizado para um *pool* de LOs. Estes LOs serão armazenados nos sítios de seus respectivos criadores, que estarão interligados através de uma infra-estrutura de comunicação de dados. Haverá uma forma de consultar, obter, referenciar e usar os LOs publicados de qualquer ponto da rede do projeto PGL, independentemente da localização física dos LOs. No capítulo 3 trataremos em detalhes os principais aspectos do projeto PGL.

1.8 – Conteúdo e Objetivos do Trabalho

Como já mencionamos, estamos interessados na concepção de um ambiente de banco de dados que dê suporte adequado e eficiente ao ambiente do PGL. Acreditamos que os avanços conseguidos até hoje, através das pesquisas em BDs, principalmente nas questões de gerenciamento de objetos complexos distribuídos, controle de transações distribuídas e da consideração da heterogeneidade entre tecnologias de armazenamento, poderão tratar adequada e eficientemente as questões que, sabemos³, existirão no ambiente em questão.

Para tal, no capítulo 2, apresentaremos um resumo dos conceitos e questões relacionadas a *workflows*, sistemas de gerência de *workflows* e de objetos de aprendizado já estudados [10].

No capítulo 3 faremos uma descrição do projeto PGL, justificando a necessidade de que o problema que se apresenta seja estudado sob a ótica de um sistema de banco de dados.

No capítulo 4 apresentaremos nossa proposta para o ambiente de banco de dados do PGL, definindo usuários, funcionalidades, o mecanismo de integração de dados - que, sugerimos, seja baseado em serviços web - e os dois extremos, em termos de níveis de interatividade e colaboração, que deverão ser disponíveis no ambiente proposto.

No capítulo 5 apresentaremos os principais aspectos funcionais e estáticos do ambiente, utilizando os diagramas de casos de uso e de classes da UML e descrevendo brevemente os passos necessários para cumprimento de parte das funcionalidades do ambiente.

No capítulo 6 faremos uma apresentação do *Instructional Architect*, um ambiente “*web based*” de ensino a distância que também utiliza conteúdos formados por objetos de aprendizado coletados de bases de LOs distintas apresentado, em seguida, comparações com o ambiente por nós proposto para o PGL.

Finalmente, no capítulo 7, apresentaremos nossas conclusões e relacionaremos os trabalhos que deverão ser desenvolvidos com o objetivo de termos um protótipo disponível para o ambiente.

³ Trata-se de aplicações colaborativas, onde há troca intensa de objetos complexos, necessidade de coordenação de execução de tarefas e armazenamento e migração de estados de execução, dentre outras.

2 - Workflows e LOs

2.1 – Introdução

Consideraremos em nossas pesquisas o uso de *workflows* e LOs para a definição de um ambiente de EAD calcado em tecnologias de banco de dados. Para tal, os conceitos, características e requisitos desses dois temas serão resumidos a seguir. Mais detalhes sobre *workflows* e LOs poderão ser encontrados em [10] e [8].

2.2 – Workflows

2.2.1 – Conceitos e Definições

Existem inúmeras definições para *workflow* na literatura. Segundo o Modelo de Referência de *Workflow* da *Workflow Management Coalition - WfMC* [11], *workflow* é a automação de um processo de negócio, por inteiro ou por partes, durante o qual documentos, informações e atividades são passadas de um participante para outro para que estes desenvolvam ações respeitando um conjunto de regras procedimentais. *Workflow*, ou fluxo de trabalho, também pode ser definido como [12] qualquer conjunto de atividades executadas de forma coordenada, em série ou em paralelo, por dois ou mais membros de um grupo de trabalho, visando a um objetivo comum.

Considerando as definições e conceitos comuns em toda a literatura pesquisada, entendemos que um *workflow* também pode ser definido como uma coleção de atividades organizadas para realizar um processo, *quase sempre* de negócio. Essas atividades podem ser executadas por um ou mais sistemas de computador, por um ou mais agentes humanos ou de *software*, ou por uma combinação destes. Do que consistem, a ordem de execução e as pré-condições das atividades estão definidos no *workflow*, sendo que o mesmo é capaz ainda de representar a sincronização das atividades e o fluxo de informações entre elas.

Workflow é um conceito intimamente relacionado à reengenharia e automação de negócios e de processos de informação em uma organização [13]. A necessidade de escritórios mais eficientes resultou no conceito de Reengenharia de Processo de Negócio e na tecnologia chamada de Sistemas ou Software de Gerência de *Workflow* (SGWs) [14][13] ou, simplesmente, Sistemas de *Workflow* [15].

SGWs são, em geral, ferramentas colaborativas [16] e provêm a automação procedimental de *workflows*, gerenciando a seqüência de atividades de trabalho e chamando ou invocando os recursos humanos e/ou eletrônicos apropriados, que são associados com as várias atividades que compõem o processo. SGWs definem, gerenciam e executam completamente *workflows*, através da execução de *software* baseada em uma representação da lógica ou modelo (dados, operações e regras) do *workflow* no computador.

Nesses sistemas as atividades são definidas e agendadas, os recursos necessários são relacionados e, na medida em que as atividades vão sendo executadas pelos respectivos executores, o SGW trata de coordenar e encaminhar automaticamente os resultados alcançados e os demais recursos necessários para os executores das atividades seguintes na seqüência [10].

2.2.2 – Origem e Situação Atual das Tecnologias de *Workflows*

Os sistemas de *workflow* têm suas origens a partir das pesquisas em automação de escritórios nos idos anos 70 [15]. O principal foco destas pesquisas estava em oferecer soluções sobre como gerar, armazenar, compartilhar e *rotear* documentos em organizações, visando à diminuição da manipulação de documentos em papel.

Hoje, a tecnologia de *workflows* alcança bem mais do que a redução do fluxo de documentos em papel nas organizações. Os conceitos e paradigmas de trabalho em grupo, preconizados pelas pesquisas em CSCW (*Computer Supported Collaborative Work* - Trabalho Colaborativo Suportado por Computador) e *groupware* (agendamento de conferências, correio eletrônico, vídeo conferência, por exemplo) influenciaram a definição destes sistemas como ferramentas para a coordenação do trabalho de equipes, impulsionando seu desenvolvimento. Além disso, as necessidades de interação intra-organizacionais estenderam-se para níveis inter-organizacionais (*Business-to-Business* ou B2B), agora contando com o potencial da WWW. Esse fato levou as pesquisas em *workflow* a um novo patamar voltado para a definição de *arquiteturas distribuídas* de execução de processos. O trabalho cooperativo, agora, é descentralizado para que possa, dentre outras coisas, ser executado no local mais apropriado, usando os recursos disponíveis desse local e para que cada componente ou fragmento do processo remoto possa progredir o mais independentemente possível dos outros processos com os quais é coordenado.

2.2.3 – Vantagens de Uso de *Workflows*

Das vantagens do uso de *workflows* e SGWs relacionadas em [10], apresentamos as que mais se aplicariam a um ambiente de ensino a distância:

- Possibilidade de acesso remoto por parte dos participantes do grupo;
- Simplificação das atividades de arquivamento e recuperação de informações;
- Rapidez na pesquisa de informações armazenadas;
- As informações dos responsáveis por cada atividade do processo são mantidas sempre (automaticamente) atualizadas;
- Conhecimento do status do processo a cada instante, possibilitando saber-se quais os participantes estão atuando, quais são os próximos a atuar, e quando, etc;
- O SGW *coordena* a execução das atividades automaticamente com o uso de agendas e trocas de mensagens eletrônicas com os participantes.
- Melhor controle do processo.

2.2.4 – Componentes dos SGWs

Os componentes fundamentais de um processo ou fluxo de trabalho são as **atividades**. Uma atividade em um fluxo de trabalho corresponde a uma etapa a ser executada dentro de um processo. É necessário que os SGWs ofereçam recursos para a definição dos dados das atividades (nomes, objetivos, restrições/regras e relações de artefatos necessários).

Atividades, por sua vez, pressupõem que existam **atores** que as executam (interpretando seus papéis). Cada atividade deve ter pelo menos um executor responsável por sua realização, que deve ser devidamente cadastrado como usuário do SGW. Executores podem ser indivíduos – usuários do SGW – específicos (referenciados por seus nomes) ou podem ser classes de indivíduos, quando são referenciados por seus papéis. SGWs podem permitir, ainda, que sejam definidos grupos de indivíduos responsáveis pela execução de atividades em processos. Dentro de um grupo, cada indivíduo pode ainda ter um papel definido. Atividades podem ser também executadas por agentes de software (ou agentes computacionais), aplicações ou dispositivos quaisquer.

Um elemento importante na definição de um fluxo de trabalho é a especificação de quais informações irão fluir durante a execução dos processos. Os **documentos** (genericamente referidos como *artefatos*) manipulados ao longo da execução dos processos poderão ser armazenados em *pacotes de trabalho*. Documentos podem ser consultados, alterados, armazenados ou retirados dos pacotes de trabalho pelos executores das diversas atividades, conforme regras e permissões definidos *a priori*. Formulários também podem ser obtidos, preenchidos e encaminhados ao longo da execução de um fluxo de trabalho.

As **rotas** são componentes importantes em um fluxo de trabalho, na medida em que necessitamos explicitar o encadeamento de atividades do processo (*roteamento*). Esse encadeamento ocorre, de um modo geral (em *workflows* estruturados, transacionais ou de produção), segundo um grafo orientado, onde atividades (representadas pelos nós do grafo) podem ser executadas em paralelo, segundo uma ordenação parcial, e/ou seqüencialmente, quando o grafo orientado de execução de atividades particularizar-se em uma seqüência única de atividades. Expressões lógicas podem ainda ser aplicadas às arestas dos grafos para adicionar-se condições de execução de parte das atividades.

A execução de qualquer atividade em um ambiente organizado pressupõe a aceitação e obediência a **regras/restrições** pré-estabelecidas. Quando a execução de atividades dever ser feita de forma coordenada, envolvendo mais de um executor, as regras desempenham uma função vital para a consecução do objetivo final de um processo. Regras dizem respeito a restrições e diretrizes impostas por um *negócio* e/ou pela cultura de uma organização. Regras definem quais informações irão transitar pelo fluxo e sob quais condições, ou seja, são atributos que definem de que forma os dados que trafegam no fluxo de trabalho devem ser processados, roteados e controlados pelo sistema de *workflow* [10][17].

Todos os dados dos componentes acima devem ser informadas ao SGW durante a modelagem do processo.

2.2.5 – Funcionalidades Necessárias aos SGWs

Um SGW corresponde a um conjunto de ferramentas que auxiliam o projeto e implementam esquemas de definição de fluxos de trabalho, sua instanciação e execução controlada e a coordenação e integração das diferentes ferramentas disponíveis dentro de um mesmo *workflow*. Essas ferramentas categorizam-se segundo três áreas funcionais:

1. Funções de tempo de construção (*build-time functions*): preocupam-se com a definição e modelagem do processo de *workflow* e suas atividades constituintes;
2. Funções de controle em tempo de execução (*run-time control functions*): preocupam-se com gerenciamento de processos de *workflow* em um dado ambiente operacional e colocação das várias atividades nas seqüências apropriadas para serem manuseadas como partes de cada processo;
3. Funções de interação em tempo de execução (*run-time interaction functions*): tratam da gerência da interação dos SGWs com usuários humanos e outros sistemas de TI.

Em linhas gerais, após ter-se conduzido a etapa de análise do processo de negócio, passa-se à definição do processo de trabalho, que significa traduzir do mundo real para uma formalização computacional processável através do uso de uma ou mais técnicas de análise e modelagem [15]. O resultado da definição é um modelo ou representação do processo a ser executado. Uma vez definido, um processo pode ser executado através da interpretação de sua definição pelo sistema de *workflow*. Esta interpretação compreende o roteamento das atividades definidas aos atores designados para sua execução. Cada ator ou participante do processo, por sua vez, necessita interagir com o sistema, não só para realizar as atividades a ele designadas, como também para tomar conhecimento de sua necessidade de participação no processo.

2.2.6 – Workflows em EAD

No mercado de ferramentas para EAD existem os LMS (*Learning Management Systems* - sistemas de gerência de aprendizado) que tratam da administração do conteúdo instrucional e do próprio fluxo de atividades, necessária durante a execução de um conteúdo. Se adicionarmos ao LMS a capacidade de gerenciar, também, tarefas cooperativas (a serem executadas por mais de um participante), estamos dotando-o com características/objetivos de SGWs.

A definição dos componentes, classificação das funcionalidades e seqüência das etapas apresentadas no item 2.2.4 e 2.2.5 referem-se à aplicação de um SGW a um processo de negócio genérico. Necessitamos especializar componentes, funcionalidades e seqüência das etapas ao contexto de EAD, começando por nos conscientizar de que, neste caso, o negócio consiste da concepção, desenvolvimento e aplicação de conteúdo instrucional.

Em EAD, as atividades tipicamente executadas são:

1. Elaboração de conteúdo instrucional (incluindo concepção, pesquisa, desenvolvimento, montagem, revisão, aprovação, registro e publicação);
2. Definição das atividades no LMS;
3. Execução do conteúdo pelos alunos, com possíveis cooperações entre eles e entre eles e os professores (atividades individuais, em grupo e coletivas);
4. Atividades de controle de execução do conteúdo, tais como, elaboração de estatísticas, avaliações individuais e de grupos, etc.

Os atores dessas atividades são os especialistas no desenvolvimento de conteúdo, os professores e monitores (humanos ou agentes de *software*) e os alunos.

Os artefatos (digitais) manipulados durante a execução de um conteúdo são formulários, *browsers* ou *viewers*, editores diversos e objetos de aprendizado – LOs – compostos por arquivos de conteúdo (apresentações em PPT, arquivos PDF, MS-Word e texto, planilhas, animações MPEG, executáveis, dentre muitos outros).

As rotas correspondem às seqüências das atividades necessárias ao aprendizado, podendo se classificar em rotas obrigatórias, facultativas, alternativas ou paralelas. As rotas são declaradas em tempo de criação do conteúdo.

As regras eventualmente existentes poderão impor condições para a execução de uma atividade, poderão restringir o tempo de manipulação de um determinado componente ou, em uma situação extrema, poderão excluir o aluno do programa (de aprendizado).

As funções apresentadas no item anterior, vistas em maiores detalhes são:

1. Funções de tempo de construção dos conteúdos (material) de aprendizado, que se preocupam com a definição e modelagem do processo de *execução* (aplicação) dos conteúdos e suas atividades constituintes. Essas funções incluem as funções de desenvolvimento, composição e registro (documentação) de LOs;
2. Funções de controle em tempo de execução (*run-time control functions*), que se preocupam com gerenciamento de processos de execução dos conteúdos, segundo *workflows*, em um dado ambiente operacional e colocação das várias atividades a serem executadas pelos alunos nas seqüências apropriadas;
3. Funções de interação em tempo de execução (*run-time interaction functions*), que tratam da gerência da interação dos LCMs com alunos e com possíveis ferramentas de manipulação/navegação de LOs .

A seqüência das etapas apresentadas no final do item 2.2.5 fica como abaixo:

1. Concepção do conteúdo, da forma de apresentação do mesmo e dos critérios de avaliação;
2. Desenvolvimento (do “zero”, ou pesquisa e reúso de componentes) de conteúdo;

3. Especificação da execução do conteúdo através de uma formalização computacional processável pelo LMS, através do uso de uma ou mais técnicas de análise e modelagem.

Dessa especificação constam, por exemplo, lista de LOs a serem executados em seqüência, em qualquer ordem, paralelamente, obrigatória ou não obrigatoriamente, possíveis restrições de execução, lista de participantes e as formas de colaboração esperadas para tarefas em grupo. O resultado da definição é um modelo (representação do processo) a ser interpretado e executado pelo LMS. Esta interpretação compreende o roteamento das atividades atribuídas aos alunos/professores (atores) designados para sua execução. Cada ator ou participante do processo, por sua vez, necessita interagir com o sistema, não só para realizar as atividades a ele designadas, como também para tomar conhecimento de sua necessidade de participação no processo.

A figura 2.1 abaixo, adaptada de [11], ilustra as relações entre as principais funções (e respectivas áreas funcionais) dos LMSs com suporte de SGWs.

É importante mencionarmos duas características importantes que não estão ilustradas na figura 2.1:

- Além de usuários do serviço de execução do conteúdo representados na figura, há usuários, também, para as ferramentas de análise, modelagem e definição do conteúdo instrucional;
- O ambiente ilustrado representa uma visão integrada que os usuários têm do ambiente de EAD que pode ser, de uma forma geral, distribuído.

O tipo de *workflow* que atende à maior parte das necessidades e características de EAD é o transacional (também chamado de “*de produção*” [10] ou estruturado), pois possui uma estrutura de execução completamente definida em tempo de modelagem, mesmo considerando as possíveis alternativas⁴ oferecidas aos alunos durante o tempo de execução.

2.3 – Objetos de Aprendizado

2.3.1 – Conceitos e Definições

Existem muitas definições para objetos de aprendizado reutilizáveis (*Learning Objects* ou *Reusable Learning Objects* – LO ou RLO), mas existe um consenso que resulta do conceito de porções reutilizáveis de conteúdo instrucional. Três definições importantes estão a seguir.

Um objeto de aprendizado ou objeto de aprendizado reutilizável é [18] uma coleção re-utilizável de material usado para apresentar e dar apoio a um único objetivo de aprendizado ou [19] um *pequeno componente instrucional* que pode ser usado para suportar o aprendizado em *ambientes diferentes* ou, ainda, [20] é qualquer entidade, digital ou não-digital, que pode ser usada para aprendizado, educação ou treinamento.

⁴ Essas também estão previstas na fase de modelagem.

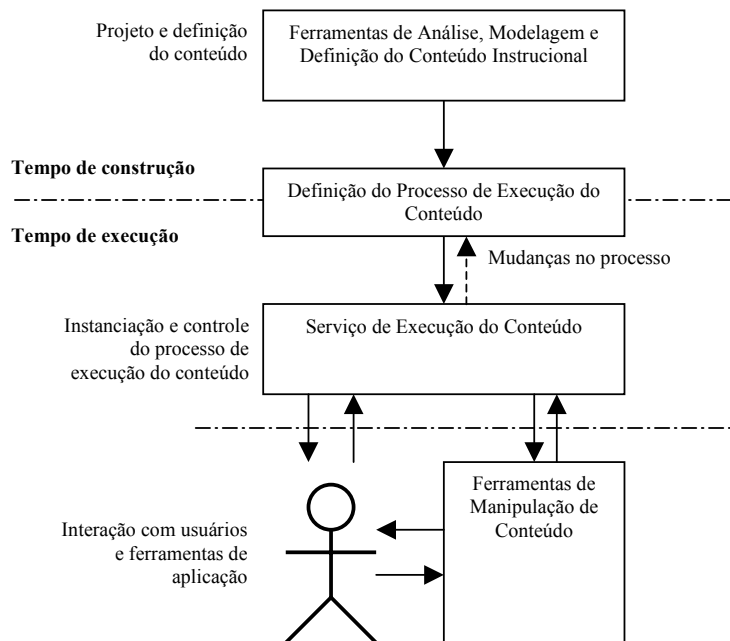


Figura 2.1 – Características dos LMS com suporte a gestão de *workflows* (adaptação de *Workflow Management Coalition The Workflow Reference Model, Document Number TC00-1003*)

Nas definições acima, *um pequeno componente instrucional* é um módulo ou lição que se propõe a ensinar um conceito específico, fato, procedimento, processo ou princípio. *Ambiente diferente* significa que um objeto de aprendizado pode ser usado em sistemas de gestão de aprendizado diferentes. Em nossas pesquisas tratamos, exclusivamente, de entidades digitais (que podem ser armazenadas e recuperadas eletronicamente).

Os elementos componentes dos LOs são tipicamente identificados (ou descritos) através de *tags* (etiquetas) XML definidas por um conjunto de padrões internacionais e diretrizes de especificação. LOs de várias disciplinas são catalogados, também, através de *tags*, conforme os mesmos padrões e diretrizes, e armazenados em repositórios. As *tags* de identificação dos elementos auxiliam os mecanismos de localização de objetos quando o usuário solicita uma busca no repositório.

Um criador de conteúdo pode montar um novo conteúdo através da definição de uma composição apropriada de LOs pré existentes e pode publicá-lo para possível execução em um LCMS tal como o IVLE. A ideia aqui é minimizar a duplicação do esforço de produção desses componentes de ensino que é, em geral, bastante custosa (os módulos podem conter apresentações multimídia, simulações e animações). LOs provêm, com isso, uma grande flexibilidade na organização de material de ensino.

2.3.2 – Objetos de Aprendizado - Breve História

A história dos LOs não tem uma origem clara. Consta [18] que o termo LO começou a ser usado no início da década de 90. É difícil determinar, exatamente, quando e quem cunhou ou o termo “*learning object*”, mas crédito por isso tem sido dado a Wayne Hodgins, um futurista da AutoDesk que, observando seu filho brincado com peças de Lego enquanto pensava sobre problemas ligados a estratégias de aprendizagem, percebeu que a indústria precisava de blocos de construção para aprendizados que fossem *plug-and-play* e interoperáveis. Ele teria denominado esses blocos de construção de “*learning objects*”.

LOs têm sido, desde então, pesquisados por empresas, associações, universidades e organizações de padronização de grande porte tais como Oracle, *Learning Object Metadata Group* do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos EUA, a CEDMA (*Computer Education Management Association*), o IEEE, o IMS Global Learning Consortium Inc., a ARIADNE (*Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe*) e CISCO Systems.

Apesar da indústria estar consciente dos benefícios de se usar objetos de aprendizagem padronizados, reutilizáveis e armazenáveis em bancos de dados, poucas empresas dispõem hoje em dia de processos e ferramentas de projeto, desenvolvimento e implantação de LOs [21].

2.3.3 – Vantagens do Uso de LOs

Relacionamos, nessa seção, um conjunto de benefícios proporcionados pelo uso de LOs em cursos a distância, tanto do ponto de vista dos autores dos cursos quanto do ponto de vista dos alunos.

Benefícios para os autores [21]:

- *Templates* podem ser desenvolvidos para garantir a consistência entre o projeto e o desenvolvimento de LOs dentro de uma organização;
- Usando-se *templates*, os autores podem escrever conteúdos efetivos e eficientes para treinamento baseado no trabalho ou na tarefa;
- Através de pesquisa nas *tags* XML dos metadados que descrevem os LOs um autor pode mais facilmente localizar e reusar um objeto;
- Autores podem combinar objetos antigos e novos para satisfazer às necessidades de suas audiências;
- O uso de objetos suporta tanto o reuso quanto à reorientação de propósito de qualquer recurso, de um pequeno elemento de mídia à toda a estrutura de um curso;
- A formatação e o estilo de apresentação dos objetos são definidos pelo sistema e preferências do aluno, ou seja, os autores não precisam despende tempo com questões de interface com o usuário;
- O mesmo banco de dados de objetos pode ser usado para aprendizado convencional, i.e., liderados por instrutores, para aprendizado através de CBT (com isolamento do aluno), por ferramentas de suporte à performance, por salas de aula virtuais, PDAs (*Personal Digital Assistants* - os *Palm Tops*), ou uma combinação dessas possibilidades.

Benefícios para os alunos:

- No caso de operações sem conexão, apenas os objetos e as seqüências de execução que fazem parte dos módulos sendo cursados no momento precisam ser carregados na estação de trabalho do aluno;
- É possível dispor-se de um ambiente onde os LOs possam ser organizados (quais e em qual seqüência) de forma automatizada, por demanda, através de definição de parâmetros como custo, duração, grau de profundidade, pré e pós-requisitos etc.

2.3.4 – Padronização de Metadados

Metadados de LOs são informações sobre os LOs, sejam eles físicos ou digitais. Como o número de objetos cresce exponencialmente e nossas necessidades por aprendizado se expandem nas mesmas proporções, a falta de informações sobre os conteúdos dos LOs impõe limitações críticas e fundamentais na nossa capacidade de pesquisar, gerenciar e usar LOs [20].

Com o intuito de disciplinar a definição do conteúdo dos LOs, permitindo a uniformização e ampliando a qualidade da base de LOs e também a re-utilização ampla dos mesmos (independentemente até do LCMS usado), várias organizações procuram criar padrões para metadados de LOs. Através da especificação de um esquema conceitual comum entre metadados de LOs, representações desses metadados através de linguagens conhecidas (os chamados *bindings*), como XML, por exemplo, terão melhor grau de interoperabilidade semântica [24].

São vários os padrões existentes hoje em dia. Dentre todos destacam-se o LOM (*Learning Object Metadata*) do IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), o IMS do IMS Global Learning Consortium e o SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), da ADL Advanced Distributed Learning. O padrão do IMS se baseia no LOM, descrevendo-o em XML, e o SCORM adota a descrição em XML do IMS (chamada de *Metadata XML Binding*) para compor um de seus “livros”.

Adotamos, em nossos estudos, o padrão do IMS. No mesmo documento que apresenta o padrão ([22]⁵), em seu apêndice A, é feita ainda uma descrição do LOM em RDF, que, segundo consta no próprio documento, não pode ser considerada a final. Apresentamos, a seguir, uma breve descrição dos padrões IEEE-LOM e IMS.

2.3.4.1 - O Padrão de Metadados LOM-IEEE

O IEEE é uma organização credenciada para desenvolvimento de normas. O LTSC foi constituído pelo IEEE, pela *Computer Society* e pelo *Standards Activity Board* com o objetivo de desenvolver normas, orientações e práticas recomendadas na área de aprendizado suportado por computador. Ao contrário de organismos não credenciados, as especificações produzidas pelo IEEE tornam-se normas.

⁵http://www.imsglobal.org/metadata/imsmdv1p2p1/imsmd_bindv1p2p1.html#1208705

O LOM tem suas origens nos projetos ARIADNE⁶ e IMS⁷ e também se baseia em estudos de metadados desenvolvidos pelo grupo do Dublin Core⁸ [24].

Atualmente o IEEE-LOM encontra-se em desenvolvimento (é uma proposta de norma), sendo que o documento consultado (P1484) foi o de versão 12.1/D6.4. A versão do esquema base de metadados que essa proposta descreve/especifica é a LOM V1.0.

A intenção do LOM é especificar-se um esquema base que pode ser usado para registro e pesquisa de LOs pelos autores de conteúdo e para facilitar/viabilizar a colocação automática e adaptável, por parte de agentes de *software*, de LOs em seqüência.

O padrão especifica um esquema conceitual de (elementos de) dados, que define a estrutura da instância de metadados de um objeto de aprendizado, descrevendo as características relevantes do LO ao qual se aplica. Esses elementos de dados formam uma hierarquia (nós intermediários ou agregações⁹ e folhas), onde o primeiro nível compõe-se das seguintes categorias:

1. **de características gerais**, que agrupa as informações gerais que descrevem o LO como um todo;
2. **de ciclo de vida**, que agrupa as características relacionadas à história e estado corrente desse LO e aquelas que afetaram esse LO durante sua evolução;
3. **de meta-metadados**, agrupa as informações sobre a instância de metadados propriamente dita (ao invés do conteúdo sendo descrito);
4. **técnicas**, agrupa as características e requisitos técnicos do LO;
5. **educacionais**, agrupa as características educacionais e pedagógicas do LO;
6. **de direitos**, agrupa os direitos de propriedade intelectual e condições de uso do LO;
7. **de relações**, agrupa as características que dizem respeito às possíveis relações entre LO e outros LOs;
8. **de anotação**, agrupando os elementos que contêm comentários sobre o uso educacional do LO e sobre por quem e quando os comentários foram feitos;
9. **de classificação**, que agrupa os elementos que descrevem o LO com relação a um sistema de classificação específico.

A figura 2.2 adiante ilustra a estrutura de metadados do LOM.

2.3.4.2 – O Padrão de Metadados IMS

A IMS Global Learning Consortium, Inc. foi formada em 1997 como um projeto dentro da *US National Learning Infrastructure Initiative* (NLII). Com o passar dos anos, entretanto, ela cresceu, tornando-se um consórcio internacional de mais de 250 organizações. O foco inicial em ensino superior foi ampliado para incluir escolas e treinamento comercial. Esses membros contribuintes, além da rede de participantes, representam quase todos os setores na comunidade global de EAD.

⁶ <http://www.ariadne-eu.org>

⁷ <http://www.imsproject.org>

⁸ <http://dublincore.org>

⁹ No LOM V1.0, nós intermediários não possuem campos de valores ou tipos de dados

As primeiras especificações de metadados foram publicadas em 1999. Desde então, uma lista de especificações foram rascunhadas e especificações mais novas são publicadas com bastante frequência.

No momento, a especificação de metadados mais atual é a versão 1.2.1 (*final*) de maio de 2001 [23]. Esse documento descreve os nomes, definições, organização e restrições dos elementos de metadados do padrão IMS e é composto de duas partes: (1) uma versão do IEEE-LOM, que não a atual, padrão no qual se baseia, e (2) um número de *modificações* e *extensões* aprovadas pelo setor técnico da IMS.

Um exemplo de codificação dos metadados de um LO encontra-se em http://www.imsproject.org/metadata/mdv1p2p2/samples/ims/imsmdexample_schema.xml.

As modificações relacionadas no documento [23] já se encontram implementadas na versão atual do IEEE-LOM, na medida em que o corpo técnico da IMS também participa intensamente das discussões do padrão do IEEE. Como o *draft* do padrão IEEE-LOM pode não capturar adequada e completamente todos os metadados necessários para descrever um LO e seus usos [23], O LOM permite extensões para elementos e estruturas de metadados proprietários que devem ser feitas de forma a nunca sobrescrever (substituir) qualquer elemento ou cláusula do padrão. A decisão de implementar extensões ao LOM não deve ser dada sem razões fortes porque extensões podem comprometer a interoperabilidade, ressaltando-se, ainda, que é altamente desejável que haja consenso no uso específico das mesmas e que qualquer proposta de uso ou uso efetivo de extensões devem ser levados ao conhecimento do grupo de trabalho de metadados da IMS.

A especificação XML/ISM [22] dos metadados define um modo de tratarmos uniformemente todas as extensões proprietárias definidas pelos usuários. Esse tratamento pode ser feito de duas formas diferentes, dependendo do tipo de arquivo de controle (DTD, XSD ou XDR) escolhido para verificar a instância de metadados. A primeira maneira é através do uso de DTDs e a segunda é através do uso de definições em *XML Schema*.

Mais detalhes sobre capacidade e formas de extensão do modelo podem ser encontrados em [22] e [8].

Em função da completude do LOM, da importância do IEEE como organização de padronização, interdependência desses dos padrões IMS/LOM e da preocupação dos órgãos que se dedicaram aos seus desenvolvimentos em documentá-los, adotaremos os mesmos como padrões no ambiente do PGL e em nossos trabalhos futuros.

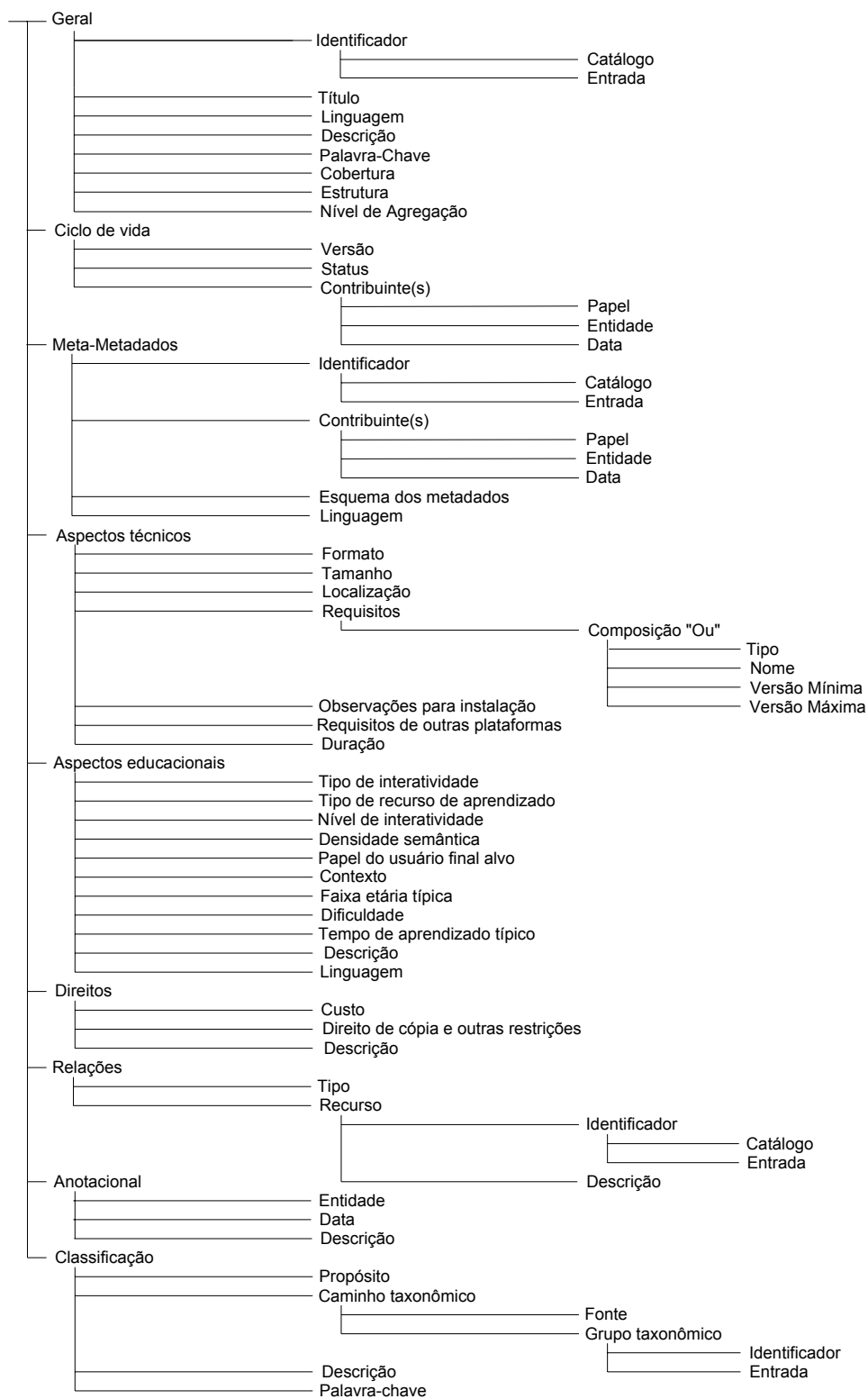


Figura 2.2 – Árvore completa do LOM

3 – O Projeto PGL

3.1 - Introdução

Considerando a missão e o escopo do projeto PGL, os pesquisadores da área de banco de dados das universidades participantes do projeto entenderam que uma abordagem de banco de dados deveria ser adotada para dar suporte aos serviços e soluções propostos no projeto. Dessa forma, em abril de 2002, esse grupo de pesquisadores, além de outros colaboradores, reuniu-se na PUC-Rio para avaliar a agenda de pesquisas em bancos de dados para o projeto PGL. Desse encontro resultou um documento [25] no qual nos baseamos nesse trabalho para, resumidamente, apresentar as características do projeto. A página oficial do projeto encontram-se em <http://www.pgl.ufl.edu/>.

PGL é o acrônimo para *Partnership in Global Learning* (Parceria no Aprendizado Global), uma iniciativa internacional que busca produzir, através de parcerias em todo o mundo, aprendizado melhorado tecnologicamente, a ser distribuído a nível mundial e visando, com o uso de tecnologia, a uma aceleração nos avanços econômico, social e cultural.

A gerência do PGL inclui um *board* com um representante de cada uma das universidades fundadoras. A Universidade da Flórida é o centro administrativo do projeto. Acordos bilaterais entre a Universidade da Flórida e cada uma das demais universidades fundadoras formam a base organizacional do PGL. Esses acordos são administrados pelo Centro de Estudos para a América Latina localizado na Universidade da Flórida. É previsto que, no futuro, o PGL se torne uma entidade independente sem fins lucrativos.

As universidades fundadoras pelo PGL são:

- The University of Florida (UF), Gainesville, USA
- Fundação Getúlio Vargas (FGV-SP), São Paulo, Brasil
- Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil
- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Brasil
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), México

Dentre os projetos desenvolvidos ou nos quais participa o PGL encontram-se:

- A “Escola Virtual”, que foca tecnologias de ensino a distância e que objetiva prover acesso de baixo custo à Internet e a material educacional e de entretenimento;
- Projeto Petrobrás/UFRJ da TeltecGlobal, em colaboração com a Universidade da Flórida, Centro de Estudos para a América Latina e o PGL. Essa colaboração envolverá o desenvolvimento de metodologias e padrões para EAD e desenvolvimento de conteúdo para um projeto de âmbito nacional;
- Cl@se e o PGL estão em negociações para sub-contratação de programas que combinam televisão com Internet utilizando ferramentas avançadas de mídia digital;

- *Americas' Multilingual Information Grid Alliance (AMIGA)* é uma proposta de projeto internacional que visa pesquisar características de um sistema de informações em grande escala implantado através de uma rede abrangendo vários países. O PGL assistirá esse grupo de pesquisadores;
- Centro de Avaliação Padronizada de Pacientes (*Standardized Patient Assessment Center*). O Colégio de Medicina da Universidade da Flórida e o Colégio de Medicina da Universidade de Campinas estão planejando esse projeto juntos;
- Desenvolvimento de módulos do K-12, onde módulos em diversas disciplinas foram desenvolvidos por professores do nível secundário do Brasil (Unicamp/PUC-Rio) e do México (Monterrey), assistidos pelo PGL.

3.2 – Banco de Dados no Projeto PGL

As três maiores forças ou aspectos que, segundo [25], estão formando o foco proposto de pesquisa em banco de dados no PGL são:

1. O aspecto *parceria* refere-se ao desenvolvimento, colecionamento e integração de conteúdo multimídia e serviços de muitas fontes, de forma colaborativa. A organização do projeto, em si, também requer a execução de atividades de forma colaborativa. Dessa forma o projeto PGL necessita de tecnologia de banco de dados, que tem capacidade de dar suporte adequado ao trabalho em grupo e de armazenar e recuperar, de forma confiável e eficiente, os conteúdos e serviços relacionados ao projeto. Essa *acessibilidade* das informações é requerida, dentre outras razões, pelas constantes mudanças necessárias para manter-se os conteúdos atualizados, em função do rápido avanço observado na quase totalidade das áreas do conhecimento humano, além, claro, da necessidade de um acesso rápido aos conteúdos por parte dos alunos;
2. É importante entender-se que *global*, nesse contexto, diz respeito às idéias de que os conteúdos de aprendizado podem referir-se a qualquer domínio do conhecimento, de que os usuários podem estar em qualquer parte do mundo e de que o ambiente é baseado na *web*. Isso requer uma visão unificada e integrada de conteúdo distribuído e heterogêneo, onde é necessário lidar-se com questões de internacionalização e localização. Em função da extensão geográfica do projeto, é requerido que se pressuponha lidar-se com plataformas tecnológicas distintas e que se deva adotar um padrão de interface comum a todas elas, amplamente usado na indústria, onde as aplicações possam ser facilmente distribuídas e que permita fácil acesso aos repositórios de conteúdo do PGL. Além disso, é importante que se possa reusar, de forma transparente e independente da localização física, conteúdo desenvolvidos por outros parceiros no PGL;
3. *Aprendizado* e os aspectos relativos à modelagem e processamento de conteúdo englobam itens como o desenvolvimento de objetos e módulos de aprendizado, de tal forma que o conteúdo e ferramentas devam poder ser facilmente adaptados às necessidades e currículos dos professores e alunos, assim como facilmente disponíveis, independentemente das suas localizações físicas.

Colaborando, ainda, para a abordagem de banco de dados, encontram-se os avanços recentes nas tecnologias de armazenamento, que permitem a gerência eficiente de conteúdos de naturezas diversas, como texto, som e vídeo. Esses avanços já

permitem que a comunidade do PGL crie um repositório global no qual o conteúdo modular de multimídia, originado de várias fontes, porém descrito de forma padronizada, possa ser usado de forma também padrão por todos os parceiros e usuários do PGL. Esse sistema de banco de dados é visto como o componente-núcleo de um ambiente multimídia globalmente distribuído, para EAD, que seria usado para dar suporte às atividades meio e fim necessárias ao cumprimento da missão do PGL.

Como indicado acima, um sistema de banco de dados que atenda aos requisitos do PGL deverá prover as seguintes funcionalidades:

- Capacidade de armazenamento de dados como vídeo, imagem, texto, arquivos de apresentação (.PPTs, por exemplo), documentos, aplicações (*applets* Java e simulações), e textos XML, o que o caracteriza como banco de dados multimídia;
- Deve ser orientado para EAD, ou seja, os objetos armazenados devem seguir um modelo de dados para EAD, que inclui, não só o conteúdo propriamente dito, mas também informações como título, propriedade, licenças de uso, formato da mídia e outras informações relevantes. O modelo de objetos reusáveis [8] permite flexibilidade, facilidade de atualização, *customização*¹⁰ (adaptação às características do cliente/usuário) e interoperabilidade;
- Os dados serão distribuídos e os SGBDs em cada base poderão ser distintos, embora os usuários deverão poder vê-los como um BD centralizado e homogêneo. O BD capturará dados de muitos pontos da *web*, direcionando-os para outros tantos;
- Existirão usuários em dois âmbitos: usuários internos (mantenedores e desenvolvedores¹¹, atuando no âmbito do PGL) e externos (público em geral). Para os usuários internos ainda serão possíveis duas visões: uma visão local, restrita a uma fonte de dados isolada, e uma visão global, que permite o acesso a toda a base de forma integrada, independentemente de onde estejam localizadas fisicamente as fontes de dados;
- Um mecanismo de controle de acesso, que identificará o usuário, registrando suas ações e habilitando-o ou restringindo-o no acesso às funcionalidades do sistema;
- Um mecanismo para descrição padronizada de conteúdo através de metadados que proveja a inteligência necessária para modelar domínios de conteúdo e que permita auxiliar os usuários na pesquisa e localização de conteúdo relevante.

O PGL é, com isso, altamente dependente de recente tecnologia não convencional de banco de dados. De forma a atingir os objetivos do projeto, o Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Banco de Dados do PGL acredita que uma solução de banco de dados distribuídos, heterogêneos, multimídia, orientado a objetos e a EAD deva ser considerada.

Nesse sentido foram/estão sendo desenvolvidos alguns estudos no TecBD sobre padrões de metadados, sobre um modelo de dados adequado a EAD [8] e sobre a

¹⁰ Mesmo não constando dos dicionários, usaremos a palavra *customização*, que é aceita e de uso amplo na comunidade de Informática, por não haver qualquer outra expressão concisa e equivalente no vocabulário.

¹¹ Usaremos o termo *desenvolvedor*, que não existe nos dicionários, ao invés de desenvolvedor, pois aquele é amplamente usado pela comunidade de Informática.

arquitetura de um ambiente de banco de dados orientado para EAD, da qual esse trabalho pretende ainda tratar. Cabe adicionar que experiências de armazenamento e recuperação de objetos complexos descritos por descritores em XML estão sendo conduzidas no TecBD. Dentre os SGBDs sendo usados para os testes encontram-se o IBM-DB2 com extensões para armazenamento de dados XML.

4 – Visão Geral do Ambiente PGL Proposto

Já mencionamos que são cinco as universidades fundadoras do projeto PGL. Elas estarão conectadas através de infra-estrutura de comunicação a ser ainda definida. A esse ambiente demos o nome de *ambiente de banco de dados do PGL*.

A figura 4.1 ilustra.

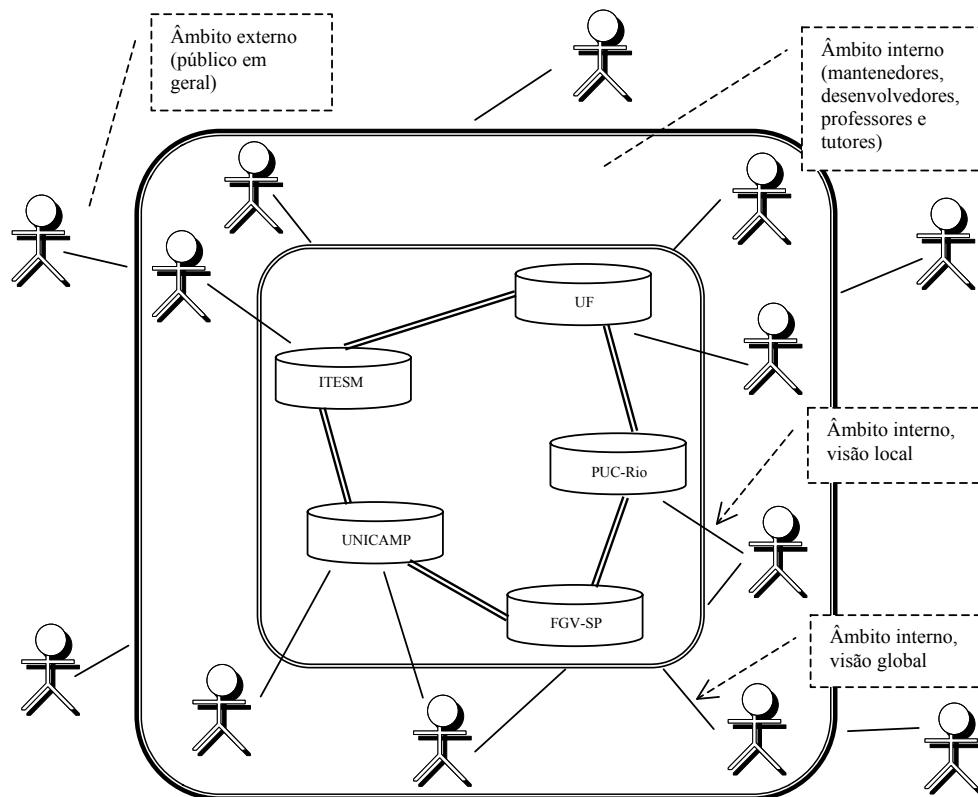


Fig. 4.1 – Ambiente de Banco de Dados do PGL

Apresentamos abaixo uma descrição das características do ambiente de banco de dados do PGL, englobando usuários e funcionalidades para o gerenciamento e uso de conteúdo de aprendizado baseado em LOs. Essas características consolidarão o que foi apresentado em [8], [10] e no item 2.2.6 desse trabalho, com respeito a usuários e funcionalidades identificadas.

4.1 – Usuários e Funcionalidades

Os usuários do ambiente do PGL se dividem nas seguintes classes:

Administradores e desenvolvedores, cujas maiores responsabilidades serão manter o BD em funcionamento (administradores dos bancos de dados), corrigir problemas e desenvolver/manter as ferramentas associadas (e.g., ferramentas de persistência e registro de conteúdos, *middleware* para integração). Os administradores serão, também, responsáveis por cadastrar/manter os dados dos participantes do âmbito interno (mantenedores, desenvolvedores e professores).

Provedores de conteúdo, que submeterão conteúdos para serem armazenados no BD, identificando-os e descrevendo-os de forma apropriada e padronizada.

Desenvolvedores de aplicações gerais, que pesquisarão conteúdos no ambiente de banco de dados do PGL, comporão conteúdos em outras hierarquias (lições, módulos, etc.), definirão os fluxos de trabalho (*workflows*), os grupos, os papéis necessários e respectivas responsabilidades e descreverão e publicarão os conteúdos.

Professores e monitores, que cadastrarão e manterão os dados dos alunos dos programas de aprendizado pelos quais sejam responsáveis, associarão os possíveis papéis aos participantes, definirão os componentes dos grupos e suas responsabilidades, responderão perguntas, suprirão aos alunos artefatos adicionais, avaliarão respostas a questões discursivas, agendarão, iniciarão e coordenarão sessões coletivas, marcarão “pontos de encontro”, fazendo, enfim, parte importante dos fluxos de trabalho definidos pelos desenvolvedores de aplicações gerais. Professores poderão ser especializados como *professores coordenadores*, responsáveis por associar professores e monitores a programas de aprendizado (tornando aqueles responsáveis por estes).

Usuários finais (alunos e público em geral), que poderão visualizar e executar os conteúdos publicados.

Quanto às funcionalidades necessárias:

Todos os usuários precisarão de autenticação para acesso ao ambiente. Essa autenticação recuperará seus perfis, dos quais o “*home site*” e os conjuntos de permissões farão parte. No caso de execução colaborativa de conteúdo, dos perfis dos participantes farão parte, também, os respectivos estados de execução e agendas.

Para as atividades de administração dos bancos de dados, já estarão disponíveis as ferramentas providas pelos próprios fornecedores dos SGBDs usados.

Os provedores de conteúdo precisarão de ferramentas de inclusão e registro (esse no padrão IMS) de conteúdo, substituição de conteúdo, alteração de registros, remoção, publicação e consulta aos conteúdos. Esses conteúdos serão os do nível atômico (ALOs, vide [8]) e os provedores atuarão localmente, em seus respectivos *home sites*. As alterações e remoções deverão ser feitas de forma que a consistência no banco de dados do PGL seja mantida a nível global. Como auxílio e *feedback* ao desenvolvedor, deverá ser possível a consulta às relações de dependência entre os ALOs e os LOs que a eles referenciam, bem como a estatísticas de uso.

Os desenvolvedores de aplicações gerais precisarão de ferramentas de pesquisa (a nível global) e montagem de conteúdo a partir dos LOs e ALOs disponíveis. Precisarão, também, de recursos para modelar os fluxos de trabalho, quando a colaboração com troca de artefatos entre participantes for necessária. São necessárias, também, rotinas de inclusão e registro de LOs, substituição de conteúdo, alteração de registro, remoção, consulta e publicação dos conteúdos. Esses usuários, portanto, atuarão tanto localmente em seus *home sites*, quanto globalmente (caso das pesquisas). Deverão, também, estar disponíveis aos desenvolvedores rotinas de elaboração de estatísticas de uso de LOs e de consultas às referências feitas a cada um dos LOs. As alterações e remoções deverão ser feitas de forma que a consistência no banco de dados do PGL seja mantida a nível global.

Os professores e monitores deverão contar com módulos de cadastramento, manutenção (alteração, exclusão, bloqueio e desbloqueio) e consulta a dados dos alunos, definição das associações de alunos a papéis, grupos e responsabilidades, definição das respectivas agendas e definição de pontos de encontro no tempo. Deverão dispor, também, de ferramentas de comunicação (texto e/ou voz) e de envio e recepção de artefatos digitais integradas ao ambiente. Para a avaliação de desempenho dos alunos que não possa ser feita automaticamente, deverá ser possível que os professores tenham acesso para alteração dos boletins dos alunos. Deverão existir mecanismos que permitam o acompanhamento do aprendizado por parte dos professores/monitores, havendo a possibilidade desse acompanhamento ser feito através de tutores eletrônicos e outros agentes de *software*, para auxílio no controle dos fluxos de trabalho e para a geração de relatórios de aproveitamento de aprendizado.

Finalmente, os alunos deverão dispor de ferramentas de execução (coordenada, no caso mais específico) de conteúdos. Como o ambiente será *web*, os *links* para os documentos serão colocados em páginas e, quando selecionados, dispararão as respectivas aplicações de visualização/navegação que deverão estar previamente instaladas. *Applets* Java terão particular importância no estabelecimento de um canal de comunicação mais efetivo entre as aplicações servidoras e os usuários. A tecnologia de *upload* de arquivos binários terão grande importância quando a colaboração é necessária, na medida em que a contribuição de um participante, quando na forma de um arquivo binário, pode ser *direccionada*, automaticamente pelo sistema, para outro participante. Deverão estar idealmente disponíveis aos usuários, ferramentas de *chat* e de correio eletrônico integradas no mesmo ambiente *web*.

4.2 – Mecanismo de Integração dos Dados

4.2.1 - Introdução

Mencionamos anteriormente que tanto os usuários do âmbito externo quanto os do âmbito interno (esses para efetuarem pesquisas de LOs) do ambiente de banco de dados do PGL precisarão ter uma visão integrada do ambiente.

Pela descrição e relação de requisitos feitos acima, podemos verificar (baseados em [26]) que, quanto à autonomia, as bases de LOs comporão um sistema semi-autônomo, necessariamente cada banco de dados (um para cada nó do ambiente do

PGL) fazendo parte de uma federação de BDs fortemente acoplados ([27]) que possuirá um mecanismo de acesso integrado (nesse caso de leitura, apenas), não só às informações de descrição dos LOs usadas na fase de construção do conteúdo, quanto aos conteúdos propriamente ditos durante suas execuções.

Quanto à distribuição, trata-se de um sistema completamente distribuído, na medida em que não vemos a necessidade de qualquer distinção entre papéis de cada um dos nós de produção e armazenamento de LOs da rede.

Como, a princípio, não serão usadas as mesmas plataformas de *hardware* e *software* na gerência dos dados em todos os cinco sítios do projeto, devemos entender que se trata, também, de um sistema de banco de dados heterogêneos (mesmo não havendo heterogeneidade semântica). Sendo assim, devemos definir uma camada de *software* operando junto a cada base, que permite a *homogeneização* dos dados e provê o acesso a cada BD de forma padronizada, resolvendo, com isso, parte do problema de *integração* dos dados. Em outras palavras, o que propomos para o PGL é uma das arquiteturas clássicas de integração de fontes de dados baseada em *middleware* (*wrappers* e *mediators* – adaptadores e mediadores).

Muito tem sido pesquisado e divulgado sobre essa arquitetura, principalmente após o advento da WWW e, sobretudo, mais recentemente, após o advento da XML. Referências importantes para esse assunto são [26] e [28].

Uma tecnologia que está sendo bastante discutida nos âmbitos acadêmico e comercial nos dias de hoje é a tecnologia de serviços *web* (*web services*), com focos principais, até bem recentemente, em aplicações de comércio eletrônico e em interações *business to business* (B2B).

Profissionais da área de TI e pesquisadores na área de BDs vislumbram a possibilidade de utilizar-se serviços *web* como *middleware* para integração de dados. Apresentamos, a seguir, uma descrição rápida dos serviços *web*.

4.2.2 – Serviços Web

Muito resumidamente, um serviço *web* é qualquer serviço que está disponível através da Internet via mecanismo de invocação nos moldes de RPCs (*remote procedure calls*), usa um sistema padronizado de mensagens em XML e não está vinculado a um sistema operacional ou linguagem de programação em particular ([29]¹², [30]). Serviços *web*, baseados em padrões já estabelecidos e emergentes da Internet, são componentes¹³ auto-descritos de aplicações que podem ser criados, publicados, localizados e invocados através de uma rede de computadores. Um serviço *web* pode descobrir e se utilizar de outros serviços *web* para completar tarefas complexas usando a Internet. Serviços *web* são considerados os blocos de construção da nova geração de aplicações dinâmicas, fracamente acopladas, que estarão disponíveis através da Internet no futuro próximo [31]. A idéia básica é que os serviços *web* são postos à disposição por diferentes organizações, como funcionalidades semanticamente bem definidas dentro de um

¹² Visto como uma referência inicial, porém bastante abrangente, do assunto “serviços *web*”.

¹³ Abordagens baseadas em componentes vêm sendo consideradas como formas flexíveis de se desenvolver aplicações através da agregação de diversos componentes já disponíveis.

contexto de negócio, que permitem que usuários e aplicações acessem e executem remotamente esses serviços [32].

De uma maneira geral, são vantagens do uso de serviços *web* [31]:

- O reúso de serviços *web* aumenta a eficiência no desenvolvimento de software;
- Permitem uma melhor conectividade e integração entre aplicações de empresas diferentes;
- A exposição tanto de dados quanto de processos permite que parceiros executem melhor transações de negócios;
- O acesso a serviços permite que as empresas desenvolvam aplicações e executem transações envolvendo múltiplos sítios *web*;
- Serviços *web* têm, atualmente, especificações e implementações adequadas para serviços do tipo requisição/resposta [33];
- Serviços *web*, tipicamente, usam HTTP como opção de transporte de serviços, que não encontra bloqueios na maioria dos *firewalls* das empresas.

Como desvantagens poderíamos apontar:

- Suporte inadequado (a custo razoável) para transações¹⁴ e entrega garantida¹⁵ [33];
- Para processos de negócio de longa duração, requer gerenciadores de processos feitos sob medida ou sistemas de gerência de *workflows*[33];
- A última das vantagens apontadas acima traz, como potenciais efeitos colaterais, sérios problemas de segurança.

A despeito das desvantagens apontadas, os serviços *web* têm sido vistos pelas empresas e pela comunidade acadêmica como uma solução promissora para a integração de dados a baixo custo.

4.2.3 – Serviços Web no PGL

Serviços *web* aplicados na integração das bases de LOs do PGL proverão, além das vantagens mencionadas no item anterior, as que apontamos a seguir:

- Proverá uma interface uniforme e independente da tecnologia (SGBD e ambiente operacional) usada para implementar os depósitos de LOs;
- Permitirá a pesquisa de LOs em paralelo a todos as base de LOs do ambiente;
- Permitirá a manutenção de estados de execução através do uso de componentes *stateful* (que mantêm o estado de execução) [34] de provimento de serviços;
- Permitirá, também, o uso de componentes *stateless*;
- Permitirá o desenvolvimento de componentes em diversos níveis de abstração (em camadas), dando aos usuários as transparências de usos necessárias com nível de reúso potencialmente alto;

¹⁴ Considerando, especificamente, a necessidade de eventuais *rollbacks*.

¹⁵ O uso de HTTP como opção de transporte de serviços, segundo alguns autores [29], não é aceitável na grande maioria dos casos, já que HTTP não provê confiabilidade. Uma solução para esse problema é o HTTP-R, que vem sendo desenvolvido pela IBM. Outra solução que tem sido apontada é ter serviços *web* usando SOAP sobre BEEP (*Blocks Extensible Exchange Protocol*).

- Possibilitará o acesso aos serviços tanto a partir de programas de aplicação, no estilo “aplicação *Windows*”, quanto a partir de *browsers web*.

A necessidade de dispormos de um LMS com funcionalidades de sistema de gerência de *workflows* e a intuição de que não serão necessários *rollbacks* de transações nos levam a considerar apenas as vantagens dos serviços *web* como solução para integração de dados no ambiente do PGL.

Baseados nas funcionalidades relacionados no item 4.1, apresentamos na tabela abaixo uma sugestão das que poderão ser oferecidas aos usuários (e suas aplicações) através de serviços *web*:

Serviço	Usuário(s)	Âmbito
Serviços Gerais		
Autenticação de usuários	Todos ¹⁶	Global
Recuperação de perfil	Todos	Global
Serviços de Criação de Conteúdo		
Registro de ALOs (com <i>upload</i> dos <i>blobs</i> e descrições LOM para a base local)	Provedores de conteúdo	Local
Alteração de registro de ALOs	Provedores de conteúdo	
Substituição de conteúdos de ALOs	Provedores de conteúdo	Local
Registro de LOs	Desenvolvedores de aplicações gerais	Local
Alteração de registro de LOs	Desenvolvedores de aplicações gerais	Local
Substituição de conteúdos de LOs	Desenvolvedores de aplicações gerais	Local
Pesquisa de LOs (as pesquisas iniciadas localmente dispararão pesquisas em todos os sítios do PGL que poderão ser executadas em paralelo)	Desenvolvedores de aplicações gerais	Global
Roteamento do fluxo de trabalho (definição do <i>workflow</i> ¹⁷)	Desenvolvedores de aplicações gerais	Local
Definição da agenda (pontos de encontro no tempo, <i>deadlines</i> , etc.)	Desenvolvedores de aplicações gerais	Local
Serviços de Controle Execução (Entrega ou <i>Delivery</i>)		
Recuperação de LOs	Usuários finais	Global
Informação de status do andamento da execução de conteúdos	Usuários finais	Global
Submissão de respostas de questões para a avaliação de aprendizado (objetivas e discursivas)	Usuários finais	Global
Serviços de Comunicação		
Colocação de mensagens em quadros de avisos	Todos	Global
Envio de mensagens e artefatos ponto-a-ponto	Todos	Global

Tabela 4.1 – Sugestão das funcionalidades do ambiente do PGL que poderão ser apresentadas via serviços *web*.

Como os sítios do PGL serão em número reduzido, cada um deles será conhecido dos demais e os serviços oferecidos por todos os sítios serão exatamente os mesmos, a tarefa de *descoberta* dos serviços não será necessária e, portanto, a camada de centralização de serviços em um registro comum e de provimento das funcionalidades de busca e publicação de serviços (UDDI) poderá ser omitida.

¹⁶ De todos os usuários apresentados na tabela, excluem-se os administradores e desenvolvedores, por estes apenas se utilizarem de funcionalidades providas pelos próprios SGBDs e ambientes de desenvolvimento de aplicações adotados.

¹⁷ O fluxo de trabalho deverá ser especificado e armazenado em XML, conforme veremos adiante.

4.3 – Modelagem e Controle do Fluxo de Trabalho (*Workflow*)

No contexto de EAD verifica-se a aplicabilidade das técnicas de *workflow*, na medida em que a participação coordenada e colaborativa entre alunos, professores e autores deve, idealmente, existir, não só na execução de conteúdo, quando participam alunos e professores, como também no desenvolvimento de conteúdo e modelagem de execução, quando participam grupos de professores e/ou desenvolvedores de conteúdo [10]. A tecnologia de *workflows* permite que se “ofereça” aos participantes as tarefas certas, i.e. as atividades de (ou ligadas ao) aprendizado, no ponto certo do tempo, juntamente com todos os artefatos necessários para suas execuções [35].

Nesse trabalho estaremos interessados em estudar as colaborações que podem/devem ocorrer durante a execução de um conteúdo, i.e., entre alunos, professores e monitores.

Vimos em [10] que os elementos gráficos disponíveis na UML para o desenvolvimento de diagramas de atividades (DAs) possuem semântica suficiente para modelarmos os aspectos estruturais e funcionais de *workflows* estruturados, que, julgamos, serão os casos do ambiente do PGL. Nossa proposta é, portanto, que usemos as seqüências de atividades, *forks*, junções, desvios e intercalações dos DAs da UML para modelarmos o fluxo de execução das atividades, especificando, assim, a *camada estrutural* da execução de conteúdos de aprendizado.

É necessário, ainda, que especifiquemos [36]:

- a *camada temporal*, necessária à definição de restrições de horário,
- a *camada de dados*, que define os requisitos de dados de cada atividade e o fluxo de dados entre elas e,
- a *camada de execução*, que agenda e controla as invocações de tarefas e a distribuição de artefatos.

Cada tarefa (cursar tal conteúdo), portanto, conterà (pelo menos¹⁸) quatro conjuntos de atributos correspondentes a cada uma dessas quatro camadas.

É importante identificarmos os possíveis níveis de colaboração, as possíveis formas de execução de conteúdos e como estas poderão ocorrer. Faremos a descrição dos dois casos extremos: (1) o “confinamento solitário”, onde não há qualquer colaboração e interação entre participantes e todo o conteúdo, após carregado na estação de trabalho do executor, pode ser executado *offline*, e (2) o caso de um ambiente onde há plena colaboração e troca de artefatos entre alunos, entre alunos e professores/monitores e entre professores e monitores, requerendo, nesse caso, que uma parte mais significativa da interação dos participantes com o ambiente seja feita estando eles *online*.

¹⁸ Outros atributos poderão ser “descobertos” a medida em que avançarmos em direção a um modelo de nível de implementação.

4.3.1 – O “Confinamento Solitário”

O aluno se autentica no ambiente do PGL, pesquisa e escolhe um programa de aprendizado de seu interesse e faz a carga parcial ou total do conteúdo instrucional para sua estação de trabalho. Nesse caso, o conteúdo instrucional, totalmente executável via *browser web* e seus *plug-ins*, compõe-se de uma estrutura fixa, definida completamente *a priori*, e implementada através de páginas HTML com *links* para as demais páginas, e dos ALOs necessários, sendo a seqüência de execução dos ALOs ditada unicamente pela estrutura do conteúdo (grafo de execução) embutida nas páginas HTML. O conteúdo é executado podendo estar o aluno *offline* todo o tempo. Não há limitação de tempo para a execução do conteúdo e as avaliações, se existirem, terão caráter meramente informativo sendo, basicamente, apresentadas sob a forma de escolha entre múltiplas alternativas.

4.3.2 – Interação e Colaboração Plenas

O aluno se autentica no ambiente do PGL e tem seus estados de execuções (pode estar “cursando” mais de um programa de aprendizado ao mesmo tempo) automaticamente recuperados. Nesse momento poderão lhe ser apresentados:

- Um ou mais *links* para programas distintos em que esteja inscrito;
- Um ou mais *links* para páginas contendo as descrições, instruções e *deadlines* para as execuções de suas próximas atividades, assim como *links* para *download* de artefatos necessários ou recomendados. No caso de mais de um *link* ser inicialmente apresentado, significa que as respectivas atividades poderão ser executadas em qualquer ordem ou, mesmo, em paralelo.
- Alternativamente poderá ser apresentado ao aluno um link para uma página com uma caixa de texto para *upload* de um artefato (que pode conter as respostas para avaliação do último conteúdo executado ou parte recém-completada de um trabalho em grupo) que o LMS se encarregará de enviar para o devido destino. Após a submissão do artefato, o LMS apresentará a próxima atividade, conforme descrito no item anterior;
- Alternativamente, ainda, poderá ser apresentada ao aluno uma página contendo um conjunto de opções a serem feitas e descrições para que ele efetue sua escolha. A escolha definirá uma entre possíveis rotas dentro do *workflow* de execução do conteúdo;
- Um *link* para visualização de seu estado atual, preferencialmente gráfico, que mostra sua posição atual dentro do grafo de execução do programa de aprendizado;
- Um *link* para acesso ao *web mail*, com um sinal que indica que há novos *mails*;
- Um *link* para a agenda pessoal, com um sinal que indica que há compromissos agendados para o futuro próximo. As agendas não só são mantidas pelo próprio usuário, como também pelo LMS;
- Um *link* para os participantes do mesmo programa de aprendizado que, porventura, estiverem *online*;
- Um *link* para o aplicativo de *web chat*;
- Um *link* para acesso ao quadro de avisos.

Nota-se que, mesmo em um ambiente de interação e colaboração plenas, não será necessário que o participante esteja conectado ao ambiente do PGL todo o tempo. Os estados de execução serão armazenados no LMS que, em função deles, apresentará os *links*, artefatos para *download* e demais opções cabíveis em cada contexto. O tráfego de artefatos (remetente, destinatário, envio, recepção e armazenamento intermediário) ocorrerá por conta de funcionalidades internas do LMS.

A seguir apresentaremos uma descrição formal do ambiente do PGL feita através da UML.

5 – Descrição em UML do Ambiente Proposto para o PGL

Apresentaremos a seguir os diagramas de casos de uso, as descrições resumidas dos que consideramos os casos de uso que melhor caracterizam o ambiente e os diagramas de classes.

5.1 – Casos de Uso

Os principais casos de uso (perspectiva conceitual) estão representados graficamente na figura 5.1 adiante. Abaixo encontram-se as descrições resumidas dos casos de uso considerados os que melhor caracterizam o ambiente do PGL. As descrições apenas contemplam os cursos alternativos mais relevantes para essa fase da abordagem.

Caso de Uso	Autenticar Usuário ¹⁹
Ator(es)	Usuário PGL
Descrição	Validação de usuário através do par usuário/senha para acesso ao ambiente do PGL. Para tal, o usuário PGL imposta a URL do seu “ <i>home site</i> ”.
Curso Típico dos Eventos	
Passo	Descrição
1	Sistema exibe janela de fornecimento do par usuário/senha.
2	Usuário PGL informa usuário/senha..
3	Sistema valida usuário/senha localmente.
4	Sistema recupera a categoria de usuário, o conjunto de permissões (operações que pode executar no ambiente), se há compromissos agendados, se há etapas pendentes no(s) fluxo(s) de trabalho (se é aluno, poderá estar registrado em mais de um programa ao mesmo tempo), se há escolhas pendentes a serem feitas na execução de conteúdo e se há novas mensagens na caixa de entrada.

¹⁹ Todos os demais casos de uso requerem, como pré-condição, que os usuários estejam autenticados no ambiente.

5	Sistema apresenta página HTML com base nas informações acima. * Fim do caso de uso *
Cursos Alternativos dos Eventos	
C.A. 1: Passo 3 do C.T.: Usuário não é local à URL informada	
Passo	Descrição
1	Sistema autentica usuário em um dos demais sítios do ambiente do PGL, obtendo a URL do “ <i>home site</i> ” e redirecionando a interação para o mesmo.
2	Volta ao passo 4 do C.T.

Caso de Uso	Registrar ALOs
Ator(es)	Provedor de Conteúdo
Descrição	Inclusão e registro (definição dos metadados no padrão IMS) de objetos de aprendizado atômicos (<i>Atomic Learning Objects</i> - ALOs) no banco de dados de objetos de aprendizado do PGL. A inclusão e registro ocorrem no “ <i>home site</i> ” do provedor de conteúdo.
Curso Típico dos Eventos	
Passo	Descrição
1	Sistema exibe página com formulário para fornecimento dos metadados, no padrão IMS, de registro de ALOs.
2	Provedor de conteúdo preenche e submete ao servidor os campos do formulário, indicando a localização em disco (em sua estação de trabalho) dos componentes do ALO sendo registrado.
3	Sistema verifica unicidade do identificador informado (campos 1.1 do IEEE-LOM).
4	Sistema transfere os conteúdos dos componentes e os armazena, juntamente com os metadados que os descrevem, no banco de dados do “ <i>home site</i> ” do provedor de conteúdo.
* Fim do caso de uso *	

Caso de Uso	Consultar ALOs
Ator(es)	Provedor de Conteúdo
Descrição	Baseado no identificador do ALO fornecido (campos 1.1 do IEEE-LOM), o sistema retorna informações dos metadados do ALO correspondente, informações de composição com outros LOs (na condição de parte), bem como estatísticas de uso.

Caso de Uso	Cadastrar Participantes no Âmbito Interno do PGL.
Ator(es)	Administrador
Descrição	Essa funcionalidade permite o cadastramento de usuários locais a cada sítio do ambiente do PGL, no âmbito interno ao PGL, a saber: administradores, desenvolvedores, provedores de conteúdo, desenvolvedores de aplicações gerais, professores e monitores (todos os relacionados no item 4.1, exceto os usuários finais).

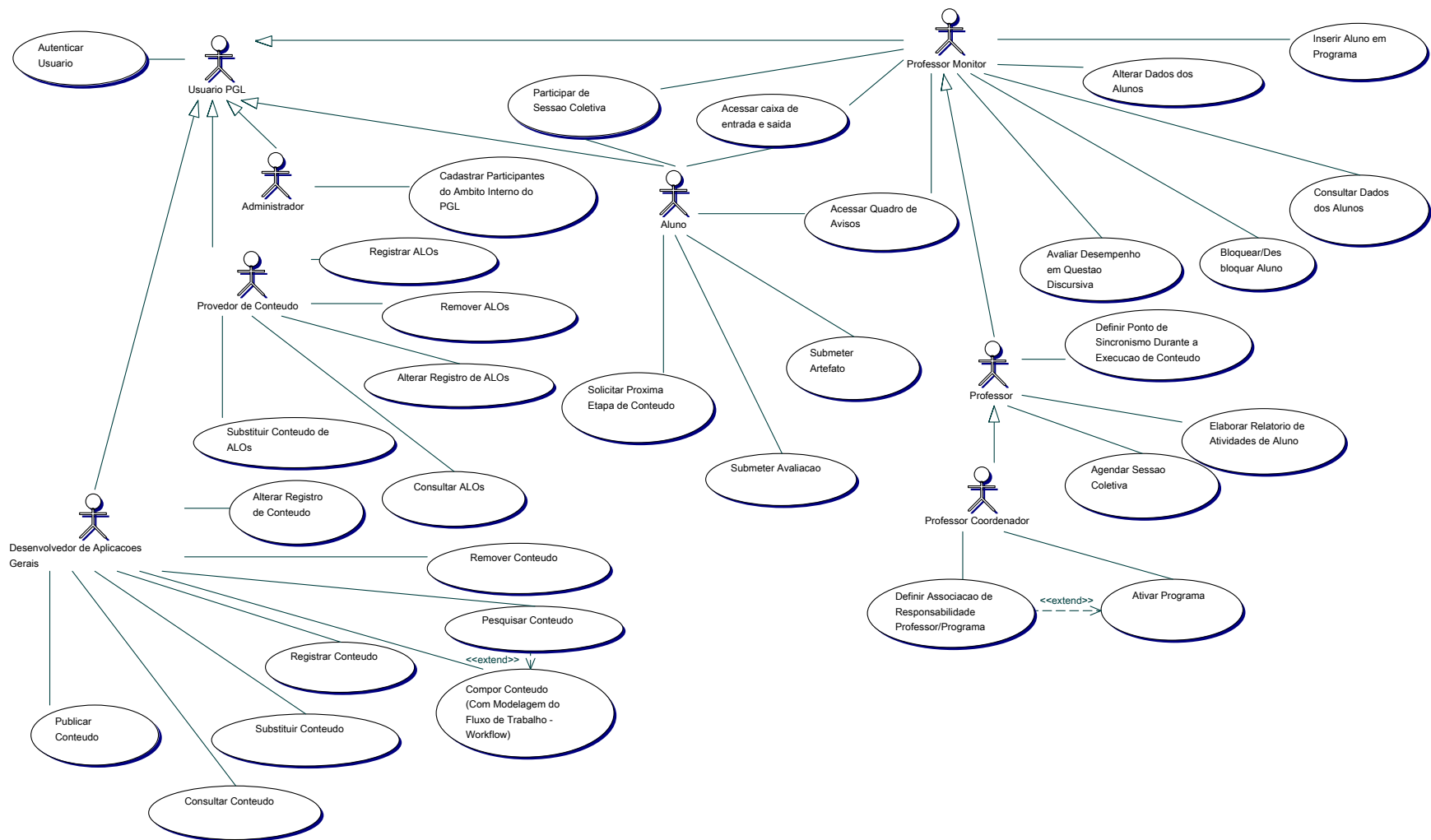


Figura 5.1 – Diagrama de casos de uso do ambiente do PGL (perspectiva conceitual).

Caso de Uso	Remover ALOs
Ator(es)	Provedor de Conteúdo
Descrição	Baseado no identificador do ALO fornecido (campos 1.1 do IEEE-LOM), o sistema buscará as informações do ALO a ser removido e, determinado que não haja problemas quanto à manutenção da integridade referencial a nível global e que o ALOs está armazenado no “ <i>home site</i> ” do provedor de conteúdo, o sistema irá proceder à remoção do ALO.
Curso Típico dos Eventos	
Passo	Descrição
1	Sistema solicita identificador do ALO.
2	Provedor de conteúdo fornece o identificador.
3	Sistema verifica que ALO está armazenado no “ <i>home site</i> ” do provedor de conteúdo.
4	Sistema verifica, em uma busca a todos os sítios do ambiente do PGL, que não há LOs que dele dependem.
5	Sistema remove ALO e metadados do banco de dados local.
	* Fim do caso de uso *

Caso de Uso	Compor Conteúdo
Ator(es)	Desenvolvedor de Aplicações Gerais
Descrição	Definir as camadas estrutural, temporal, de dados e de execução de um programa de aprendizado a distância (vide item 4.3), definir os metadados do LO no padrão IMS e armazenar o conteúdo no banco de dados “ <i>home site</i> ” do desenvolvedor.
Curso Típico dos Eventos	
Passo	Descrição
1	Sistema apresenta tela de definição da camada estrutural.
2	Desenvolvedor seleciona, a nível global, possivelmente executando “Pesquisar Conteúdo”, todos os ALOs e LOs que comporão o conteúdo e define uma ordem (parcial), modelando suas execuções segundo a forma geral de um grafo.
3	Sistema apresenta tela de definição da camada temporal.
4	Desenvolvedor define os marcos temporais (inícios e durações máximas) de cada uma das atividades.
5	Sistema apresenta tela de definição da camada de dados.
6	Desenvolvedor define relação de artefatos necessários à execução do conteúdo, que artefatos serão produzidos/incrementados, o fluxo de dados entre cada atividade e a relação de papéis de participantes.
7	Sistema apresenta tela de definição da camada de execução.
8	Desenvolvedor estabelece a agenda e define os controles para as invocações de tarefas, uso de recursos e dados que efetivamente ocorrerão durante a execução do conteúdo.
9	Sistema exibe página com formulário para fornecimento dos metadados, no padrão IMS, de registro de LOs.
10	Provedor de conteúdo preenche e submete ao servidor os metadados e os dados das quatro camadas do LO sendo registrado.
11	Sistema verifica unicidade do identificador informado (campos 1.1 do

	IEEE-LOM).
12	Sistema transfere os conteúdos dos formulários e os armazena no banco de dados do “home site” do desenvolvedor.
	* Fim do caso de uso *

Os casos de uso “Consultar Conteúdo” e “Remover Conteúdo” são análogos aos casos de uso “Consultar ALOs” e “Remover ALOs”, respectivamente, que já foram descritos acima.

Caso de Uso	Pesquisar Conteúdo
Ator(es)	Desenvolvedor de Aplicações Gerais
Descrição	Essa funcionalidade objetiva localizar, através de busca efetuada em todos os sítios do ambiente do PGL, transparentemente ao usuário, quais são os componentes de aprendizado que poderão ser reutilizados na composição de um novo conteúdo.

Caso de Uso	Participar de Sessão Coletiva
Ator(es)	Aluno, Professor/Monitor
Descrição	O usuário é informado, com antecedência e ao se autenticar no ambiente do PGL, da necessidade de participar de uma discussão coletiva (<i>chat</i>). Na hora marcada o usuário inicia a aplicação e estabelece conexão com o grupo. Os horários de início e fim da participação de um usuário são registrados no sistema para futuras consultas.

Imaginamos que a ferramenta de participação em sessão coletiva operará da mesma forma e com recursos semelhantes ao “Bate-Papo Bol”, disponível em [37].

Caso de Uso	Ativar Programa
Ator(es)	Professor Coordenador
Descrição	Um professor coordenador seleciona e ativa um conteúdo instrucional já disponível (definido e publicado), estabelecendo uma data de início e permitindo que alunos possam ser nele matriculados. Opcionalmente o professor coordenador poderá definir quem serão os professores/monitores responsáveis por conduzir/orientar as atividades.

5.2 – Diagrama de Classes

Apresentamos a seguir (figura 5.2) o diagrama de classes, na perspectiva conceitual, do ambiente do PGL. Não houve, de nossa parte, preocupação em especificarmos nessa fase todos os atributos e as operações de cada classe. Ao modelo de classes proposto poderão ser agregadas novas classes e mais detalhes a medida em que formos definindo as colaborações necessárias à execução das funções do ambiente.

As duas classes LO e ALO, assim como as classes que compõem essa última (que definem parcialmente as camadas estrutural e de dados) estão melhor detalhadas em [8].

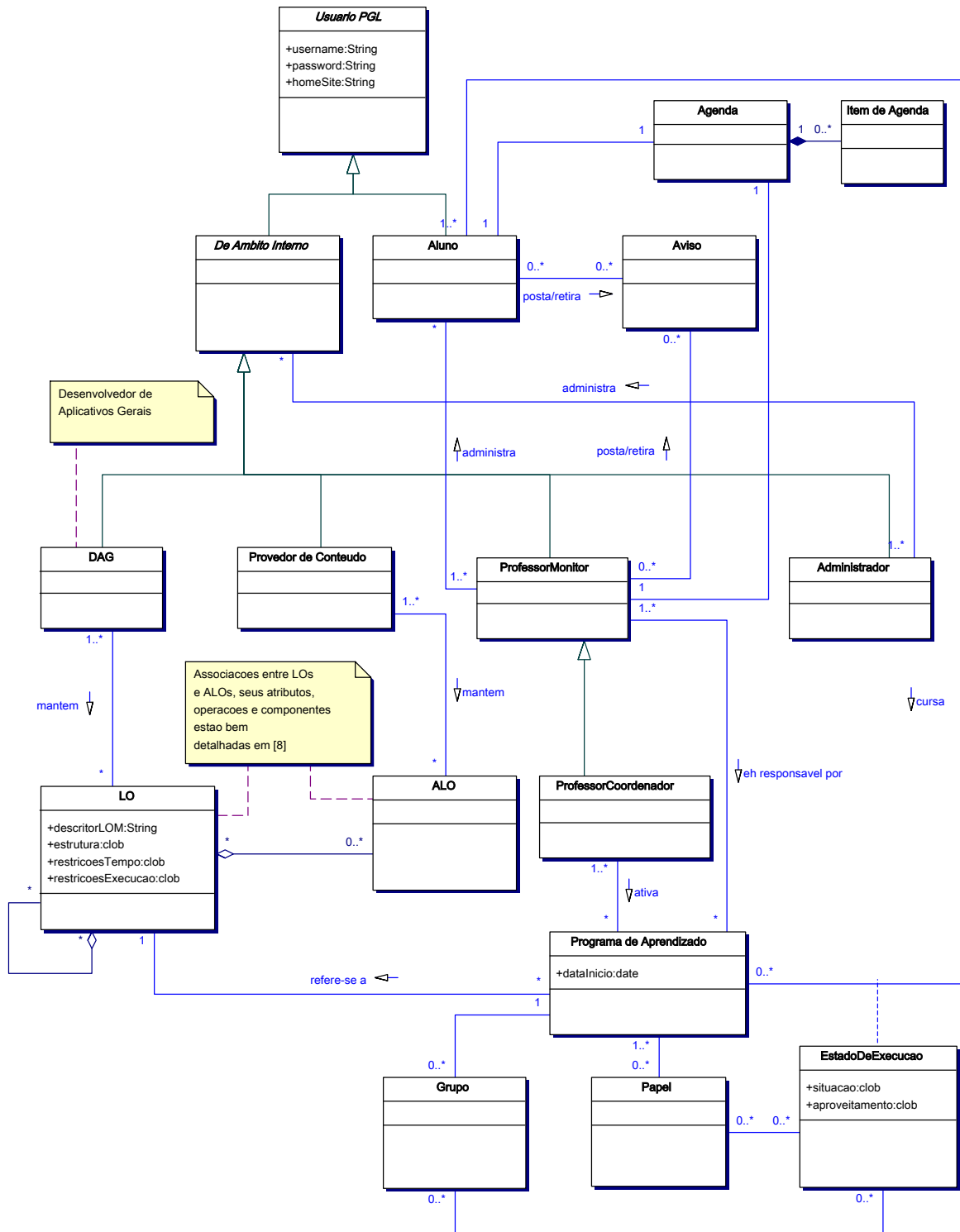


Figura 5.2 – Diagrama de Classes do Ambiente de Banco de Dados do PG (perspectiva conceitual)

6 – Análise Comparativa com Outro Ambiente de EAD

Nesse capítulo faremos uma breve descrição de um ambiente de ensino a distância que nos chamou a atenção, por ser baseado na *web* (“*web based*”) e por permitir o (re)uso de objetos de aprendizado, por estes serem armazenados em mais de uma biblioteca digital e pelo acesso ser feito de forma transparente ao usuário: o *Instructional Architect*, da Universidade Estadual de Utah (EUA), que nos inspirou em algumas propostas que fizemos, para as quais ainda não tínhamos uma solução configurada, e que nos permitiu verificar e melhorar outras por nós já concebidas. Nosso estudo foi feito usando o ambiente quase totalmente funcional que colocam à disposição do público. O *Instructional Architect* pode ser acessado através da URL <http://ia.usu.edu>. Ao final deste capítulo daremos nossas impressões e faremos comparações com o ambiente que concebemos para o PGL.

6.1 – O *Instructional Architect* (IA)

6.1.1 – O Que É

O IA é um programa desenvolvido para ajudar o usuário a (re)utilizar recursos instrucionais disponíveis em bibliotecas digitais através da criação de páginas *web* “educacionais” que sejam interativas e atraentes [38].

Atualmente o IA pode utilizar, em um mesmo projeto e de forma transparente ao usuário, conteúdos instrucionais disponíveis nas seguintes bibliotecas digitais:

- Biblioteca digital da SMETE Open Federation²⁰, que é uma biblioteca dinâmica e *online* para professores e alunos (material para ensino e aprendizado), além de ser uma comunidade de exploradores de todas as idades em ciências, matemática, engenharia e tecnologia.
- Biblioteca Nacional de Matemática Interativa Virtual²¹, da Universidade Estadual de Utah, resultado de um projeto de três anos apoiado pela NSF (*National Science Foundation*) para o desenvolvimento de uma biblioteca virtual interativa, baseada na *web*, utilizando, principalmente, *applets* Java e com ênfase nos níveis K-8 (primeiro grau).
- Biblioteca Nacional Digital de Ciências, Matemática, Engenharia e Tecnologia²² (NSDL), também financiada pela NSF, cuja missão é ser uma fonte *online* para ensino em ciências, tecnologia e matemática em todos os níveis.

6.1.2 – Como Funciona

Após a criação de uma conta através de um par usuário/senha, o usuário cria suas páginas reusando conteúdo armazenado nas bibliotecas digitais conveniadas. O processo de criação da páginas consiste de 5 passos:

²⁰ www.smete.org

²¹ matti.usu.edu

²² www.nsdl.org

1. **Colecionar Recursos:** consiste na busca de recursos (áudio, vídeo, atividades e imagens) que serão incluídas nas páginas web do criador do conteúdo. Os recursos colecionados nessa etapa serão temporariamente armazenados até o passo 3 (criação das páginas *web*) descrito adiante;
2. **Definir Título de Visão Geral:** consiste na definição do título do conteúdo que farão parte da *home page* do projeto sendo criado;
3. **Adicionar e Editar:** consiste da criação das páginas web, adicionando-se a elas textos e os recursos colecionados no passo 1. É possível criar-se quantas páginas quanto se queira e colocar em cada uma delas tantos recursos se necessite. Cada página criada é automaticamente ligada à *home page* do projeto;
4. **Executar Prévia:** consiste em fazer-se uma verificação de como o projeto será efetivamente exibido em um *browser*. É possível retornar-se aos passos anteriores, fazer-se modificações e voltar-se a esse passo para uma nova prévia;
5. **Finalizar:** esse passo consiste em (automaticamente) definir-se uma URL para o projeto recém criado. Essa URL será utilizada por quem quer que esteja interessado em executar o conteúdo criado.

O uso da ferramenta será descrito com mais detalhes a seguir.

6.1.3 – Nossa Experiência com o Uso da Ferramenta

Nos cadastramos no ambiente e criamos dois exemplos executando os passos acima. O IA possui um *wizard* opcional para ajuda na criação de material. Além disso possui telas de ajuda sensíveis ao contexto e botões de navegação através das etapas mencionadas acima, facilitando o uso das funcionalidades do ambiente.

A procura de recursos é feita, exclusivamente, fornecendo-se conjuntos de palavras chaves. As referências localizadas são relacionadas e apresentadas ao usuário, juntamente com seus respectivos textos explicativos. O usuário tem, então, a possibilidade de selecionar os recursos de seu interesse. Pressionando “save” adiciona-se os recursos selecionados à lista que será passada à terceira etapa. O usuário pode permanecer nessa etapa, fornecendo palavras-chave de pesquisa e selecionando recursos, por quanto tempo desejar. Para encerrar a etapa de coleta de recursos pressiona-se o *link* “*save and view current list*”, que exibirá os recursos selecionados e permitirá passar-se à etapa seguinte.

A segunda etapa é executada preenchendo-se e confirmando-se os valores dos campos “*Project Title*” (uma linha) e “*Project Overview*” (1+ linhas) com, respectivamente, o título do projeto e uma descrição do propósito.

A terceira etapa consiste do uso de uma ferramenta de criação de páginas *web*. Para cada página fornece-se um título, um texto introdutório e seleciona-se qual/quais recursos relacionados na etapa 1 comporão a página. Para os recursos selecionados para compor a página são abertos campos para a formulação de textos de apresentação e campos para colocação de textos com instruções de execução dos recursos (um par para cada recurso inserido na página). A medida em que se vai criando páginas o ambiente permite que vá se fazendo prévias/edições de cada página criada (ou seja, a etapa 4 é executada de forma intercalada com a etapa 3). Passa-se à publicação clicando-se o *link* “*Publish*”.

A quinta etapa irá permitir a confirmação do projeto, com a definição, pelo sistema, de uma URL de acesso. Opcionalmente essa informação poderá ser enviada ao criador do projeto via *e-mail*.

Num primeiro teste (<http://ia.usu.edu/useindex.php?pac=856>) criamos uma única página com dois recursos. Ainda na fase de construção do projeto, ao tentarmos executar uma prévia, percebemos que alguns recursos, embora podendo ser pesquisados e incluídos em páginas, não puderam ser executados, acreditamos por falta de permissões adequadas. O exemplo deveria nos permitir manipular objetos 3-D através de *applets* java. A página está disponível mas, infelizmente, esse caso não funcionou como esperávamos.

Num segundo teste (<http://ia.usu.edu/useindex.php?pac=869>) criamos duas páginas em seqüência (a única estrutura que, pelo que percebemos, é possível) e o problema descrito acima se repetiu.

Alguns outros exemplos já prontos (<http://ia.usu.edu/example.php>) estão disponíveis no sítio do IA, demonstrando a utilidade, a simplicidade e a facilidade de uso do ambiente. Assim, independentemente do sucesso apenas parcial na execução dos projetos, tivemos uma noção bastante boa de suas funcionalidades e potencialidades.

6.2 - Vantagens do Ambiente Proposto para o PGL

Consultando a documentação sobre interoperabilidade disponível em [39], vimos que o IA define um conjunto próprio de metadados cujas instâncias (especificadas em XML, quando há necessidade de trafegar pela rede) compõem-se unicamente dos seguintes itens de dados .

- ID único,
- Título,
- Descrição,
- Formato,
- Identificador (URI para o LO) e
- Informações de origem do LO.

Ao longo desse nosso documento, e de outro [8] que usamos como base para o presente estudo, apontamos e defendemos²³ a necessidade/utilidade, propalada pelo meio acadêmico e órgãos de padronização, de adoção de padrões abertos para a descrição de recursos instrucionais armazenados em bases de LOs. À essa doutrina (e à que defende a produção de conteúdo modular e reutilizável) vêm aderindo a cada dia inúmeros representantes da indústria de produção de conteúdo instrucional.

Aparentemente o pessoal da Universidade Estadual de Utah compartilha desse pensamento, pois ações nesse sentido vêm sendo conduzidas pelo projeto eduCommons ([40] e [41]).

²³ Nosso primeiro passo em direção a construirmos um protótipo do ambiente do PGL será implementarmos um registrador de LOs baseado no padrão do IMS.

Outro conceito que, cremos, mantém o ambiente que estamos propondo com *certa* vantagem em relação ao IA, é a questão da colaboração. Aparentemente a colaboração considerada nos textos disponíveis (a única que, porventura, identificamos, já que os conteúdos que criamos só podem ser executados na forma do já citado *confinamento solitário*) considera, apenas, a colaboração *durante a criação* de conteúdo, no sentido de que conteúdos criados por um autor podem ser utilizados por outro, caracterizando, daí, uma parceria. Entretanto, em nossos estudos, damos ênfase à necessidade de haver colaboração *durante a execução* do conteúdo, quer seja entre alunos, na discussão ou elaboração em conjunto de certo artefato, quer seja entre professor/monitor e aluno. No nosso entender, falta no IA uma infra-estrutura de gerência de *workflows*, com controle de execução de tarefas, persistência de estados de execução, agenda, envio/recepção automáticos de artefatos, etc., conforme propomos para o ambiente do PGL.

Imaginamos a existência de uma linguagem específica para consulta aos objetos de aprendizado (algo como uma OQL). Consultas nessa linguagem poderiam ser representadas através de um grafo que refletisse, por exemplo, os relacionamentos estruturais que um desenvolvedor de aplicações gerais teria em mente para as diversas atividades de um curso. Os resultados das consultas seriam LOs, zero ou mais LOs para cada nó do grafo de consulta. Ainda sim, no caso do ambiente proposto para o PGL, as consultas “simples” por palavras-chave já trariam resultados mais completos, na medida em que poderíamos, também, considerar os relacionamentos estruturais e semânticos entre LOs disponíveis nos metadados (itens 1.7 e 7 do IEEE-LOM). A vantagem imediata seria que, também, os LOs relacionados ao LOs que satisfizessem as palavras-chave compusessem os resultados das consultas. Mais ainda, as consultas trariam partes da estrutura de execução dos conteúdos, facilitando o processo de colocação dos conteúdos em seqüência por parte do desenvolvedor de aplicações gerais.

Finalmente, no ambiente que propomos, existe uma flexibilidade maior na definição da estrutura de execução de um conteúdo, já que imaginamos, também, a possibilidade de execução alternativa de um recurso, além das possibilidades “em seqüência” e “em paralelo”.

Nossas impressões dadas acima não desmerecem, de forma alguma, os esforços do pessoal da Universidade Estadual de Utah que, afinal, contam com a importante vantagem em relação à nossa proposta: já têm um ambiente implantado.

7 – Conclusões e Trabalhos Futuros

Entendemos que o presente trabalho representa, ao mesmo tempo, um final e um começo.

Um final porque é o terceiro trabalho de uma seqüência de três, onde buscamos entender e relacionar características, definições, conceitos e aplicações de três áreas de pesquisas que consideramos, desde o início, fundamentais para a proposta de um ambiente de ensino a distância com as características do ambiente do PGL. Essas áreas são banco de dados, *workflows* e sistemas de gerência de *workflows* e objetos de aprendizado (*learning objects* – LOs).

O primeiro trabalho foi elaborado com o propósito de permitir nossa familiarização com os conceitos e técnicas usados em sistemas de *workflows*, assim como servir como uma abordagem inicial do assunto com vistas ao levantamento dos principais requisitos de gerência dos artefatos e ambiente de controle dos SGWs. Nele apresentamos os principais conceitos e características dos sistemas de *workflow*, enfocando tanto ambientes centralizados quanto distribuídos. Consideramos, para os casos mais gerais, a possibilidade de autonomia local de uso, feita de forma integrada com os demais sítios e de forma transparente do ponto de vista dos usuários.

No segundo trabalho apresentamos os principais conceitos e características de uma forma relativamente nova de preparar cursos a serem ministrados a distância. Essa forma envolve a criação e descrição de pequenos componentes de conteúdo instrucional, os chamados LOs, para futuro (re)uso em cursos que serão formados por uma composição conveniente desses componentes. Apresentamos os principais padrões utilizados para descrever esses componentes, objetivando a facilidade de busca e interoperabilidade. Estudamos, também, o modelo de dados desses objetos e as possíveis relações que eles podem possuir entre si. Finalmente iniciamos a definição de um modelo de referência para arquiteturas de gerenciadores de objetos de aprendizado baseado no modelo de referência ANSI/SPARC para SGBDs.

Nesse trabalho integramos os conhecimentos apresentados nos dois trabalhos anteriores, orientando suas aplicações para o ambiente do PGL, o qual descrevemos e para o qual buscamos definir uma proposta de arquitetura. Em todos os três trabalhos procuramos abordar os conceitos sob a ótica de banco de dados.

O presente trabalho também representa um começo porque ainda há muito trabalho de pesquisa a ser feito. Como pretendemos, em uma etapa futura, implementar um protótipo de um ambiente de banco de dados baseado em *workflows* e objetos de aprendizado, além das questões apontadas nos dois trabalhos anteriores, existe, ainda, a necessidade de definirmos alguns detalhes importantes desse ambiente, dentre os quais enumeramos:

- Definição do mecanismo de manutenção de integridade referencial, que deverá ser ativado quando da necessidade de se remover ou alterar conteúdos e/ou suas descrições LOM;
- Adicionalmente à busca de conteúdos por palavras-chave, a definição de um mecanismo mais avançado de pesquisa de conteúdo de aprendizado baseado em uma linguagem especializada para tal (LOQL?);
- Definição dos atributos e operações para a manutenção dos estados de execução que, cremos, só será possível quando iniciarmos a definição das colaborações entre objetos necessárias às realizações das funcionalidades do ambiente;
- Definição de um *framework* para construção de adaptadores (*wrappers*) de provimento de serviços *web* para integração dos cinco sítios que comporão o ambiente de banco de dados do PGL, considerando as possíveis tecnologias de gerência de banco de dados disponíveis no mercado que poderão ser utilizadas no projeto.

Dentro dessa idéia de desenvolvermos um protótipo para o ambiente, sugerimos que, em uma próxima etapa, seja desenvolvido um registrador de objetos de aprendizado com as funcionalidades descritas.

Bibliografia

- [1] Phillips, V., Selecting an Online Course Authoring System: Corporate Markets, <http://www.geteducated.com/articles/corpauth.htm>, acesso em janeiro de 2002.
- [2] The British Council, Educação a Distância , 2001, em http://www.britishcouncilpt.org/education/distance_p.htm, acesso em abril/2002.
- [3] Sizilio, G. R. M. A., Técnicas de Modelagem de Workflow Aplicadas à Autoria e Execução de Cursos de Ensino a Distância. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, novembro de 1999.
- [4] Behar, P. A. , As Novas Tecnologias da Informática e das Comunicações e o Novo Modelo Educacional, <http://www.nuted.edu.ufrgs.br/nuted/publi07.html>, acesso em março/2002.
- [5] Sizilio, G. R. M. A., Edelweiss, N., Modelo de Autoria de Cursos de Ensino a distância. Revista Brasileira de Informática na Educação, no. 8, Abril/2001.
- [6] The Florida Center for Instructional Technology, College of Education, A Teacher's Guide to Distance Learning, University of South Florida, 1999, <http://fcit.coedu.usf.edu/DISTANCE/default.htm>, acesso em abril/2002.
- [7] Barros, L. A., Suporte a Ambientes Distribuídos para Aprendizagem Cooperativa, Tese de Doutorado, NCE/UFRJ – 1994.
- [8] Pereira, L. A. M., Objetos de Aprendizado Re-Utilizáveis (RLOs): Conceitos, Padronização, Uso e Armazenamento, monografia para composição dos requisitos para qualificação ao doutoramento, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, 2002.
- [9] Barrit, C., Reusable Learning Object Strategy, version 4.0, Cisco Systems, november 2001.
- [10] Pereira, L. A. M., Sistemas de Gerência de *Workflows*: Características, Distribuição e Exceções, monografia para composição dos requisitos para qualificação ao doutoramento, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, 2002.
- [11] *Workflow* Management Coalition. The *Workflow* Reference Model, document number TC00-1003, 1995. <http://www.wfmc.org/>

- [12] Moro, M. M., "*Workflow*" em www.inf.ufrgs.br/~mirella/workflow/work.html, acesso em dezembro/2001
- [13] Georgakopoulos, D., Amit, S., An Overview of *Workflow* Management: From Process Modeling to *Workflow* Automation Infrastructure. *Distributed and Parallel Databases*, no. 3, 119-152, 1995.
- [14] Böszörményi, L.; Groiss, H.; Eisner, R., Adding Distribution to a *Workflow* Management System.
- [15] Araujo, R. M.; Borges, M. R. S., *Sistemas de Workflow*, XX Jornada de Atualização em Informática, Congresso da SBC – 2001
- [16] Alonso, G, et al, Exotica/FMDC: Handling Disconnected Clients in a Workflow Management System, 3rd International Conference on Cooperative Information Systems, 1995.
- [17] CRUZ, T., "*Workflow: A Tecnologia que vai revolucionar processos*", 2ª edição, 2000, Ed. Atlas, São Paulo.
- [18] Jacobsen, P. E-learning Magazine, <http://www.elearningmag.com/elearning/article/articleDetail.jsp?id=504>, acesso em dezembro/2002.
- [19] National University of Singapore, Centre for Instructional Technology, Courseware Development/EDtech, <http://courseware.nus.edu.sg/Standards/rlo.asp>, acesso em maio/2002.
- [20] IEEE P1484.12.1/D6.4 Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE, 4 de março de 2002.
- [21] Barrit, C., Reusable Learning Object Strategy, version 4.0, Cisco Systems, november 2001.
- [22] IMS Global Learning Consortium, Inc., IMS Learning Resource Meta-Data XML Binding, baixada de <http://www.imsproject.org> em junho/02
- [23] IMS Global Learning Consortium, Inc., IMS Learning Resource Meta-data Information Model, baixada de <http://www.imsproject.org> em junho/02
- [24] IEEE P1484.12.1/D6.4 Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE, 4 de março de 2002.
- [25] Melo, R. N. et al, I PGL Database Research Workshop Report, abril de 2002.
- [26] Özsu, T., Valduriez, P., *Princípio de Sistemas de Bancos de Dados Distribuídos*, tradução da 2a. edição americana, 2001, Editora Campus.

- [27] Uchoa, E. M. A., *Framework para Integração de Sistemas de Bancos de Dados Heterogêneos*, tese de doutorado, Departamento de Informática, PUC-Rio, 1999.
- [28] Abiteboul, S., Buneman, P., Suciu, D. *Data on the Web: From Relations to Semistructured Data and XML*, Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 2000.
- [29] Cerami, E., *Web Services Essentials*, O'Reilly, 2002.
- [30] Hendricks, M. et al, *Professional Java Web Service*, Editora Alta Books, 2002.
- [31] Aberdeen Group, Inc., *e-Business Infrastructure Integration: Practical Approaches; An Executive White Paper*, November 2001, baixado de <http://www-3.ibm.com/e-business/doc/content/resource/pdf/48153.pdf> em dezembro de 2002.
- [32] Mecella, M., Presicce, F. P., Pernici, B., *Modeling E-service Orchestration through Petri Nets*, Proceedings of the 3rd VLDB International Workshop on Technologies for e-Services (VLDB-TES 2002) (Hong Kong, Hong Kong SAR, China, 2002), Springer-Verlag LNCS 2444, pp. 38-4
- [33] Meehan, M., *Data Integration and Web Services*, Computerworld, abril de 2002, <http://www.computerworld.com/databasetopics/data/story/0,10801,70043,00.html>.
- [34] M. Mecella, B. Pernici: *Designing Wrapper Components for E-Services in Integrating Heterogeneous Systems*. VLDB Journal, vol. 10, no. 1, 2001, pp. 2-15.
- [35] Lin, J., Ho, C., Sadiq, W., Orlowska, M. E., *On Workflow enabled e-Learning services*, Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICELT'2001, agosto/2001.
- [36] Mangan, P., Sadiq, S., *On Building Workflow Models for Flexible Processes*, Proceedings of the Thirteenth Australasian Database Conference (ADC2002), janeiro de 2002.
- [37] “Bate-papo Bol”, ambiente virtual de encontros coletivos, disponível em <http://batepapo.bol.com.br/>. Acesso em janeiro de 2003.
- [38] Instructional Architect, <http://ia.usu.edu>, acesso em janeiro de 2003.
- [39] *Interoperability Specifications: How to enable your digital library users to access Instructional Architect*, disponível em <http://ia.usu.edu/gotoia/useIASpec.php>, acesso feito em janeiro de 2003.

- [40] The Reusability, Collaboration, and Learning Troupe (RCLT), Utah State University, consulta a <http://rclt.usu.edu/research.html> feita em janeiro de 2002.
- [41] The EduCommons Project, Utah State University, consulta a <http://educommons.org/> feita em janeiro de 2002.