



**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 Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

---

---

---

---

---

---

---

---

**Bibliografia Utilizada**

- **Özsu, M.T. Valduriez, P. "Principles of Distributed Database Systems", Prentice Hall, 1999, 2ª edição .**
- **ou edição em português: M. Tamer Özsu e Patrick Valduriez, "Princípios de Sistemas de Banco de Dados Distribuídos, Editora Campus, 2001, Tradução da 2ª 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 Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso)

---

---

---

---

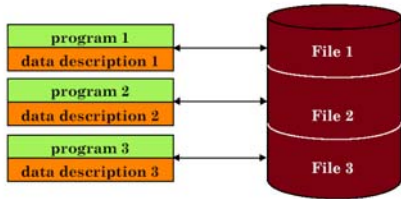
---

---

---

---

### Sistema de Arquivos



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

4

---

---

---

---

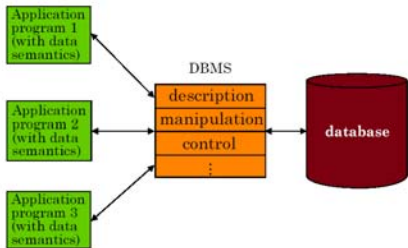
---

---

---

---

### 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

---

---

---

---

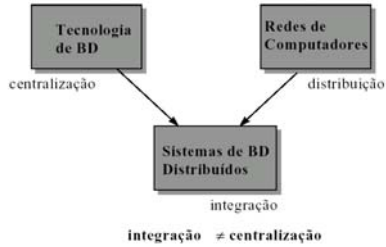
---

---

---

---

### 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

---

---

---

---

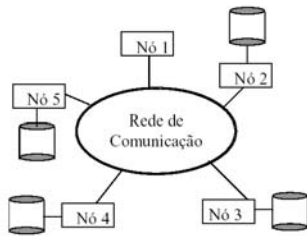
---

---

---

---

### 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	DUR
E1	J. Doe	Elect. Eng.	E1	P1	Manager	12
E2	M. Smith	Syst. Anal.	E2	P1	Analyst	24
E3	A. Lee	Mech. Eng.	E2	P2	Analyst	6
E4	J. Miller	Programmer	E3	P3	Consultant	10
E5	B. Casey	Syst. Anal.	E3	P4	Engineer	48
E6	L. Chu	Elect. Eng.	E4	P2	Programmer	18
E7	R. Davis	Mech. Eng.	E5	P2	Manager	24
E8	J. Jones	Syst. Anal.	E6	P4	Manager	48
			E7	P3	Engineer	36
			E7	P5	Engineer	23
			E8	P3	Manager	40

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

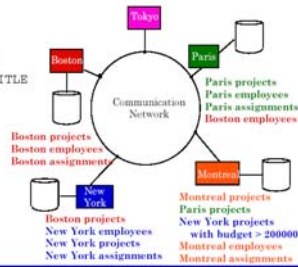
---

---

---

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

---

---

---

---

---

---

---

---

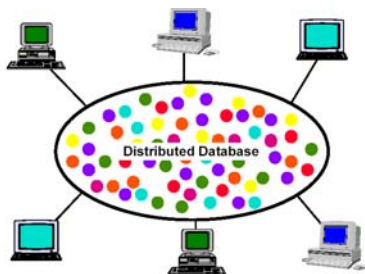
---

---

---

---

Base Distribuída - visão do usuário



© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso) 21

---

---

---

---

---

---

---

---

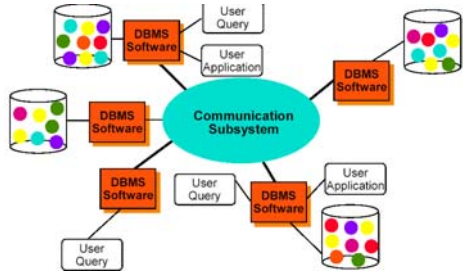
---

---

---

---

### 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 Özsu & Patrick Valduriez (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
  - $\min\{\text{custo} = \text{transmissão dados} + \text{process. local}\}$
  - formulação geral do problema é NP-difícil

© 1998 M. Tamer Özsu & Patrick Valduriez (tradução livre Marta Mattoso) 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
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Claudio Silva	222-3333

Nome Vão	Passageiro
Air France 147	Jose Campos
Air France 147	Maria Silva
Air France 147	Gabriel Silva
Varig 224	Gabriel Silva
Varig 224	Claudio Silva

Vão	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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### 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

---

---

---

---

---

---

---

---

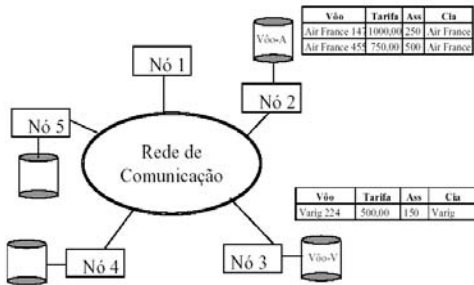
---

---

---

---

### 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"
    
```

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

36

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 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-A
WHERE TARIFA <= 1000.00
UNION
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-V
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

**Neste caso não há redução, mas há paralelismo.**

---

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Processamento Distribuído de Consultas

- **Otimização Global**
  - Gera o plano de execução ótimo a partir da consulta fragmentada levando em conta técnicas de otimização heurísticas e sistemáticas.
  - O cálculo do custo deve levar em conta a movimentação dos dados entre os nós.

---

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Distribuição Vertical

The diagram shows a central 'Rede de Comunicação' connected to five nodes (Nó 1 to Nó 5). Each node is associated with a cylinder representing a data fragment. Node 1 is connected to 'Vôo-1', Node 2 to 'Vôo-2', and Node 3 to 'Vôo-2'. Nodes 4 and 5 are also connected to 'Vôo-2'. Two tables show the distribution of flight data:

Vôo	Ass	Cta
Air France 147	750	Air France
Air France 455	500	Air France
Variq 224	150	Variq

Vôo	Tarifa
Air France 147	1000,00
Air France 455	750,00
Variq 224	500,00

---

© 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

---

---

---

---

---

---

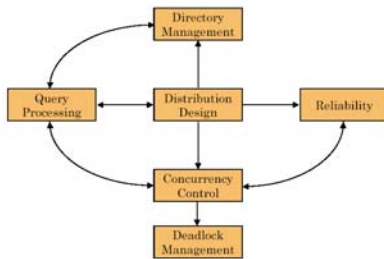
---

---

---

---

### 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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---