

**Konstantin Kurizky**

**Um Estudo para o Compartilhamento de  
Objetos de Aprendizado em Banco de Dados  
Multimídia**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
Programa de Pós-Graduação em  
Informática**

Rio de Janeiro, dezembro de 2003

**Konstantin Kurizky**

**Um Estudo para o Compartilhamento de Objetos de  
Aprendizado em Banco de Dados Multimídia**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Rubens Nascimento Melo

Rio de Janeiro, dezembro de 2003

**Konstantin Kurizky**

**Um Estudo para o Compartilhamento de  
Objetos de Aprendizado em Banco de Dados Multimídia**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Professor Rubens Nascimento Melo**  
Orientador  
PUC-Rio

**Professor Sérgio Lifschitz**  
PUC-Rio

**Professor Álvaro César Pereira Barbosa**  
UFES

**Professor Ney Dumont**  
Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 19 de dezembro de 2003

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Konstantin Kurizky**

Graduou-se em Engenharia Eletrônica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1975. Pós-graduação em Administração para Desenvolvimento de Executivos na FGV-Rio, em 1998.

#### Ficha Catalográfica

Kurizky, Konstantin

Um estudo para o compartilhamento de objetos de aprendizado em banco de dados multimídia / Konstantin Kurizky ; orientador: Rubens Nascimento Melo. - Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Departamento de Informática, 2003.

v., 287f.: il. ;30 cm

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática - Teses. 2. Aprendizado eletrônico. 3. Internet (Redes de computação) na educação. 4. Aprendizado auxiliado por computador. 5. Banco de dados. I. Melo, Rubens Nascimento. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

Para Lena.

## Agradecimentos

A todos professores e funcionários do Departamento pelos ensinamentos, ajuda e apoio em todos os momentos e principalmente nos mais importantes.

Aos meus colegas da PUC-Rio, em especial à turma do TecBD, principalmente: Cássia, Diva, Geórgia, Julita, Lúcia, Simone, Sean, Fausto, Luiz Antônio, Vinicius e Antônio Jr pelo apoio.

Aos meus colegas de trabalho, em especial a Lucas e Roberto.

À ELETROBRAS e gerentes, em especial Paulo Roberto Nunes Mandarinó e Cícero Portela Braga, pelas condições e recursos disponibilizados sem os quais não poderia enfrentar este desafio.

À Professora Helena Braz pelo apoio.

Ao Professor Fábio pelo apoio.

Aos professores que participaram da Banca Examinadora.

Aos meus pais, pela energia e carinho que sempre me transmitiram.

Ao Professor Rubens, pela oportunidade de ter me acolhido como orientando, pelos ensinamentos ao longo do caminho e sobretudo pela compreensão e apoio transmitidos ao longo de todo o período.

À Patricia, Luisa e Lena pelo estímulo, compreensão e apoio.

## Resumo

Kurizky, Konstantin. **Um Estudo para o Compartilhamento de Objetos de Aprendizado em Banco de Dados Multimídia**. Rio de Janeiro, 2003. 287p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta uma proposta para utilizar a tecnologia de banco de dados para o armazenamento e a gerência de objetos de aprendizado em uma federação de banco de dados (banco de dados distribuído). A crescente evolução no uso de aprendizado eletrônico trouxe o foco para a produtividade na elaboração e gerência do conteúdo dos módulos educacionais. Este conteúdo compreende hoje de vídeos, áudios e de outros dados relacionados, além de textos. Este material é normalmente armazenado pelos instrutores sem maiores preocupações quanto ao compartilhamento. Como membro do projeto PGL (Partnership in Global Learning) - uma organização virtual voltada para pesquisa, desenvolvimento e disseminação do aprendizado através de novas tecnologias - o laboratório de banco de dados da PUC-Rio – TecBD, tem pesquisado a adoção do enfoque de banco de dados para a gerência de objetos de aprendizado (Learning Objects) armazenados em locais interligados formando um ambiente de banco de dados heterogêneos distribuído. Este trabalho visa: 1) utilizando produtos de BD comercialmente disponíveis; 2) adotando os atuais padrões existentes para definição de objetos de aprendizado; 3) considerando objetos de aprendizado armazenados em locais separados e autônomos; 4) desenvolver uma aplicação (protótipo) com esses objetos de aprendizado. O modelo de dados adotado estabelece uma estrutura de objetos de aprendizado compostos, via relacionamentos com elementos atômicos e também com elementos compostos. Diferentes abordagens como, por exemplo, Web Services, Java/Servlets e Web Application Servers, foram estudadas para o problema da autonomia e distribuição geográfica. Um protótipo foi construído utilizando o produto IBM DB2 com seus recursos suplementares tais como extensores para dados de áudio, vídeo, imagens, XML e suporte para gerenciamento federado. A exploração dos dados

armazenados, via navegador (browser), foi realizada utilizando a camada IBM Net.Data que embora não obrigatória, permitiu realizar a tarefa de um modo simples e disponibilizou uma solução bem integrada com o IBM DB2 e seus complementos.

### **Palavras-chave**

Banco de dados; banco de dados federado; PGL; aprendizado eletrônico; objetos de aprendizado; LO; RLO; LOM IEEE; IMS; SCORM



## **Abstract**

This work presents a proposal to utilize database technology for storing and managing learning objects in a database federation (distributed database). The evolution of e-learning has brought the focus over the productivity to make and to manage the content of learning modules, which today comprises videos, audio, among other related data, besides the text data. Instructors normally store this material without worry about sharing. As a member of PGL – Partnership in Global Learning – a virtual organization for research, development and dissemination of learning through new technologies - TecBD - the PUC-Rio's Database Laboratory is researching the use of database approach for managing learning objects stored on interconnected sites composing a heterogeneous distributed database environment. This work intends: 1) using market ready DB products; 2) adopting the actual standards for defining of learning objects; 3) considering learning objects stored on separated and autonomous sites; 4) to develop an application (a study case) with these learning objects. The learning object's model establishes a structure for composing learning objects by linking atomic elements and also linking composed elements. Different approaches as Web Services, Java/Servlets and Web Application Servers were considered for the geographically distributed problem. A study case was build using the product IBM DB2 with the provided extenders for audio, video, image, XML data and the Federated System Support. The web browser's explore of the stored data was build using the IBM Net.Data software. Although not exclusive, it provided an easy way to perform this task and also enabled an easy integration with IBM DB2 and its extenders.

## **Keywords**

Database; federated database; PGL; e-learning; learning objects; LO; RLO; LOM IEEE; IMS; SCORM

# SUMÁRIO

1	Introdução e Motivação	17
1.1.	Motivação	17
1.1.1.	PGL – Partnership in Global Learning	19
1.2.	Objetivos da Dissertação	20
1.3.	Organização da Dissertação	21
2	Tecnologias de Banco de Dados para e-Learning	23
2.1.	Sistemas de Gerência de Banco de Dados Heterogêneos	23
2.2.	Sistemas de Gerência de Bancos de Dados Federados	26
2.2.1.	Arquitetura em 5-níveis ANSI/SPARC	27
2.2.2.	Acoplamento	30
2.2.2.1.	Acoplamento Forte	31
2.2.2.2.	Acoplamento Fraco	32
2.2.3.	Linguagem de Definição de Dados e Linguagem de Comandos	33
2.2.4.	Otimização de Consultas	34
2.2.5.	Gerenciamento Global das Transações	34
2.2.6.	Controle Semântico	35
2.3.	Objetos de Aprendizado	36
2.4.	Metadados para Objetos de Aprendizado	41
2.4.1.	LOM IEEE	42
2.4.2.	IMS – IMS Global Learning Consortium, Inc.	44
2.4.3.	SCORM - Sharable Content Object Reference Model	45
2.4.3.1.	Modelo de Agregação de Conteúdo	48
2.4.3.2.	Ambiente em Tempo de Execução	49
2.4.3.3.	Complementação	49
2.5.	Associações entre Objetos de Aprendizado	50
2.6.	Validação de Metadados	52
2.7.	Sistemas para Área de Aprendizado	53
3	Modelagem e Armazenamento de Objetos de Aprendizado Multimídia no PGL	57

3.1. Modelo de Objetos de Aprendizado	59
3.1.1. Modelo de Dados Relacional	62
3.2. Armazenamento de Dados Multimídia	63
3.3. Visão Global dos Dados Distribuídos	64
3.3.1. Sistemática para Construção de Um Sistema Federado de Bancos de Dados	69
3.4. Exploração dos Dados via Internet	71
4 Ambiente de Implementação	73
4.1. Funcionalidades Mínimas	73
4.2. Sistema de Banco de Dados Federado IBM DB2	76
4.2.1. <i>Wrappers</i>	78
4.2.2. Catálogo Global do IBM DB2 Federado	78
4.3. Tratamento de Dados XML e Multimídia	79
4.4. Disponibilidade de Dados via WEB	83
4.5. Aplicação LO_DB	86
5 Implementação de Um Protótipo	87
5.1. Descrição do Problema	87
5.2. Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados	89
5.3. Base de Dados Local	90
5.3.1. Tabela KeyTable	90
5.3.2. Tabela LO_TAB	91
5.3.3. Tabela LO_LK	91
5.3.4. Redundância de Dados	92
5.3.4.1. Arquivo DAD	92
5.3.4.2. Tabela LO_SIDE_TAB	93
5.3.4.3. Tabela LO_TECHNICAL_FORMAT_TAB	93
5.3.4.4. Tabela LO_TECHNICAL_LOCATION_TAB	94
5.4. Aplicação LO_DB	94
5.5. Criando Uma Base de Dados Federada no IBM DB2	100
5.5.1. Conversão de tipos de dados	101
5.5.2. Adição de Uma Fonte de Dados DB2	103
5.5.3. Ajustes no Componente	105

5.5.4. Ajustes no Servidor Federado	106
5.5.4.1. Sobrecarga das Funções de Usuário	106
5.5.4.2. Visão Federada	108
5.6. Navegação nos Dados	108
5.7. Validação do Processo de Carga	116
5.8. Versões do IBM DB2	121
5.9. Observações Operacionais	123
6 Trabalhos Relacionados	125
7 Conclusões	131
7.1. Retrospectiva	131
7.2. Contribuições e Futuros Trabalhos	132
8 Referências Bibliográficas	135
9 Glossário	147
9.1. Glossário de Termos	147
9.2. Glossário de Siglas	147
10 Apêndices	155
10.1. Listagem do Arquivo DTD	155
10.2. Listagem do Arquivo DAD	158
10.3. Documentação da Aplicação LO_DB	159
10.3.1. Root Package	159
10.3.1.1. Class Diagrams	159
10.3.1.1.1. Class Diagram <i>&lt;default&gt;</i>	160
10.3.1.1.2. Class Diagram <i>Architecture View</i>	161
10.3.1.1.3. Class Diagram <i>Object View</i>	161
10.3.1.1.4. Class Diagram <i>OpenFirst</i>	162
10.3.1.1.5. Class Diagram <i>System Overview</i>	162
10.3.1.2. Deployment Diagram <i>LODB System</i>	163
10.3.2. Package <i>data_management</i>	163
10.3.2.1. Class Diagram <i>data_management</i>	164

10.3.2.2. Class Detail	165
10.3.2.2.1. Class <i>LoadLODM</i>	165
10.3.2.3. Entity Relationship Diagrams	171
10.3.3. Package <i>problem_domain</i>	172
10.3.3.1. Class Diagrams	173
10.3.3.1.1. Class Diagram <i>problem_domain</i>	173
10.3.3.2. Class Detail	175
10.3.3.2.1. Class <i>GuiLoad</i>	175
10.3.3.2.2. Class <i>GuiLoadComp</i>	184
10.3.3.2.3. Class <i>LoBasic</i>	186
10.3.3.2.4. Class <i>LoComp</i>	189
10.3.3.3. Interface Detail	191
10.3.3.3.1. Interface <i>IDM</i>	192
10.3.3.4. Interaction Diagrams	194
10.3.3.4.1. Sequence Diagram <i>GuiLoad.GuiLoad(1)</i>	194
10.3.3.4.2. Sequence Diagram <i>GuiLoad.saveBasic(1)</i>	194
10.3.3.4.3. Sequence Diagram <i>List All Titles</i>	195
10.3.4. Package <i>Requirements</i>	195
10.3.4.1. Class Diagrams	196
10.3.4.1.1. Class Diagrams <i>Requirements</i>	196
10.3.4.2. Activity Diagrams	197
10.3.4.2.1. Activity Diagram <i>Storing Activity</i>	197
10.3.4.3. UseCase Diagrams	198
10.3.4.3.1. UseCase Diagram <i>Load a LO</i>	198
10.3.4.3.2. UseCase Diagram <i>Loading a LO Details</i>	199
10.3.5. Package <i>Requirements.analysis</i>	199
10.3.5.1. Class Diagrams	200
10.3.5.1.1. Class Diagrams <i>analysis</i>	201
10.3.5.2. Class Detail	201
10.3.5.2.1. Class <i>LO</i>	201
10.3.5.2.2. Class <i>LoadComp</i>	203
10.3.5.2.3. Class <i>Loader</i>	204
10.3.5.2.4. Class <i>LoadLo</i>	205
10.3.5.2.5. Class <i>LOComp</i>	206

10.3.6. Package <i>Server</i>	206
10.3.6.1. Class Diagrams	207
10.3.6.1.1. Class Diagrams <i>Server</i>	207
10.3.6.2. Class Detail	208
10.3.6.2.1. Class <i>CustResultSet</i>	208
10.3.6.2.2. Class <i>Database</i>	210
10.3.6.2.3. Class <i>DMServer</i>	218
10.3.6.2.4. Class <i>KeyTable</i>	220
10.3.7. Package <i>user_interface</i>	221
10.3.7.1. Class Diagrams	222
10.3.7.1.1. Class Diagram <i>user_interface</i>	222
10.3.7.2. Class Detail	224
10.3.7.2.1. Class <i>GLOFrame</i>	224
10.3.7.2.2. Class <i>GLOFrame_AboutBox</i>	239
10.3.7.2.3. Class <i>GuiLoadLoApp</i>	244
10.3.7.2.4. Class <i>TableDataModel</i>	245
10.3.7.3. Interaction Diagrams	248
10.3.7.3.1. Sequence Diagram <i>Initilizing GUI</i>	248
10.3.8. Package <i>util</i>	250
10.3.8.1. Class Diagrams	250
10.3.8.1.1. Class Diagrams <i>util</i>	250
10.3.8.2. Class Detail	250
10.3.8.2.1. Class <i>IDString</i>	251
10.4. Exemplo de Macro <i>Net.Data</i>	254
10.5. Modelo LOM	258
10.5.1. Descrição da Estrutura	258
10.5.2. Descrição em Diagramas	266
10.5.3. Exemplo Completo de Uso	268

## ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1. Componentes do PGL.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2. Dimensões de um SGBDH.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 3. Aspectos gerais de um SGBDF [SL90].....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4. Arquitetura em 3-níveis de um SGBD centralizado.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 5. Arquitetura em 5-níveis de um SGBDF [SL90]. ....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 6. Modelo de composição de objetos [Hod02].....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 7. Relacionamento entre padrões de metadados [PPM03].....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 8. Primeiro nível descritivo do LOM.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 9. Evolução do SCORM [Adl03a].....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 10. Estante SCORM [RHA03] .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 11. Complementação SCORM [RHA03] .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 12. Componentes de um LCMS [Don02] .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 13. Esquema de um LMS [Nich01].....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 14. Esquema de um LCMS [Nich01].....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 15. “Aparelho Reprodutor de LO” [PPM03] .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 16. Modelo Relacional de Objetos de Aprendizado [PPM03].....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 17. Processo de desenvolvimento de baixo para cima de um SBDF [SL90].....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 18. Processo de desenvolvimento de um SBDF de cima para baixo [SL90].....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 19. Arquitetura do ambiente de implementação .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 20. Arquitetura de um DB2 federado [Ibm03a].....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 21. Opções de armazenamento de dados XML. ....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 22. Armazenamento de dados AVI.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 23. Arquitetura do Net.Data .....</b>	<b>84</b>

<b>Figura 24. Estrutura de um módulo Net.Data.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 25. Arquitetura física da aplicação LO_DB .....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 26. Arquitetura do Protótipo .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 27. Configuração de Banco de Dados do Protótipo .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 28. Esquema físico da base de dados .....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 29. Tela de dados básicos.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 30. Tela de dados de composição .....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 31. Lista de Títulos Cadastrados .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 32. Tipos de dados não básicos.....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 33. Funções de Usuário .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 34. Tela Lista de Objetos de Aprendizado.....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 35. Tela Detalhes de Um Objeto de Aprendizado .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 36. Tela Imagem de um Objeto de Aprendizado .....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 37. Tela de ativação do extensor AVI.....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 38. Tela Detalhes de Um Objeto de Aprendizado com Extensor AVI Desativado. ....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 39. Tela Detalhes de Um Objeto de Aprendizado (2). ....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 40. Tela Detalhes de Um Objeto de Aprendizado (3). ....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 41. Conexão à Base Federada. ....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 42. Consulta ao conteúdo de cada site.....</b>	<b>117</b>
<b>Figura 43. Consulta ao conteúdo da federação.....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 44. Base Federada através do IBM DB2 – site 1. ....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 45. Base Federada através do IBM DB2 – site 2. ....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 46. Base Federada através do IBM DB2 – Visão Federada – Relação de LO. ....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 47. Base Federada através do IBM DB2 – Visão Federada – Detalhes de LO. ....</b>	<b>121</b>
<b>Figura 48. Visão com Sobrecarga – Detalhes de LO.....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 49. Macro Net.Data .....</b>	<b>256</b>
<b>Figura 50. Estrutura do LOM (1/2) .....</b>	<b>265</b>
<b>Figura 50. Estrutura do LOM (2/2) .....</b>	<b>266</b>



## TABELAS

<b>Tabela 1. – Tipos de Heterogeneidades [SL90]</b> .....	24
<b>Tabela 2. - Características de acoplamento.</b> .....	31
<b>Tabela 3. - Exemplo de múltipla semântica.</b> .....	32
<b>Tabela 4. - Conversão para tipos de dados básicos</b> .....	103
<b>Tabela 5. - Comparação de Aplicações de Armazenamento de Objetos de Aprendizado</b> .....	129