



# Top. Esp em Banco de Dados

Profa. Marta Mattoso

[marta@cos.ufrj.br](mailto:marta@cos.ufrj.br)

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

COPPE- Sistemas / UFRJ

Introdução a Bancos de Dados Distribuídos

---

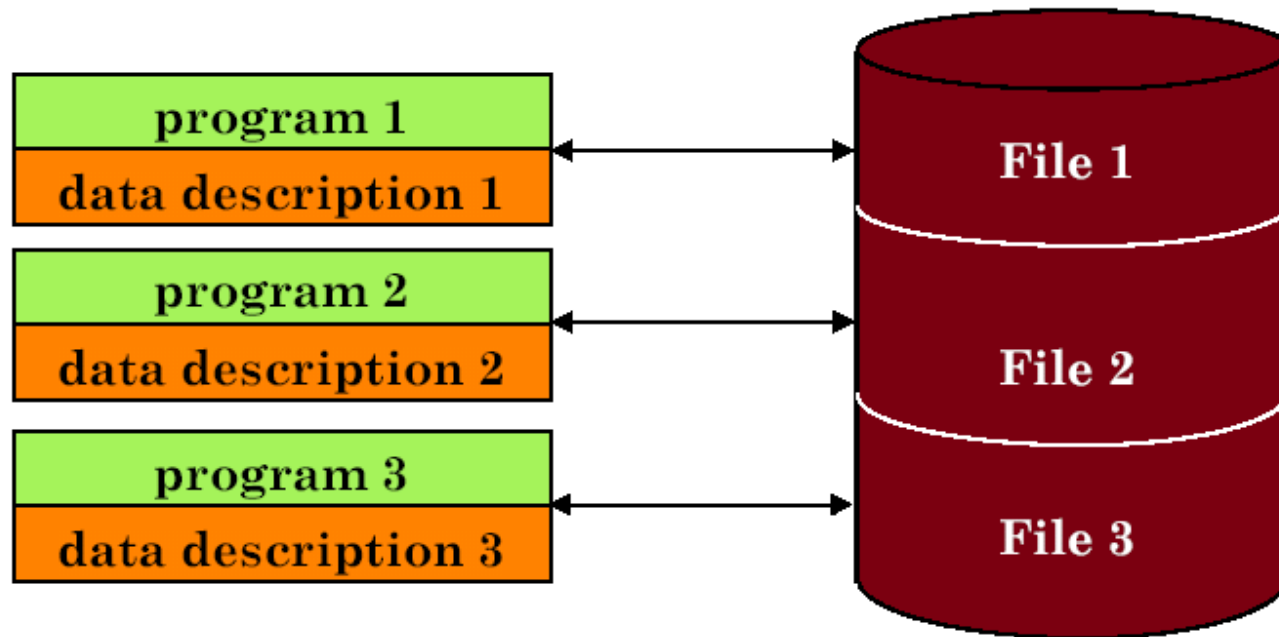
# Roteiro

- **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**

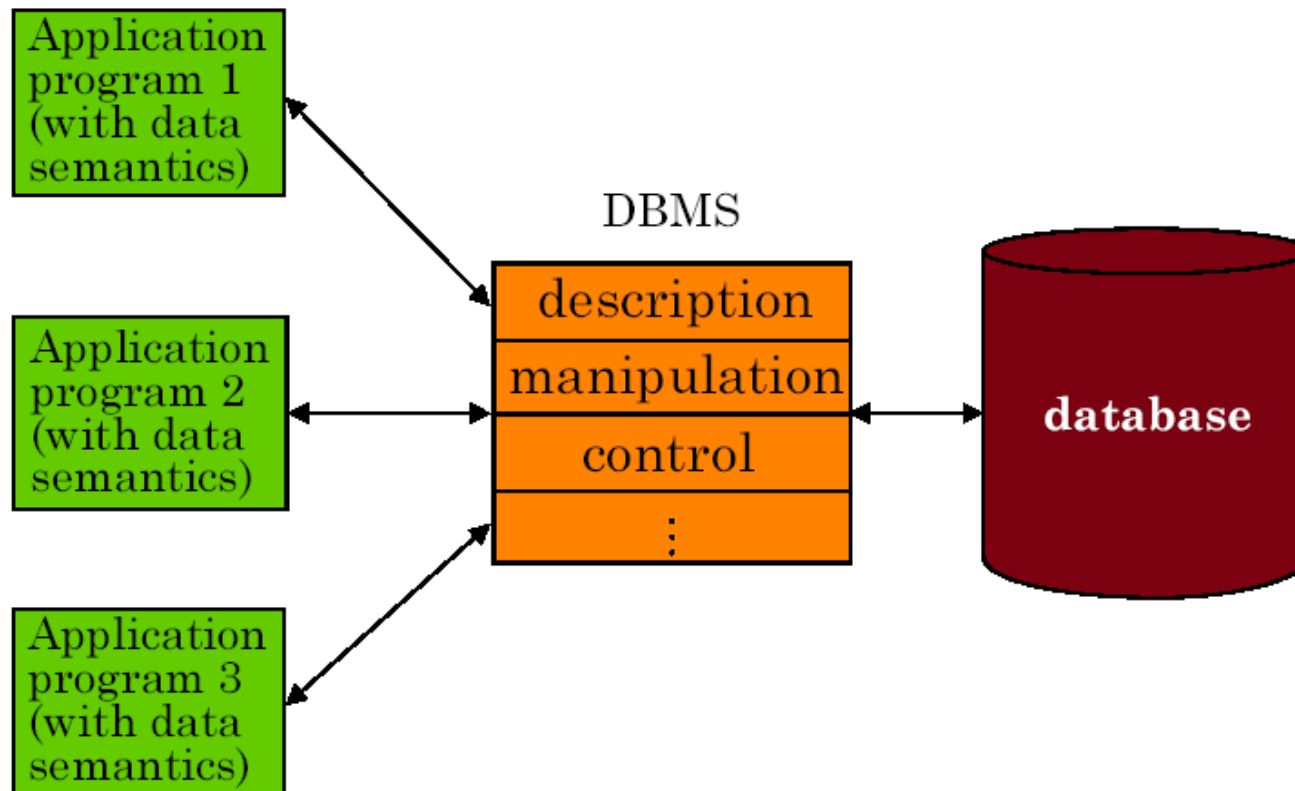
# Bibliografia Utilizada

- 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.
- Kossman, 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.

# Sistema de Arquivos



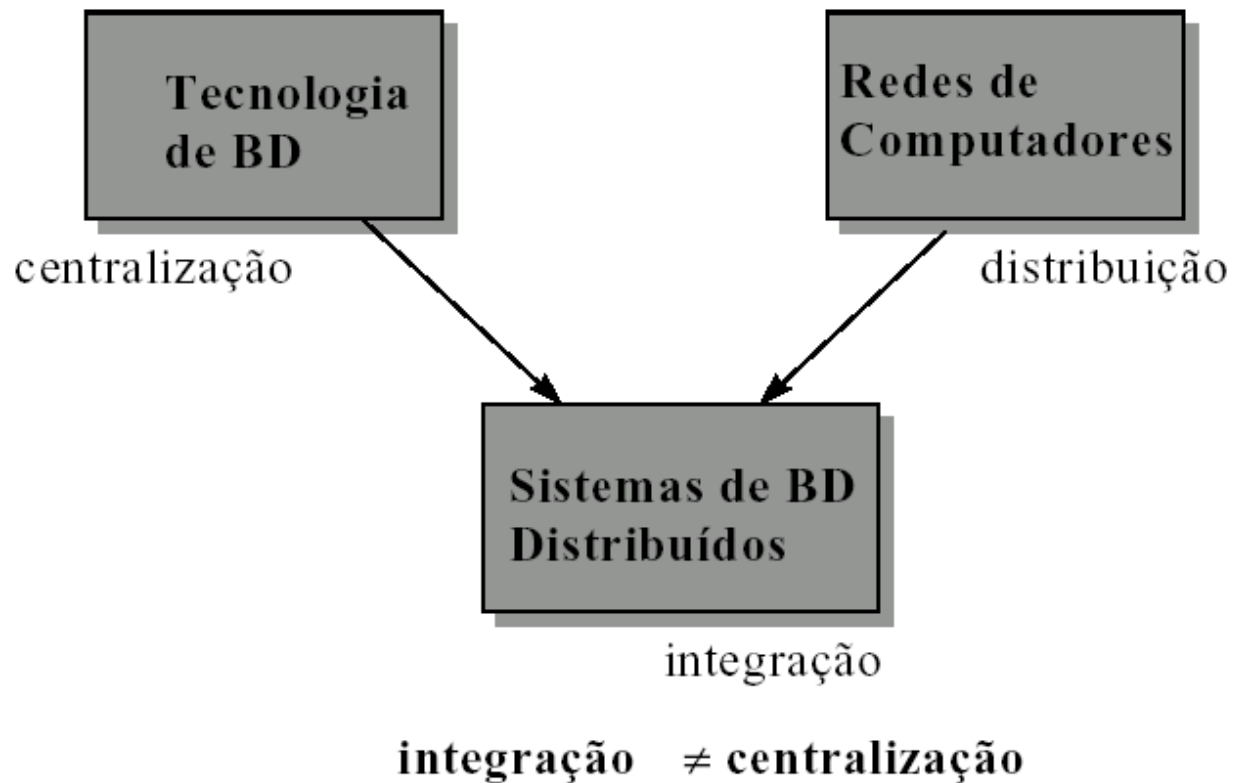
# Sistema de Banco de Dados



# 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**

# Surgimento dos SGBDDs



# 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.



# O que está distribuído ?

- Lógica do Processamento
- Funções
- Dados
- Controle

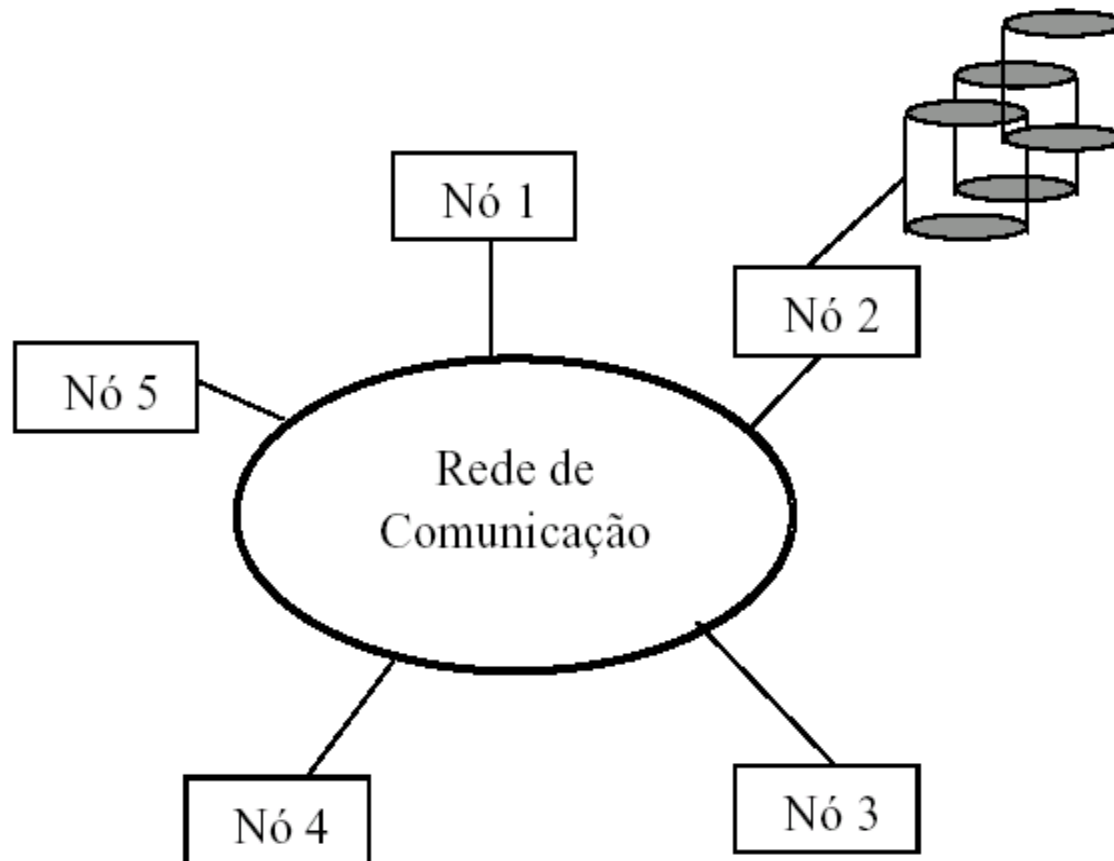
# O que é um Sistema de Banco de Dados Distribuído ?

- **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

# 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

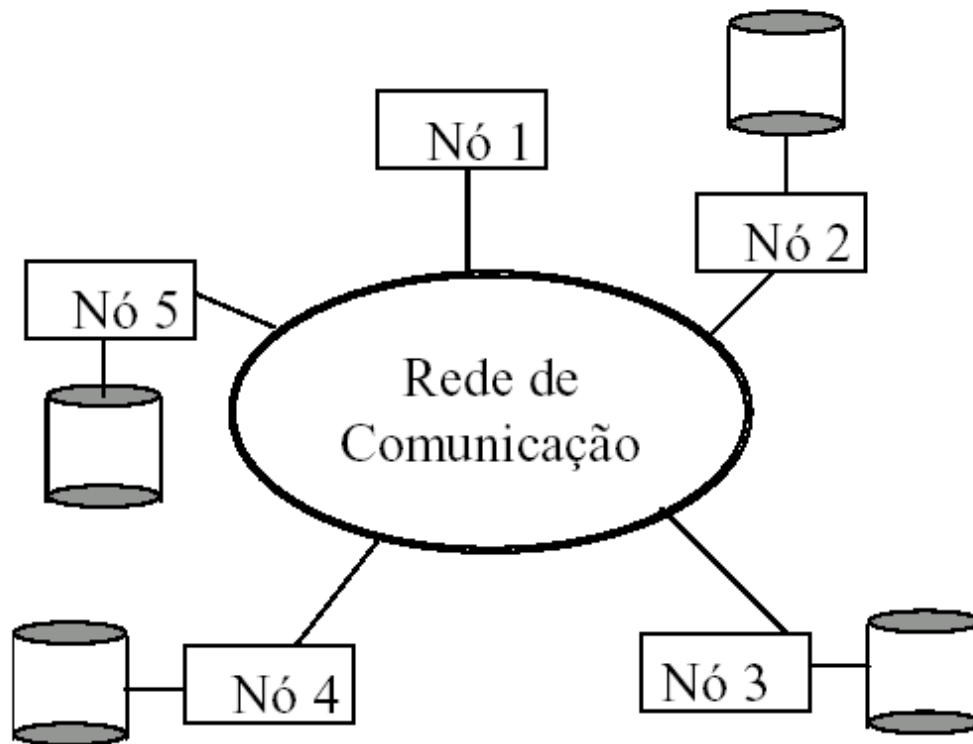
# Um SGBD centralizado sobre uma rede



# 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

# Um Ambiente de SGBD Distribuído



# Aplicações

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

# 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



# 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.

# Transparência - níveis

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

# Exemplo

EMP

ENO	ENAME	TITLE
E1	J. Doe	Elect. Eng.
E2	M. Smith	Syst. Anal.
E3	A. Lee	Mech. Eng.
E4	J. Miller	Programmer
E5	B. Casey	Syst. Anal.
E6	L. Chu	Elect. Eng.
E7	R. Davis	Mech. Eng.
E8	J. Jones	Syst. Anal.

ASG

ENO	PNO	RESP	DUR
E1	P1	Manager	12
E2	P1	Analyst	24
E2	P2	Analyst	6
E3	P3	Consultant	10
E3	P4	Engineer	48
E4	P2	Programmer	18
E5	P2	Manager	24
E6	P4	Manager	48
E7	P3	Engineer	36
E7	P5	Engineer	23
E8	P3	Manager	40

PROJ

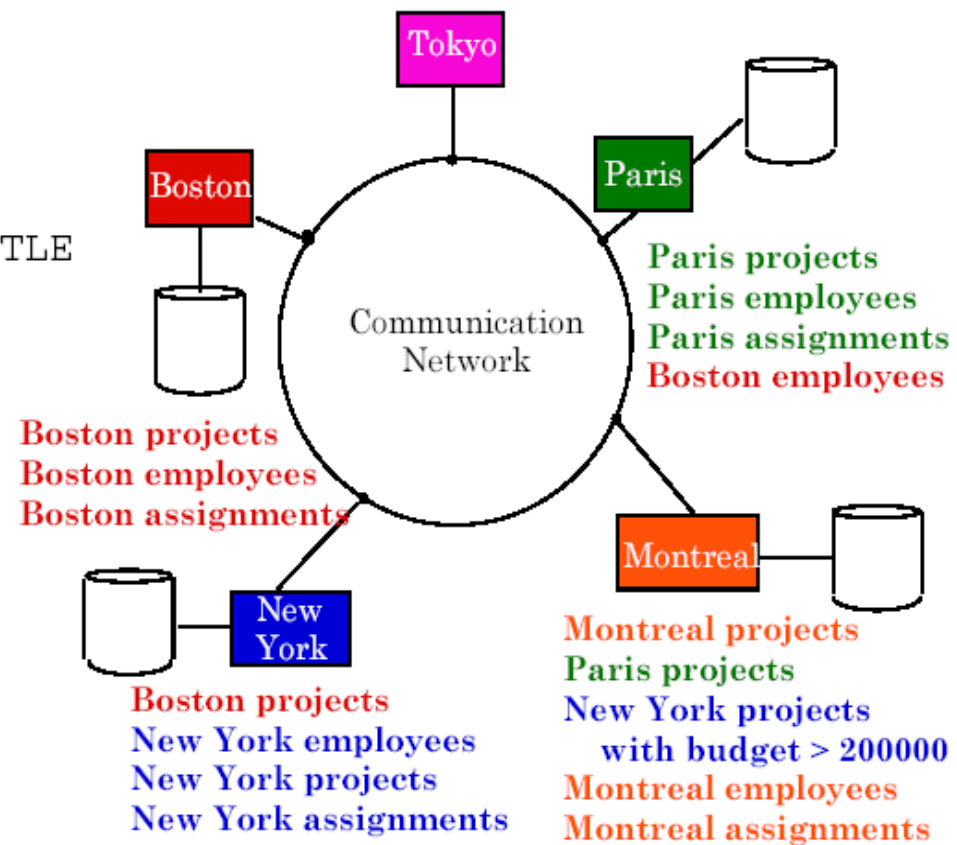
PNO	PNAME	BUDGET
P1	Instrumentation	150000
P2	Database Develop.	135000
P3	CAD/CAM	250000
P4	Maintenance	310000

PAY

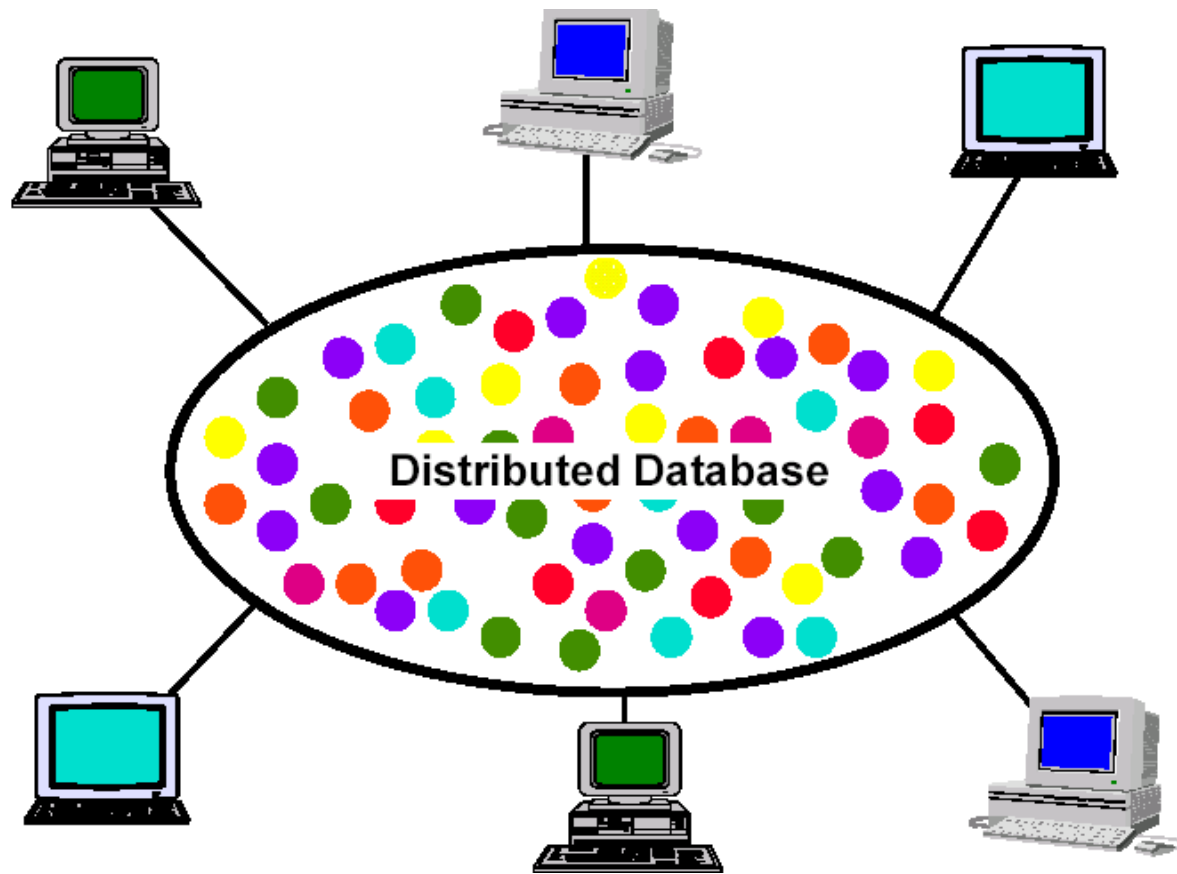
TITLE	SAL
Elect. Eng.	40000
Syst. Anal.	34000
Mech. Eng.	27000
Programmer	24000

# Acesso Transparente

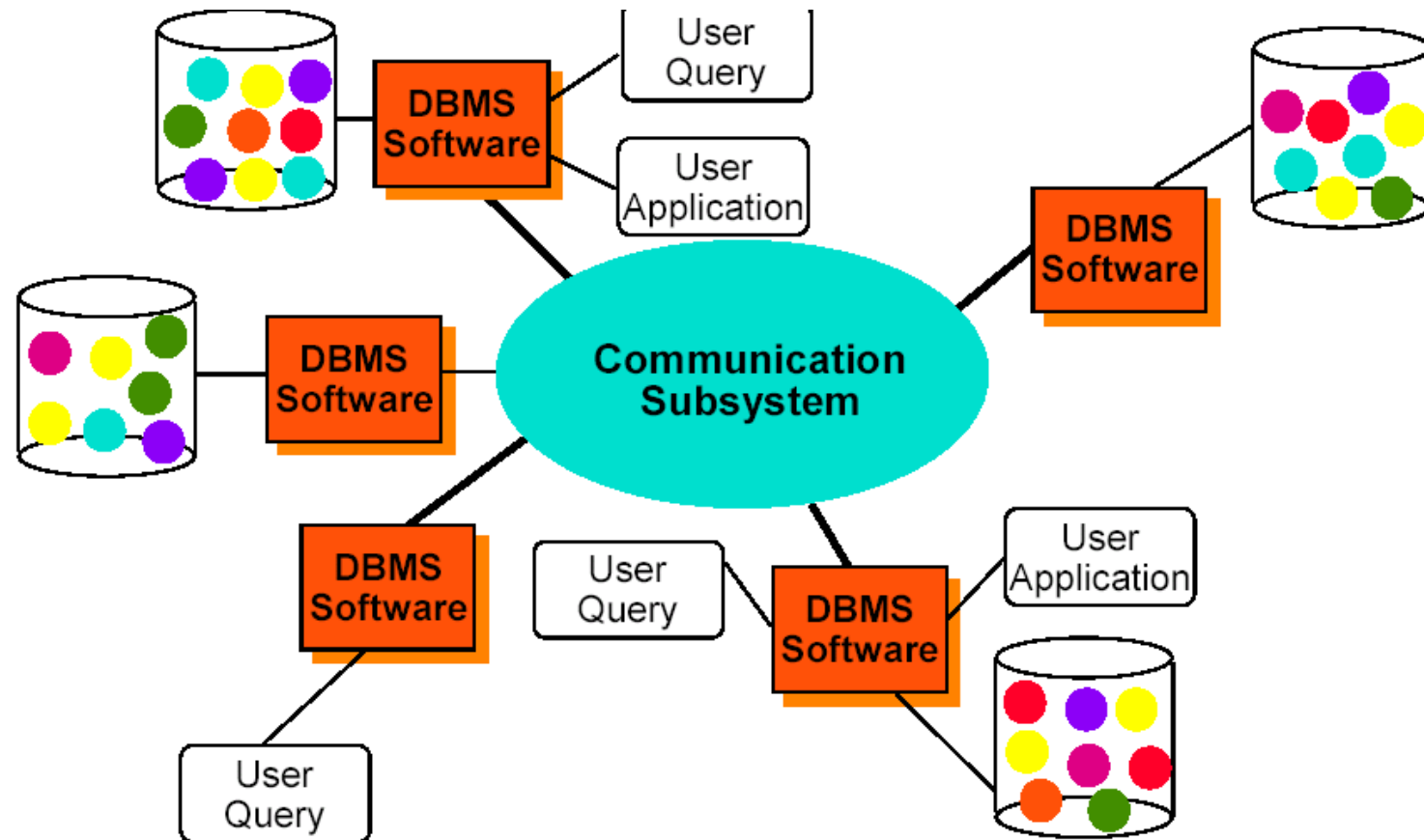
```
SELECT ENAME, SAL
FROM EMP, ASG, PAY
WHERE DUR > 12
AND EMP.ENO = ASG.ENO
AND PAY.TITLE = EMP.TITLE
```



# Base Distribuída - visão do usuário



# SGBD Distribuído - realidade



## 2. Confiabilidade

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

### 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*)



# 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*)

## 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

# 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

# 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

# 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

# Distribuição - base unificada

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio 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	Cláudio 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

## Distribuição - frag. horizontal, base AF

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio Silva	222-3333

Nome Vôo	Passageiro
Air France 147	José Campos
Air France 147	Maria Silva
Air France 147	Gabriel Silva

Vôo	Tarifa	Ass	Cia
Air France 147	1000,00	250	Air France
Air France 455	750,00	500	Air France

Nome	Faturam.	Presid.	Sede
Air France	10000K	Etoile	Paris

## Distribuição - frag. horizontal, base RG

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio Silva	222-3333

Nome Vôo	Passageiro
Varig 224	Gabriel Silva
Varig 224	Cláudio Silva

Vôo	Tarifa	Ass	Cia
Varig 224	500,00	150	Varig

Nome	Faturam.	Presid.	Sede
Varig	20000K	Pampa	Porto Alegre



# Distribuição - fragmentação vertical

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio 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	Cláudio Silva

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

Vôo	Ass	Cia
Air France 147	250	Air France
Air France 455	500	Air France
Varig 224	150	Varig

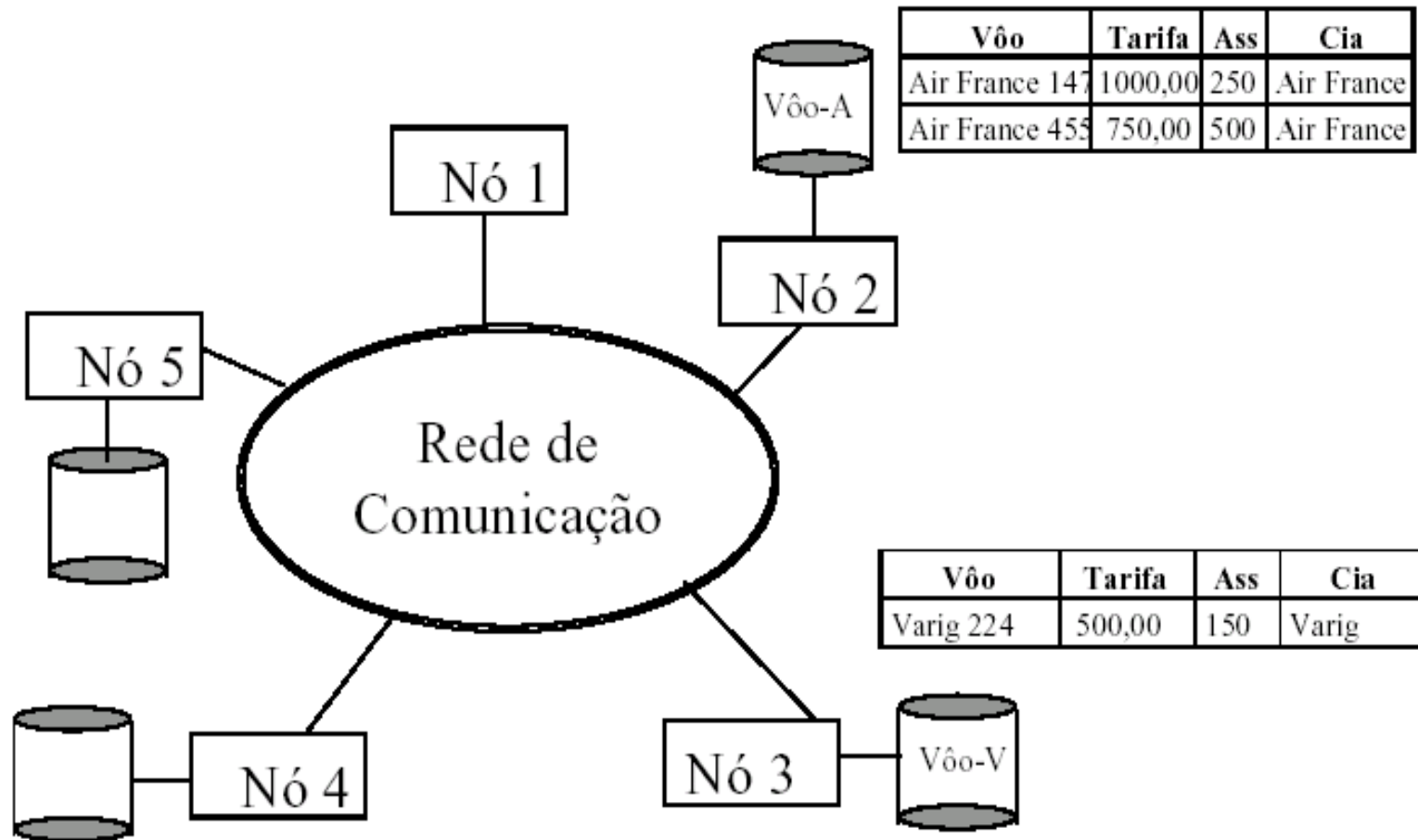
Nome	Faturam.
Varig	20000K
Air France	10000K

Nome	Presid.	Sede
Varig	Pampa	Porto Alegre
Air France	Etoile	Paris

# 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

# Tabela de Vôos distribuída



# 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"
```

# 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.**

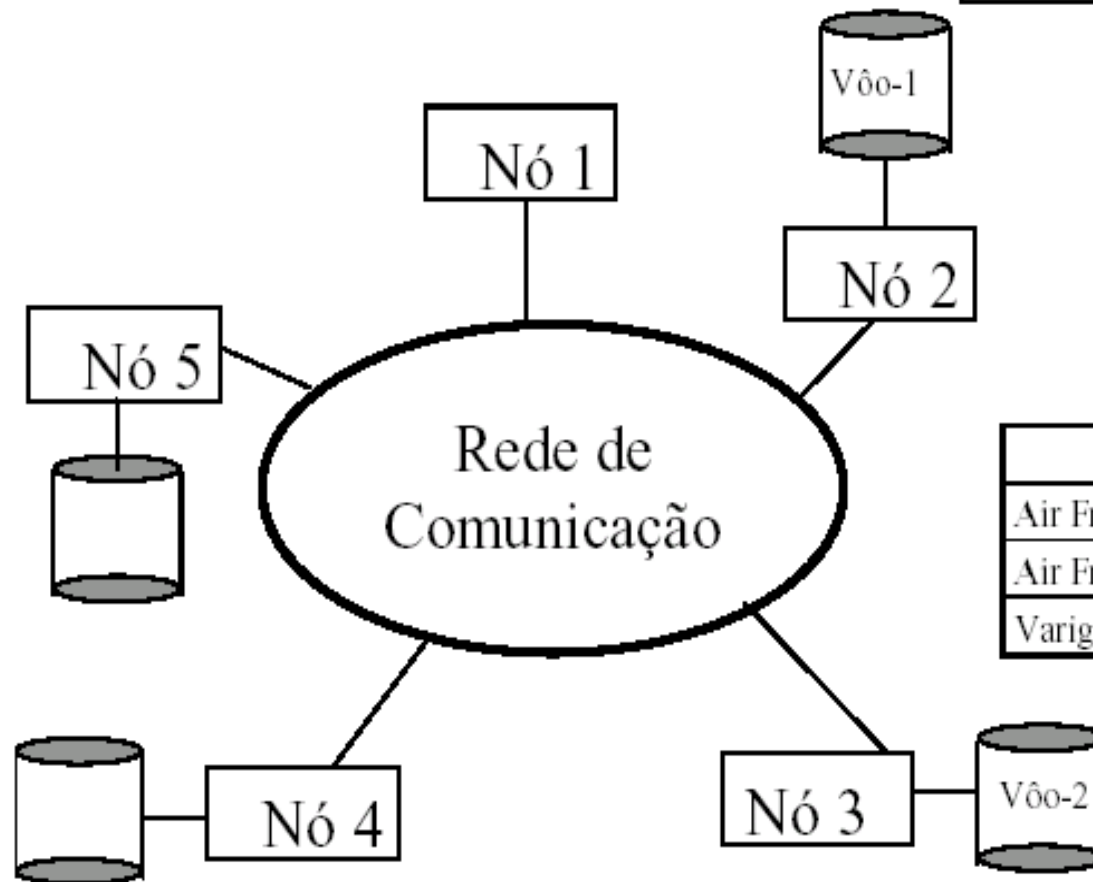
# Processamento Distribuído de Consultas

## ○ 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.

# Distribuição Vertical

Vôo	Ass	Cia
Air France 147	250	Air France
Air France 455	500	Air France
Varig 224	150	Varig



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

# 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
```

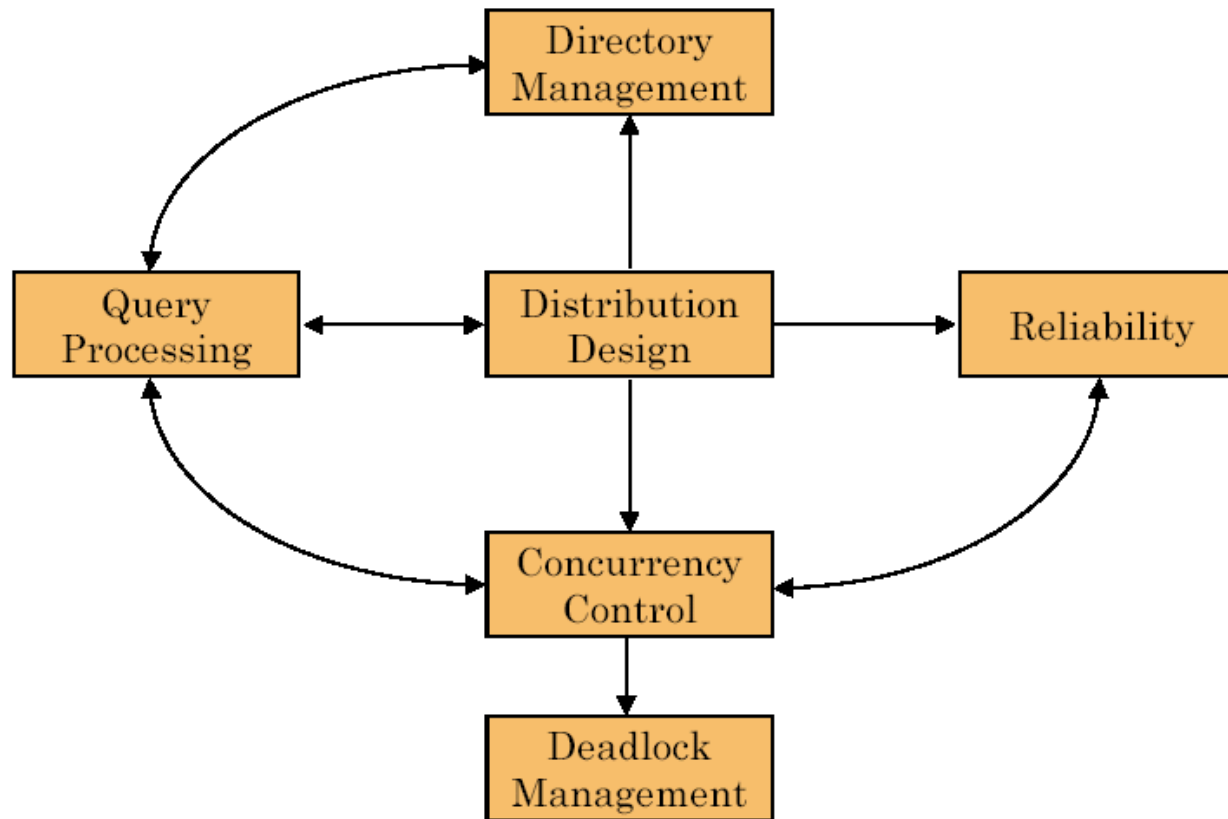
```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-2  
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

- ❖ 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
```



# Relações entre essas questões



# 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