



Top. Esp em Banco de Dados

Profa. Marta Mattoso

marta@cos.ufrj.br

<http://www.cos.ufrj.br/~marta>

COPPE- Sistemas / UFRJ

Introdução a Bancos de Dados Distribuídos

Roteiro

- **Introdução**
- **Caracterização de BDD**
- **Vantagens de SBDD**
- **Projeto de Bases de Dados Distribuídas**
- **Processamento de Consultas em SBDDs**
- **Controle de Concorrência em SBDDs**
- **Problemas em Aberto**
- **As Novas Tecnologias e os SBDDs**

© 1998 M. Tamer Özsü & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

2

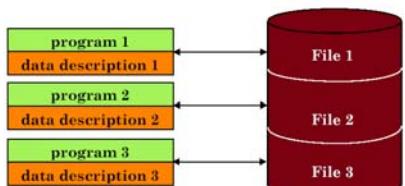
Bibliografia Utilizada

- Özsü, M.T. Valduriez, P. "Principles of Distributed Database Systems", Prentice Hall, 1999, 2^a edição .
- ou edição em português: M. Tamer Özsü e Patrick Valduriez, "Princípios de Sistemas de Banco de Dados Distribuídos", Editora Campus, 2001, Tradução da 2^a edição americana.
- Mattoso, M.L.Q. "Sistemas de Bancos de Dados Distribuídos e Paralelos", Apostila da Jornada de Atualização em Informática (JAI94), 43 págs., SBC, 1994.
- Kossmann, P. "The State of the Art in Distributed Query Processing", <http://www.db.fmi.uni-passau.de/~kossmann/Papers/cs.ps>
- Ceri, S. Pelagatti, G. "Distributed Database Systems - Principles and Systems", MacGraw Hill, 1984.

© 1998 M. Tamer Özsü & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

3

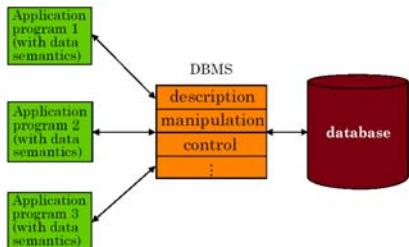
Sistema de Arquivos



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

4

Sistema de Banco de Dados



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

5

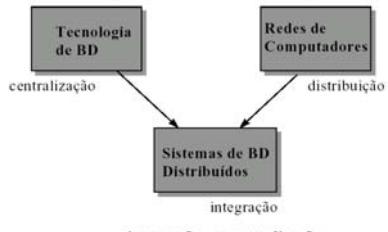
Motivação

- Importância da tecnologia de Bancos de Dados Distribuídos
- Produtos já no mercado
- Diversas vantagens sobre os centralizados
- Previsões de substituição completa dos SGBDs centralizados
- Questões em aberto

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

6

Surgimento dos SGBDDs



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

7

Computação Distribuída

- Conceito de definição difícil por ser amplamente utilizado
- Um grupo de elementos autônomos de processamento (não necessariamente homogêneos) que estão interconectados por uma rede de computadores e que cooperam na realização de tarefas a eles atribuídas.

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

8

O que está distribuído ?

- Lógica do Processamento
- Funções
- Dados
- Controle

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

9

O que é um Sistema de Banco de Dados Distribuído?

- **Base de Dados Distribuída**

- É uma coleção de diversas bases de dados, interligadas logicamente através de uma rede de computadores

- **Sistema de Gerência de Bases de Dados Distribuídas - SGBD-D**

- É o sistema de software que possibilita a gerência da base de dados distribuída e torna a distribuição transparente para o usuário

- **Sistema de Banco de Dados Distribuídas - SBDD**

- É a combinação das bases com o sistema

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

10

O que NÃO é um Sistema de Banco de Dados Distribuído?

- Sistema de *timesharing*

- Sistema de Multiprocessamento

- Sistema de Banco de Dados que reside em um dos nós da rede de computadores - isso é um Sistema de Banco de Dados centralizado num nó da rede

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

11

Um SGBD centralizado sobre uma rede



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

12

Principais Características de um SBDD

- Dados armazenados em locais (ou nós)
- Processadores dos nós interconectados através de rede de computadores
- A base de dados distribuída é realmente uma base de dados e não uma coleção de arquivos
- O sistema possui toda a funcionalidade de um SGBD
- A tecnologia atual multiprocessadores e cliente/servidor

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

13

Um Ambiente de SGBD Distribuído



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

14

Aplicações

- Companhias Aéreas
- Redes de Lojas
- Cadeias de Hotéis
- Qualquer organização que possua uma estrutura descentralizada

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

15

Promessas de SGBDD

1. Transparência na Gerência dos Dados Distribuídos, Fragmentados e Replicados
2. Confiabilidade através de Transações Distribuídas
3. Aumento de Desempenho
4. Facilidade de Expansão

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

16

1. Transparência

- Transparência é a separação entre a semântica de alto nível de um sistema e seus detalhes de implementação
- A questão fundamental é prover **Independência de dados** no ambiente distribuído.
- Desta forma, os usuários do banco de dados enxergariam uma única imagem da base de dados logicamente integrada, embora ela estivesse fisicamente distribuída.

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

17

Transparência - níveis

- transparência da rede
- transparência da replicação
- transparência da fragmentação
 - horizontal : selection
 - vertical : projection
 - híbrida

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

18

Exemplo

| EMP | | | ASG | | |
|-----|-----------|-------------|-----|-----|------------|
| ENO | ENAME | TITLE | ENO | PNO | RESP |
| E1 | J. Doe | Elect. Eng. | E1 | P1 | Manager |
| E2 | M. Smith | Syst. Anal. | E2 | P1 | Analyst |
| E3 | A. Lee | Mech. Eng. | E2 | P2 | Analyst |
| E4 | J. Miller | Programmer | E3 | P3 | Consultant |
| E5 | B. Casey | Syst. Anal. | E3 | P4 | Engineer |
| E6 | L. Chu | Elect. Eng. | E4 | P2 | Programmer |
| E7 | R. Davis | Mech. Eng. | E5 | P1 | Manager |
| E8 | J. Jones | Syst. Anal. | E7 | P4 | Manager |
| | | | E7 | P3 | Engineer |
| | | | E7 | P5 | Engineer |
| | | | E8 | P3 | Manager |

| PROJ | | | PAY | |
|------|-------------------|--------|-------------|-------|
| PNO | PNAME | BUDGET | TITLE SAL | |
| P1 | Instrumentation | 150000 | Elect. Eng. | 40000 |
| P2 | Database Develop. | 135000 | Syst. Anal. | 34000 |
| P3 | CAD/CAM | 250000 | Mech. Eng. | 27000 |
| P4 | Maintenance | 310000 | Programmer | 24000 |

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

19

Acesso Transparente

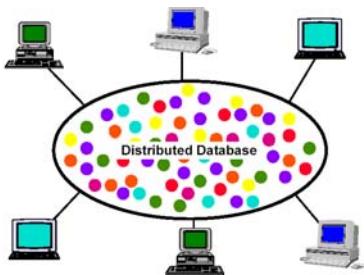
```
SELECT ENAME, SAL
FROM   EMP, ASG, PAY
WHERE  DUR > 12
AND    EMP.ENO = ASG.ENO
AND    PAY.TITLE = EMP.TITLE
```



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

20

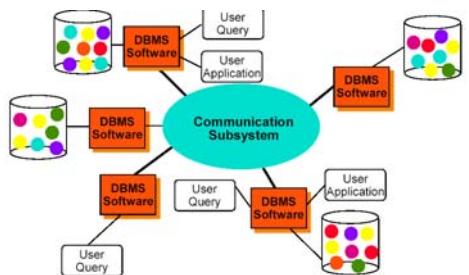
Base Distribuída - visão do usuário



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

21

SGBD Distribuído - realidade



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

22

2. Confiabilidade

- Espera-se que os SBDDs ofereçam confiabilidade por trabalharem com componentes replicados eliminando assim pontos únicos de falha

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

23

3. Potencial aumento de desempenho

- Proximidade dos dados de seus pontos de uso
 - Precisa de algum suporte para fragmentação e replicação
 - Execução Paralela
 - paralelismo entre consultas (*Inter-query*)
 - paralelismo dentro da consulta (*Intra-query*)

© 1998 M. Tamer Özsü & Patrick Valdoriez (tradução livre Marta Mattoso)

24

Para tirar proveito do paralelismo

- Ter os dados distribuídos pelos processadores envolvidos no processamento paralelo
 - Replicação total
- Como tratar atualizações ?
 - Atualizações sobre dados replicados implica na implementação de controle de concorrência distribuído e protocolos de finalização (*commit*)

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

25

4. Expansão do Sistema

- A questão é a expansão da base de dados
- Surgimento de tecnologias de microprocessadores e workstations
 - modelo de computação cliente-servidor
- Custo de comunicação de dados vs custo de telecomunicação

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

26

Questões em SGBDD

- Projeto de Distribuição da Base de Dados
 - como distribuir a base de dados
 - base de dados distribuída replicada & não-replicada
 - Problema relacionado na gerência de catálogo
- Processamento de Consulta
 - conversão de transações do usuário em instruções de manipulação de dados
 - Problema de otimização
 - $\min\{custo = \text{transmissão dados} + \text{process. local}\}$
 - formulação geral do problema é NP-difícil

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

27

Questões em SGBDD

○ Controle de Concorrência

- sincronização de acessos concorrentes
- consistência e isolam. dos efeitos transações
- gerência de bloqueio perpétuo (*deadlock*)

○ Confiabilidade

- Como tornar o sistema tolerante a falhas
- Durabilidade e atomicidade

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

28

Questões em SGBDD

○ Processamento de Consulta

- conversão de transações do usuário em instruções de manipulação de dados
- Problema de otimização
- $\min\{\text{custo} = \text{transmissão dados} + \text{process. local}\}$
- formulação geral do problema é NP-difícil

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

29

Distribuição - base unificada

| Nome | Telefone |
|---------------|----------|
| José Campos | 322-9999 |
| Maria Silva | 722-3333 |
| Gabriel Silva | 222-3333 |
| Claudio Silva | 222-3333 |

| Nome Vôo | Passageiro |
|----------------|---------------|
| Air France 147 | José Campos |
| Air France 147 | Maria Silva |
| Air France 147 | Gabriel Silva |
| Varig 224 | Gabriel Silva |
| Varig 224 | Claudio Silva |

| Vôo | Tarifa | Ass | Cia |
|----------------|---------|-----|------------|
| Air France 147 | 1000,00 | 250 | Air France |
| Air France 455 | 750,00 | 500 | Air France |
| Varig 224 | 500,00 | 150 | Varig |

| Nome | Faturam. | Presid. | Sede |
|------------|----------|---------|--------------|
| Varig | 20000K | Pampa | Porto Alegre |
| Air France | 10000K | Etoile | Paris |

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

30

| Distribuição - frag. horizontal, base AF | | | |
|--|--|-----------------|----------------|
| Nome | | Telefone | |
| Jose Campos | | 322-9999 | |
| Maria Silva | | 222-3333 | |
| Gabriel Silva | | 222-3333 | |
| Cláudio Silva | | 222-3333 | |
| Vôo | | Tarifa | Ass |
| Air France 147 | | 1000,00 | 250 |
| Air France 455 | | 750,00 | 500 |
| Nome | | Faturam. | Presid. |
| Air France | | 10000K | Etoile |
| | | | Paris |

© 1998 M. Tamer Özsü & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

31

| Distribuição - frag. horizontal, base RG | | | |
|--|--|-------------------|----------------|
| Nome | | Telefone | |
| Jose Campos | | 322-9999 | |
| Maria Silva | | 222-3333 | |
| Gabriel Silva | | 222-3333 | |
| Cláudio Silva | | 222-3333 | |
| Vôo | | Passageiro | |
| Varig 224 | | Gabriel Silva | |
| Varig 224 | | Cláudio Silva | |
| Vôo | | Tarifa | Ass |
| Varig 224 | | 500,00 | 150 |
| Nome | | Faturam. | Presid. |
| Varig | | 20000K | Pampa |
| | | | Porto Alegre |

© 1998 M. Tamer Özsü & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

32

| Distribuição - fragmentação vertical | | | |
|--------------------------------------|--|-------------------|----------------|
| Nome | | Telefone | |
| Jose Campos | | 322-9999 | |
| Maria Silva | | 222-3333 | |
| Gabriel Silva | | 222-3333 | |
| Cláudio Silva | | 222-3333 | |
| Vôo | | Passageiro | |
| Air France 147 | | José Campos | |
| Air France 147 | | Maria Silva | |
| Air France 147 | | Gabriel Silva | |
| Varig 224 | | Gabriel Silva | |
| Varig 224 | | Cláudio Silva | |
| Vôo | | Ass | Cia |
| Air France 147 | | 250 | Air France |
| Air France 455 | | 500 | Air France |
| Varig 224 | | 150 | Varig |
| Nome | | Faturam. | Presid. |
| Varig | | 20000K | Pampa |
| | | | Porto Alegre |
| Nome | | Sede | |
| Air France | | Etoile | Paris |

© 1998 M. Tamer Özsü & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

33

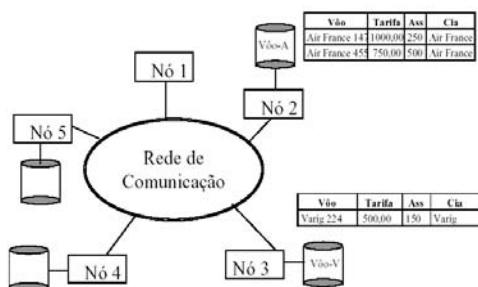
Processamento Distribuído de Consultas

- Traduz automaticamente uma consulta expressa em linguagem de alto nível sobre uma base distribuída que é vista como única pelo usuário
 - > A tradução deve ser correta.
 - > O plano gerado deve ser ótimo.
- O processamento trabalha em quatro fases:
 - > a decomposição da consulta
 - > a localização dos dados
 - > a otimização global
 - > a otimização local

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

34

Tabela de Vôos distribuída



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

35

Processamento Distribuído de Consultas

Localização dos Dados

```

SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔOS
WHERE CIA = "AIR FRANCE"
♦ Transforma a consulta em consulta equivalente sobre a base fragmentada.

SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-A
WHERE CIA = "AIR FRANCE"
UNION
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-V
WHERE CIA = "AIR FRANCE"
♦ É analisado o predicado da consulta e a função de fragmentação
♦ É avaliado a geração de fragmentos vazios
♦ A consulta pode ser reduzida
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-A
WHERE CIA = "AIR FRANCE"

```

36

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

Processamento Distribuído de Consultas

Localização dos Dados

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔOS
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

↳ Transforma a consulta em consulta equivalente sobre a base fragmentada.

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-1
```

```
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

JOIN

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-2
```

```
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

↳ É analisado o predicado da consulta e a função de fragmentação

↳ É avaliado a geração de fragmentos vazios

↳ A consulta pode ser reduzida

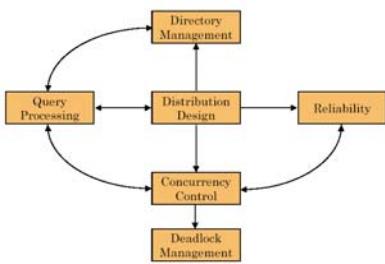
```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-2
```

```
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

40

Relações entre essas questões



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

41

Outras questões

○ Suporte do Sistema Operacional

- Sistema Operacional com apoio apropriado a operações de banco de dados
- dicotomia entre requisitos de processamento de propósito geral e requisitos de processamento de banco de dados

○ Sistemas abertos e Interoperabilidade

- Sistemas Distribuídos Multidatabase
- Cenário mais provável
- Questões de Paralelismo

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

42