

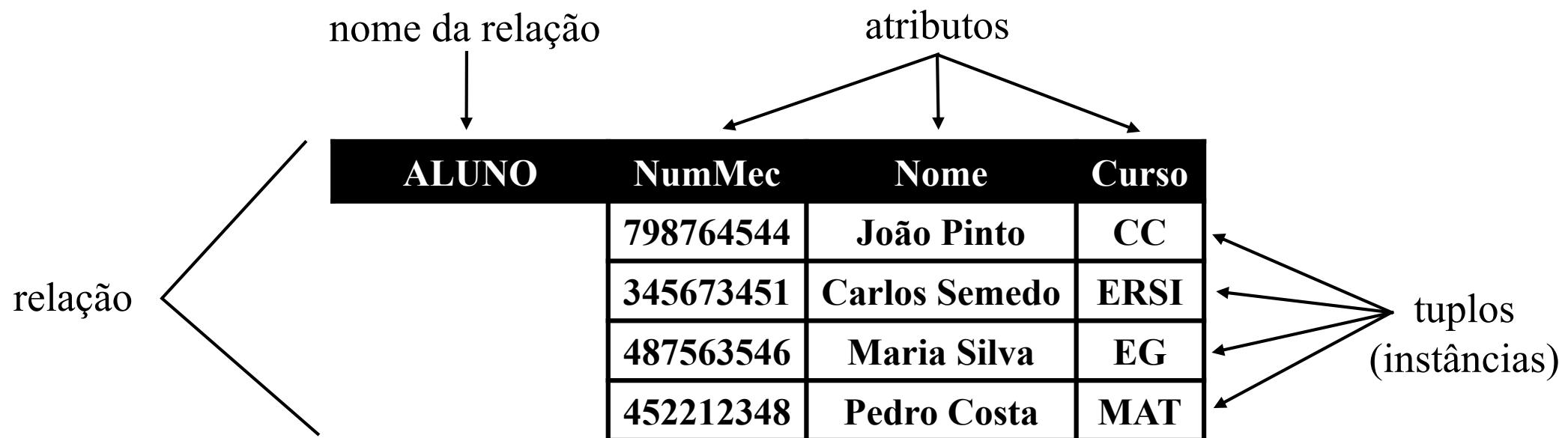
# **Bases de Dados**

## **Parte III**

### **O Modelo Relacional**

# O Modelo Relacional

- Foi introduzido em 1970 por Ted Codd da IBM Research.
- É baseado no conceito de **relação**, onde uma relação é uma **tabela de valores** (modelo para armazenamento dos dados).
- Uma tabela de valores pode ser vista como um conjunto de linhas ou **tuplos**.
- Cada **tuplo** é identificado por um conjunto de colunas ou **atributos**.
- Uma base de dados é representada como um **conjunto de relações**.



# Conceitos Básicos e Notação Genérica

## ■ Relação

- ★ Conjunto **não ordenado** de tuplos.
- ★ As relações representam **entidades-tipo** ou **relacionamentos** da base de dados.
- ★ As relações são definidas por esquemas do tipo  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ , onde  $R$  é o **nome** da relação e  $A_1, A_2, \dots, A_n$  é a **lista de atributos**.

## ■ Atributo

- ★ Nome que identifica uma **característica/propriedade** de uma relação.
- ★  $R.A_i$  representa o atributo  $A_i$  da relação  $R$ .
- ★ **Domínio** do atributo = conjunto de **valores atómicos** (i.e. **Indivisíveis**) que um atributo pode tomar.
  - No modelo relacional os atributos **não podem** ser do tipo composto ou multi-valor.
- ★  $\text{dom}(A_i)$  representa o **domínio** do atributo  $A_i$ .

# Conceitos Básicos e Notação Genérica

## ■ Tuplo

- ★ Sequência ordenada de valores.
- ★ Todos os tuplos de uma relação são necessariamente **diferentes** pois representam entidades ou relacionamentos específicos da base de dados.
- ★ Os tuplos são definidos por sequências do tipo  $\langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$ , onde cada  $v_i$  corresponde ao valor do tuplo para o atributo  $A_i$  ou ao valor **NULL**.  
 $v_i \in \text{dom}(A_i)$  ou  $v_i = \text{NULL}$ .
- ★  $t[A_i]$  ou  $t[i]$  representa o valor do tuplo  $t$  para o atributo  $A_i$ .

# Chaves e Superchaves

## ■ **Superchave**

- ★ Subconjunto de atributos de uma relação para a qual **todos** os tuplos são diferentes.
- ★ Permite identificar de forma única os tuplos de uma relação.
- ★ Todas as relações têm por defeito uma superchave – o conjunto de todos os atributos da relação.

## ■ **Chave**

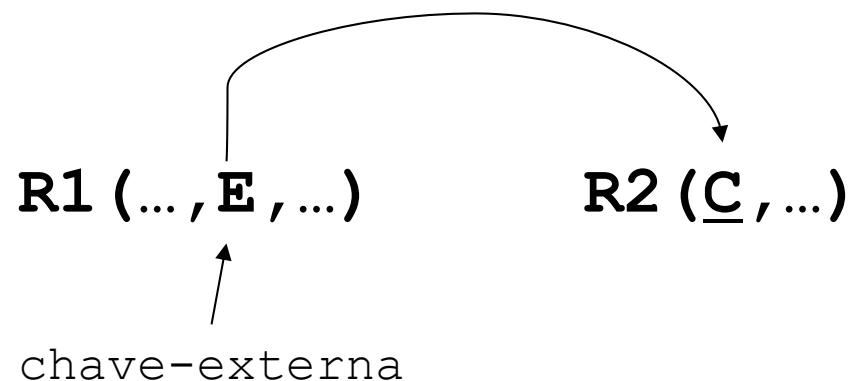
- ★ **Superchave mínima** – a remoção de um atributo de uma chave resulta num subconjunto de atributos que não é uma superchave.

## ■ **Chave primária**

- ★ Uma relação pode ter várias **chaves**, mas apenas uma deve ser designada como a **chave primária** da relação.
- ★ A escolha da chave primária de uma relação é arbitrária, mas no entanto é usual escolher a chave com o menor número de atributos.
- ★ No esquema de uma relação, a chave primária é representada sublinhada.

# Chaves Externas

- Conjunto de atributos E de uma relação  $R_1$  que referenciam a chave C de uma outra relação  $R_2$ .
  - ★ O domínio dos atributos E é o mesmo dos atributos C.
  - ★ Os valores de E para um determinado tuplo de  $R_1$  ou ocorrem nos valores de C para um tuplo de  $R_2$  ou são NULL.
- A chave externa E de  $R_1$  define uma **restrição de integridade referencial** de  $R_1$  para  $R_2$  (garante a consistência entre os tuplos de  $R_1$  e  $R_2$ ).
- No esquema relacional, a chave externa E é representada por um arco de E para C.



# Restrições de Integridade

- Integridade de domínio
  - ★ Os valores de um atributo devem pertencer ao domínio do atributo.
- Integridade da chave
  - ★ Não podem existir dois tuplos de uma relação com valores iguais na chave primária.
- Integridade de entidade
  - ★ Os valores da chave primária não podem ser nulos.
- Integridade referencial
  - ★ Um tuplo que referencia outra relação tem de referenciar um tuplo existente nessa outra relação (chave externa).

# Base de Dados Relacional

- Base de dados relacional
  - ★ Esquema relacional
  - ★ Estado corrente
- Esquema relacional de uma base de dados
  - ★ Conjunto de esquemas de todas as suas relações
  - ★ Conjunto de restrições de integridade
- Restrições de integridade
  - ★ Uma base de dados deve satisfazer sempre as restrições de integridade.
  - ★ Quando isso não acontece, diz-se que a base de dados está num estado inválido.
  - ★ As três operações básicas que podem violar as restrições de integridade são as operação de **inserção, remoção e alteração** (alteração = remoção + inserção).

# Esquema de Relação e Instância

- Sejam  $A_1, A_2, \dots, A_n$  nomes de atributos com domínios  $D_1, D_2, \dots, D_n$  respectivamente.
  - ★ e.g. ALUNO-NumMec com domínio {798764544, 345673451, ...}
  - ★ e.g. ALUNO-Nome com domínio {João Pinto, Carlos Semedo, ...}
  - ★ e.g. ALUNO-Curso com domínio {CC, ERSI, ...}
- $R = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  é um **esquema de relação**
  - ★ e.g. Aluno-Esquema = (ALUNO-NumMec, ALUNO-Nome, ALUNO-Curso))
- $r(R)$  é uma relação no esquema de relação  $R$ 
  - ★ e.g. ALUNO(Aluno-Esquema)
- Formalmente, dados  $D_1, D_2, \dots, D_n$ , uma relação  $r$  é um subconjunto do produto cartesiano  $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$ 
  - ★ i.e. uma relação é um conjunto de tuplos  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  em que  $a_i \in D_i$

# Operação de Inserção

- Permite inserir novos tuplos numa relação.
- Pode violar qualquer uma das quatro restrições de integridade:
  - ★ **Domínio:** se um dos valores não pertence ao domínio do atributo respetivo.
  - ★ **Chave:** se o valor da chave já existe num outro tuplo da relação.
  - ★ **Entidade:** se o valor da chave é NULL.
  - ★ **Referencial:** se uma chave externa referencia um tuplo não existente na relação referenciada.
- Quando uma operação de inserção viola uma das restrições, o SGBD pode:
  - ★ Rejeitar a inserção, avisar o utilizador e indicar a restrição violada;
  - ★ Tentar corrigir as razões pelas quais ocorreu uma violação das restrições de integridade (este tipo de suporte não é típico dos SGBDs).

# Operação de Remoção

- Permite remover tuplos de uma relação.
- É necessário indicar uma condição sobre os atributos que selecione o tuplo ou tuplos a serem removidos.
  - ★ Remover o EMPREGADO com NumBI = '98563435'.
- Pode violar a restrição de integridade referencial se o tuplo a remover é referenciado pela chave externa de outro tuplo. Quando isso acontece, o SGBD pode:
  - ★ Rejeitar a remoção e avisar o utilizador;
  - ★ Procurar propagar a operação e remover todos os tuplos que referenciam o tuplo que está a ser removido;
  - ★ Alterar para NULL o valor dos atributos (não podem ser atributos chave) de todos os tuplos que referenciam o tuplo que está a ser removido;
  - ★ Combinar as opções anteriores. Por exemplo, remover os tuplos relacionados de TRABALHA\_EM e DEPENDENTE e alterar para NULL os atributos relacionados de SuperBI e GerenteBI.

# Conversão para o Modelo Relacional

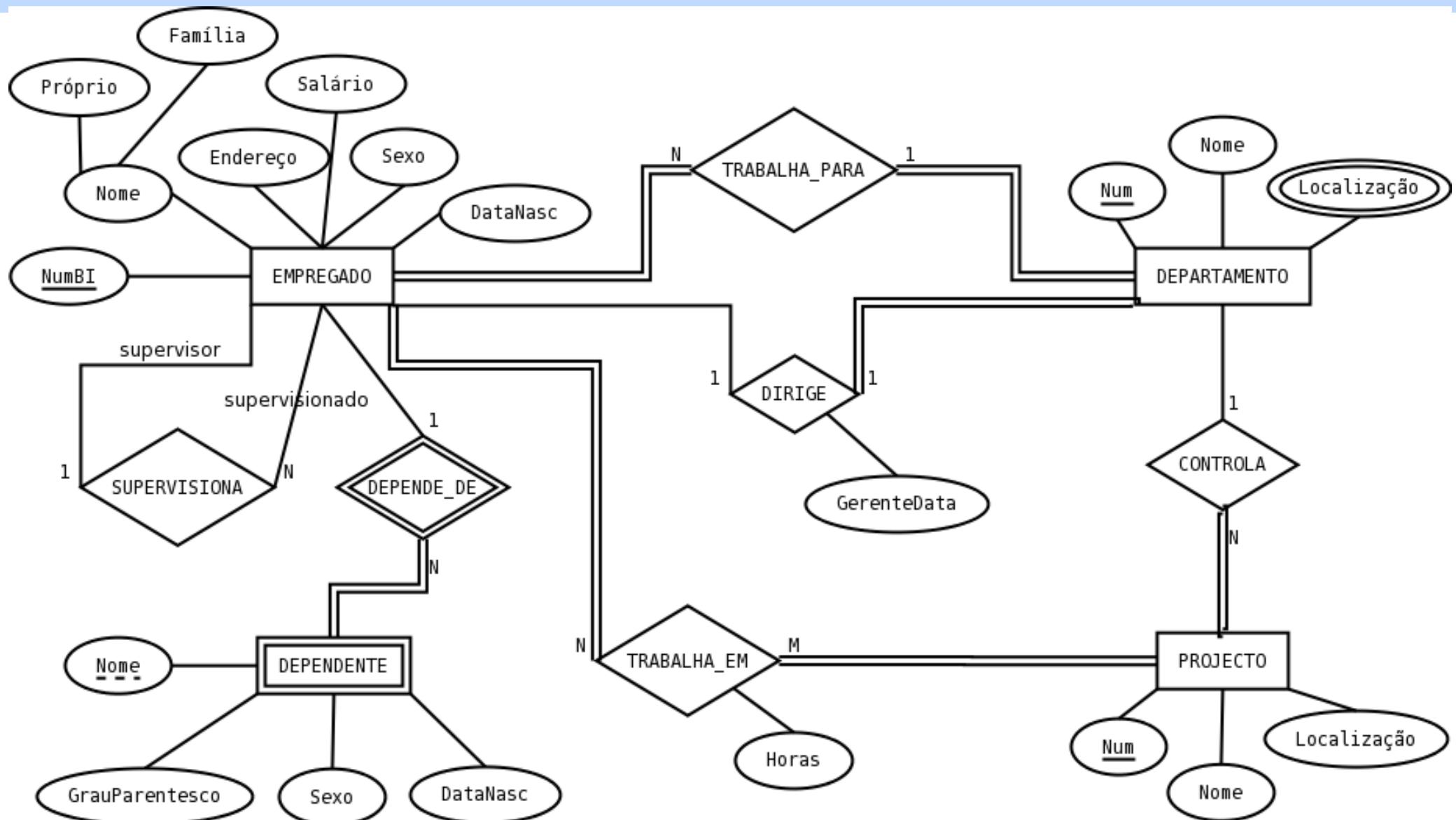
## ■ Modelo ER

- ★ **Passo 1:** Entidades-tipo
- ★ **Passo 2:** Entidades fracas
- ★ **Passo 3:** Relacionamentos 1:1
- ★ **Passo 4:** Relacionamentos 1:N
- ★ **Passo 5:** Relacionamentos M:N
- ★ **Passo 6:** Atributos multi-valor
- ★ **Passo 7:** Relacionamentos de grau superior a 2

## ■ Modelo EER

- ★ **Passo 8:** Especializações e generalizações
- ★ **Passo 9:** Categorias

# BD EMPRESA

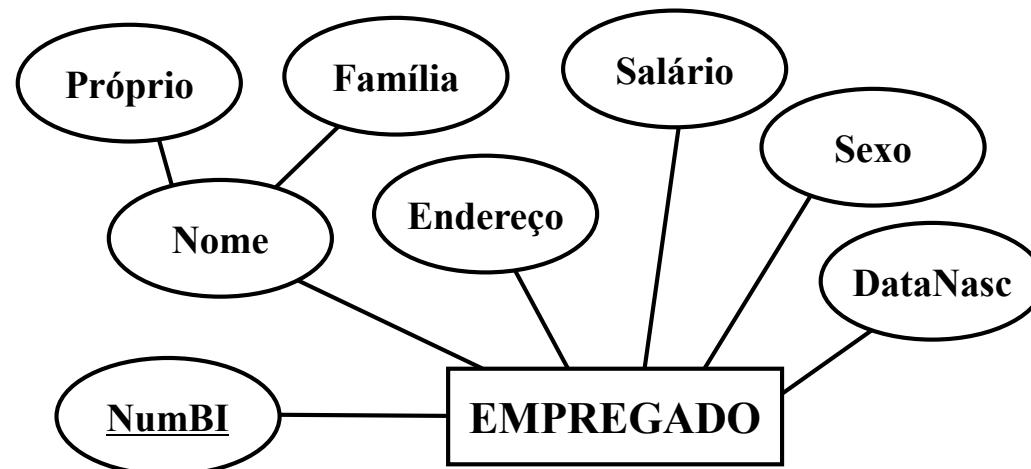


# Conversão para o Modelo Relacional

As entidades-tipo passam a relações.

- **Passo 1: Entidade-tipo E → Relação R**

- ★ Atributos simples de E → Atributos de R
- ★ Atributos simples de um atributo composto de E → Atributos de R
- ★ Atributos chave de E → Chave primária de R



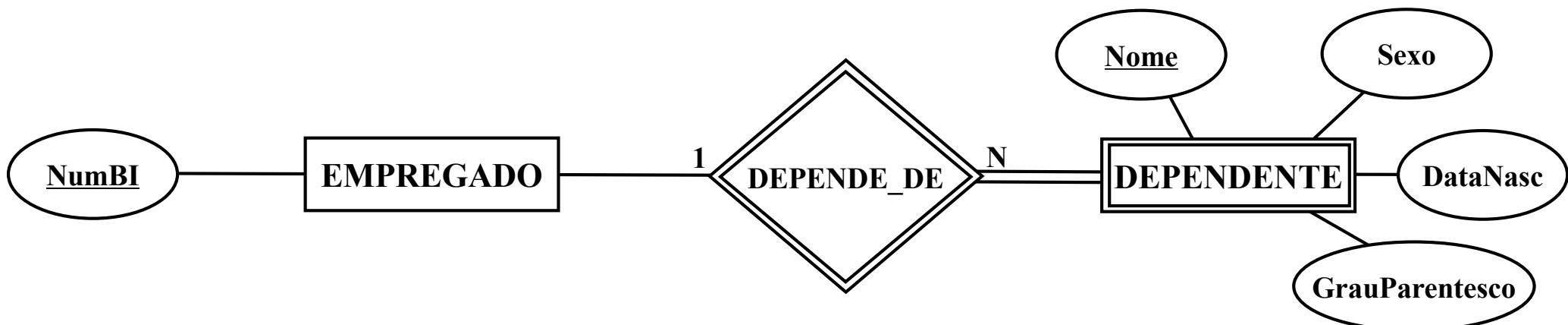
**EMPREGADO**(**NomeP**, **NomeF**, **NumBI**, Endereço, Salário, Sexo, DataNasc)

# Conversão para o Modelo Relacional

As entidades-fracas passam a relações usando os relacionamentos identificadores.

## ■ Passo 2: Entidade fraca F com entidade identificadora E → Relação R

- ★ T relação associada a E
- ★ Atributos simples/compostos de F → Atributos de R
- ★ Chave primária de T → Chave externa de R
- ★ Chave primária de T + Atributos da chave parcial de F → Chave primária de R

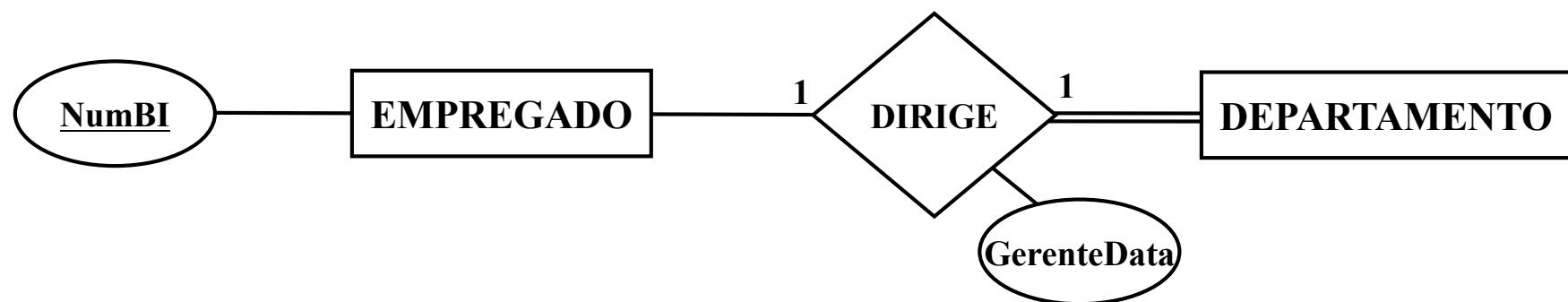


**DEPENDENTE(EmpBI, Nome, Sexo, DataNasc, GrauParentesco)**

# Conversão para o Modelo Relacional

## ■ Passo 3A (opção chave externa): Relacionamento 1:1 R(E1,E2)

- ★ E2 com participação total em R
- ★ T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
- ★ Atributos simples/compostos de R → Atributos de T2
- ★ Chave primária de T1 → Chave externa de T2



DEPARTAMENTO(Nome, Num, **GerenteBI**, **GerenteData**)

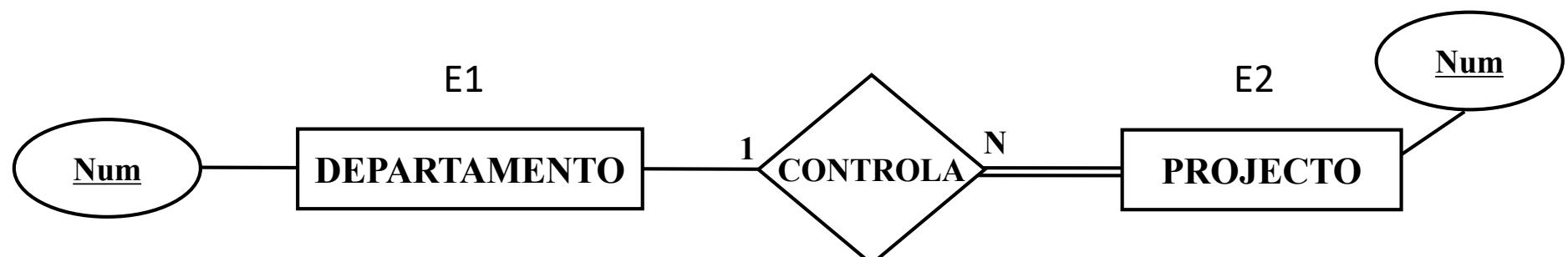
# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 3B (opção juntar relações): Relacionamento 1:1 R(E1,E2)**
  - ★ E1 e E2 com participação total em R
  - ★ T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - ★ **T1 → Juntar com T2**
  - ★ **Atributos simples/compostos de R → Atributos de T2**
- **Passo 3C (opção referência cruzada): Relacionamento 1:1 R(E1,E2)**
  - ★ Existência de poucas instâncias relacionadas
  - ★ T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - ★ **R → Relação S**
  - ★ **Atributos simples/compostos de R → Atributos de S**
  - ★ **Chave primária de T1 → Chave externa de S**
  - ★ **Chave primária de T2 → Chave externa de S**
  - ★ **Chave primária de T1 ∨ Chave primária de T2 → Chave primária de S**

# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 4A (opção chave externa): Relacionamento 1:N R(E1,E2)**

- ★ T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
- ★ Atributos simples/compostos de R → Atributos de T2
- ★ Chave primária de T1 → Chave externa de T2



T1 = DEPARTAMENTO(Num,...)

T2 = PROJECTO(Nome, Num,...)

PROJECTO(Nome, Num, Localização, **NumDep**)

# Conversão para o Modelo Relacional

## ■ Passo 4B (opção referência cruzada): Relacionamento 1:N R(E1,E2)

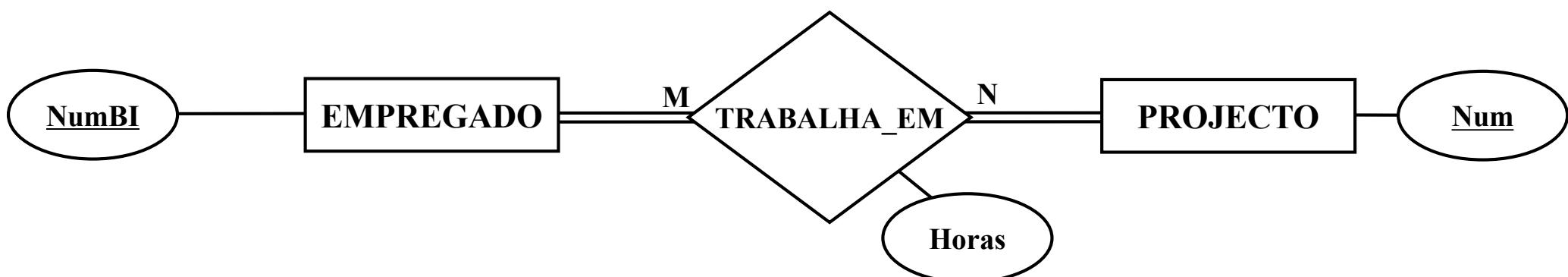
- ★ Existência de poucas instâncias relacionadas
- ★ T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
- ★ **R → Relação S (origem a nova relação)**
- ★ **Atributos simples/compostos de R → Atributos de S**
- ★ **Chave primária de T1 → Chave externa de S**
- ★ **Chave primária de T2 → Chave externa de S**
- ★ **Chave primária de T2 → Chave primária de S**

Pode ser útil para evitar um nº excessivo de valores nulos caso apenas alguns tuplos de T2 participem na relação.

# Conversão para o Modelo Relacional

## ■ Passo 5: Relacionamento M:N R(E1,E2)

- ★ T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
- ★  $R \rightarrow$  Relação S
- ★ Atributos simples/compostos de R  $\rightarrow$  Atributos de S
- ★ Chave primária de T1  $\rightarrow$  Chave externa de S
- ★ Chave primária de T2  $\rightarrow$  Chave externa de S
- ★ Chave primária de T1 + Chave primária de T2  $\rightarrow$  Chave primária de S



**TRABALHA\_EM(EmpBI, NumProj, Horas)**

# Conversão para o Modelo Relacional

## ■ Passo 6: Atributo multi-valor A da entidade ou relacionamento X

- ★ T relação associada a X
- ★ **A\_X → Relação S (dá lugar a nova relação)**
- ★ A → Atributo de S
- ★ Chave primária de T → Chave externa de S
- ★ Chave primária de T + A → Chave primária de S

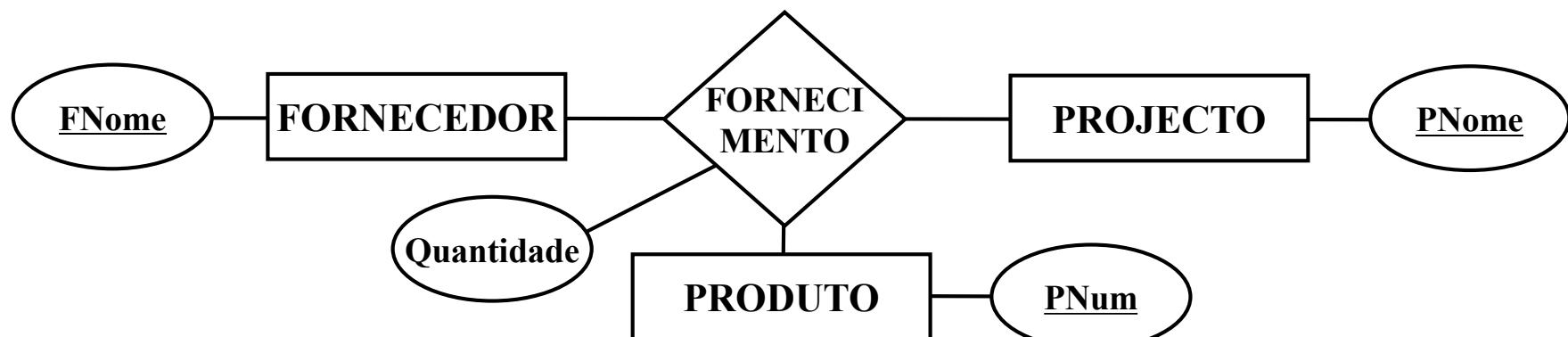


**LOCALIZAÇÕES\_DEP(NumDep, Localização)**

# Conversão para o Modelo Relacional

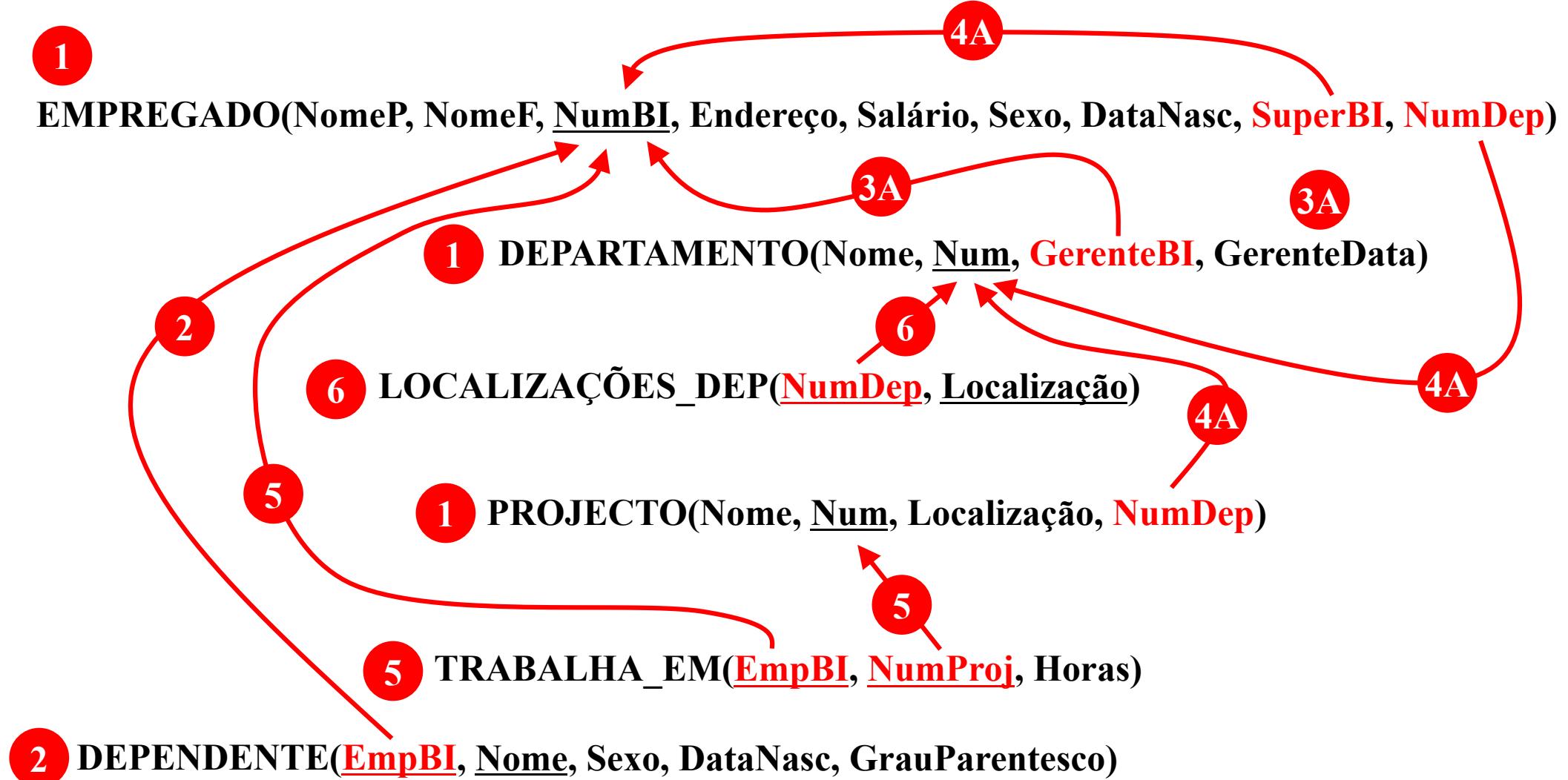
## ■ Passo 7: Relacionamento $R(E_1, \dots, E_n)$ , $n > 2$

- ★  $T_1, \dots, T_n$  relações associadas a  $E_1, \dots, E_n$
- ★  $R \rightarrow \text{Relação } S$  (**dá lugar a nova relação**)
- ★ Atributos simples/compostos de  $R \rightarrow$  Atributos de  $S$
- ★ Chave primária de  $T_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )  $\rightarrow$  Chave externa de  $S$
- ★ Chave primária de  $T_1 + \dots +$  Chave primária de  $T_n \rightarrow$  Chave primária de  $S$
- ★ Não incluir na chave primária de  $S$  as chaves das entidades com cardinalidade 1



**FORNECIMENTO(FNome, PNome, PNum, Quantidade)**

# Conversão para o Modelo Relacional da BD EMPRESA

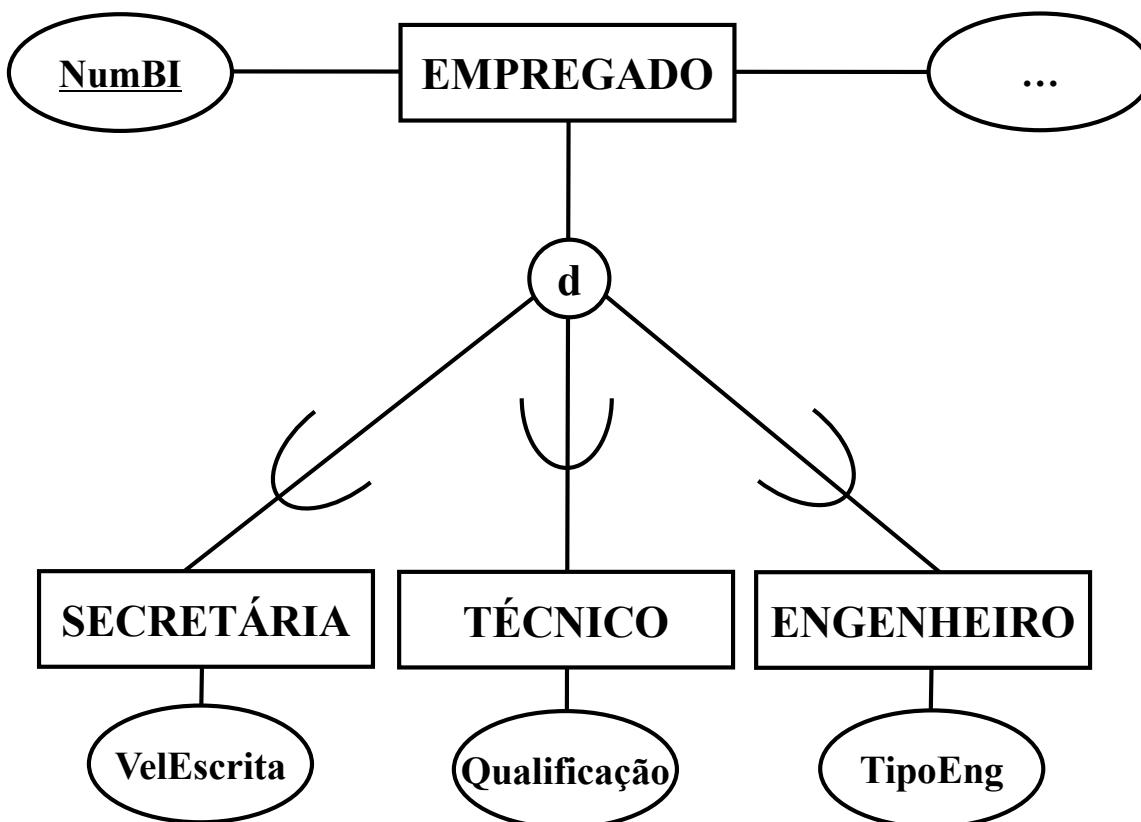


# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 8A (opção superclasse e subclasses): N especializações {C1, ..., Cn} de 1 generalização G**
  - ★ **G → Relação S**
  - ★ **Atributos simples/compostos de G → Atributos de S**
  - ★ **Atributos chave de G → Chave primária de S**
  - ★ **Ci ( $1 \leq i \leq n$ ) → Relação Ti**
  - ★ **Atributos simples/compostos de Ci ( $1 \leq i \leq n$ ) → Atributos de Ti**
  - ★ **Chave primária de S → Chave externa de Ti ( $1 \leq i \leq n$ )**

# Conversão para o Modelo Relacional

## ■ Passo 8A (opção superclasse e subclasses)



**EMPREGADO(..., NumBI)**

**SECRETÁRIA(EmpBI, VelEscrita)**

**TÉCNICO(EmpBI, Qualificação)**

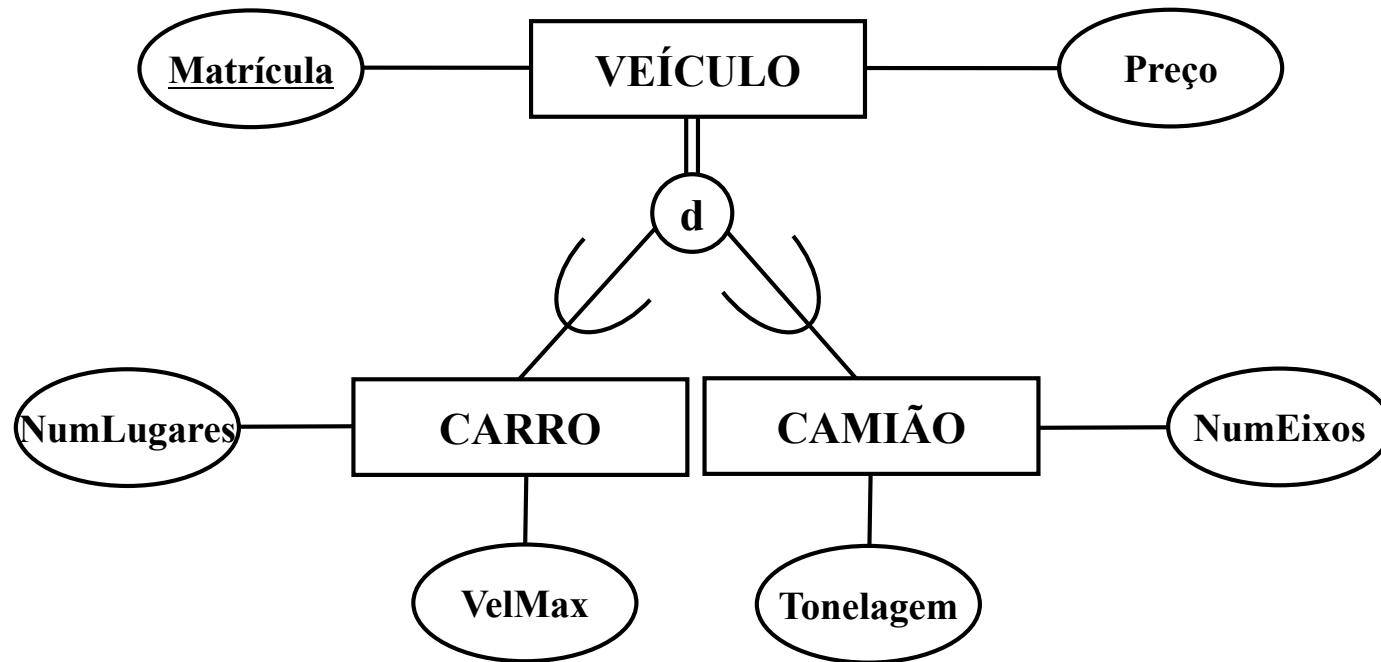
**ENGENHEIRO(EmpBI, TipoEng)**

# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 8B (opção subclasses): Especialização  $\{C_1, \dots, C_n\}$  de G**
  - ★ Especialização disjunta total
  - ★  $C_i (1 \leq i \leq n) \rightarrow$  Relação  $T_i$
  - ★ Atributos simples/compostos de  $C_i (1 \leq i \leq n) \rightarrow$  Atributos de  $T_i$
  - ★ Atributos simples/compostos de G → Atributos de  $T_i (1 \leq i \leq n)$
  - ★ Atributos chave de G → Chave primária de  $T_i (1 \leq i \leq n)$

# Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8B (opção subclasses)



**CARRO(Matrícula, Preço, NumLugares, VelMax)**

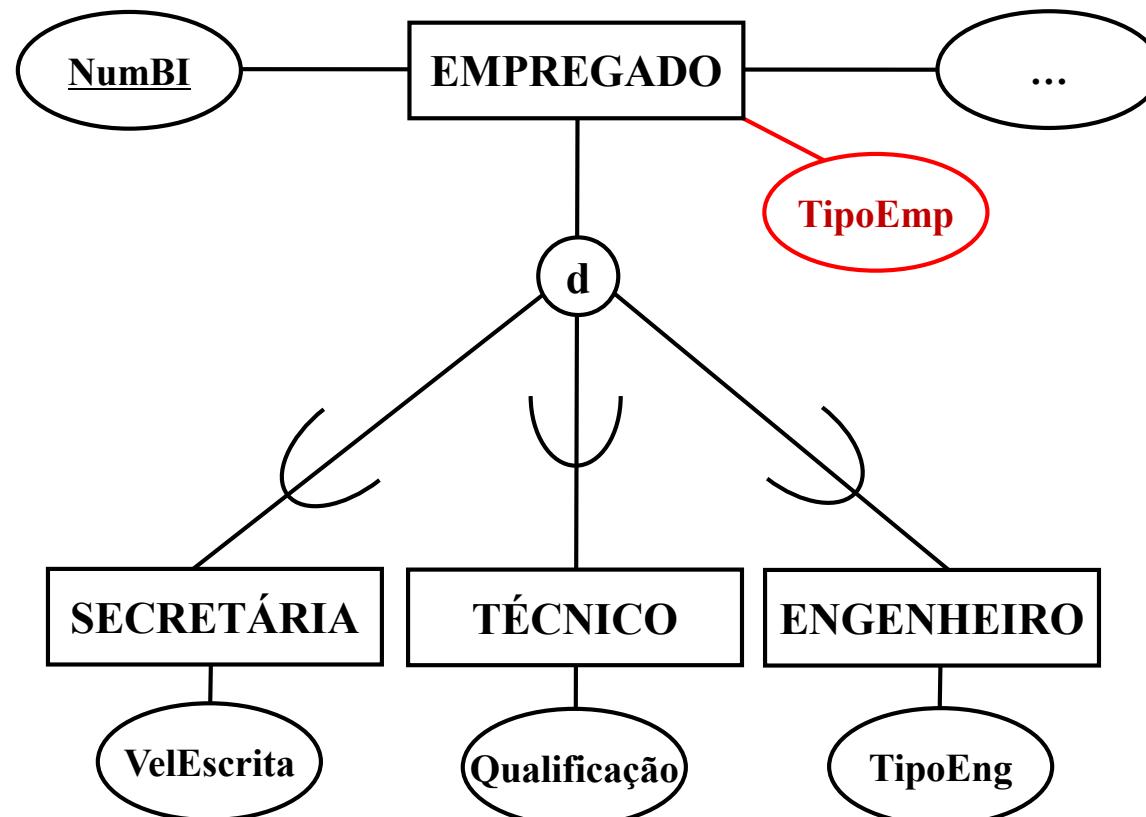
**CAMIÃO(Matrícula, Preço, Tonelagem, NumEixos)**

# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 8C (opção atributo discriminante): Especialização {C1, ..., Cn} de G**
  - ★ Especialização disjunta
  - ★ Existência de poucos atributos nas subclasses
  - ★ Definir um novo atributo A em G que discrimine a subclasse a que cada tuplo pertence
  - ★ **G → Relação S**
  - ★ **Atributos simples/compostos de G → Atributos de S**
  - ★ **Atributos simples/compostos de Ci ( $1 \leq i \leq n$ ) → Atributos de S**
  - ★ **Atributos chave de G → Chave primária de S**

# Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8C (opção atributo discriminante)



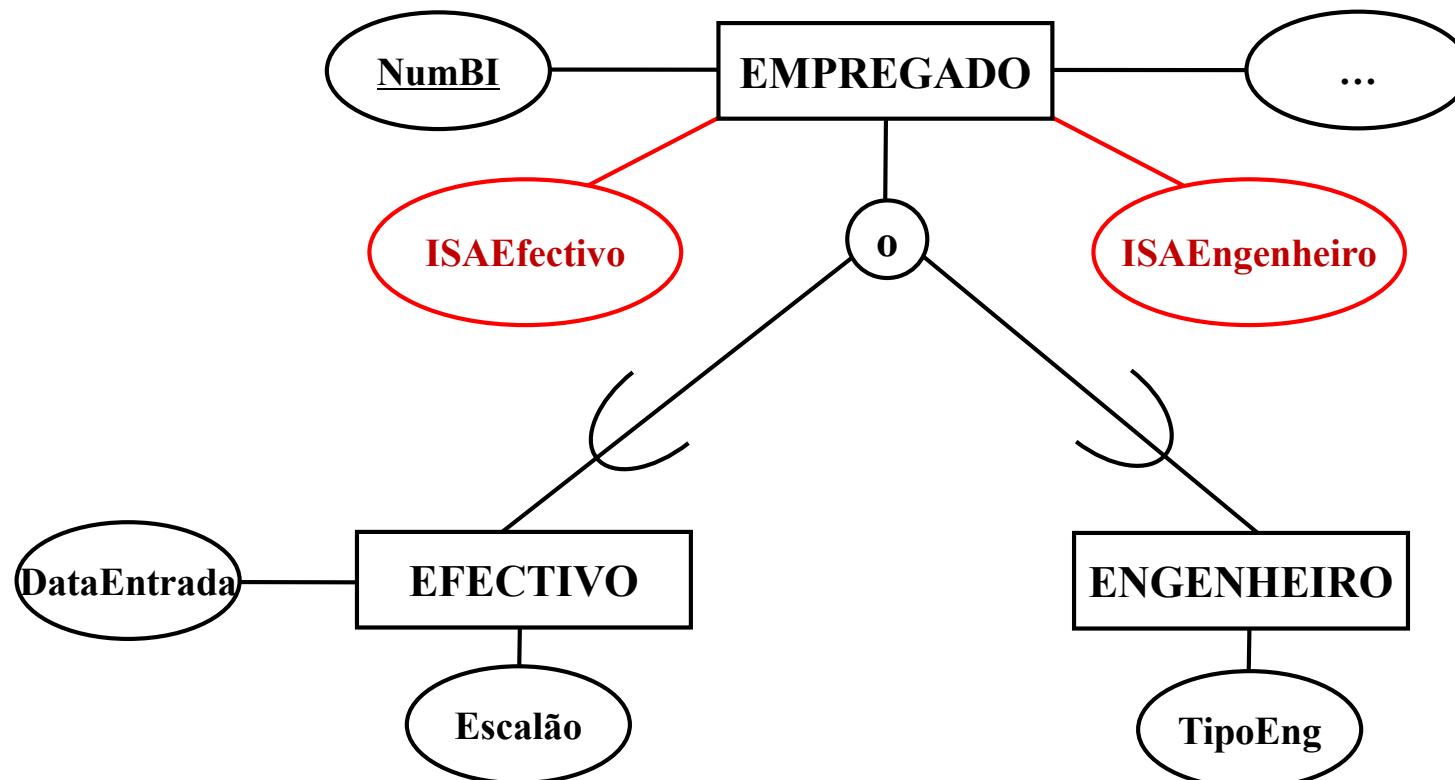
**EMPREGADO(..., NumBI, TipoEmp, VelEscrita, Qualificação, TipoEng)**

# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 8D (opção atributos de seleção): Especialização  $\{C_1, \dots, C_n\}$  de G**
  - ★ Especialização com sobreposição
  - ★ Existência de poucos atributos nas subclasses
  - ★ Definir novos atributos  $A_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) em G que discriminem se um tuplo pertence a  $C_i$
  - ★ **G → Relação S**
  - ★ **Atributos simples/compostos de G → Atributos de S**
  - ★ **Atributos simples/compostos de  $C_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) → Atributos de S**
  - ★ **Atributos chave de G → Chave primária de S**

# Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8D (opção atributos de seleção)



**EMPREGADO(..., NumBI, ISAEfectivo, DataEntrada, Escalão, ISAEngenheiro, TipoEng)**

# Diferenças entre os Passos 8A-8D

- Passos 8A e 8B dão origem a múltiplas relações
  - ★ Reunir os registos todos correspondentes à superclasse, obriga ao uso de JOINs
- Passos 8C e 8D dão origem a apenas 1 relação
  - ★ Pode acontecer haver muitos NULLs em alguns dos atributos vindos das subclasses
  - ★ Evita a operação de JOIN, à custa de uso de mais memória

# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 9A (opção chaves iguais): Categoria K de {C1, ..., Cn}**

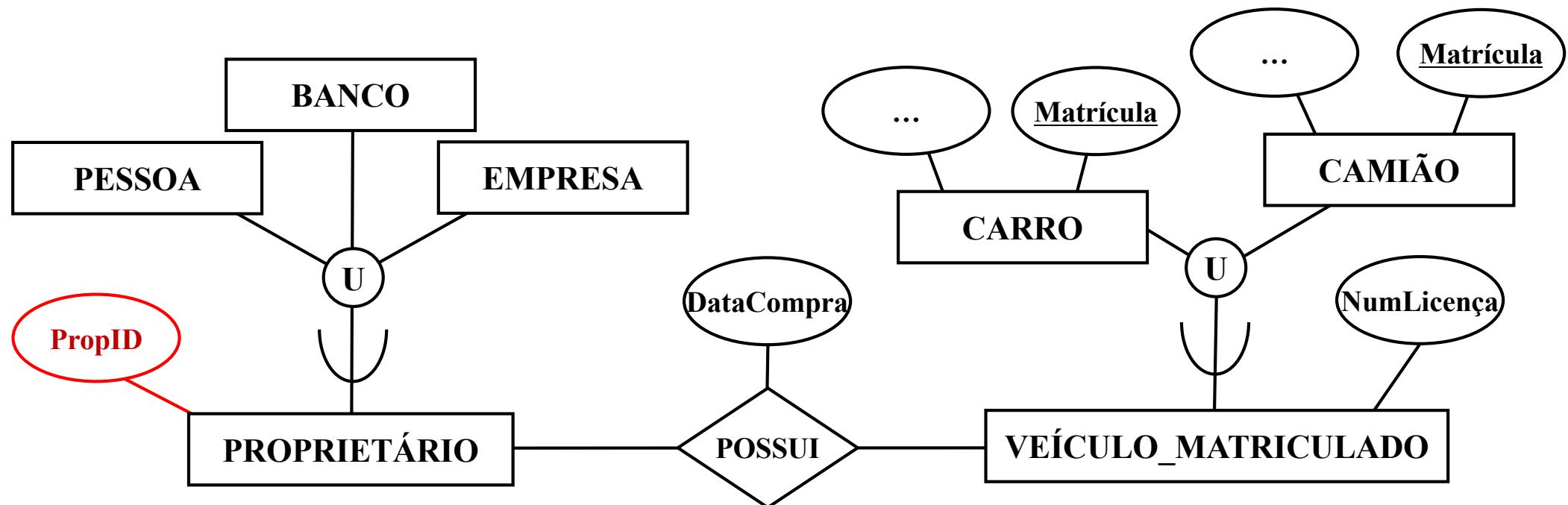
- ★ T1, ..., Tn têm chaves primárias iguais
- ★ T1, ..., Tn relações associadas a C1, ..., Cn
- ★ **K → Relação S**
- ★ Atributos simples/compostos de K → Atributos de S
- ★ Chave primária de T1 → Chave primária de S

# Conversão para o Modelo Relacional

- **Passo 9B (opção chaves diferentes): Categoria K de {C1, ..., Cn}**
  - ★ T1, ..., Tn têm chaves primárias diferentes
  - ★ T1, ..., Tn relações associadas a C1, ..., Cn
  - ★ Definir um novo atributo A em K que identifique de forma única as instâncias de K
  - ★ **K → Relação S**
  - ★ **Atributos simples/compostos de K → Atributos de S**
  - ★ **A → Chave primária de S**
  - ★ **A → Chave externa de Ti ( $1 \leq i \leq n$ )**

# Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 9A (opção chaves iguais) e 9B (opção chaves diferentes)



PESSOA(..., **PropID**)

CAMIÃO(Matrícula, ...)

**PROPRIETÁRIO(PropID)**

BANCO(..., **PropID**)

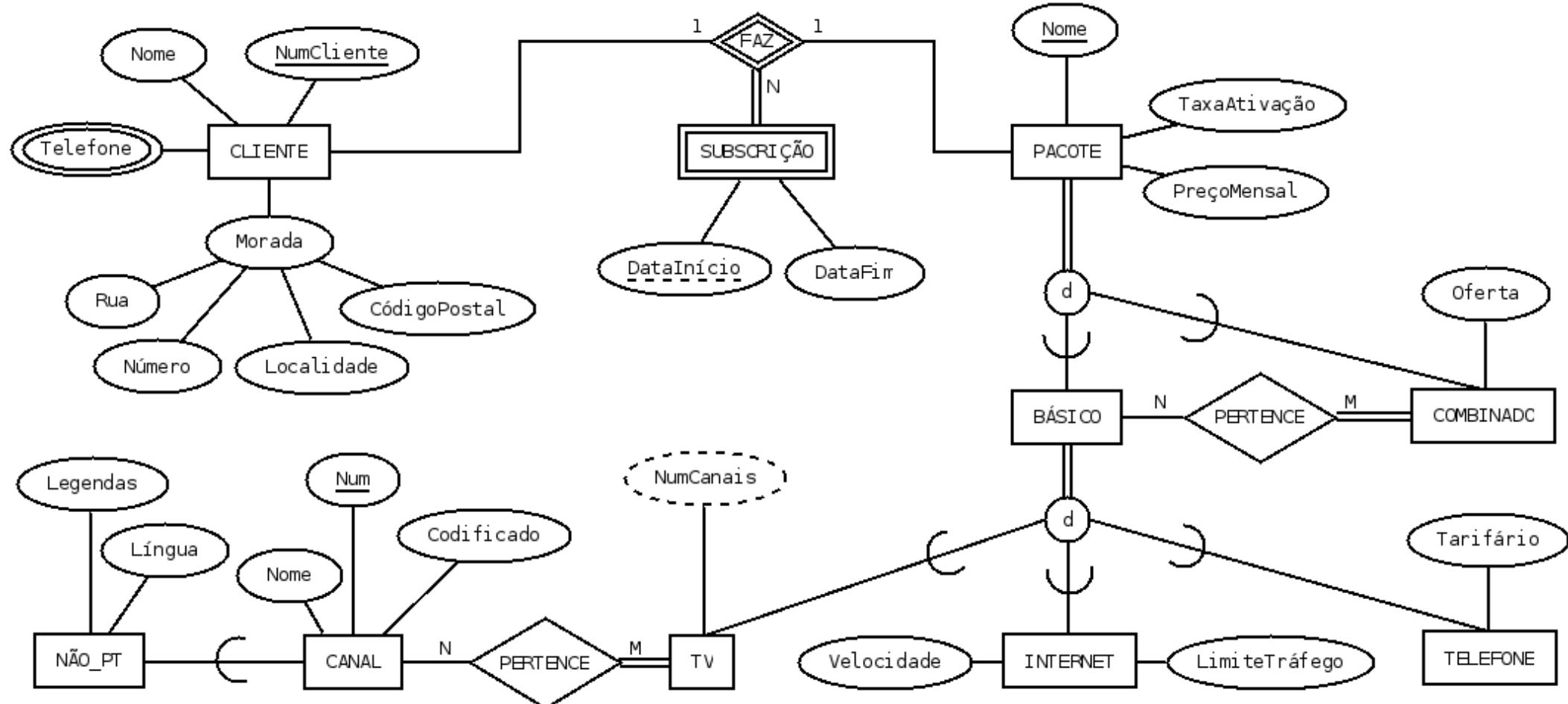
CARRO(Matrícula, ...)

**POSSUI(PropId, Matrícula, DataCompra)**

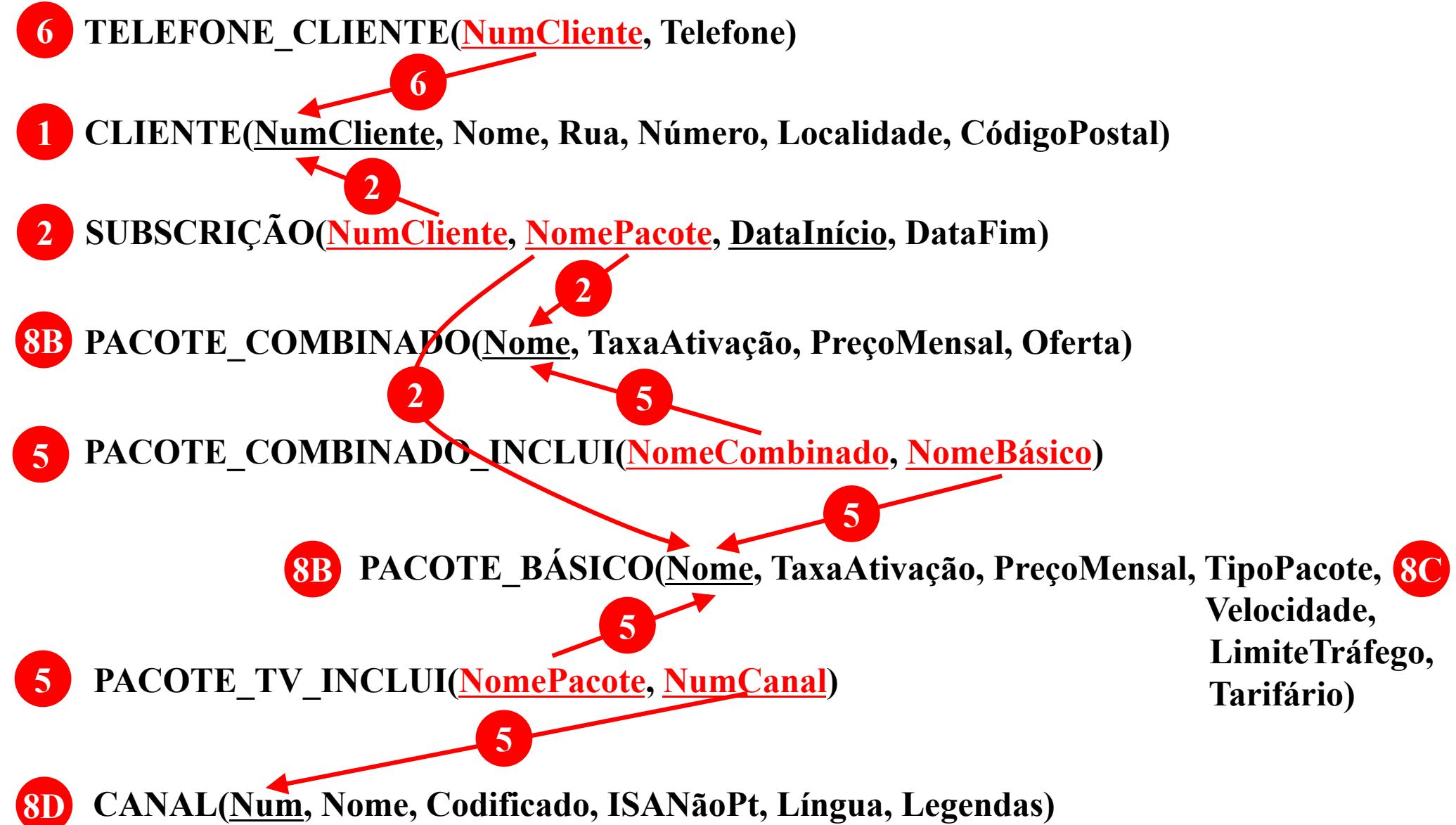
EMPRESA(..., **PropID**)

**VEÍCULO\_MATRICULADO(Matrícula, NumLicença)**

# BD ZONE – Modelo EER



# BD ZONE – Modelo Relacional



# Conversão para o Modelo Relacional

- Resumo modelo ER
  - ★ Entidade-tipo → **Relação**
  - ★ Entidade fraca → **Relação com chave externa**
  - ★ Relacionamento 1:1 → **Chave externa (3A) ou juntar relações (3B) ou relação com chave externa (3C)**
  - ★ Relacionamento 1:N → **Chave externa (4A) ou relação com chave externa (4B)**
  - ★ Relacionamento M:N → **Relação com duas chaves externas**
  - ★ Atributo multi-valor → **Relação com chave externa**
  - ★ Relacionamento de grau N > 2 → **Relação com N chaves externas**
- Resumo modelo EER
  - ★ Especialização em N subclasses → **Relação da superclasse e N relações com chave externa (8A) ou N relações (8B) ou relação com atributo discriminante (8C) ou relação com atributos de seleção (8D)**
  - ★ Categoria → **Nova chave (9B) e relação com chave externa (9A e 9B)**