

Ensino de Bancos de Dados

Ana Carolina Salgado
DI - UFPE
acs@di.ufpe.br

Claudia Bauzer Medeiros
IC - UNICAMP - CP 6176
13081-970 Campinas - SP
cmbm@dcc.unicamp.br

Abstract

O ensino de bancos de dados pode ter diferentes enfoques, dependendo do público alvo e do objetivo do treinamento. Este texto analisa algumas das diferentes opções existentes para ensino tanto de graduação quanto em cursos de pós-graduação em Computação. A tônica adotada é que a matéria apresentada bancos de dados é pode ser integradora de diferentes áreas de Computação. Constitui, assim, um elo de ligação entre vários conceitos apresentados em diferentes disciplinas do curso.

1 Introdução

O ensino de qualquer matéria é acompanhado de tres preocupações:

- *O que deve ser visto?*
- *Como e com qual profundidade?*
- *De que forma manter o interesse do aluno e motivá-lo?*

No caso de bancos de dados, interesse e motivação são relativamente fáceis de despertar, pois há uma imensa variedade de aplicações que demandam o uso de bancos de dados. O uso e o estudo de casos reais podem ser sempre inseridos em aula. No entanto, o que muitas vezes é deixado de lado são as interligações entre a matéria vista e outras disciplinas. Este tipo de ligação é muito importante para auxiliar o aluno a ter uma visão integrada do curso como um todo. Além disto, motiva-o a estudar melhor a matéria da disciplina E de outras disciplinas interligadas, melhorando seu rendimento e possibilitando um melhor treinamento.

O treinamento em projeto e uso de bancos de dados é portanto essencial para a formação adequada de profissionais em Computação. Este mesmo treinamento, em outra escala, é também demandado por todos que têm necessidade de gerenciar arquivos de dados, mesmo não sendo da área de Computação (por exemplo, médicos, engenheiros, sociólogos).

O ensino de bancos de dados exige que se analise os dados armazenados tanto no contexto de seu relacionamento com as aplicações que os utilizam quanto do ponto de vista do software especial que os gerencia (os chamados sistemas gerenciadores de bancos de dados – SGBD). Em função disto, o treinamento em bancos de dados precisa ser considerado sob pontos de vista complementares:

1. Modelagem de dados e projeto de aplicações

Este ponto de vista serve de ponte entre o usuário e o SGBD. Aqui são abordadas as diversas formas de se realizar a modelagem e o projeto lógico, sendo o passo final a especificação de arquivos. Neste enfoque se enquadram os diversos modelos semânticos, em especial Entidade-Relacionamento (ER), e os modelos relacional e orientado a objetos. Esta faceta do estudo de bancos de dados tem relacionamento íntimo com a engenharia de software, no que tange análise e projeto de sistemas. Frequentemente são também usados conceitos de lógica matemática para a discussão da teoria relacional.

2. software que gerencia os dados.

Neste enfoque, estuda-se o funcionamento geral de SGBDs. Estes softwares são descritos e analisados segundo seus principais módulos. Fazem parte desta categoria tópicos relativos a interfaces, processamento de linguagens de consulta, gerenciamento de transações, controle de concorrência, recuperação, segurança e integridade. Neste tipo de enfoque são necessários conceitos de várias outras áreas da Computação, especialmente os relativos a sistemas operacionais, análise de algoritmos de busca, indexação e ordenação, estruturas de arquivos, redes, arquitetura de computadores e linguagens de programação.

3. Estudo de SGBDs existentes

Neste caso, são feitas análises comparativas de SGBDs existentes para diversos modelos de dados (redes, hierárquico, relacional e orientado a objetos). Muitas vezes esse tipo de enfoque redundante em estudos de desempenho e em desenvolvimento de aplicações. Aqui mais uma vez

são exigidos conhecimentos de sistemas operacionais e de linguagens de programação.

4. Desenvolvimento de aplicações

Este último enfoque é voltado totalmente à resolução de problemas em algum tipo de aplicação. Neste caso, o enfoque visa executar os passos que vão desde o projeto até a implementação de uma ou mais aplicações de um domínio específico. Aqui são necessários conhecimentos dos outros três enfoques, para permitir modelagem correta, definição adequada de arquivos e escolha do sistema apropriado. É preciso, em certos casos, conhecer a área da aplicação, o que pode ser suprido pelo usuário final.

Ortogonalmente a esses enfoques, o ensino de bancos de dados precisa também considerar o público alvo (se alunos de graduação ou pós-graduação, ou mesmo de áreas que não Computação) e com a natureza da disciplina (prática ou teórica).

Estes problemas são considerados no resto deste artigo. Inicialmente, é discutido o conteúdo programático de cada um dos quatro enfoques, visando principalmente o ensino de graduação em Computação. Esta parte não pretende ser exaustiva, mas apenas apresentar algumas alternativas para o ensino da matéria. Em seguida, é dada uma visão global da matéria e seu interrelacionamento com outras áreas da Computação. O artigo termina com uma discussão sobre o ensino da área para outros públicos alvo e os problemas atualmente existentes. A lista de referências ao final enumera alguns bons livros-texto para ensino de bancos de dados.

2 Os quatro enfoques para ensino

A figura 1 mostra os quatro enfoques de ensino de bancos de dados, divididos em *Teoria* e *Prática*. Na parte teórica, deve-se ensinar a modelagem e projeto de aplicações e o funcionamento de SGBD. Na parte prática, esses conhecimentos são postos à prova, no desenvolvimento de aplicações sobre SGBDs distintos.

2.1 Modelagem e projeto

Uma parte considerável dos atuais livros didáticos na área de bancos de dados é dedicada à apresentação de modelos de dados e de técnicas de projeto

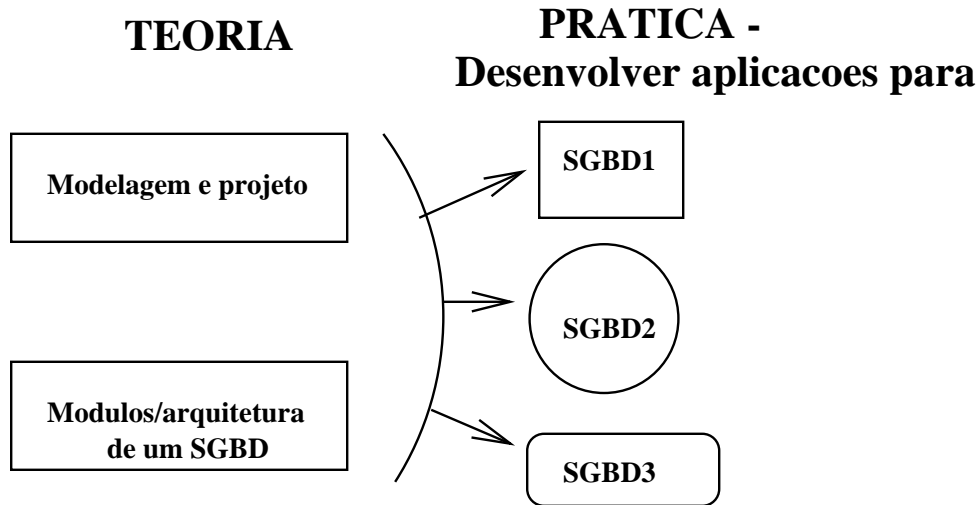


Figure 1: Enfoques no ensino de bancos de Dados

de aplicações (por exemplo, 30% de [14], 20% de [18], 30% de [5], 40% de [17]).

A modelagem adequada de aplicações e dos dados por elas manipulados é essencial para garantir os níveis de desempenho desejados pelo usuário. Além disso, facilita futuras expansões e modificação de dados acompanhando a evolução das aplicações. Finalmente, contribui para a documentação adequada de um projeto, essencial para a sua manutenção.

Os modelos que devem ser estudados são o modelo ER (e algumas de suas diversas extensões) e o modelo relacional. Em segundo plano, podem ser vistos outros modelos semânticos (por exemplo, NIAM) e noções de orientação a objetos. Um bom texto introdutório para vários modelos semânticos é [9].

A maioria dos bons livros-texto de bancos de dados apresenta um capítulo inteiramente dedicado à modelagem ER. É preciso também analisar abstrações comumente presentes em extensões ao modelo – generalização, agregação e classificação. Além de representarem mecanismos adequados para retratar dados do mundo real, a compreensão destas abstrações facilita a introdução posterior de conceitos de orientação a objetos.

No caso do modelo relacional, é obrigatório o ensino de normalização, ressaltando a sua importância para o desenvolvimento de aplicações. Um artigo introdutório que explica o tópico de forma intuitiva é [12]. O livro [17] é uma boa fonte para o ensino de normalização, tendo a vantagem de

ter sido escrito em português e não sofrer assim por problemas de tradução.

A modelagem de dados e projeto de bancos de dados devem incluir também o estudo de restrições de integridade, visões e a diferença entre modelagem de dados e modelagem de funções. Neste último ponto, a modelagem orientada a objetos se distingue das demais por permitir levar em conta o caráter funcional de uma aplicação.

Disciplinas que contribuem para a compreensão deste enfoque de modelagem se referem às áreas de engenharia de software e estruturas de arquivos. Há grande interseção entre modelagem de dados para BDs e metodologias de análise e modelagem de aplicações em engenharia de software. Exemplos de conceitos comuns às duas áreas são as diferentes metodologias de orientação a objetos (por exemplo, [16]).

As técnicas de modelagem e projeto devem ser vistas em dois passos. No primeiro passo, o trabalho é realizado independente do SGBD subjacente (modelagem semântica). No segundo passo, estuda-se a transformação da modelagem em projeto físico – em geral, relações. Em geral, isso pode ser obtido através do estudo de mapeamentos entre ER e relacional [5, 17]. Nesta etapa, é necessário mostrar as implicações de se escolher o tipo de SGBD a ser utilizado.

O aluno deve ter consciência de que uma mesma modelagem de dados poderá resultar em diferentes tipos de especificação de arquivos, em função do tipo de transações/aplicação demandadas pelo usuário e do SGBD adotado. Nesse sentido, noções de estruturas de arquivos e de técnicas de armazenamento e indexação são necessárias, para fazer entender ao aluno os prós e contras de determinados tipos de especificação de arquivos. Um ótimo texto para esta parte é [7]. Um conhecimento básico de análise de algoritmos é também necessário para permitir a análise de estruturas alternativas.

Do ponto de vista de disciplinas de tópicos e pós-graduação, a principal fonte bibliográfica deste enfoque são anais de congressos especializados.

2.2 Estudo de módulos de um SGBD

Este é o outro aspecto que costuma merecer grande atenção dos livros texto de bancos de dados. A visão geral dos módulos internos de um SGBD é essencial para que o aluno entenda os passos necessários ao gerenciamento de dados. É, também, neste enfoque que se consegue fazer o maior número de ligações entre bancos de dados e outras áreas. Com isto, a área de bancos de dados é ideal, do ponto de vista didático, para agir como um elemento de ligação entre diferentes tópicos de um curso de Computação.

Vistos do nível mais alto (usuário) ao mais baixo (gerência de arquivos), os módulos de um SGBD podem ser funcionalmente caracterizados como:

- interface com o usuário
- processadores e otimizadores de comandos, em especial consultas
- processador de transações
- gerenciador de buffers e arquivos.

No caso dos módulos responsáveis pela *interface com o usuário*, estuda-se geralmente linguagens de definição dos dados (para especificar o banco de dados) e as linguagens de consulta, em especial SQL. O aluno deve ser levado a fazer a ligação entre operações SQL e o modelo relacional (visto no enfoque da seção 2.1), aprendendo como mapear expressões em álgebra relacional em comandos SQL. Para disciplinas de tópicos ou pós-graduação, podem ser vistos aqui novos paradigmas de linguagens e interfaces interativas (por exemplo, [10] para linguagens pictoriais para bancos de dados, ou [4] para uso de hipermídia).

Do ponto de vista de *processadores de comandos*, impõe-se o estudo de processamento e otimização de linguagens de consulta. Neste caso, o principal subsídio vem da área de linguagens de programação e compiladores. Algumas das políticas de otimização devem ser estudadas (por exemplo, para processamento de junções). A otimização de consultas apresenta vários desafios, principalmente quando são abordados sistemas não convencionais. Assim, fornece muito material para cursos de tópicos ou pós-graduação. Uma leitura inicial para tais cursos pode ser [6].

Os conceitos de *concorrência e recuperação frente a falhas* são vistos no estudo de gerenciamento de transações. Deve-se abordar os vários tipos de tratamento de recuperação e de acesso concorrente, com ênfase em bloqueios (em especial 2PL) e em “timestamps”. Este tópico tem interseção com a área de sistemas operacionais. Ao se abordar bancos de dados distribuídos, há também integração de conceitos de redes de computadores e de sistemas distribuídos. Para efeito de disciplinas avançadas e de pós-graduação, recomenda-se os inúmeros trabalhos recentes sobre mecanismos para transações longas em novas aplicações. Uma primeira leitura nessa área para efeitos de pesquisa é [1].

No *nível mais baixo* de um SGBD se estudam manipulação de buffers, estruturas de arquivos, problemas de construção e manipulação de estruturas de dados (índices em especial) e sua influência no desempenho de operações

de acesso aos dados. Este tipo de assunto costuma ser coberto em cursos que tratam de análise de algoritmos, porém do ponto de vista de complexidade de operações em memória. Em bancos de dados, o que é preciso enfatizar é como utilizar as mesmas estruturas quando armazenadas em disco, caso em que os parâmetros de complexidade são outros. Sob o ponto de vista de pesquisa, o material para este enfoque se encontra em revistas e artigos de congressos.

2.3 Diferenças entre sistemas de bancos de dados

Este enfoque trata do estudo de diferentes SGBD disponíveis no mercado, em especial analisando seus modelos de dados e sua interação com o usuário. Idealmente, dever-se-ia estudar também a implementação interna de tais sistemas (incluindo gerenciamento de arquivos e estruturas de dados), mas este tipo de informação está raramente disponível, exceto de forma esquemática. Deve-se tentar utilizar sistemas diferentes, mas muitas vezes o tempo disponível em uma disciplina não permite que o aluno se familiarize com várias arquiteturas.

Os livros texto de bancos de dados citados na bibliografia deste artigo descrevem diferentes SGBD, ao menos um dos quais sempre relacional. Alguns textos exemplificam também sistemas baseados no modelo de redes e outros, ainda, tratam de sistemas hierárquicos (vide, por exemplo, [14]). A comparação relacional-redes-hierárquico cabe tanto do ponto de vista de modelagem (enfoque da seção 2.1) quanto do ponto de vista de linguagens e estruturas de armazenamento (enfoque da seção 2.2).

O estudo de SGBDs reais deve ser acompanhado de exercícios que permitam ao aluno entender as diferenças em se especificar e implementar um mesmo problema em SGBDs de arquiteturas distintas. Para tratar deste enfoque em cursos avançados, a literatura mais recente se concentra nos chamados “sistemas não convencionais”. Neste caso, recomenda-se iniciar por [11] e [3] que contêm a descrição de diferentes SGBDs experimentais e alguns sistemas orientados a objetos.

2.4 Estudo de caso

O treinamento baseado em estudo de caso é especialmente aconselhado para um curso prático de graduação e pode ser em geral casado com uma disciplina prática de engenharia de software.

Este estudo deve ser voltado para aplicações reais que serão encontradas

pelos futuros profissionais. Aplicações típicas e de porte pequeno o suficiente para uma disciplina semestral se referem a controle de estoques, planejamento de atividades (por exemplo, de itinerários turísticos) ou sistemas de cadastro. Estas aplicações apresentam uma quantidade suficiente de problemas de implementação para permitir um treinamento adequado.

Os alunos devem ser levados a acompanhar todos os passos de projeto e implementação de uma aplicação usando bancos de dados, com ênfase nas vantagens da fase de análise de requisitos e modelagem. Os SGBDs atuais possuem normalmente uma série de ferramentas de auxílio à prototipação rápida, usando programação por telas. Embora se deva encorajar o uso de tais ferramentas, o desenvolvimento da aplicação deve ser complementado pela programação de módulos adicionais (por exemplo, para controle de integridade). O uso de um sistema multiusuário é importante para permitir a experiência em concorrência e distribuição (conceitos vistos na teoria, no enfoque da seção 2.2).

Estudos de caso podem ser também dirigidos a aplicações não convencionais, sem necessariamente serem acompanhados de implementação. Neste caso, são mais adequados a disciplinas avançadas.

2.5 Programa de disciplina básica

Os tópicos a serem abordados em um programa básico de uma disciplina teórica de um semestre são dados a seguir. O programa aborda os dois primeiros enfoques (seções 2.1 e 2.2):

Introdução – arquitetura geral de um SGBD.

Modelos de dados – introdução aos conceitos de modelagem e abstrações. Modelo ER e suas extensões. Projeto usando um modelo ER estendido. O modelo relacional – definições e formalização. Mapeamento de um projeto ER em um projeto relacional.

Linguagens de definição e manipulação de dados. Processamento de consultas em álgebra e cálculo relacional e seu mapeamento para SQL. Mecanismos de otimização de consultas.

Projeto físico de bancos de dados – uso de indexação e estruturas de arquivos.

Gerenciamento de transações e controle de concorrência. Mecanismos de proteção e recuperação. Sistemas distribuídos. (Tópicos opcionais – sistemas orientados a objetos; sistemas não normalizados; modelo de redes; novas tecnologias; exemplos de SGBD).

3 Bancos de dados como matéria integradora

A figura a seguir mostra uma visão em camadas de um SGBD, em que cada camada/módulo está associada a outras áreas de Computação. As setas duplas representam o relacionamento entre bancos de dados e essas áreas: assim como elas auxiliam a compreensão do funcionamento de um SGBD, o ensino de bancos de dados permite integrar conceitos nelas estudados.

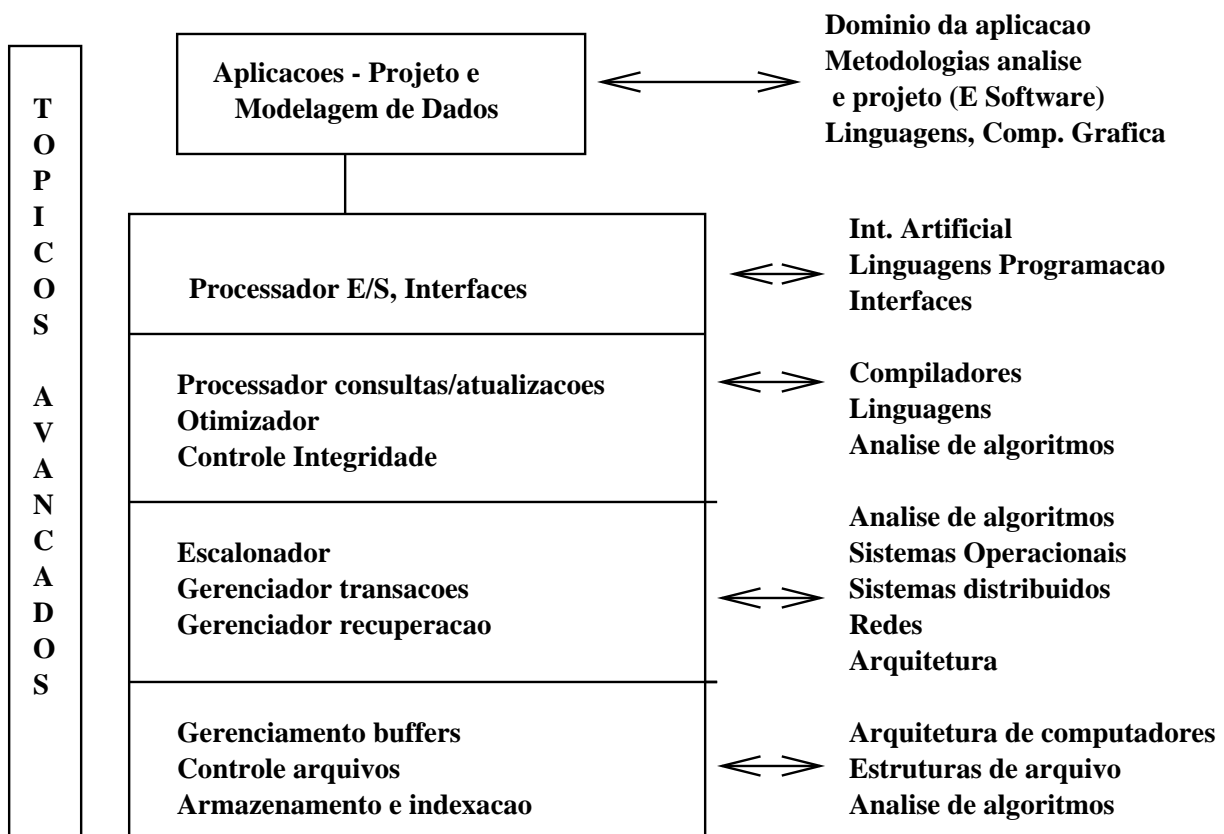


Figure 2: Interação entre bancos de dados e outras matérias

Tendo em vista os conhecimentos necessários em Computação para este treinamento, ele não pode ser feito no início de um curso de graduação. No entanto, os alunos iniciantes frequentemente já lidam com sistemas de bancos de dados, que aprendem a usar de forma intuitiva e em geral incorreta. Ao iniciarem a disciplina de bancos de dados, já têm noções de manipulação dos

sistemas, que muitas vezes introduzem ruído no estudo da disciplina.

Este mesmo problema de auto-aprendizado pode ser constatado em outras áreas mais aplicadas (por exemplo, engenharia de software ou programação). Para minimizá-lo, é preciso considerar um curso de Computação de uma forma global. Assim, desde o início, os docentes devem dar aos alunos rudimentos de áreas que verão durante o curso. No caso específico de bancos de dados, isso deve ser feito desde o primeiro semestre, quando se aborda manipulação de arquivos, operações de E/S, estruturas de dados e técnicas de programação. O aluno deve ser preparado para a evolução do treinamento e não considerar cada disciplina como um módulo estanque.

Da mesma forma, o ensino de bancos de dados nunca deve ser feito de forma independente. As técnicas de modelagem devem ser ligadas às metodologias de análise e projeto em engenharia de software. O estudo de otimização deve mencionar compiladores; o estudo dos módulos de mais baixo nível de um SGBD deve ser relacionado a distribuição, redes e sistemas operacionais.

Exatamente por necessitarem de conceitos de outras áreas da Computação, as disciplinas de bancos de dados devem ser deixadas para, no mínimo, o terceiro semestre de um curso de graduação pleno. Por outro lado, tendo em vista seu papel cada vez mais importante no apoio ao desenvolvimento de software e de suporte ao gerenciamento de volumes de dados distribuídos, não convém retardar a introdução do aluno à área. Assim, em um curso de graduação de 5 anos, a primeira disciplina de bancos de dados deve aparecer no máximo no quinto semestre. A área deve ocupar ao menos duas disciplinas complementares, uma teórica e a outra prática, conforme visto na figura 1.

A parte prática é menos importante na pós-graduação, devendo se acentuar os aspectos de pesquisa. Para uma primeira disciplina de pós-graduação, o conteúdo programático deve cobrir os aspectos das seções 2.1 e 2.2 e ainda dedicar ao menos 25% à discussão de tópicos para pesquisa. Tópicos em aberto podem ser vistos igualmente em alguma disciplina avançada de graduação. Exemplos de tópicos não mencionados previamente no texto são: sistemas não normalizados, ativos, temporais, espaciais, de tempo real, bancos de dados em memória, multimeios, científicos, federados. Estes tópicos exigem bibliografia especializada, raramente disponível em português. Recomenda-se neste caso as revistas ACM Transactions on Database Systems e IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering. São além disso recomendados anais de congressos internacionais especializados em bancos de dados, principalmente os anais de Very Large Databases (VLDB), Extending

Database Technologies (EDBT), ACM SIGMOD, IEEE Data Engineering e Entity-Relationship. Anais de muitas conferências importantes vem sendo publicados na série Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science Finalmente, anais do Simpósio Brasileiro de Bancos de Dados (SBBD - já na sua nona edição) permitem ao aluno avançado uma boa visão da pesquisa realizada no Brasil.

4 Outros públicos alvo

As seções anteriores consideraram o ensino de bancos de dados para alunos de Computação, tanto em de forma básica quanto avançada. Há ainda a possibilidade de ensinar a matéria para alunos de outros cursos de nível universitário. Tendo em vista o uso cada vez mais frequente de bancos de dados, esse tipo de treinamento vem sendo solicitado de forma crescente. Nesse caso, há duas possibilidades – (i) criar uma disciplina específica de bancos de dados para esses outros cursos, ou (ii) incorporar noções de bancos de dados a alguma disciplina mais ampla do tipo “Introdução à Computação”.

No primeiro caso (i), o enfoque deve ser o projeto e desenvolvimento de protótipos voltados para a área do curso principal. No caso (ii), deve-se acentuar a importância de um projeto adequado e do uso de linguagens de quarta geração para prototipagem rápida. Recomenda-se a leitura de [2], onde é delineado um curso de Computação para alunos de outras áreas. Nesse curso, 6 horas (1/6 do total) são dedicadas a bancos de dados.

Disciplinas introdutórias de Computação para outras áreas são comuns. Na UNICAMP, o DCC é responsável por ministrar essas disciplinas para toda a Universidade, sendo dadas de forma diferenciada para alunos de Tecnológicas, Exatas, Humanas e Biomédicas. Nos dois últimos, o enfoque é dirigido para o aprendizado de ferramentas, enquanto que nos demais enfatiza-se técnicas de programação.

5 Conclusões e alerta

O barateamento do hardware, aliado à universalização do uso de redes de computadores, vem aumentando de forma vertiginosa a quantidade de dados que são coletados e armazenados em meios eletrônicos. O gerenciamento eficiente de tais dados exige que grande parte das aplicações desenvolvidas utilize SGBDs.

O uso de um SGBD não é no entanto condição suficiente para garantir desempenho ou facilitar a manutenção. É necessário que a escolha do sistema, o projeto dos arquivos e o desenvolvimento das aplicações sejam realizados por profissionais com conhecimentos adequados de bancos de dados.

Este artigo discutiu as noções de bancos de dados que devem ser ensinadas, para diferentes tipos de audiência. Não foi tratado, entretanto, o principal “perigo” atualmente enfrentado pelo treinamento na área, que é a utilização indiscriminada de SGBDs.

No Brasil, a demanda por uso de bancos de dados não vem fomentando o crescimento de atividade na área nos centros de ensino e grupos de pesquisa. Um primeiro problema é a banalização do termo *bancos de dados*. Assim, basicamente qualquer pessoa se considera capaz de construir um banco de dados, usando o termo para denotar desde amontoados de arquivos não conectados até um sistema complexo e estruturado.

Outra questão é a facilidade oferecida pelas atuais ferramentas de projeto de SGBD para a criação de bancos de dados. Essas ferramentas, criadas para facilitar a atividade do projetista, passaram a ser usadas sem que seu usuário seja alertado da necessidade de um projeto adequado.

Um terceiro ponto a ser discutido é a atração exercida pelas aplicações-alvo. Os profissionais de Computação se voltam para o projeto de aplicações e se descuidam da organização dos dados que serão usados, o que acarreta consequências sérias do ponto de vista de manutenção e desempenho.

Para remediar esses problemas é preciso ao menos atacar em três frentes na universidade:

- no ensino de alunos de Computação, tanto na graduação como na pós-graduação, dando-lhes uma visão do todo;
- no treinamento de alunos de outras áreas, permitindo-lhes contato com ferramentas automatizadas de projeto de bancos de dados, e explicando-lhes a importância de um projeto adequado;
- junto aos docentes e pesquisadores de outras áreas, para conscientizá-los da importância do uso correto de bancos de dados para apoiá-los em suas aplicações.

Finalmente, se é inegável que bancos de dados têm necessidade de várias outras áreas da Computação, a recíproca também é verdadeira. Nesse sentido, seu ensino constitui uma excelente forma de integração de diferentes conceitos. Este tipo de oportunidade deve ser aproveitado, tanto quanto

possível, para permitir aos alunos enxergarem a interligação das várias matérias de um curso.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com financiamento parcial do CNPq e da FAPESP. Parte deste texto já foi publicado nos Anais do WEI de 1995, a convite da coordenação. As autoras agradecem o convite feito para a produção deste texto.

6 Outros

O que é um laboratório de bancos de dados - o que deve ser dado e o software utilizado? A importância da Estrutura de arquivos - Foley e etc...

References

- [1] N. Barghouti and G. Kaiser, Concurrency Control in Advanced Database Applications, *ACM Computing Surveys*, 23(3):319-344, 1991
- [2] A. Bierman, Computer Science for the Many, *IEEE Computer*, 27(2):62-73, 1984
- [3] *Communications of the ACM*, número especial sobre sistemas de bancos de dados de nova geração, 34(10), 1991
- [4] *Communications of the ACM*, número especial sobre hipermídia, 37(2), 1994
- [5] R. Elmasri and S. Navathe, *Fundamentals of Database Systems*, Benjamin Cummings, New York, 1989
- [6] G. Graefe, Query Evaluation Techniques for Large Databases. *ACM Computing Surveys*, 25(2):73-170, 1993
- [7] M. Folk and B. Zoellick, *File Structures*, Addison-Wesley, 1992, 2a edição
- [8] H. Garcia-Molina, J. Ullman, J. Widom. Database System Implementation. Prentice-Hall, New York, 2000

- [9] R. Hull and R.King, Semantic Database Modeling: Survey, Applications and Research Issues. In *ACM Computing Surveys*, 19(3):201-260, 1987
- [10] *IEEE Transactions on Software Engineering*, número especial sobre bancos de dados de imagens, 14(5), 1988
- [11] *IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering*, número especial sobre sistemas prototipais de bancos de dados, 2(1), 1990
- [12] W. Kent, A simple guide to five normal forms in relational database theory. In *Communications of the ACM*, 26(1):120-125, 1983
- [13] , W. Kim (editor). = *Modern Database Systems: The Object Model, Interoperability, and Beyond*, ACM PRESS, 1995
- [14] H. Korth, A. Silberschatz, S. Sudarshan. *Sistemas de Bancos de Dados*. Makron Books do Brasil Editora Ltda, 3 edição, São Paulo,1999
- [15] *Database Management Systems*, Mc Graw Hill, 1998
- [16] J. Rumbaugh and M. Blaha and W. Premerlani and F. Eddy and W. Lorensen *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1991
- [17] V. W. Setzer *Bancos de Dados: Conceitos, Modelos, Gerenciadores, Projeto Lógico, Projeto Físico* Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1986
- [18]