



Bases de Dados

Modelo Relacional

Profa. Elaine Parros Machado de Sousa



Modelo Relacional

- Criado por E. F. Codd (IBM)
 - “*A relational model of data for large shared data banks*”. Communications of the ACM, Volume 13 , Issue 6, June **1970**.
- Modelo de Implementação
 - projeto lógico

Sistemas de Banco de Dados

Desenvolvimento de Sistemas de Banco de Dados

Ciclo de Vida





Modelo Relacional

- Relaciona os registros de dados por meio de **valores**
 - não usa *links* (endereços)
- Definição baseada em fundamentos matemáticos
 - Cálculo Relacional e **Álgebra Relacional**
- Precursor: **Sistema R** (IBM)



Modelo Relacional

- “*O Modelo Relacional representa uma base de dados como uma coleção de relações*” [Elmasri&Navathe]
- Base teórica em **Teoria de Conjuntos**



Definição do Modelo

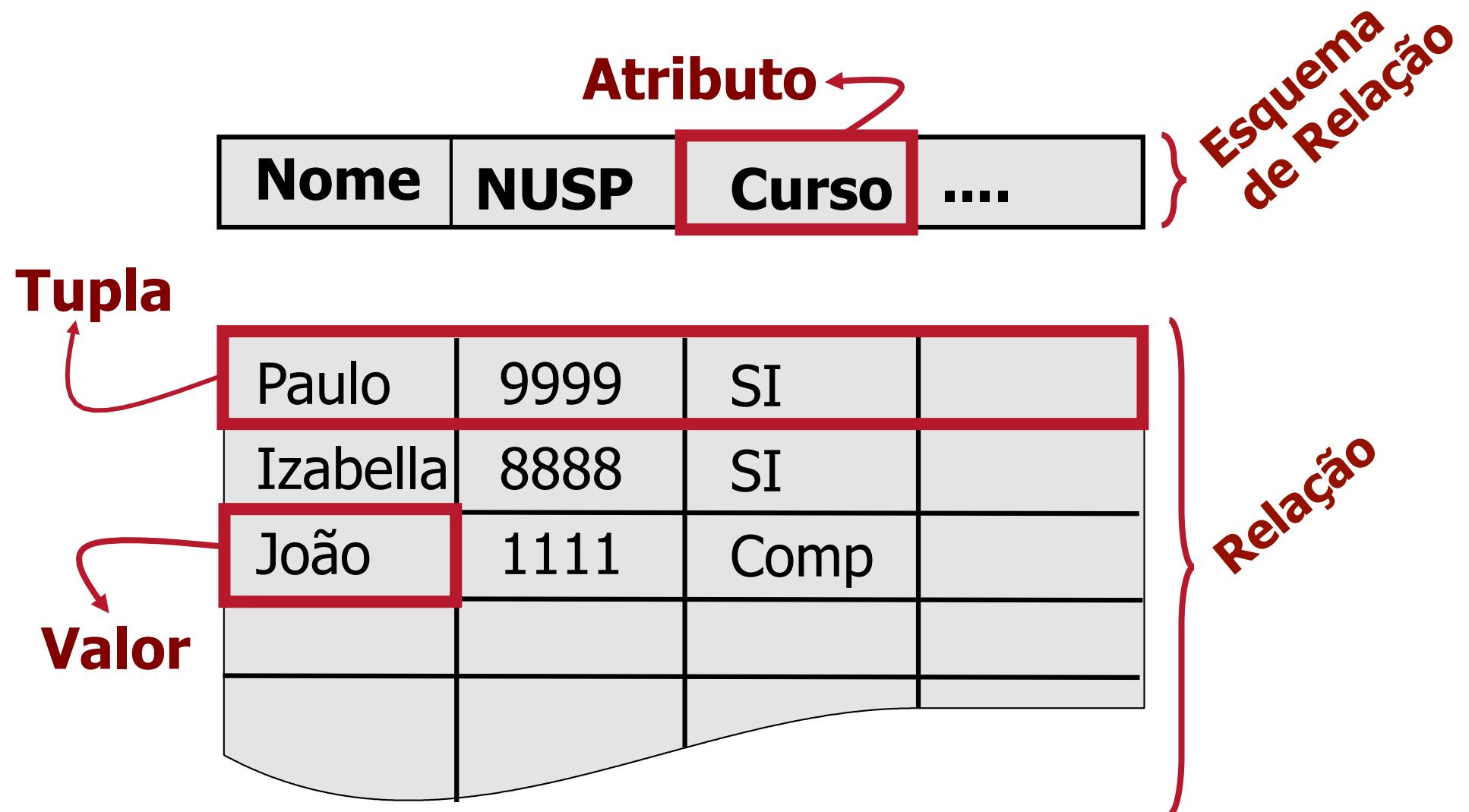
- **Valores**

- dados do mundo real

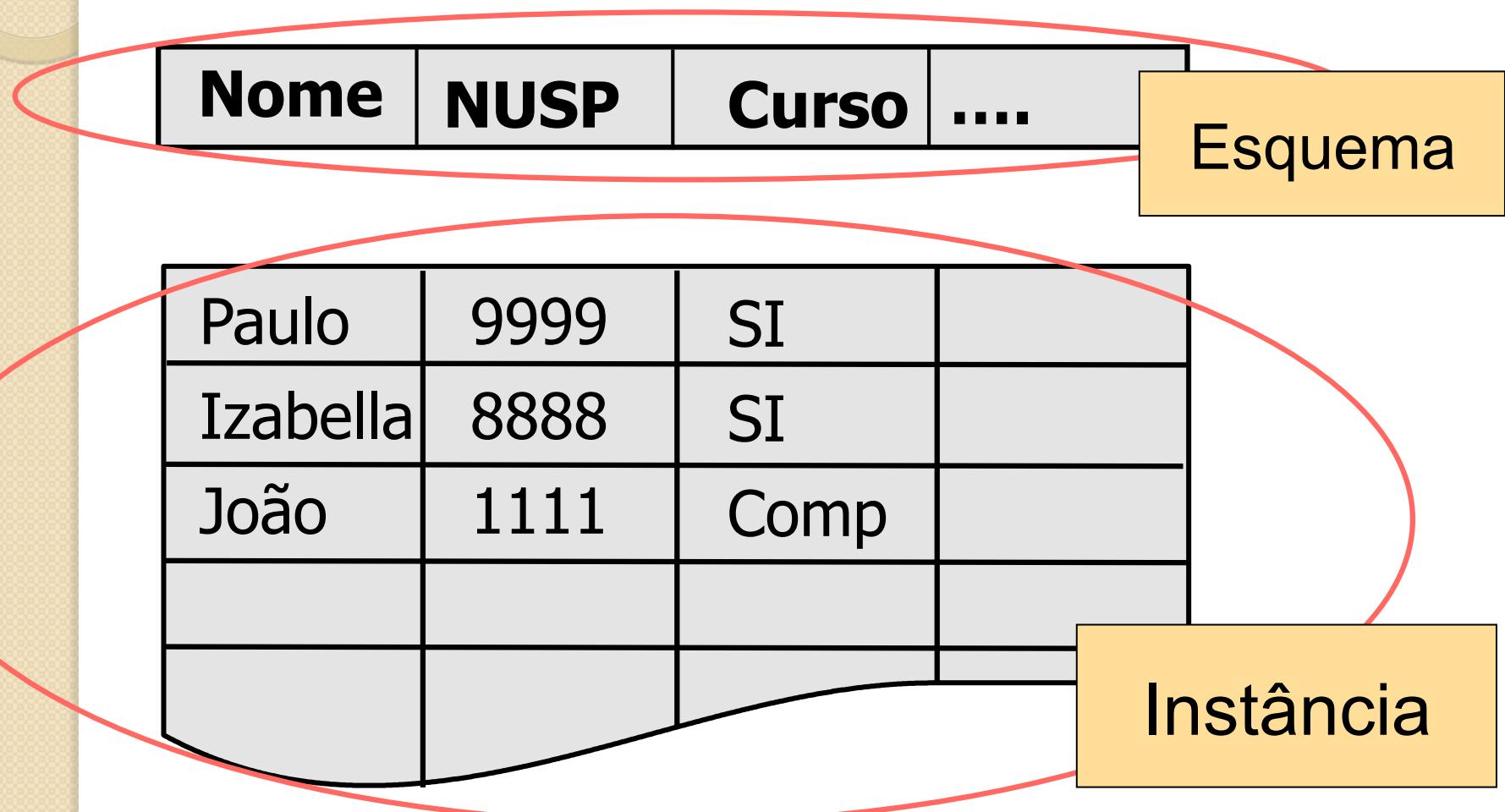
- **Relações**

- representam coleções de objetos, entidades, relacionamentos, etc, do mundo real
 - Noção intuitiva => **TABELAS**

Modelo Intuitivo



Modelo Intuitivo





Terminologia

- Relação
 - Tabela
- Tupla
 - Registro, linha
- Atributo
 - Campo
- Valor
- *Relation Intension*
 - Esquema
- *Relation Extension*
 - Instância



Valores

- Modelo Relacional \Rightarrow valores são **atômicos**
- **Valor Atômico**
 - 1) **indivisível** \Rightarrow não pode ser recuperado em partes
 - ex: **endereço** (*string*) definido como um único atributo
 - 2) **monovalorado** \Rightarrow pode ter apenas um valor
 - ex: **data de nascimento** de pessoa



Domínios

- **Domínio** - conjunto de **valores atômicos**
 - **semântico!**
- Exemplos de domínio
 - Nomes de Alunos
 - Códigos de Disciplinas
 - Idade



Domínios

- Especificação do Domínio:
 - 1) Nome
 - 2) Definição lógica
 - 3) Tipo de dado e formato de dado



Especificação do Domínio

- **Nome e Definição lógica.** Ex:
 - **Nomes de Alunos:** conjunto de todos os nomes possíveis para pessoas
 - **Códigos de Disciplinas:** conjunto dos códigos das disciplinas oferecidas no ICMC
 - **Idade:** conjunto de idades possíveis para alunos



Especificação do Domínio

- **Tipo de dado e/ou formato.** Ex:
 - **Nomes de Alunos** – *string* de 60 caracteres
 - **Códigos de Disciplinas** – *string* com três letras seguidas de um traço e de quatro dígitos: SCC-0240
 - **Idade** – inteiro entre 0 e 100



Esquema de Relação

- **Esquema de relação:** descreve a relação (tabela)
 - $\mathcal{R}(A_1, A_2, \dots, A_n)$
 - ou $\mathcal{R} = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$
 - \mathcal{R} - nome da relação
 - (A_1, A_2, \dots, A_n) - conjunto de atributos que formam a relação

Esquema de Relação

- Ex:
 - uma relação (tabela) de **Alunos** que tenha os atributos **Nome**, **RG** e **Idade**, tem o seguinte **Esquema**:

Aluno(**Nome**, **RG**, **Idade**)

Notação
alternativa

Aluno = {**Nome**, **RG**, **Idade**}



Esquema de Relação

- **N - grau** da relação descrita por \mathcal{R}
 - número de atributos em \mathcal{R}
 - Ex:
- Aluno(**Nome, RG, Idade**) \longrightarrow **N = 3**
- **Dom(A_i)** - Domínio do Atributo A_i



Exemplo

- **Especificação dos domínios:**
 - **Nomes de Pessoas:** conjunto de todos os nomes possíveis para pessoas – *strings* de 60 caracteres
 - **RG:** conjunto dos RGs válidos no Brasil – números de 9 dígitos _
 - **Idade:** conjunto de idades possíveis para pessoas – inteiro entre 0 e 100



Exemplo (cont.)

- Esquema de relação Aluno:
 - $\text{Aluno} = \{\text{Nome}, \text{RG}, \text{Idade}\}$
- Domínios dos atributos de Aluno:
 - $\text{Dom}(\text{Nome}) = \text{Nomes de Pessoas}$
 - $\text{Dom}(\text{RG}) = \text{RG}$
 - $\text{Dom}(\text{Idade}) = \text{Idade}$

Relação

- Relação R – instância do Esquema de Relação $\mathcal{R}(A_1, A_2, \dots, A_n)$
 - $R(\mathcal{R})$
 - $R \subseteq \text{Dom}(A_1) \times \text{Dom}(A_2) \times \dots \times \text{Dom}(A_n)$
 - R é um conjunto de tuplas t
 - cada tupla é um conjunto de valores v

$$R = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$$

$$t = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}, v_i \in \text{Dom}(A_i)$$

Modelo Intuitivo - TABELA

Dom(Nome) Dom(NUSP) Dom (Curso)

	Nome	NUSP	Curso
t_1	Paulo v_1	9999 v_2	SI v_3	v_n
t_2	Izabella	8888	SI	
t_3	João	1111	Comp	
...				
t_k				

Esquema de Relação \mathcal{R}

Relação R



Relação

- Número total de tuplas possíveis:
 - $|\text{Dom}(A_1)| \times |\text{Dom}(A_2)| \times \dots \times |\text{Dom}(A_n)|$
- $R(\mathcal{R})$ contém apenas as **tuplas válidas** que representam a situação de um determinado instante do mundo real
- **Esquema de Relação \mathcal{R}** \Rightarrow mudanças pouco frequentes
- **Relação R** \Rightarrow dinâmica



Relação

- Exemplo:
 - **Esquema de Relação Aluno:**
 - $\text{Aluno} = \{\text{Nome, RG, Idade}\}$
 - **Relação válida:**
 - $\text{R(Aluno)} = \{\langle\text{José, 12345, 21}\rangle,$
 $\quad \langle\text{Pedro, 54321, 18}\rangle,$
 $\quad \langle\text{Paulo, 321321, 22}\rangle\}$



Relação

- **Ordem nas Tuplas?**
 - relação ⇒ **conjunto** de tuplas
 - matematicamente não existe a ideia de ordem em conjuntos ⇒ **não existe uma ordem em particular para as tuplas de uma relação**

OBS: na implementação de um SGBDR existe uma ordem física de armazenamento das tuplas, o que pode determinar uma ordem na recuperação dos dados

Relação

- **Ordem nos valores de uma tupla?**
 - **tupla** ⇒ lista de **n** valores dispostos em uma **ordem determinada** de acordo com a disposição dos atributos no esquema da relação

Aluno = {Nome, RG, Idade}



<José, 12345, 21>



Registro no arquivo de dados

Relação

- Valores nas tuplas
 - os **valores** de uma tupla são **atômicos**
 - valor nulo (*null*)
 - valor desconhecido
 - valor não se aplica
 - valor conhecido mas não disponível

```
Aluno = {Nome, RG, Idade}
R(Aluno) = {<José, 12345, 21>,
            <Pedro, 54321, null >}
```



Restrições das Relações

1) Restrição de domínio

- o valor de cada atributo **A** deve ser um valor atômico pertencente a **Dom(A)**

2) Restrição de *null* para atributo

- determina quando o valor especial *null* é ou não permitido para um atributo

Aluno = {Nome, RG, Idade}

not null not null

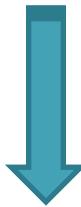
3) Restrição de unicidade (CHAVE)

- deve ser possível identificar univocamente cada tupla da relação



Restrição de Unicidade

- Relação é um **conjunto** de tuplas
 - pela teoria de conjuntos \Rightarrow **todas as tuplas devem ser distintas**
 - para garantir esta propriedade de maneira **eficiente** especifica-se uma **Restrição de Unicidade**



chave

CHAVE

- $C_{H_k}(R) = \{A_i, \dots, A_j\} \mid \{A_i, \dots, A_j\} \subseteq R$

$$t_g[C_{H_k}] \neq t_h[C_{H_k}] \quad \forall g, h \in R, g \neq h$$

- os valores dos atributos de uma chave CH_k são distintos para qualquer par de tuplas g e h da relação R
- Exemplo:
 - **Aluno** = {Nome, DataNasc, Curso, NUSP, CPF}
 - $C_{H1}(\text{Aluno}) = \{\text{NUSP}\}$
 - $C_{H2}(\text{Aluno}) = \{\text{CPF}\}$

Exemplo

- $C_{H1}(\text{Aluno}) = \{\text{NUSP}\}$
 - $t_g[\text{USP}] \neq t_h[\text{USP}] \quad \forall g, h \in \text{Aluno}, g \neq h$
- $C_{H2}(\text{Aluno}) = \{\text{CPF}\}$
 - $t_g[\text{CPF}] \neq t_h[\text{CPF}] \quad \forall g, h \in \text{Aluno}, g \neq h$

Nome	DataNasc	Curso	NUSP	CPF
Ana	10/04/2000	BCC	1	123
Maria	10/04/2000	BSI	2	124
Juliana	15/07/2001	BCC	3	222
Marcos	01/09/1999	EC	4	234
João	11/12/2000	BCC	5	156

Não há repetição em NUSP
Não há repetição em CPF



Chave

- **Chaves Candidatas:**
 - pode existir mais de uma chave para uma mesma relação
 - cada uma das chaves é chamada de **Chave Candidata.**
 - $C_{H1}(\text{Aluno}) = \{\text{NUSP}\}$
 - $C_{H2}(\text{Aluno}) = \{\text{CPF}\}$

Chave

- **Chave Primária - C_{H0}**
 - escolhida entre as chaves candidatas
 - a chave primária é frequentemente a mais utilizada para acessos à relação
 - Exemplo:
 - $C_{H0}(\text{Aluno}) = \{\text{NUSP}\}$
- **Outras Chaves Candidatas...**
 - Chave Secundária
 - Chave Terciária
 - ...

Chave

- Notação no Esquema da Relação

- $C_{H_0}(\text{Aluno}) = \{\text{NUSP}\}$
- $C_{H_1}(\text{Aluno}) = \{\text{CPF}\}$

Aluno = {CPF, Nome, Curso, NUSP}

Chave secundária

Chave primária



Chave

- Chaves candidatas podem ser:
 - **simples** => definidas por um único atributo
 - **compostas** => definidas por um conjunto de atributos
 - **a combinação de valores não se repete na relação**

Exemplo

Aluno = {NUSP, CPF, RG, UF, Nome}

Chave terciária (composta)

NUSP	CPF	RG	UF	Nome
1	123	567	SP	Ana
2	124	567	RJ	Maria
3	222	689	SP	Juliana
4	234	789	SP	Marcos
5	156	789	MG	João

↑
Não há repetição da combinação de RG e UF

Sobre notação de chaves compostas...

- $\text{CH}_0 = \{\text{A}, \text{B}\}$ (chave primária composta)
- $\text{CH}_1 = \{\text{C}, \text{D}\}$ (chave secundária composta)

$$R = \{\underline{\text{A}}, \underline{\text{B}}, \underline{\underline{\text{C}}}, \underline{\underline{\text{D}}}\}$$



$$R = \underline{\text{A}}, \underline{\text{B}}, \underline{\underline{\text{C}}}, \underline{\underline{\text{D}}}$$



$$R = \underline{\text{A}}, \underline{\underline{\text{C}}}, \underline{\text{B}}, \underline{\underline{\text{D}}}$$



Base de Dados Relacional

- O **ESQUEMA S** de uma base de dados relacional é composto por:
 - 1) um conjunto de esquemas de relações

$$S = \{\mathcal{R}_1, \mathcal{R}_2, \dots, \mathcal{R}_n\}$$

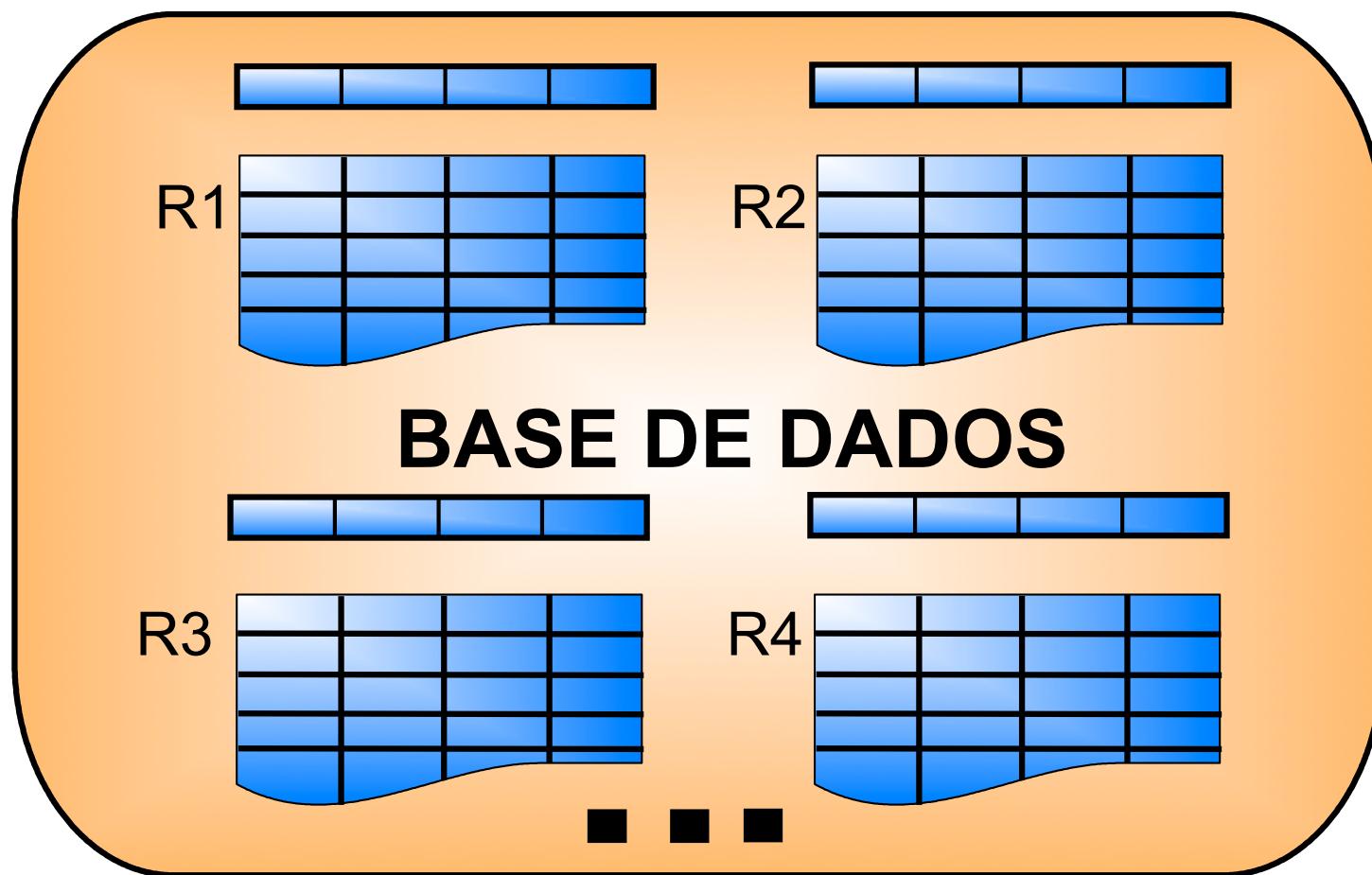
- 2) um conjunto de **Restrições de Integridade I**



Base de Dados Relacional

- Uma **BASE DE DADOS** relacional (uma **instância**) é composta por:
 - um conjunto de relações (tabelas)
$$BD = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$$
tal que cada R_i é uma instância de \mathcal{R}_i e cada R_i satisfaz todas as restrições indicadas em I

Base de Dados Relacional



Exemplo

- Base de Dados para armazenar informações sobre as diversas turmas de disciplinas oferecidas num semestre
- Esquemas de Relações:
 - Aluno = {Nome, NUSP, DataNasc, Curso, CPF}
 - Disciplina = {Sigla, Nome, NCreditos}
 - Matricula = {Aluno, Disciplina, Semestre, Ano, Nota}

Como garantir que uma matrícula corresponde a uma disciplina e a um aluno válidos?



Restrições de Integridade

- **Restrições de integridade**
 - regras a respeito dos valores que podem ser armazenados nas relações
 - objetivo: garantir **CONSISTÊNCIA**
 - quando identificadas no domínio do problema, devem ser satisfeitas na base de dados sempre que possível



Restrições de Integridade

- Principais restrições de integridade para uma BD relacional:
 - 1) Restrição de Integridade da Entidade
 - 2) Restrição de Integridade Referencial



Restrições de Integridade

1) Restrição de Integridade da Entidade

- a **chave primária NUNCA pode ser nula**
 - Disciplina = {Sigla, Nome, NCreditos}
- se a chave primária for **composta** por mais de um atributo, **NENHUM deles** pode ser nulo
 - Matricula = {Aluno, Disciplina, Semestre, Ano, Nota}



Restrições de Integridade

2) Restrição de Integridade Referencial

- definida entre duas relações (tabelas)
 - relaciona tuplas de duas tabelas por meio de **valores de atributos**
- usada para manter **consistência entre tuplas de duas tabelas relacionadas**
 - ex: tuplas de **Matrícula** e tuplas de **Aluno**



Chave Estrangeira

Restrição de Integridade Referencial

Disciplina

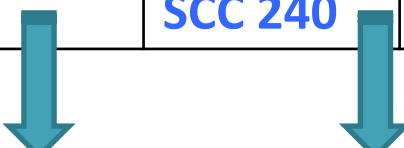
<u>Sigla</u>	<u>Nome</u>	...
SCC 240	Banco de Dados	
SCC 540	Banco de Dados	

Aluno

<u>NUSP</u>	<u>Nome</u>	...
1	Ana	
2	João	

Matrícula

<u>Aluno</u>	<u>Disciplina</u>	<u>Semestre</u>	<u>Ano</u>	...
1	SCC 240	1	2019	
1	SCC 240	1	2020	



Chaves Estrangeiras

Restrição de Integridade Referencial

- **Compatibilidade de Domínio:**
 - dois conjuntos de atributos quaisquer C e D são **compatíveis** quando:
 - o primeiro atributo de C tem o mesmo domínio do primeiro atributo de D
 - o segundo atributo de C tem o mesmo domínio do segundo atributo de D,
 - e assim por diante....

$$\begin{array}{c} C = \{C_1, C_2, C_3\} \\ \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \\ D = \{D_1, D_2, D_3\} \end{array}$$

The diagram illustrates the compatibility conditions between domains C and D. On the left, sets C and D are defined as $C = \{C_1, C_2, C_3\}$ and $D = \{D_1, D_2, D_3\}$. Three vertical arrows point from each element of C to its corresponding element in D: $C_1 \rightarrow D_1$, $C_2 \rightarrow D_2$, and $C_3 \rightarrow D_3$. A large blue arrow points from the bottom right towards a box containing three equations: $\text{Dom}(C_1) = \text{Dom}(D_1)$, $\text{Dom}(C_2) = \text{Dom}(D_2)$, and $\text{Dom}(C_3) = \text{Dom}(D_3)$.

$$\begin{array}{l} \text{Dom}(C_1) = \text{Dom}(D_1) \\ \text{Dom}(C_2) = \text{Dom}(D_2) \\ \text{Dom}(C_3) = \text{Dom}(D_3) \end{array}$$

Restrições de Integridade Referencial

- FK (*foreign key*) é uma **Chave Estrangeira** em uma relação R_1 que referencia uma relação R_2 se:
 - 1) FK é compatível em domínio com **toda a chave primária PK** de R_2

Por que FK
referencia a
Pk ? E toda a
PK?

Por que
compatibilidade
de domínio?



Restrições de Integridade Referencial

- **FK (foreign key)** é uma **Chave Estrangeira** em R_1 que referencia R_2 se:
 - 1) **FK** é compatível em domínio com **toda a chave primária PK** de R_2
 - 2) o **valor** da **FK** numa tupla t_i qualquer da relação R_1 :
 - **ou** é igual ao **valor** da **PK** de alguma tupla t_k da relação R_2
$$\Rightarrow t_i[\text{FK}] = t_k[\text{PK}], t_i \in R_1, t_k \in R_2$$
 - **ou** é **nulo** $\Rightarrow t_i[\text{FK}] = \text{null}$ (se não violar nenhuma outra restrição)



Restrições de Integridade Referencial

- As duas condições (anteriores) para a ocorrência da chave estrangeira determinam a **Restrição de Integridade Referencial** entre duas relações R_1 e R_2

$$R_1[\text{FK}] \longrightarrow R_2[\text{PK}]$$

No exemplo....

Matrícula [Aluno] \longrightarrow Aluno [NUSP]

Matrícula [Disciplina] \longrightarrow Disciplina [Sigla]

Matrícula

<u>Aluno</u>	<u>Disciplina</u>	<u>Semestre</u>	<u>Ano</u>	...
1	SCC 240	1	2019	
1	SCC 240	1	2020	

$$t_i[\text{Aluno}] = t_k[\text{NUSP}],$$

$$t_i \in \text{Matricula},$$

$$t_k \in \text{Aluno}$$

Disciplina

<u>Sigla</u>	<u>Nome</u>	...
SCC 240	Banco de Dados	
SCC 540	Banco de Dados	

$$t_i[\text{Disciplina}] = t_k[\text{Sigla}],$$

$$t_i \in \text{Matricula},$$

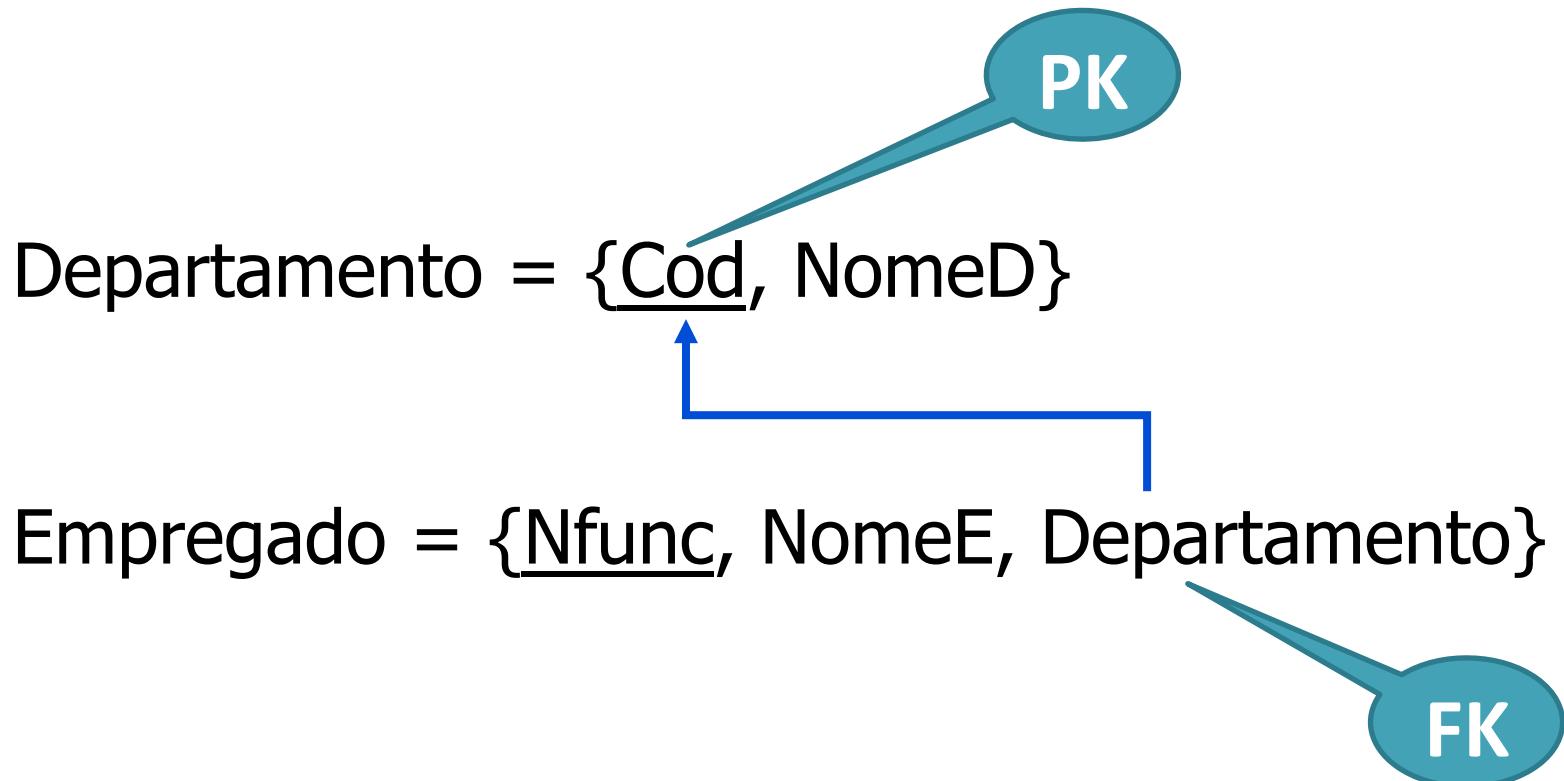
$$t_k \in \text{Disciplina}$$

Aluno

<u>NUSP</u>	<u>Nome</u>	...
1	Ana	
2	João	

Restrições de Integridade Referencial

- Chave Estrangeira (notação):



Restrições de Integridade Referencial

- Chave Estrangeira (notação):

Departamento = {Cod, NomeD}

Empregado = {Nfunc, Nome, Departamento}

Qual a SEMÂNTICA (relacionamento)
representada nestes esquemas de relação?

Restrições de Integridade Referencial

- Chave Estrangeira (notação):

Departamento = {Cod, NomeD}

Empregado = {Nfunc, Nome, Departamento}

A chave estrangeira {Departamento} pode ser nula? Por que?

Restrições de Integridade Referencial

- Exemplo

Disciplina = {Sigla, Nome, Ementa}

Turma = {Disciplina, NroTurma, NroAlunos}

A chave estrangeira
{Disciplina} pode ser
nula? Por que?

Restrições de Integridade Referencial

- Exemplo – **FK COMPOSTA**

Disciplina= {Sigla, Nome, Ementa}

Turma = {Disciplina, NroTurma, NroAlunos}

Matricula_Turma= {Aluno, Disciplina, NroTurma}

Aluno = {NUSP, Nome, DataNasc}

FK1

FK2 (composta)

Exemplo

Disciplina

Sigla	Nome	...
SCC 240	Banco de Dados	
SCC 241	Lab. Banco de Dados	

Turma

Disciplina	NroTurma	...
SCC 240	1	
SCC 241	1	
SCC 241	2	

FK composta:

- Compatibilidade de domínio com PK
- Referencia a PK completa

Matrícula_Turma [Disciplina, NroTurma] → Turma [Disciplina, NroTurma]
FK2 PK

Matrícula_Turma

Aluno	Disciplina	NroTurma	...
1	SCC 240	1	
1	SCC 241	2	
2	SCC 240	2	

X

Sobre notação da FK Composta...

Turma = {Disciplina, NroTurma, NroAlunos}

Matricula_Turma= {Aluno, Disciplina, NroTurma}

É equivalente a...

Turma = {Disciplina, NroTurma, NroAlunos}

Matricula_Turma= {Aluno, Disciplina, NroTurma}

Restrições de Integridade Referencial

- Exemplo

Quem é PK e quem é FK em cada esquema de relação?

Matricula_Turma = {Aluno, Disciplina, NroTurma}

Representante = {Aluno, Disciplina, Turma}

Qual a SEMÂNTICA (relacionamento) representada nestes esquemas de relação?

Restrições de Integridade Referencial

- Exemplo

$\text{Matricula_Turma} = \{\underline{\text{Aluno}}, \underline{\text{Disciplina}}, \text{NroTurma}\}$

$\text{Representante} = \{\text{Aluno}, \underline{\text{Disciplina}}, \underline{\text{Turma}}\}$

- $\text{Dom}(\text{Aluno}, \text{Disciplina}, \text{Turma}) = \text{Dom}(\text{Aluno}, \text{Disciplina}, \text{NroTurma})$
- $\{\text{Aluno}, \text{Disciplina}, \text{NroTurma}\}$ é chave primária em Matricula_Turma
- $\{\text{Aluno}, \text{Disciplina}, \text{Turma}\}$ é chave estrangeira em Representante
- $\{\text{Disciplina}, \text{Turma}\}$ é chave primária em Representante

Restrições de Integridade Referencial

- Exemplo

Matricula_Turma = {Aluno, Disciplina, NroTurma}

Representante = {Aluno, Disciplina, Turma}

É possível armazenar uma tupla com a chave estrangeira {Aluno, Disciplina, Turma} nula ou com algum atributo nulo ? Por que?

Restrições de Integridade Referencial

- Exemplo

Matricula_Turma = {Aluno, Disciplina, NroTurma}

Representante = {Aluno, Disciplina, Turma}

É possível armazenar uma tupla com a chave estrangeira {Aluno, Disciplina, Turma} nula ou com algum atributo nulo ? Por que?

Exemplo

Alunos = {Nome, No.USP, Idade}

$R1(\text{Alunos}) = \{\langle \text{Mario}, 1234, 20 \rangle,$
 $\quad \langle \text{Paulo}, 4321, \text{null} \rangle,$
 $\quad \langle \text{null}, 1234, 22 \rangle,$
 $\quad \langle \text{Thais}, \text{null}, 24 \rangle,$
 $\quad \langle \text{Mario}, 1235, 22 \rangle\}$

Disciplina = {Sigla, Monitor}

$R2(\text{Disciplina}) = \{\langle \text{SCC_104}, 1234 \rangle,$
 $\quad \langle \text{SCC_123}, 2222 \rangle,$
 $\quad \langle \text{SCC_149}, 1234 \rangle,$
 $\quad \langle \text{SCC_532}, \text{null} \rangle\}$

Quais restrições de
relação e de
integridade NÃO são
satisfitas nas tuplas
do exemplo? Por
quê?



Modelo Relacional

- **Projeto Lógico**

- criação de domínios (opcional)
- criação dos esquemas de relação
- definição de
 - restrições de relação
 - restrições de integridade



Sugestão de Leitura

- **ELMASRI, R; NAVATHE, S.B.** – *Sistemas de Banco de Dados*, Addison Wesley,
 - 4^a Edição.
 - **Capítulo 5** – O Modelo de Dados Relacional e as Restrições de um Banco de Dados Relacional
 - 6^a Edição
 - **Capítulo 3** - O Modelo de Dados Relacional e as Restrições de um Banco de Dados Relacional

Exercício:

Um médico deseja informatizar sua clínica, armazenando as informações de seus pacientes, dos convênios utilizados e dos exames realizados por eles. Cada paciente pode realizar vários exames na clínica, sendo que cada exame pode ser feito por um convênio diferente. Além disso, a cada exame realizado por um paciente está associado um diagnóstico principal. É necessário armazenar o nome, CPF, RG, telefone e endereço de cada paciente. Os exames possuem um código e um tipo. Os convênios possuem nome, CNPJ, e nome e telefone da pessoa de contato. É importante ainda que o sistema permita a geração de um relatório mensal de todos os exames realizados no mês por um determinado convênio.

- a) crie o esquema relacional para a base de dados, indicando chave primária e demais chaves candidatas (se houver), e as restrições de integridade referencial;

continua...

b) defina todos os domínios (nome, definição lógica, tipo de dado e formato) necessários para o esquema criado no item a);

ex: Nomes de Pessoas: conjunto de todos os nomes possíveis para pessoas – *string* de 60 caracteres

c) para cada esquema de relação:

- defina o domínio de cada atributo

ex: Dom(Nome) = Nomes de Pessoas

- indique quais atributos podem e quais não podem receber valor nulo (restrições de *null*)

d) crie uma instância da base de dados, e exemplifique tuplas válidas e inválidas de acordo com as restrições de integridade de uma BD relacional. Explique cada caso (qual é restrição e por que é ou não atendida em cada tupla).