

## Modelo Relacional

Base de Dados - 2020/21  
Carlos Costa

1

## Introdução

- Modelo proposto por Edgar F. Codd em 1970
  - garante uma grande independência de dados.

*Information Retrieval*

P. BAXENDALE, Editor

### A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks

E. F. CODD  
*IBM Research Laboratory, San Jose, California*

Future users of large data banks must be protected from

In contrast, the problems treated here are those of *data independence*—the independence of application programs and terminal activities from growth in data types and changes in data representation—and certain kinds of *data inconsistency* which are expected to become troublesome even in nondeductive systems.

Volume 13 / Number 6 / June, 1970

The relational view (or model) of data described in Section 1 appears to be superior in several respects to the graph or network model [3, 4] presently in vogue for non-inferential systems. It provides a means of describing data with its natural structure only—that is, without superimposing any additional structure for machine representation purposes. Accordingly, it provides a basis for a high level data language which will yield maximal independence between programs on the one hand and machine representation and organization of data on the other.

closely associated with the hardware-determined ordering of addresses. For example, the records of a file concerning parts might be stored in ascending order by part serial number. Such systems normally permit application programs to assume that the order of presentation of records from such a file is identical to (or is a subordering of) the

Communications of the ACM 377

2

2

## Modelo Relacional - Introdução

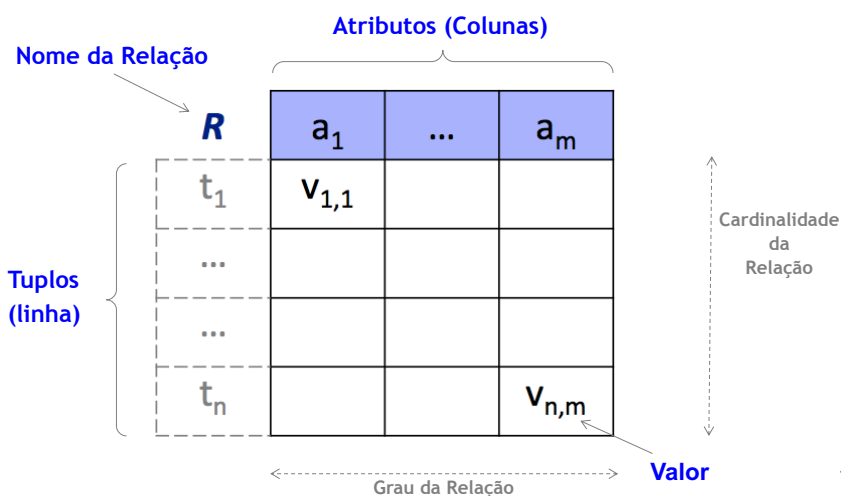
- Modelo baseado na Teoria dos Conjuntos.
  - Modelo matemático rigoroso
    - Anteriores evoluíram das técnicas de processamento de ficheiros
- Baseado na noção matemática de “Relação”, representadas por Tabelas.
- Dispõem de um sistema formal de manipulação das relações - Álgebra Relacional (próximas aulas).
- Utilização comercial no início dos anos 80.
  - Devido a restrições de hardware e linguagem de programação
- Contribuiu para a massificação das tecnologias de base de dados.

3

3

## Conceitos (1/4)

- Base do Modelo Relacional - Relação (Tabela)



4

4



## Conceitos (2/4)

- **Atributo** ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ )
  - Representam o tipo de dados a armazenar.
  - O número de atributos de uma relação define o grau da relação.
  - Os atributos de uma relação devem ter nomes distintos.
- **Domínio** ( $D_1, D_2, \dots, D_n$ )
  - Tipo de dados
  - Gama de valores possíveis para determinado atributo.
    - Sexo {'M', 'F'}
    - Cidade {Porto, Aveiro, Coimbra, ...}
    - Nome {Maria, João, Ana, Sofia, ...}
  - Valores desconhecidos ou não existentes.
    - NULL

5

5



## Conceitos (3/4)

- **Esquema da Relação** -  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ 
  - *Relational Schema*
  - Nome do esquema e lista de atributos,
    - Pessoa(nome, bi, idade)
  - Opcionalmente: inclui o tipo dos atributos
    - Pessoa(nome:string, bi:integer, idade:integer)
- **Relação** -  $r(R)$ 
  - Estrutura bidimensional com determinado esquema e zero ou mais instâncias (tuplos).
    - $r = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$
  - Formalmente é um subconjunto do produto cartesiano
    - $r(R) \subseteq (\text{dom}(A_1) \times \text{dom}(A_2) \times \dots \times \text{dom}(A_n))$

6

6

## Conceitos (4/4)



### • Tuplo

- Linha de uma relação.  
 $t = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$
- Devem ser distintos (numa relação) -> *Set*
- A ordem das linhas é indiferente.
- O número de tuplos define a cardinalidade da relação.

### • Atomicidade

- O valor de um atributo num tuplo é atómico (não é composto/multi-valor).

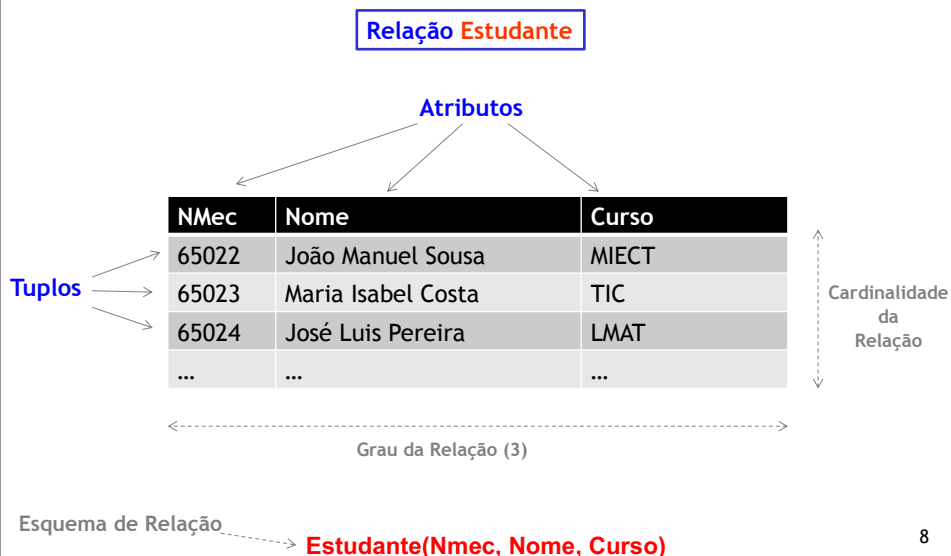
### • Esquema da Base de Dados (*Database Schema*)

- conjunto de todos os esquemas da relação da BD.  
 $D = \{R_1(X_1), \dots, R_n(X_n)\}$

7


7

## Relação - Exemplo 1



8

8



## Relação - Exemplo 2

Relation Name

**STUDENT**

Attributes


Name	Ssn	Home_phone	Address	Office_phone	Age	Gpa
Benjamin Bayer	305-61-2435	(817)373-1616	2918 Bluebonnet Lane	NULL	19	3.21
Chung-cha Kim	381-62-1245	(817)375-4409	125 Kirby Road	NULL	18	2.89
Dick Davidson	422-11-2320	NULL	3452 Elgin Road	(817)749-1253	25	3.53
Rohan Panchal	489-22-1100	(817)376-9821	265 Lark Lane	(817)749-6492	28	3.93
Barbara Benson	533-69-1238	(817)839-8461	7384 Fontana Lane	NULL	19	3.25

Tuples

- **Esquema Relação**  
`STUDENT(Name, Ssn, Home_phone, Address, Office_phone, Age, Gpa)`  
`STUDENT(Name: string, Ssn: string, Home_phone: string, Address: string, Office_phone: string, Age: integer, Gpa: real)`
- **Tuplo da Relação**  
`t = < (Name, Dick Davidson), (Ssn, 422-11-2320), (Home_phone, NULL), (Address, 3452 Elgin Road), (Office_phone, (817)749-1253), (Age, 25), (Gpa, 3.53) >`

9


9



## Relação - Chaves

- **Superchave** (*superkey*): conjunto de atributos que identificam de forma única os tuplos da relação.
- **Chave Candidata** (*candidate key*): subconjunto de atributos de uma superchave que não pode ser reduzido sem perder essa qualidade de superchave.
- **Chave Primária** (*primary key*): chave principal selecionada de entre as chaves candidatas.
- **Chave Única** (*unique key*): chave candidata não eleita como primária.
- **Chave Estrangeira** ou importada (*foreign key*): conjunto de um ou mais atributos que é chave primária noutra relação.<sup>10</sup>

10



## SuperChaves e Chaves Candidatas

- Cada relação tem pelo menos uma superchave
  - Conjunto de todos os atributos

**Exemplo**

Estudante(Nome, Email, NMec, Curso)

Superchaves:

{Nome, Email, NMec, Curso},

{Nome, Email, NMec},

{Nome, Email},

{Nome, NMec},

{Email, NMec},

{Email},

{NMec}

}


Chaves  
Candidatas ?

{Email}

{NMec}

11

11



## Chave Primária

- A **escolha** da **chave primária** (de entre as candidatas) é **arbitrária**.
- As chaves candidatas não eleitas (primária) designam-se como **chaves únicas**.
- A chave primária **não pode** ter valor **NULL**.
- Recomendação: ter critério na escolha da chave primária. Por exemplo:
  - Elemento “natural” de identificação
  - Atributo cujo valor nunca (raramente) é alterado.

No exemplo do slide anterior, qual das chaves candidatas devo escolher para chave primária? Email ou NMec?

Mais razões... ?

Estudante(Nome, Email, NMec, Curso)

12

12



## Chaves - Exemplo

### CAR

License_number	Engine_serial_number	Make	Model	Year
Texas ABC-739	A69352	Ford	Mustang	02
Florida TVP-347	B43696	Oldsmobile	Cutlass	05
New York MPO-22	X83554	Oldsmobile	Delta	01
California 432-TFY	C43742	Mercedes	190-D	99
California RSK-629	Y82935	Toyota	Camry	04
Texas RSK-629	U028365	Jaguar	XJS	04

Duas chaves candidatas:

- Licence\_number e Engine\_serial\_number

Escolhemos com chave primária:

- Licence\_number

13

13



## Chaves - Relacionamento entre Tabelas

### EMPLOYEE

Fname	Minit	Lname	Ssn	Bdate	Address	Sex	Dno
John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren, Houston, TX	M	5
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak, Humble, TX	M	5
Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	1969-03-29	980 Dallas, Houston, TX	M	4
James	E	Borg	888665555	1937-11-10	450 Stone, Houston, TX	M	1

Chave Estrangeira

### Resumo:

- Temos a relação EMPLOYEE (Funcionário) e a relação DEPARTMENT (Departamento)
- Um EMPLOYEE trabalha num DEPARTMENT
- Dnumber é chave primária na relação DEPARTMENT
- Dno é chave estrangeira na relação EMPLOYEE

### DEPARTMENT

Dname	Dnumber
Research	5
Administration	4
Headquarters	1

Chave Primária

14

14

## Restrições de Integridade



- São regras que visam garantir a integridade dos dados.
  - Devem ser garantidas pelo próprio SGBD.

### Tipos:

- **Domínio** - dos **atributos**. Forma mais elementar de integridade. Os campos devem obedecer ao tipo de dados e às restrições de valores admitidos para um atributo.
- **Entidade** - cada **tuplo** deve ser identificado de forma única com recurso a uma **chave primária** que não se repete e não pode ser null (condição de set).
- **Referencial** - o valor de uma **chave estrangeira** ou é **null** ou contém um valor que é **chave primária** na relação de onde foi importada.

15

15

## Regras de Codd - 1



- Como definir (verificar se) um SGBD é ou não relacional?
- Codd estabeleceu uma lista de 12 regras\* que definem/avaliam um sistema de modelo relacional.
- Vários autores (próprio Codd) reconhecem ser difícil encontrar implementações que, à luz das 12 regras, possam ser consideradas completamente relacional.
- No entanto foram muito importantes para combater posicionamentos proprietários da indústria de SGBD.

\*Codd, E. (1985). "Is Your DBMS Really Relational?" and "Does Your DBMS Run By the Rules?" ComputerWorld, October 14 and October 21.

16

16





## Regras de Codd - 2

### 1. Representação da Informação

- Numa base de dados relacional, todos os dados, incluindo o próprio dicionário de dados, são representados de uma só forma, em tabelas bidimensionais.

### 2. Acesso garantido

- Cada elemento de dados fica bem determinado pela combinação do nome da tabela onde está armazenado, valor da chave primária e respectiva coluna (atributo).

### 3. Suporte sistemático de valores nulos (NULL)

- Valores NULL são suportados para representar informação não disponível ou não aplicável, independentemente do domínio dos respectivos atributos.

### 4. Catálogo activo e disponível

- Os metadados são representados e acedidos da mesma forma que os próprios dados<sup>17</sup>

17



## Regras de Codd - 3

### 5. Linguagem completa

- Apesar de um sistema relacional poder suportar várias linguagens, deverá existir pelo menos uma linguagem com as seguintes características:
  - Manipulação de dados, com possibilidade de utilização interativa ou em programas de aplicação.
  - Definição de dados.
  - Definição de views.
  - Definição de restrições de integridade.
  - Definição de acessos (autorizações).
  - Manipulação de transações (commit, rollback, etc.).

### 6. Regra da atualização de vistas (view)

- Numa vista, todos os dados modificados (em atributos actualizáveis) devem ver essas modificações traduzidas nas tabelas base.

### 7. Operações de alto-nível

- Capacidade de tratar uma tabela (base ou virtual) como se fosse um simples operando (ou seja, utilização de uma linguagem set-oriented), tanto em operações de consulta como de atualização ou eliminação.

18

18

## Regras de Codd - 4



### 8. Independência física dos dados

- Alterações na organização física dos ficheiros da base de dados ou nos métodos de acesso a esses ficheiros (nível interno) não devem afectar o nível lógico.

### 9. Independência lógica dos dados

- Alterações no esquema da base de dados (nível lógico), que não envolvam remoção de elementos, não devem afectar o nível externo.

### 10. Restrições de integridade

- As restrições de integridade devem poder ser especificadas numa linguagem relacional, independentemente dos programas de aplicação, e armazenadas no dicionário de dados.

### 11. Independência da localização

- O facto de uma base de dados estar centralizada numa máquina, ou distribuída por várias máquinas, não deve repercutir-se ao nível da manipulação dos dados.

### 12. Não subversão

- Se existir no sistema uma linguagem de mais baixo-nível (tipo record-oriented), ela<sup>19</sup> não deverá permitir ultrapassar as restrições de integridade e segurança.

19

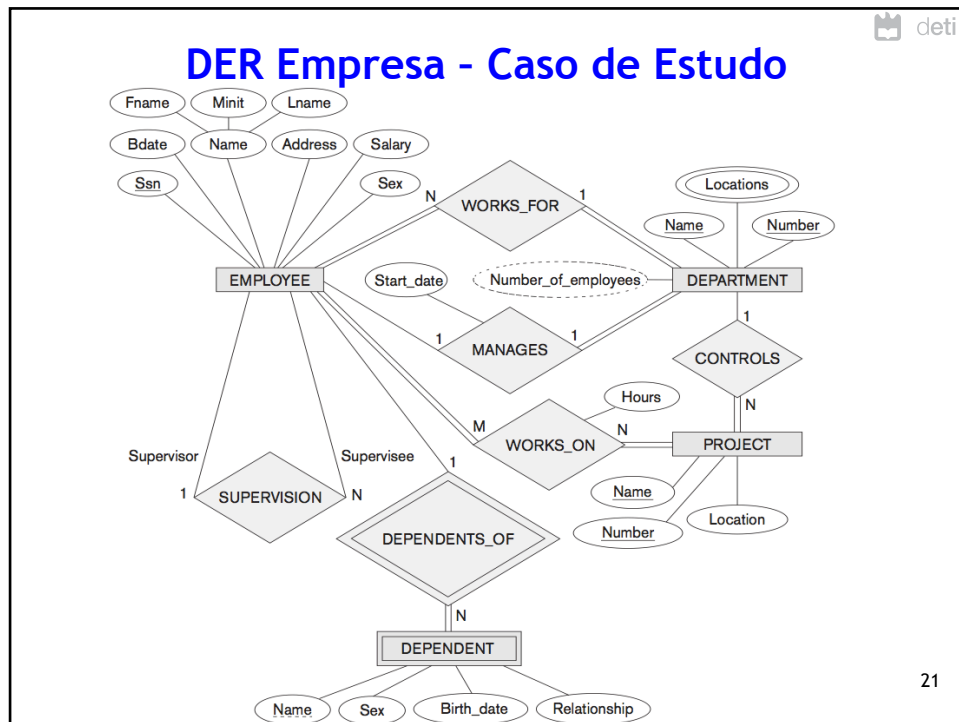
## Conversão do DER em Modelo Relacional



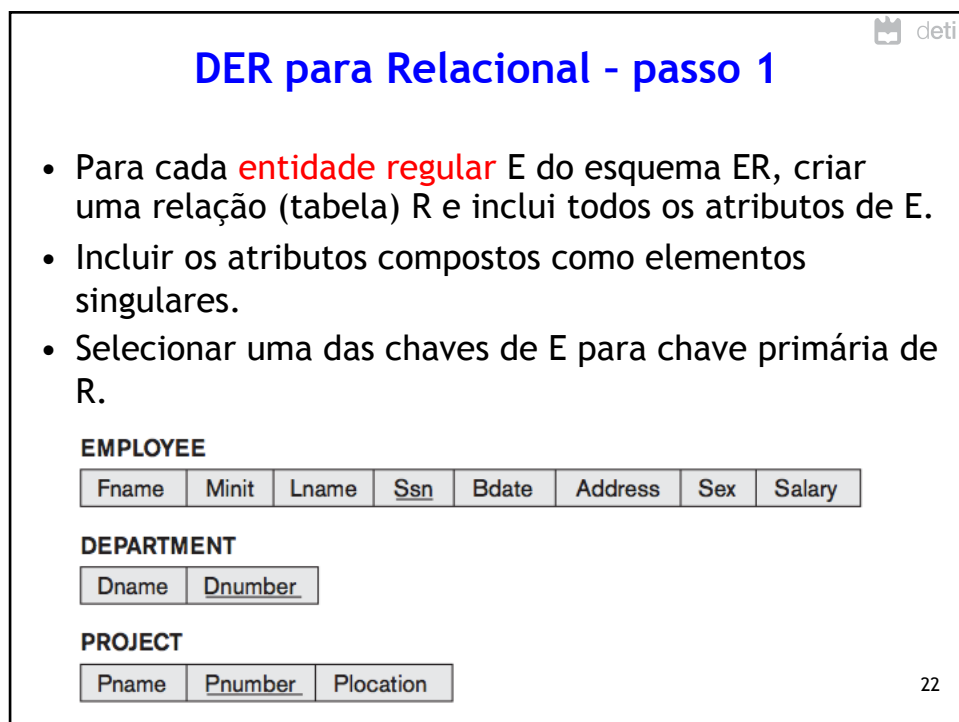
- Um desenho conceptual de uma base de dados, utilizando DER, pode ser representado por intermédio de um conjunto de relações (tabelas)
- Cada conjunto de entidades e relações do DER vai gerar uma única relação (tabela) com o nome do respectivo conjunto.
- *Mapping Process*
  - Vamos seguir um conjunto de regras.
- Caso Estudo: DER da Empresa

20

20



21



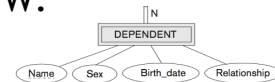
22

## DER para Relacional - passo 2

- Cada **entidade fraca** W do esquema ER é representada por uma relação (tabela) R que inclui os seu atributos, assim como a chave primária da entidade dominante E que passará a ser chave estrangeira em R.
- Incluir os atributos compostos de W, caso existam, como elementos singulares.
- A chave primária de R é a combinação da chave primária de E e da chave parcial de W.

DEPENDENT

<u>Essn</u>	<u>Dependent_name</u>	Sex	Bdate	Relationship
-------------	-----------------------	-----	-------	--------------

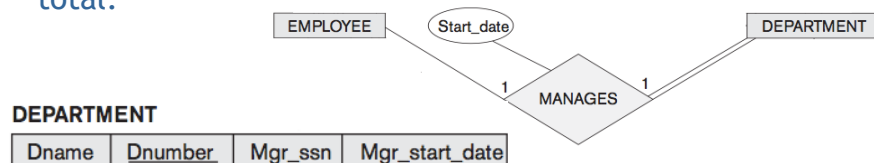


23

23

## DER para Relacional - passo 3

- Para cada **relacionamento 1:1** do esquema ER, envolvendo as relações S e T:
  - escolher uma das relações, digamos S, e incluir como chave estrangeira, a chave primária da outra relação.
  - incluir em S eventuais atributos do relacionamento.
  - devemos escolher como S uma relação com participação total.



DEPARTMENT

<u>Dname</u>	<u>Dnumber</u>	Mgr_ssn	Mgr_start_date
--------------	----------------	---------	----------------

Escolhemos com S a relação DEPARTMENT e incluímos a chave primária de EMPLOYEE como chave estrangeira.

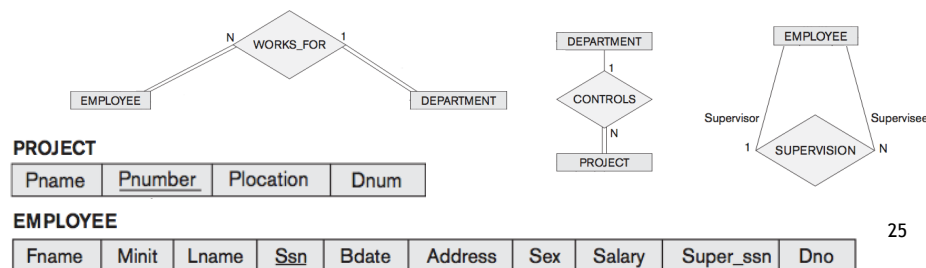
24

Nota: existem outras abordagens. Por exemplo, criar uma nova relação caso não exista participação total -> ver caso N:M

24

## DER para Relacional - passo 4

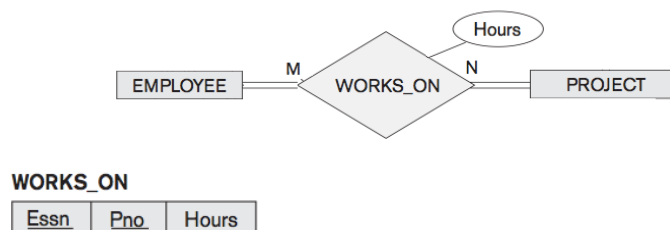
- Para cada **relacionamento 1:N** do esquema ER, envolvendo as relações S e T:
  - escolher como S a relação que representa a entidade do lado N e como T a que representa a entidade do lado 1.
  - incluir em S, como chave estrangeira, a chave primária da relação T.
  - incluir os atributos do relacionamento em S.



25

## DER para Relacional - passo 5

- Para cada **relacionamento N:M** do esquema ER, criar uma nova relação (tabela) R.
  - incluir como chave estrangeira as chaves primárias das relações que participam em R. Estas chaves combinadas formarão a chave primária da relação R.
  - incluir os atributos do relacionamento em R.

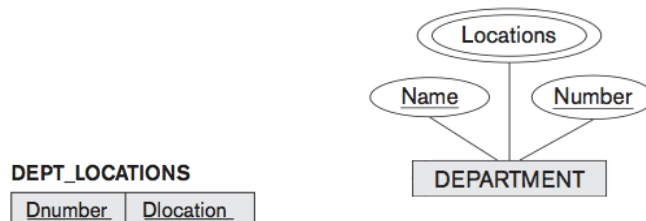


26

26

## DER para Relacional - passo 6

- Para cada **atributo multi-valor** A do esquema ER, criar uma nova relação (tabela) R.
  - incluir um atributo correspondendo a A.
  - incluir a chave primária K da relação que tem A como atributo.
  - a chave primária de R é a combinação de A e K.

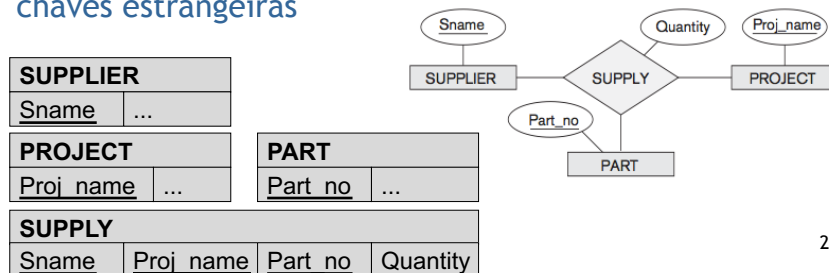


27

27

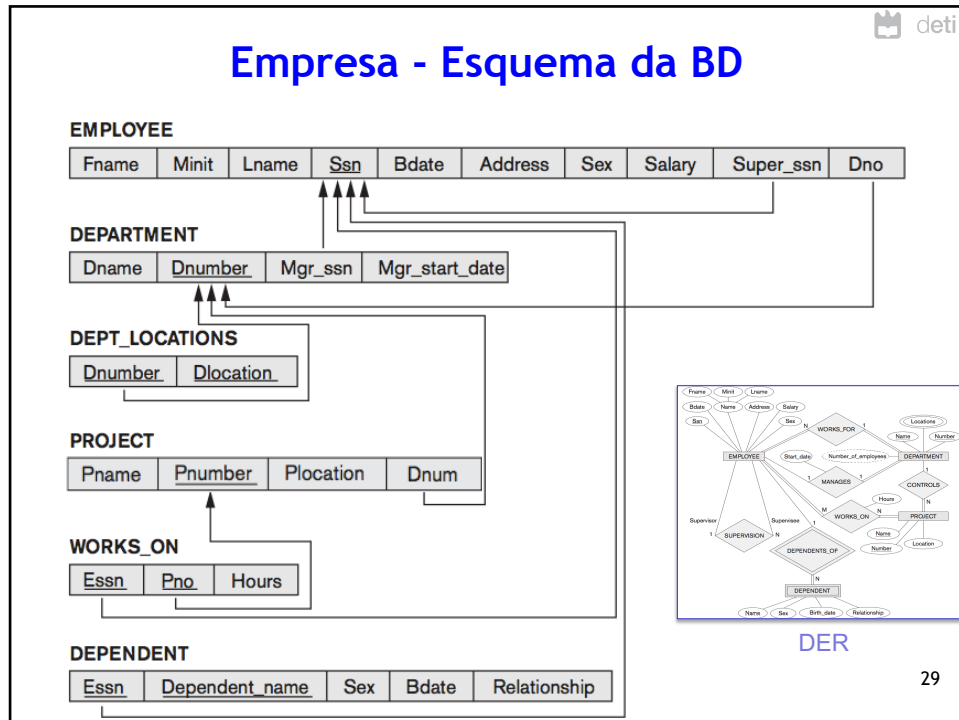
## DER para Relacional - passo 7

- Para cada **relacionamento n-ário** ( $n > 2$ ):
  - criar uma nova relação (tabela) R
  - incluir, como chaves estrangeiras, as chaves primárias das relações que representam as entidades participantes
  - incluir os eventuais atributos do relacionamento
  - a chave primária de R é normalmente a combinação das chaves estrangeiras



28

28



29

deti

## Instância da BD Empresa - Exemplo

**EMPLOYEE**

Fname	Minit	Lname	<u>Ssn</u>	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	1969-03-29	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	1937-11-10	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

**DEPARTMENT**

Dname	<u>Dnumber</u>	Mgr_ssn	Mgr_start_date
Research	5	333445555	1988-05-22
Administration	4	987654321	1995-01-01
Headquarters	1	888665555	1981-06-19

**DEPT\_LOCATIONS**

<u>Dnumber</u>	<u>Dlocation</u>
1	Houston
4	Stafford
5	Bellaire
5	Sugarland
5	Houston

**WORKS\_ON**

<u>Essn</u>	<u>Pno</u>	Hours
123456789	1	32.5
123456789	2	7.5
666884444	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
999887777	30	30.0
999887777	10	10.0
987987987	10	35.0
987987987	30	5.0
987654321	30	20.0
987654321	20	15.0
888665555	20	NULL

**DEPENDENT**

<u>Essn</u>	<u>Dependent_name</u>	Sex	Bdate	Relationship
333445555	Alice	F	1986-04-05	Daughter
333445555	Theodore	M	1983-10-25	Son
333445555	Joy	F	1958-05-03	Spouse
987654321	Abner	M	1942-02-28	Spouse
123456789	Michael	M	1988-01-04	Son
123456789	Alice	F	1988-12-30	Daughter
123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	Spouse

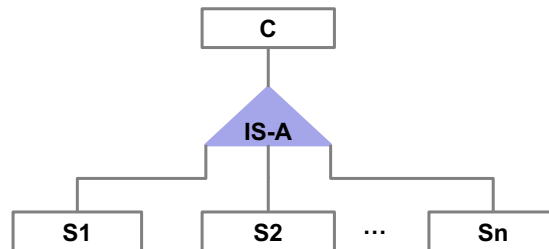
**PROJECT**

Pname	<u>Pnumber</u>	Plocation	Dnum
ProductX	1	Bellaire	5
ProductY	2	Sugarland	5
ProductZ	3	Houston	5
Computerization	10	Stafford	4
Reorganization	20	Houston	1
Newbenefits	30	Stafford	4

30

## DER para Relacional - Especialização

- Várias aproximações possíveis... vamos apresentar duas usuais.



superclasse  $C \{k, a_1, \dots, a_n\}$ ,  $k$  é chave primária  
 n subclasses  $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$

31

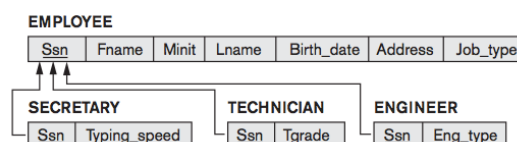
31

## DER para Relacional - Especialização

### Método 1

- Formar uma relação (tabela)  $L$  para a entidade de maior nível ( $C$ )  
 $Attrs(L) = \{k, a_1, \dots, a_n\}$  e  $PK(L) = k$
- Criar uma relação  $L_i$  para cada entidades de nível inferior. Incluir em cada uma destas relações a chave primária de  $C$  e os atributos locais.

$Attrs(L_i) = \{k\} \cup \{\text{attributes of } S_i\}$  e  $PK(L_i) = k$



32

Funciona com qualquer tipo de especialização: Total/Parcial, Disjunta/Sobreposta

32



## DER para Relacional - Especialização



### Método 2

- Criar uma relação Li para cada entidade de nível inferior. Incluir os atributos da superclasse e os atributos locais.

$\text{Attrs}(Li) = \{\text{attributes of } Si\} \cup \{k, a_1, \dots, a_n\}$  e  $\text{PK}(Li) = k$

#### CAR

<u>Vehicle_id</u>	License_plate_no	Price	Max_speed	No_of_passengers
-------------------	------------------	-------	-----------	------------------

#### TRUCK

<u>Vehicle_id</u>	License_plate_no	Price	No_of_axles	Tonnage
-------------------	------------------	-------	-------------	---------

Só funciona com especialização total.

Só se recomenda em especializações disjuntas pois nas sobrepostas há duplicação de informação da mesma entidade por várias relações (tabelas).

33

33

## DER para Relacional - Resumo



### ER MODEL

Entity type

1:1 or 1:N relationship type

M:N relationship type

$n$ -ary relationship type

Simple attribute

Composite attribute

Multivalued attribute

Value set

Key attribute

### RELATIONAL MODEL

Entity relation

Foreign key (or *relationship* relation)

*Relationship* relation and two foreign keys

*Relationship* relation and  $n$  foreign keys

Attribute

Set of simple component attributes

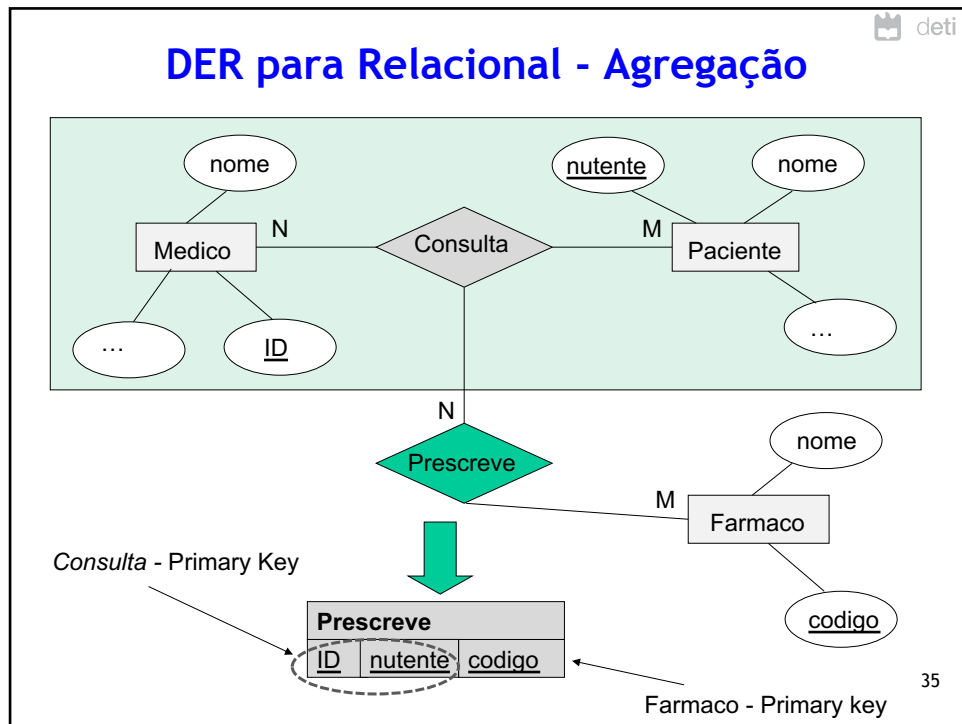
Relation and foreign key

Domain

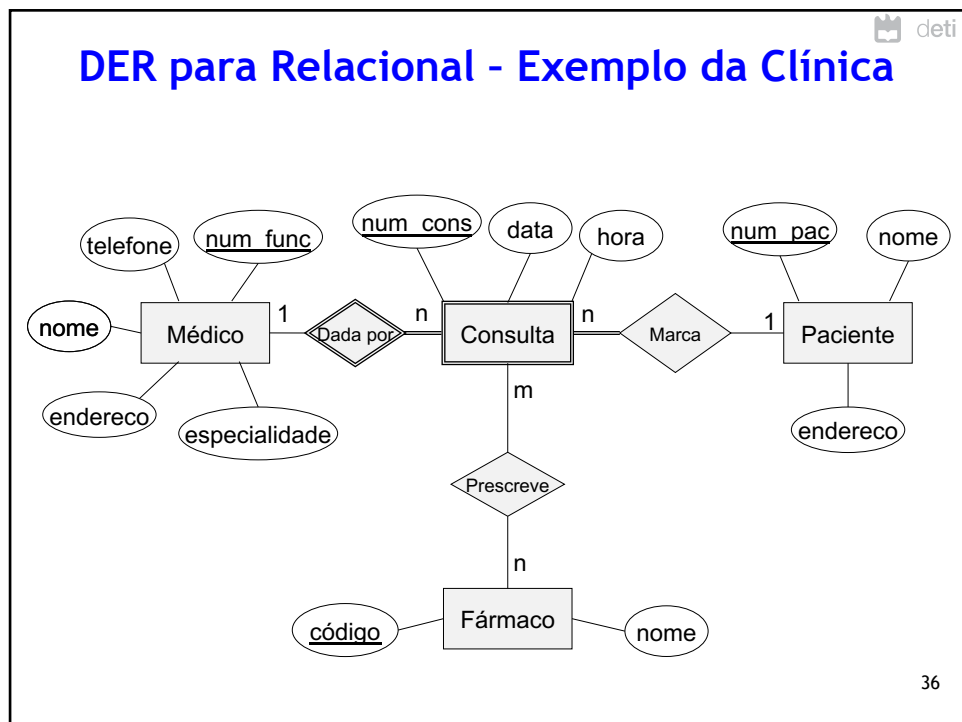
Primary (or secondary) key

34

34



35



36



## DER para Relacional - Exemplo da Clínica

- Passo 1 (entidades regulares)

Médico				
<u>num_func</u> (PK)	nome	telefone	endereço	especialidade

Paciente		
<u>num_pac</u> (PK)	nome	endereço

Fármaco	
<u>codigo</u> (PK)	nome

- Passo 2 (entidades fracas)

Consulta			
<u>medico</u> (FK)(PK)	<u>num_consulta</u> (PK)	data	hora

37

37



## DER para Relacional - Exemplo da Clínica

- Passo 3 (rel. 1:1)

- Não se aplica

- Passo 4 (rel. 1:N)

Consulta				
<u>medico</u> (FK1) (PK)	<u>num_consulta</u> (PK)	paciente (FK2)	data	hora

- Passo 5 (rel. N:M)

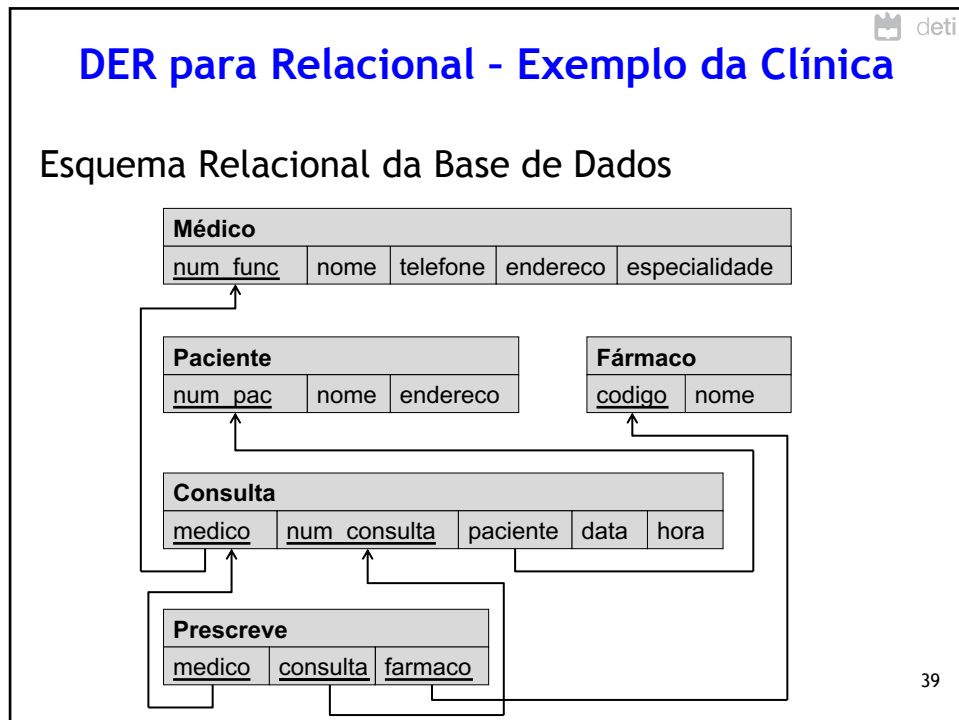
Prescreve		
<u>medico</u> (FK1)(PK)	<u>consulta</u> (FK1)(PK)	<u>farmaco</u> (FK2)(PK)

- Passo 6 e 7

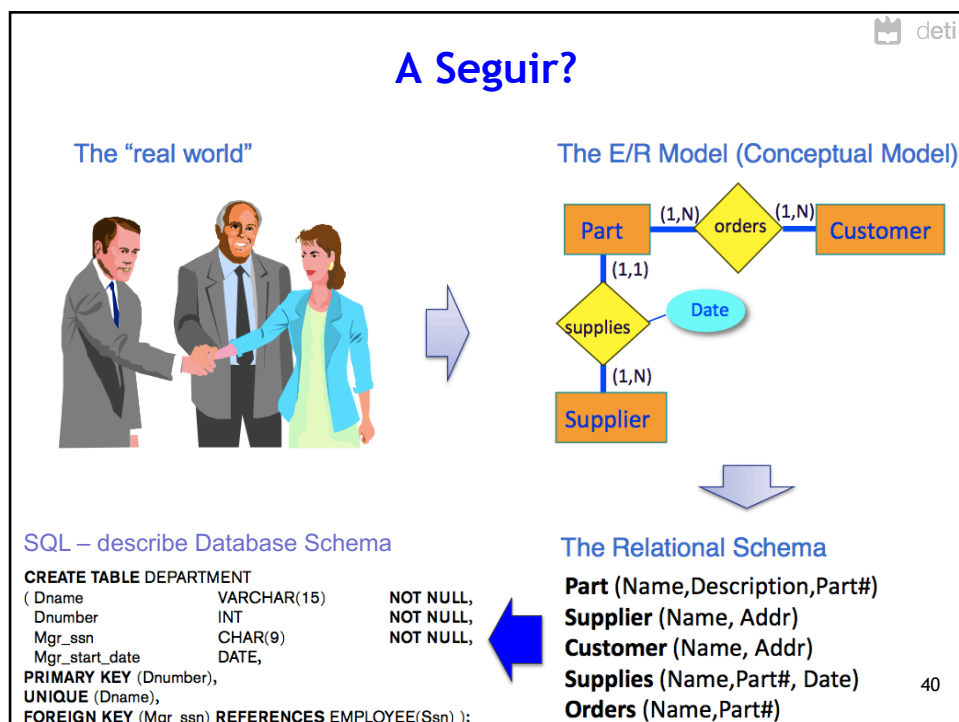
- Não se aplicam

38

38



39



40



## Resumo

- Desenho Lógico de BD
- Modelo Relacional
- Restrições de Integridade
- Conversão de Diagramas Entidade-Relação para Esquema Relacional
- Casos de Estudo

41