

Bancos de Dados Distribuídos

Material elaborado pela Profa. Marilde Santos

BDD

- **BDD**: Coleção de múltiplos bancos de dados logicamente inter-relacionados distribuídos por uma rede de computadores
- **SGBDD**: sistema de software que gerencia um banco de dados distribuído enquanto torna a distribuição transparente para o usuário.

Introdução – BDD ideal

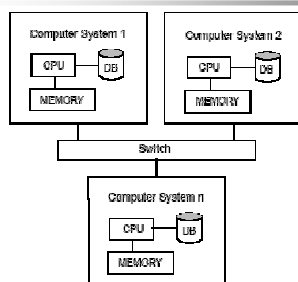
- Dados são armazenados em vários sites, cada um gerenciado por um SGBD que pode executar independentemente;
- **Independência de Dados Distribuídos**: Usuários não devem conhecer onde os dados estão localizados;
- **Atomicidade de Transação Distribuída**: Usuários devem poder escrever transações que acessam múltiplos sites como se fossem locais.

Tecnologia de BD Distribuído

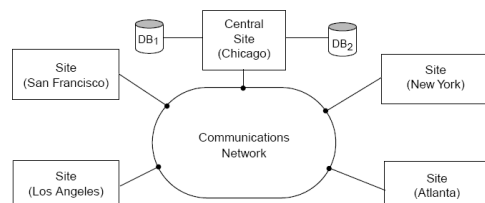
Fusão de 2 tecnologias:

- Banco de Dados
- Redes e Comunicação de Dados

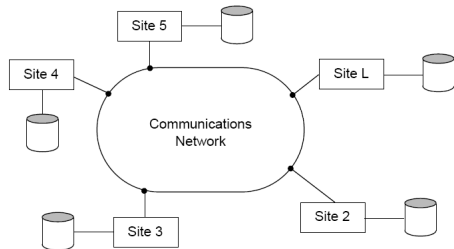
Arquitetura sem compartilhamento



Arquitetura em rede com um BD centralizado em um dos sites



Arquitetura de BD verdadeiramente distribuído



© Addison Wesley Longman, Inc. 2000, Elmasri/Navathe, Fundamentals of Database Systems, Third Edition

Exemplo de BD - Company

EMPLOYEE									
FNAME	MINIT	LNAM	SSN	BOATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO

DEPARTMENT			
DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE

DEPT_LOCATIONS	
DNUMBER	DLOCATION

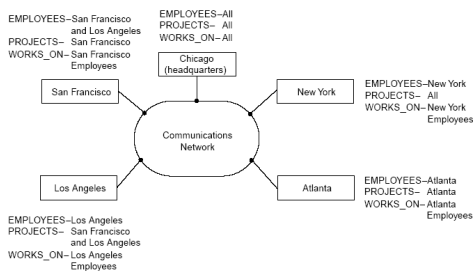
PROJECT			
PNAME	PNUMBER	PLOCATION	DNUM

WORKS_ON		
ESSN	PNO	HOURS

DEPENDENT				
ESSN	DEPENDENT_NAME	SEX	BOATE	RELATIONSHIP



Distribuição de Dados e Replicação entre BDs Distribuídos



© Addison Wesley Longman, Inc. 2000, Elmasri/Navathe, Fundamentals of Database Systems, Third Edition

Vantagens de BDs Distribuídos

- *Natureza distribuída de aplicações de um mesmo Banco de Dados*
- *Diferentes níveis de transparência*
- *Incremento de confiabilidade e disponibilidade*
 - Confiabilidade: probabilidade que um sistema esteja executando
 - Disponibilidade: probabilidade que o sistema esteja continuamente disponível durante um intervalo de tempo
 - Permissão de compartilhamento de dados enquanto ocorre manutenção local
- *Melhoria de desempenho*
- *Expansão facilitada*



O que deve prover um SGBD Distribuído

- *Acesso a sites remotos, transmissão de consultas e dados via uma rede de comunicação;*
- *Manter registro da distribuição dos dados e replicação;*
- *Desenvolver estratégias de execução de consultas com acesso a vários sites;*
- *Decidir qual das cópias de um dado replicado acessar;*
- *Manter consistência de cópias de dado replicado;*
- *Capacidade de recuperação após alguma falha.*



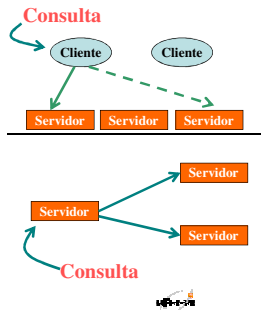
Tipos de Bancos de Dados Distribuídos

- **Homogêneos:** Todo site executa o mesmo tipo de SGBD;
- **Heterogêneos:** Sites diferentes rodam SGBDs diferentes (podem ser relacionais ou não-relacionais)
- **Autonomia local:**
 - **Baixo grau:**
 - SGBDD "se parece" com um SGBD centralizado para o usuário, com um único esquema conceitual, com acesso somente pelo SGBDD
 - **Alto grau:**
 - **SGBDD federado:** cada servidor é um SGBD centralizado independente e autônomo
 - Existe alguma visão ou esquema global da federação de BDs, com partilhada pelas aplicações



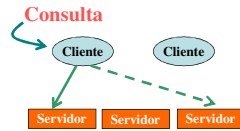
Arquiteturas de SGBDDs

- **Cliente-Servidor:** Clientes enviam consultas para um único site. Toda consulta é processada no servidor.
- **Servidor Colaborativo:** Consulta pode ser espalhada por múltiplos sites.



Cliente/Servidor

1. O cliente percorre a consulta do usuário e a decompõe em um conjunto de subconsultas independentes de site.
 2. Cada subconsulta é enviada ao site servidor apropriado.
 3. Cada servidor processa a consulta local e envia a relação resultante ao site cliente.
 4. O site cliente combina os resultados das subconsultas para produzir o resultado da consulta originalmente submetida.
- O servidor SQL é também chamado de *processador de banco de dados* ou *máquina back-end*.
O cliente é também chamado de *processador de aplicação* ou *máquina front-end*.



Fragmentação

- Quebrar o BD em unidades lógicas: **fragmentos**
 - Podem ser armazenados em diferentes sites
- **Horizontal:** subconjunto de tuplas de uma relação
 - Linhas
 - Seleção da álgebra relacional
- **Vertical:** subconjunto de atributos de uma relação
 - Colunas
 - Necessidade de uma 'chave' em todos os fragmentos
 - Projecção da álgebra relacional

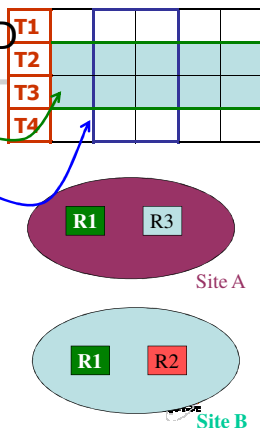
Replicação

- Armazenamento dos mesmos dados em mais de um site
 - Replicação de todo o BD
 - BDD completamente replicado
 - Problemas com atualizações
 - Replicação de fragmentos
 - Alguns fragmentos replicados, de acordo com a aplicação
 - Esquema de replicação
 - Se certas transações que acessam partes específicas do BD são submetidas principalmente em um site em particular, o conjunto de fragmentos correspondente

Projeto de BDD

Fragmentação

- Horizontal: Usualmente disjunto
- Vertical: Junção sem-perda
- **Replicação**
 - Incrementa a disponibilidade
 - Avaliação de consulta mais rápida



Exemplo de BD - Company

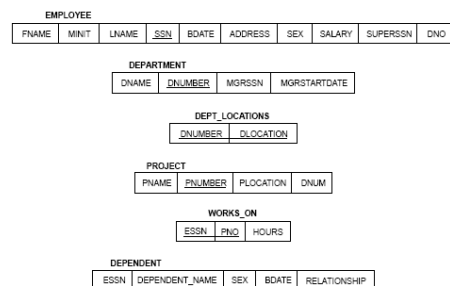


Figura 4

Instâncias – BD company (1)

EMPLOYEE	FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BOATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	08-JAN-55	731 Fordman, Houston, TX	M	30000	333445555	5	
Franklin	T	Wong	333445555	08-DEC-45	636 Voss, Houston, TX	M	40000	888665555	5	
Alicia	J	Zelaya	909887777	10-JUL-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4	
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-JUN-31	201 Berry, Belaire, TX	F	43000	888665555	4	
Ramesh	K	Narayan	988664444	15-SEP-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	36000	333445555	5	
Joyce	A	English	453453453	31-JUL-62	5551 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5	
Ahmed	V	Jabbar	987987987	20-MAR-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4	
James	E	Borg	888665555	10-NOV-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	null	1	

DEPT_LOCATIONS	DNUMBER	DLOCATION
	1	Houston
	4	Stafford
	5	Belaire
	5	Sugarland
	5	Houston

DEPARTMENT	DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE
Research		5	333445555	22-MAY-78
Administration		4	987654321	01-JAN-80
Headquarters		1	888665555	19-JUN-71

Instâncias – BD company (2)

WORKS_ON	ESSN	PNO	HOURS
	123456789	1	32.5
	123456789	2	7.5
	665864444	3	40.0
	453453453	1	20.0
	453453453	2	20.0
	333445555	2	10.0
	333445555	3	10.0
	333445555	10	10.0
	333445555	20	10.0
	988667777	30	30.0
	988667777	10	10.0
	987987987	10	35.0
	987987987	30	5.0
	987654321	30	20.0
	987654321	20	15.0
	888665555	20	null

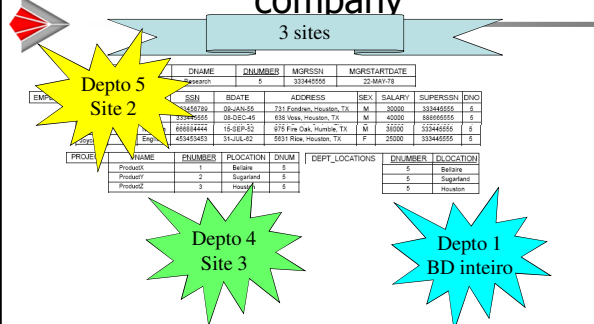
PROJECT	PNAME	PNUMBER	PLOCATION	DNUM
ProductX		1	Belaire	5
ProductY		2	Sugarland	5
ProductZ		3	Houston	5
Computerization		10	Stafford	4
Reorganization		20	Houston	1
Newbenefits		30	Stafford	4

DEPENDENT	ESSN	DEPENDENT_NAME	SEX	BOATE	RELATIONSHIP
	333445555	Alice	F	05-APR-76	DAUGHTER
	333445555	Theodore	M	26-OCT-73	SON
	333445555	Joy	F	03-MAY-46	SPOUSE
	987654321	Alma	M	28-FEB-52	SPOUSE
	123456789	Michael	M	01-JAN-78	SON
	123456789	Alice	F	31-DEC-78	DAUGHTER
	123456789	Elizabeth	F	05-MAY-57	SPOUSE

Suposições

- Três sites – um para cada departamento.
- Acessos frequentes às informações de empregado e projeto para os empregados que trabalham em cada um dos referidos departamentos e os projetos controlados por aquele departamento.
- Os atributos acessados: nome, ssn, salary e superssn de EMPLOYEE.
- O site 1 é usado pelo alto escalão da empresa que acessa todas as informações de empregados e projetos regularmente, além disso mantém registro de dependentes para propósito de seguro.

Fragmentando o BD company



Passos (1)

- manter o banco de dados todo no site 1;
- determinar os fragmentos a serem replicados nos sites 2 e 3
 - fragmentação horizontal em DEPARTMENT por dnumber.
 - fragmentação derivada nas relações EMPLOYEE, PROJECT e DEPT_LOCATIONS (em dno, dnum e dnumber)
 - Fragmentação vertical nos fragmentos de EMPLOYEE para incluir somente atributos relacionados ao trabalho

Passos (2)

- Armar os fragmentos nos sites 2 e 3.
 - Observe que esses dados estão replicados pois eles também estão armazenados no site 1.
- Fragmentação de WORKS_ON.
 - Quais fragmentos armazenar em que sites?
 - Não existe atributo que indique diretamente o departamento ao qual cada tupla pertence.
 - Cada tupla relaciona um empregado a um projeto.

Fragmentação de WORKS_ON

Alternativas:

1. Fragmentação de WORKS_ON baseado no departamento **d** no qual o empregado **e** trabalha
2. Fragmentação de WORKS_ON baseado no departamento **d'** que controla o projeto **p**.

Note que seria fácil se pudéssemos impor a restrição que $d = d'$ para toda tupla em WORKS_ON.



Fragmentação de WORKS_ON

Alternativas:

1. Fragmentação de WORKS_ON baseado no departamento **d** no qual o empregado **e** trabalha
2. Fragmentação de WORKS_ON baseado no departamento **d'** que controla o projeto **p**.

Note que seria fácil se pudéssemos impor a restrição que $d = d'$ para toda tupla em WORKS_ON.



Instâncias – Works_on

EMPLOYEE	FNAME	MINIT	LASTNAME	SSN	BODATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B		Smith	123456789	20-JUN-55	731 Fordham, Houston, TX	M	30000	333445555	5
John	J		Smith	333445555	20-JUN-56	455 Texas, Houston, TX	M	40000	666666666	5
John	J		Smith	666666666	19-JUL-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	888888888	5
John	J		Smith	888888888	20-JUN-31	201 Berry, Dallas, TX	M	41000	888888888	4
John	J		Smith	888888888	19-SEP-52	174 Elm, Houston, TX	M	30000	333445555	5
John	J		Smith	455454545	11-JUL-51	6531 Row, Houston, TX	F	25000	333445555	5
John	J		Smith	455454545	19-SEP-52	455 Dallas, Houston, TX	M	25000	455454545	4
John	J		Smith	455454545	19-SEP-52	455 Dallas, Houston, TX	M	25000	455454545	4
John	J		Smith	455454545	19-SEP-52	455 Dallas, Houston, TX	M	25000	455454545	4

DEPT	DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRLASTNAME	LOCATIONS
5	Department	5	888888888	Smith	5
4	Department	4	888888888	Smith	4
3	Department	3	888888888	Smith	3
2	Department	2	888888888	Smith	2
1	Department	1	888888888	Smith	1

WORKS_ON	ESSN	PNO	HOURS
1	123456789	1	30.0
2	123456789	2	7.5
3	123456789	3	40.0
4	123456789	4	20.0
5	123456789	5	20.0
6	123456789	6	10.0
7	123456789	7	10.0
8	123456789	8	10.0
9	123456789	9	10.0
10	123456789	10	10.0
11	123456789	11	10.0
12	123456789	12	10.0
13	123456789	13	10.0
14	123456789	14	10.0
15	123456789	15	10.0
16	123456789	16	10.0
17	123456789	17	10.0
18	123456789	18	10.0
19	123456789	19	10.0
20	123456789	20	10.0
21	123456789	21	10.0
22	123456789	22	10.0
23	123456789	23	10.0
24	123456789	24	10.0
25	123456789	25	10.0
26	123456789	26	10.0
27	123456789	27	10.0
28	123456789	28	10.0
29	123456789	29	10.0
30	123456789	30	10.0
31	123456789	31	10.0
32	123456789	32	10.0
33	123456789	33	10.0
34	123456789	34	10.0
35	123456789	35	10.0
36	123456789	36	10.0
37	123456789	37	10.0
38	123456789	38	10.0
39	123456789	39	10.0
40	123456789	40	10.0
41	123456789	41	10.0
42	123456789	42	10.0
43	123456789	43	10.0
44	123456789	44	10.0
45	123456789	45	10.0
46	123456789	46	10.0
47	123456789	47	10.0
48	123456789	48	10.0
49	123456789	49	10.0
50	123456789	50	10.0
51	123456789	51	10.0
52	123456789	52	10.0
53	123456789	53	10.0
54	123456789	54	10.0
55	123456789	55	10.0
56	123456789	56	10.0
57	123456789	57	10.0
58	123456789	58	10.0
59	123456789	59	10.0
60	123456789	60	10.0
61	123456789	61	10.0
62	123456789	62	10.0
63	123456789	63	10.0
64	123456789	64	10.0
65	123456789	65	10.0
66	123456789	66	10.0
67	123456789	67	10.0
68	123456789	68	10.0
69	123456789	69	10.0
70	123456789	70	10.0
71	123456789	71	10.0
72	123456789	72	10.0
73	123456789	73	10.0
74	123456789	74	10.0
75	123456789	75	10.0
76	123456789	76	10.0
77	123456789	77	10.0
78	123456789	78	10.0
79	123456789	79	10.0
80	123456789	80	10.0
81	123456789	81	10.0
82	123456789	82	10.0
83	123456789	83	10.0
84	123456789	84	10.0
85	123456789	85	10.0
86	123456789	86	10.0
87	123456789	87	10.0
88	123456789	88	10.0
89	123456789	89	10.0
90	123456789	90	10.0
91	123456789	91	10.0
92	123456789	92	10.0
93	123456789	93	10.0
94	123456789	94	10.0
95	123456789	95	10.0
96	123456789	96	10.0
97	123456789	97	10.0
98	123456789	98	10.0
99	123456789	99	10.0
100	123456789	100	10.0

Fragmentos de Works_On

(1) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=5))$	(2) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=4))$	(3) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=1))$
Employees in Department 5	Employees in Department 4	Employees in Department 1

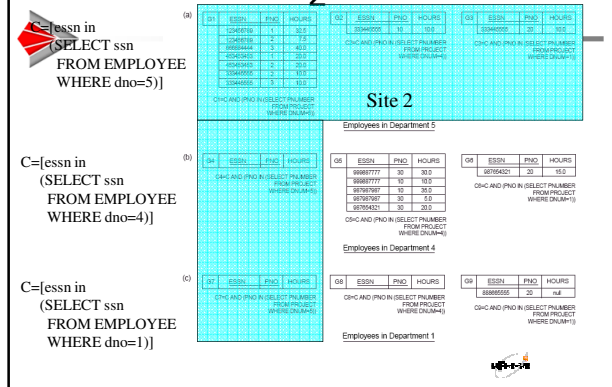
Fragmentos de Works_On

(1) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=5))$	(2) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=4))$	(3) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=1))$
Employees in Department 5	Employees in Department 4	Employees in Department 1

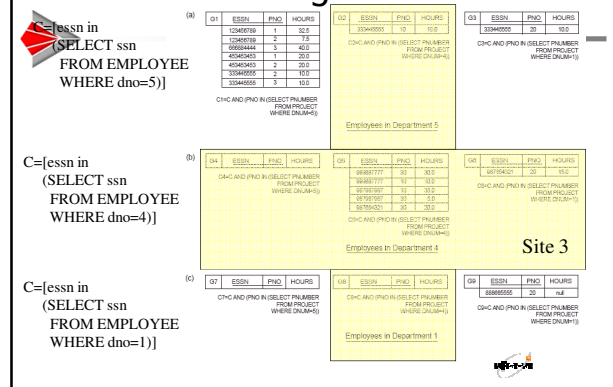
Fragmentos de Works_On

(1) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=5))$	(2) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=4))$	(3) $C = \{essn \text{ in } (SELECT ssn FROM EMPLOYEE WHERE dno=1))$
Employees in Department 5	Employees in Department 4	Employees in Department 1

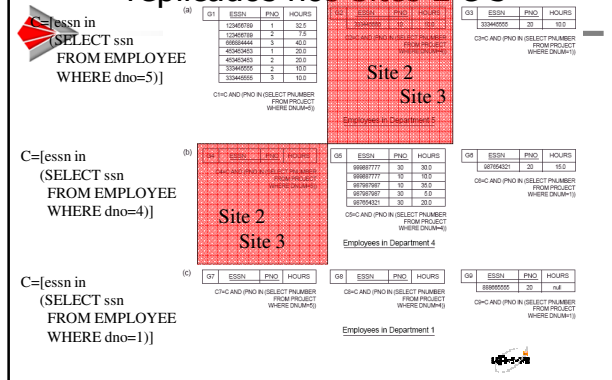
Fragmentos de Works_On no Site 2



Fragmentos de Works_On no Site 3



Fragmentos de Works_On replicados nos Sites 2 e 3



Alocação de fragmentos aos sites

(a) Fragmentos no site 2 = Dept 5

(a)

EMPID	FNAME	MINIT	LNAME	SSN	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	30000	333445555	5	
Franklin	T	Wong	333445555	40000	888885555	5	
Ramesh	K	Warren	888885555	38000	333445555	5	
Ajaya	A	Engen	456789012	25000	333445555	5	

DEPS	DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE	DEPS_LOCS	DNUMBER	LOCATION
Research		5	333445555	22-MAR-78		5	Bellevue
						5	Sugarland
						5	Houston

WORKS_ON	ESSN	PNO	HOURS	PROJID	PNAME	PNUMBER	PLOCATION	DNUM
123456789	1	32.5						
123456789	2	7.5						
987654321	1	40.0						
456789012	1	20.0						
456789012	2	20.0						
334455667	2	10.0						
334455667	3	10.0						
334455667	10	10.0						
334455667	20	10.0						

Data at Site 2

Alocação de fragmentos aos sites

(a) Fragmentos no site 3 = Dept 4

(a)

EMPID	FNAME	MINIT	LNAME	SSN	SALARY	SUPERSSN	DNO
Alice	J	Zeltya	999877777	25000	987654321	4	
Jennifer	S	Watson	987654321	43000	888885555	4	
Alfred	V	Jepster	987654321	25000	987654321	4	

DEPT	DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE	DEPT_LOCS	DNUMBER	LOCATION
Administration		4	987654321	01-JAN-85		4	Stafford

WORKS_ON	ESSN	PNO	HOURS	PROJID	PNAME	PNUMBER	PLOCATION	DNUM
333445555	10	10.0						
999877777	30	30.0						
999877777	10	10.0						
987654321	10	30.0						
987654321	30	5.0						
987654321	30	20.0						
987654321	20	15.0						

Data at Site 3