[MAC0439] Laboratório de Bancos de Dados
Aula 6
Uma Revisão sobre Projeto Conceitual de Bancos de Dados usando o Modelo Entidade-Relacionamento (Estendido)

Kelly Rosa Braghetto

DCC–IME–USP

16 de março de 2018

Projeto de bancos dados

Envolve as seguintes etapas:

1. Levantamento e análise dos requisitos
2. Projeto conceitual
3. Projeto lógico
4. Projeto físico

Fase 1: Levantamento e análise dos requisitos

Nessa fase, o projetista:

- Registra concisamente os requisitos dos usuários com relação aos dados
- Define requisitos funcionais (operações/transações) conhecidos das aplicações

Sobre os requisitos:

- São levantados por meio de entrevistas com os usuários
- Incluem os dados exigidos para processamento, os seus relacionamentos e as informações relevantes para a escolha da plataforma de software para o BD

Fase 2: Projeto conceitual

Fase de criação de um esquema conceitual para o BD, utilizando um modelo de dados conceitual de alto nível.

Esquema conceitual (definição):

Descrição concisa de requisitos de dados dos usuários, contendo descrições detalhadas sobre os tipos de entidades, relacionamentos e restrições

Modelos conceituais mais usados:

- Modelo ER (Entidade-Relacionamento)
- Diagramas de classe da UML

Fase 3: Projeto lógico

Essa fase corresponde ao mapeamento do esquema conceitual para um modelo de dados de implementação.
$\Rightarrow$ Passo necessário para a implementação do BD utilizando um SGBD comercial.

Exemplos de modelos de implementação bastante usados:

- modelo relacional
- modelo objeto-relacional

Refinamento do esquema (etapa opcional):

- Ele identifica problemas em potencial no modelo lógico criado e aplica técnicas para melhorar o modelo

Fase 4: Projeto físico

Fase na qual são definidas as estruturas de armazenamento interno, índices, caminhos de acesso, organizações de arquivos para os arquivos do BD e outros ajustes finos.

- Finalidade: otimizar o desempenho das operações de consulta e manipulação dos dados
- Pode até mesmo modificar o projeto de BD resultante das fases anteriores, a fim de satisfazer critérios de desempenho desejados
- Exemplo: "denormalização" das relações em *Data Warehouses* (bancos de dados analíticos, em que o desempenho para os operações de consulta é um requisito importante)

Modelo Entidade-Relacionamento (ER)

- Criado por Peter Chen em 1976; ainda hoje é o mais usado para a modelagem conceitual de BDs
- É simples e de interpretação intuitiva (mesmo para usuários não-especialistas)
- Descreve os dados com base em três conceitos principais:
  - **entidades** – "algo" do mundo real, com uma existência independente (ex.: pessoa, carro, disciplina, etc.)
  - **relacionamentos** – associam entidades (ex.: pessoa tem carro)
  - **atributos** – propriedades particulares que descrevem uma entidade (ex.: nome da pessoa, cor do carro, etc.)

Tipos de atributos no modelo ER

Simples (atômicos) × Compostos

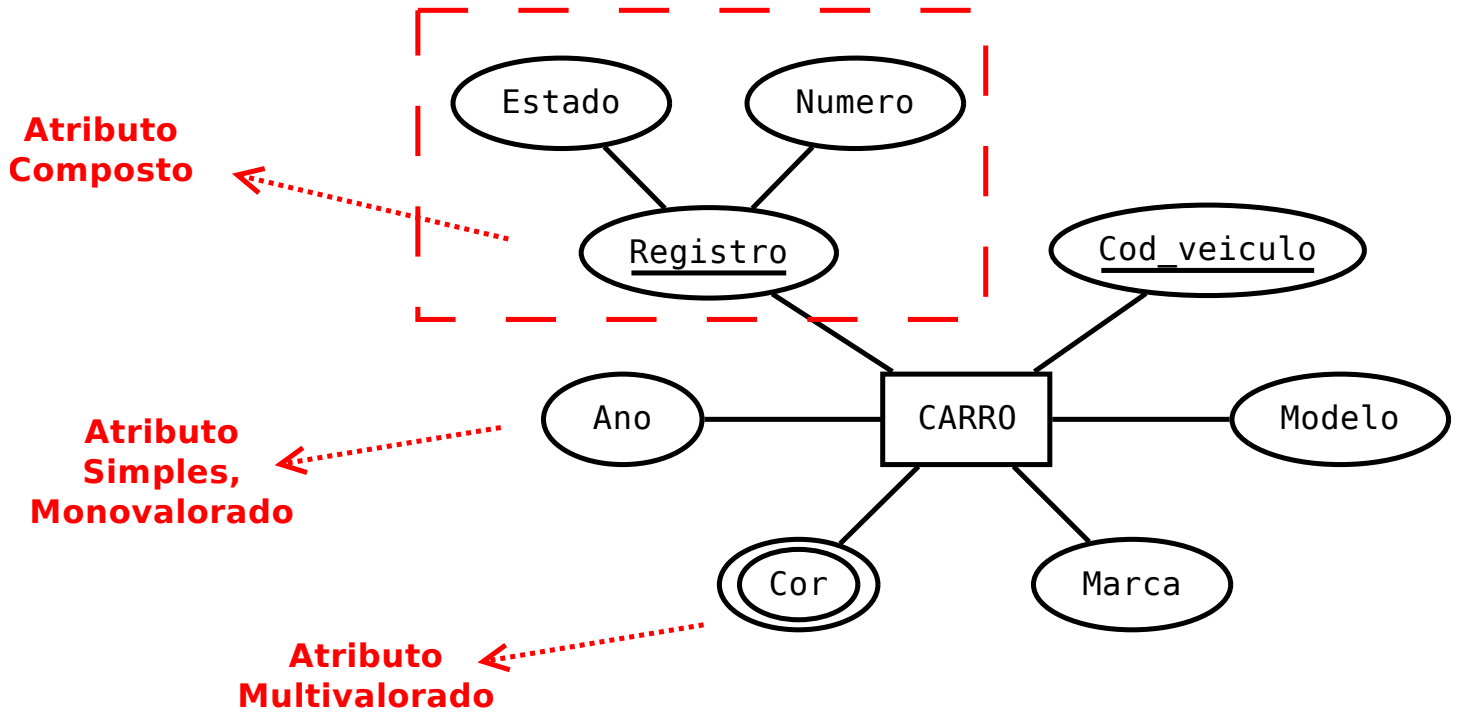
- **Atributos compostos** – podem ser divididos em partes menores. Ex.: o atributo endereço pode ser dividido em Rua, Cidade, Estado e CEP.
- **Atributos simples (ou atômicos)** – atributos que são indivisíveis.

Monovalorados × Multivalorados

- **Monovalorado** – atributo que tem um único valor para uma dada entidade. Ex.: o atributo idade para uma pessoa.
- **Multivalorado** – atributo para o qual diferentes entidades podem ter diferentes quantidades de valores. Ex.: o atributo titulação para uma pessoa.

Notação para tipos de entidades e atributos no modelo ER

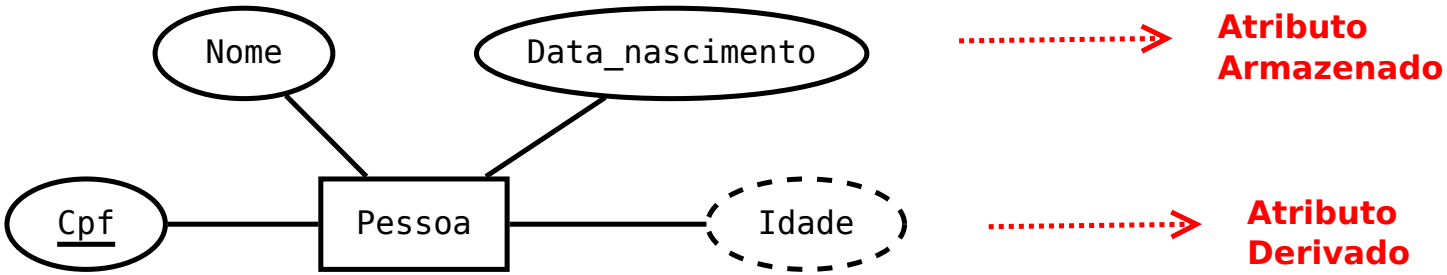
Exemplo de **atributos simples**, **compostos**, **monovalorados**, **multivalorados**



Tipos de atributos no modelo ER

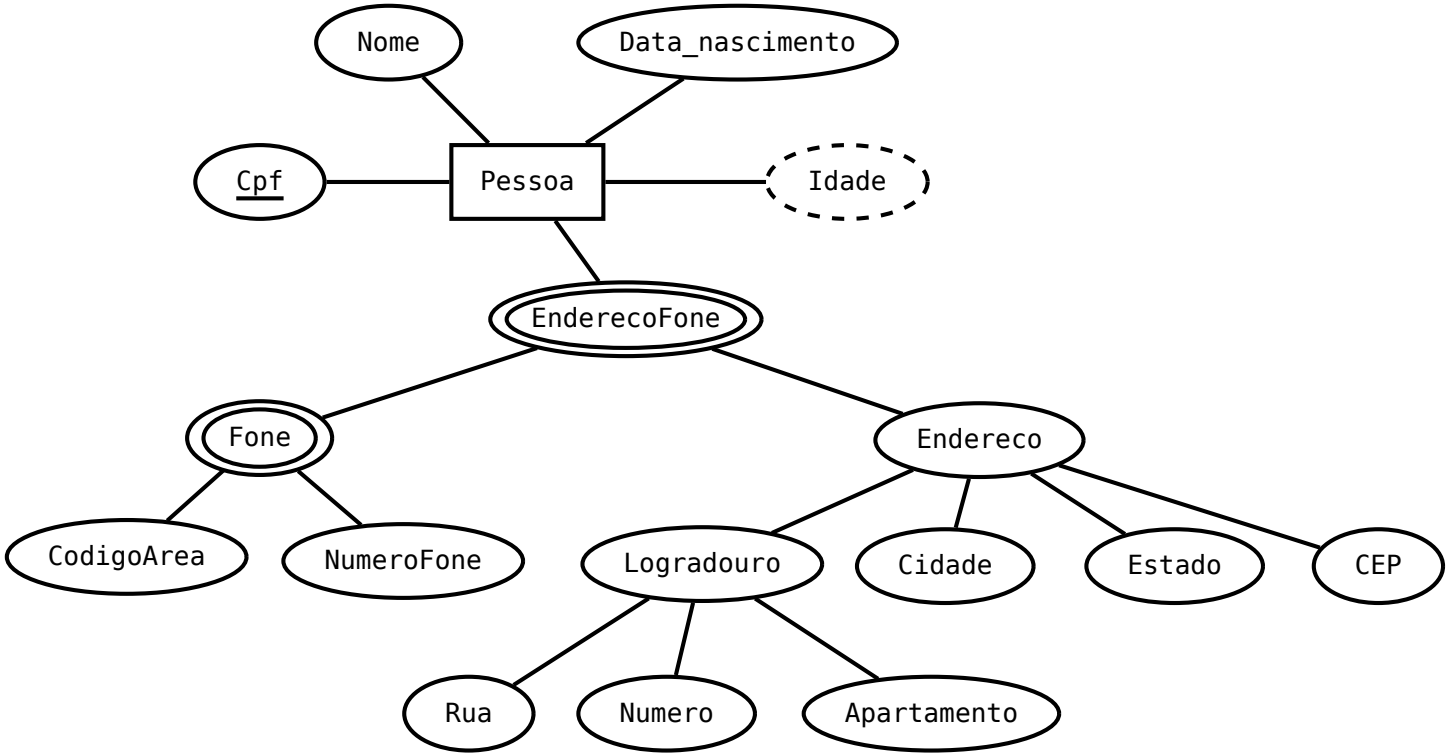
Armazenados × Derivados

- **Atributo derivado** – é derivado a partir de outro(s) atributo(s) ou entidade(s) relacionado(s)
- **Atributo armazenado** – é um atributo que não é derivado.



Notação para tipos de entidades e atributos no modelo ER

Exemplo de atributo complexo (composto e multivalorado, com aninhamentos)



Tipo de entidade e chaves

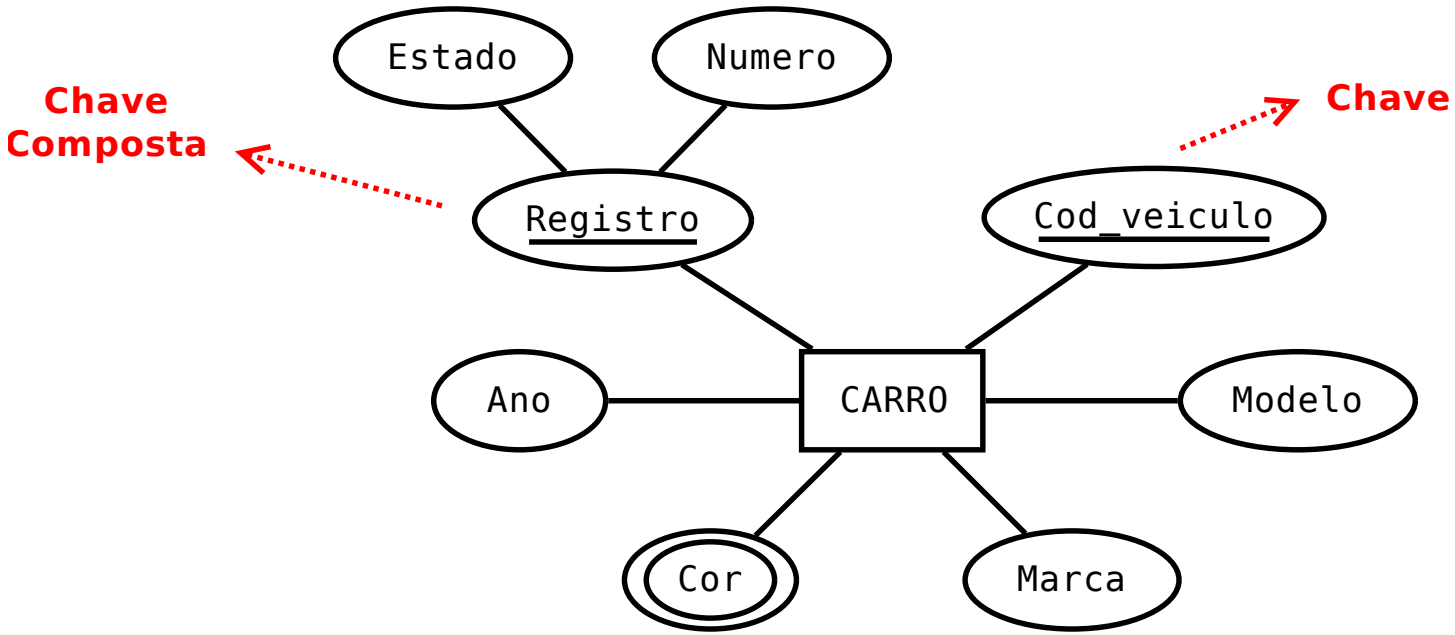
Um **tipo de entidade** define um conjunto de entidades que possuem os mesmos atributos.

Conceitos importantes:

- **Atributo-chave (restrição de exclusividade)** – atributo cujo valor é distinto para toda entidade pertencente ao conjunto de entidades do tipo (ou seja, que identifica cada entidade de forma univoca.
- **Chave composta** – é formada por diversos atributos, cuja a combinação dos valores é distinta para cada entidade.
- Alguns tipos de entidade têm mais de um atributo chave ou chave composta (ex.: NUSP e CPF para aluno). Outros, nem têm uma chave – são os chamados **tipos de entidade fraca**.

Notação para tipos de entidades e atributos no modelo ER

Exemplo de chave e de chave composta



valores dos atributos

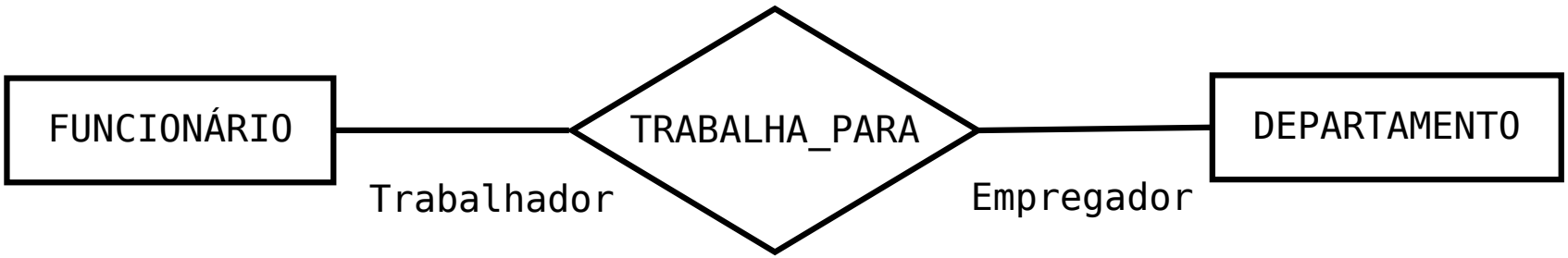
Valor NULL (nulo)

- É um valor especial, usado quando uma entidade não possuiu um valor para um atributo.
- O NULL serve tanto para indicar que um atributo não se aplica a uma dada entidade, quanto para indicar que o valor para um atributo de uma dada entidade é desconhecido.
- "Desconhecido" se aplica a dois casos distintos:
  - quando é sabido que existe um valor para o atributo, mas ele está faltando (**ex.:** `Altura` – todo mundo tem!)
  - quando não é sabido se o valor existe ou não (**ex.:** `FoneResidencial` – uma pessoa pode ou não ter)

Tipo de relacionamento

Um **tipo de relacionamento** R entre n tipos de entidades $E_1, E_2, \ldots, E_n$ define um conjunto de associações (= relacionamentos) entre as entidades desses tipos.

Exemplo: relacionamento binário `TRABALHA_PARA` entre os tipos de entidade `EMPREGADO` e `DEPARTAMENTO`

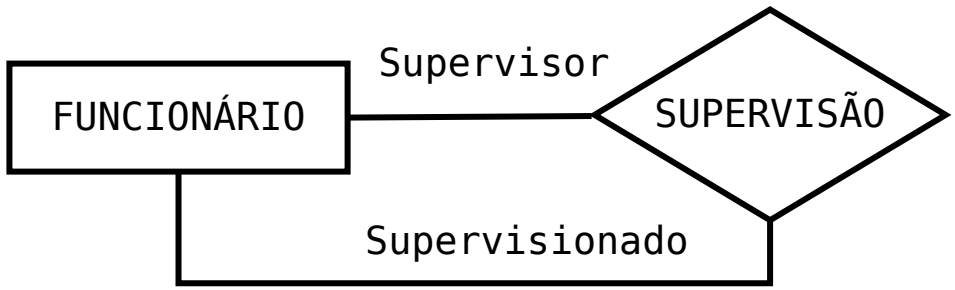


Propriedades de um tipo de relacionamento

Nomes dos papéis

- Só são estritamente necessários quando um mesmo tipo de entidade pode participar mais de uma vez em um mesmo tipo de relacionamento (= **relacionamento recursivo**).
  - Nesse caso, eles são fundamentais para definir o sentido de cada participação.

Ex.: tipo de relacionamento `SUPERVISAO`, em que o tipo de entidade `EMPREGADO` participa duas vezes – uma no papel de *supervisor*, outra no papel de *supervisionado*.



Restrições sobre tipos de relacionamento binários

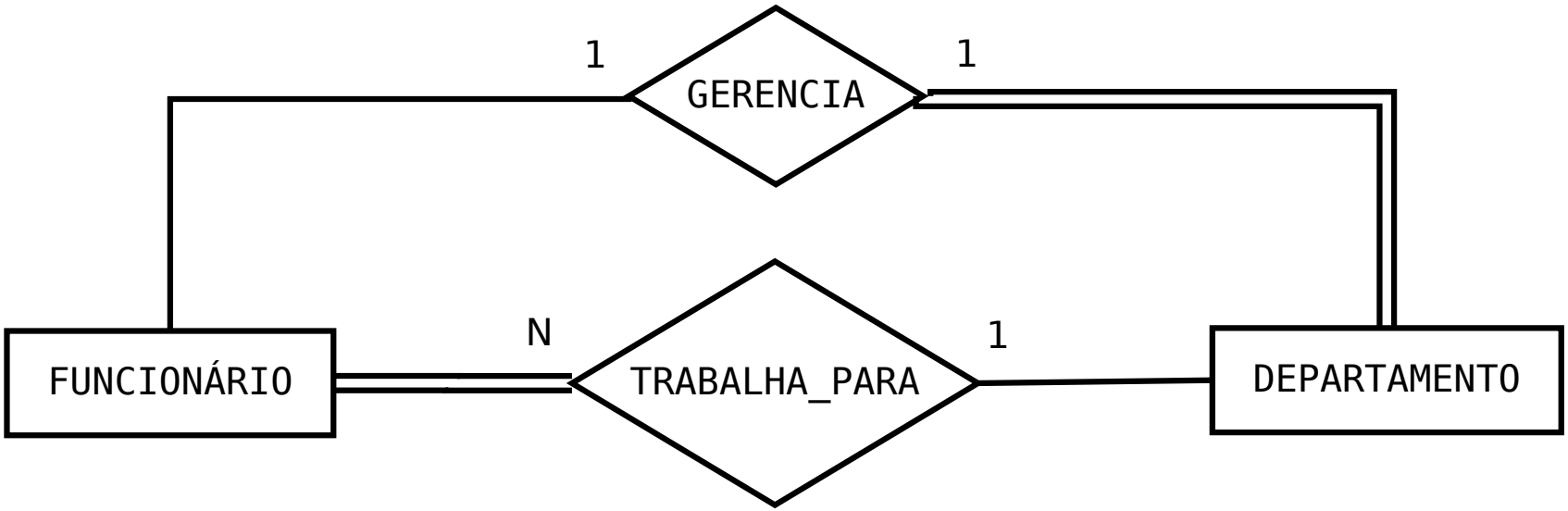
Existem restrições (determinadas por situações do minimundo) que limitam as combinações de entidades que podem participar de um relacionamento binário.

Restrições possíveis para relacionamentos binários:

- **Razão de cardinalidade:** especifica **o número máximo** de instâncias do relacionamento em que uma entidade pode participar. As razões de cardinalidade possíveis são **1:1, 1:N, N:1 e M:N**.
- **Restrição de participação:** determina **o número mínimo** de instâncias de relacionamento em que uma entidade deve participar. A participação pode ser **total** ou **parcial**.

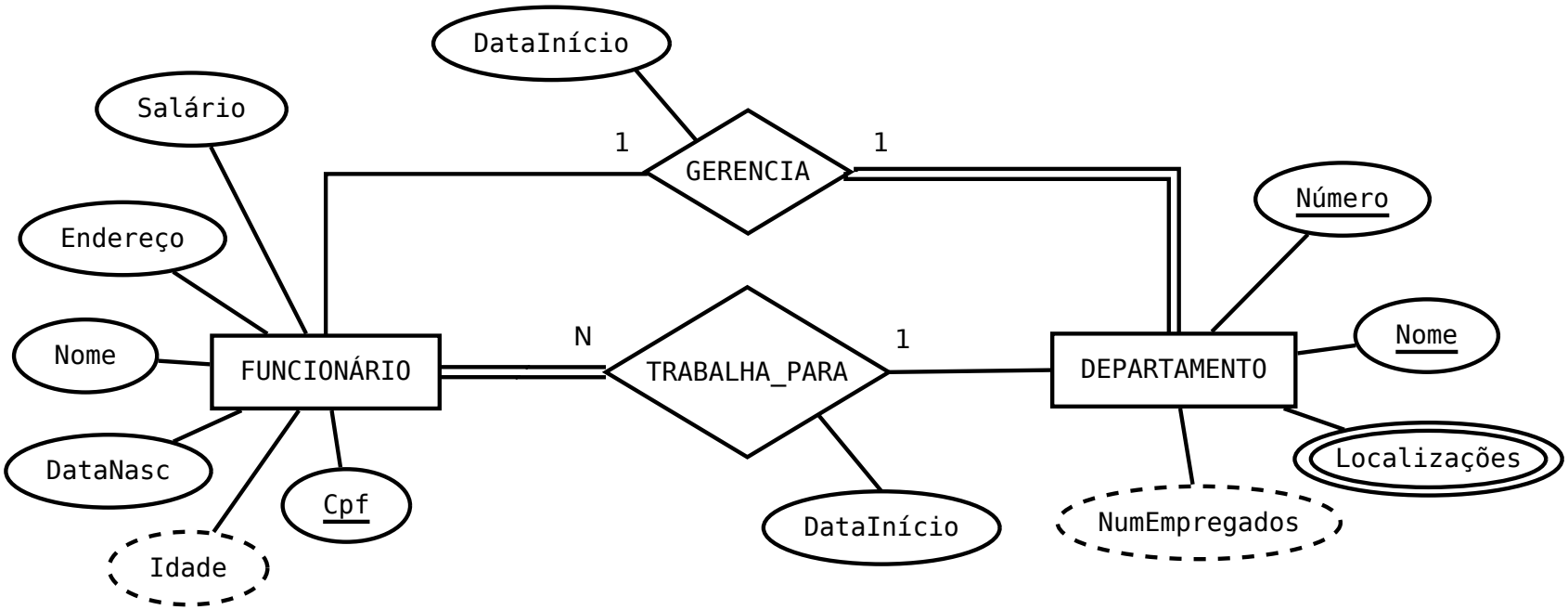
Notação das restrições de cardinalidade e participação

Exemplos de tipos de relacionamento envolvendo diferentes restrições



Atributos de tipos de relacionamento

Tipos de relacionamento podem ter atributos, de forma similar aos tipos de entidade.

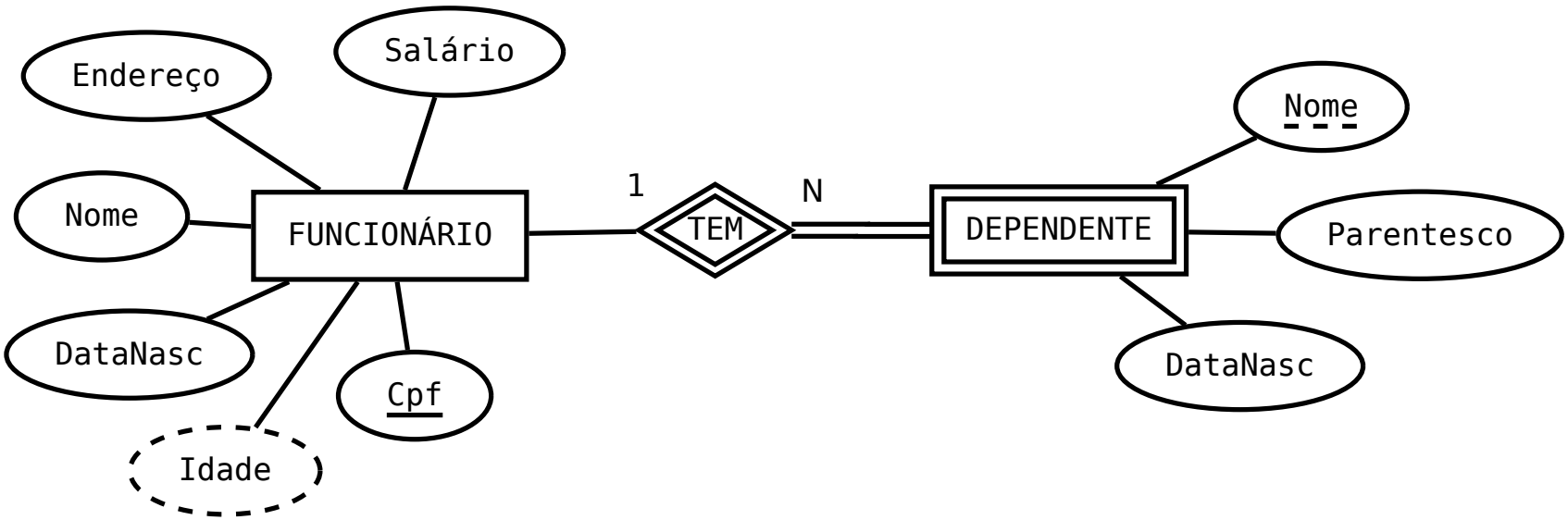


Tipo de entidade fraca

- **Tipo de entidade forte** – tipo de entidade que possui um atributo-chave.
- **Tipo de entidade fraca** – tipo de entidade que não possui um atributo-chave.
  - Entidades de tipos de entidade fraca são identificadas por estarem relacionadas (associadas) a entidades de um outro tipo de entidade (chamado de **tipo de entidade identificador** ou **tipo de entidade proprietária**).
  - Esse tipo de relacionamento é chamado de **relacionamento identificador** do tipo de entidade fraca.

Notação dos tipos de entidade fraca

Exemplo: Tipo de entidade fraca DEPENDENTE em um relacionamento identificador com FUNCIONÁRIO



Tipo de entidade fraca

- Um tipo de entidade fraca sempre tem uma restrição de participação total em relação ao seu relacionamento identificador.
- Um tipo de entidade fraca normalmente tem uma **chave parcial**, que é um conjunto de atributos que identifica univocamente as entidades fracas que estão relacionadas a uma mesma entidade proprietária.
  - No pior caso, a chave parcial será a composição de todos atributos do tipo de entidade fraca.
- Quando um tipo de entidade fraca não é participante em tipos de relacionamento, então ele pode ser definido como um atributo complexo (composto, multivalorado) em seu tipo de entidade proprietária.

Diagrama ER para o esquema EMPRESA

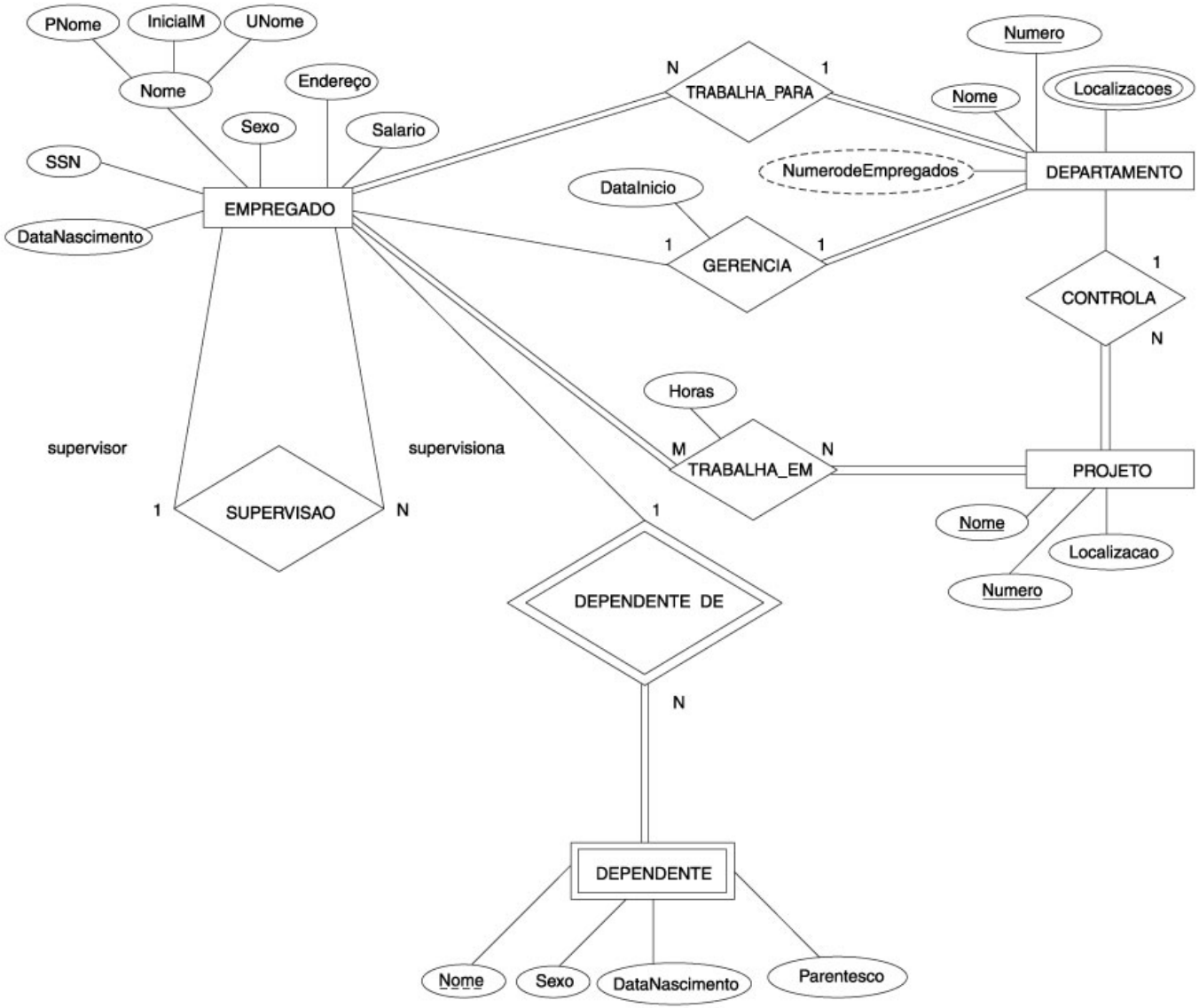


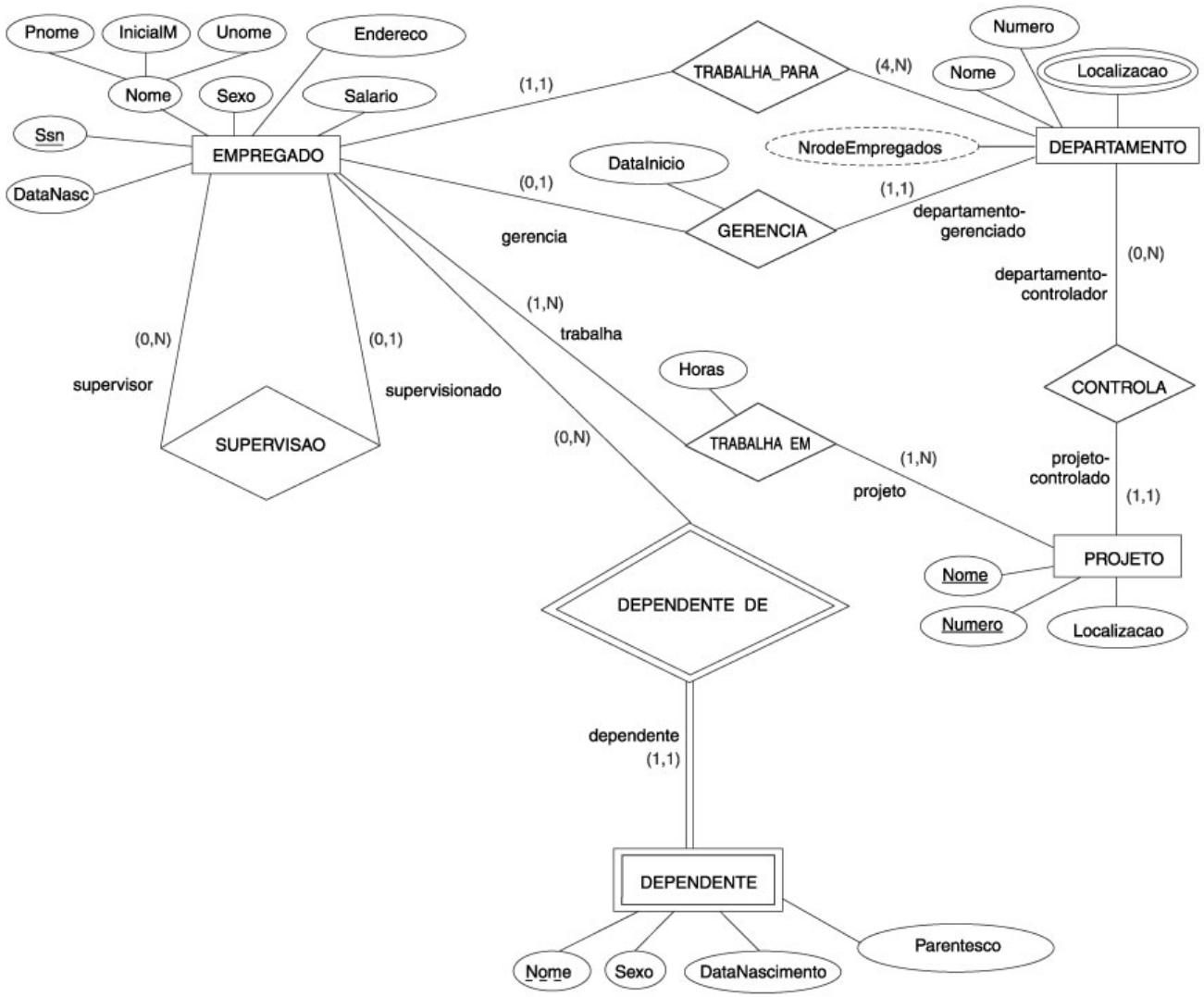
FIGURA 3.2 Um diagrama do esquema ER para o banco de dados EMPRESA.

Notações alternativas para o modelo ER

Notação (min,max) para a razão de cardinalidade

- Ideia: associar um par (min,max) a cada participação de um tipo de entidade no relacionamento
- Cada entidade do tipo de entidade deve participar de pelo menos *min* e no máximo *max* entidades do relacionamento
- $min = 0$ implica em participação parcial
- $min > 0$ implica em participação total

Diagrama ER para o esquema EMPRESA – com notação (min,max) e o nomes de papéis



Tipos de relacionamento de grau maior que dois

Exemplo: tipo de relacionamento FORNECE

Figura A

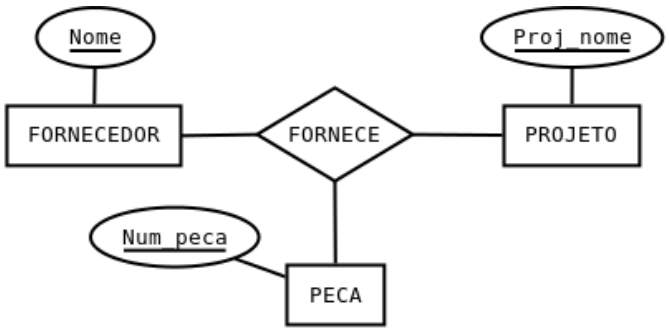
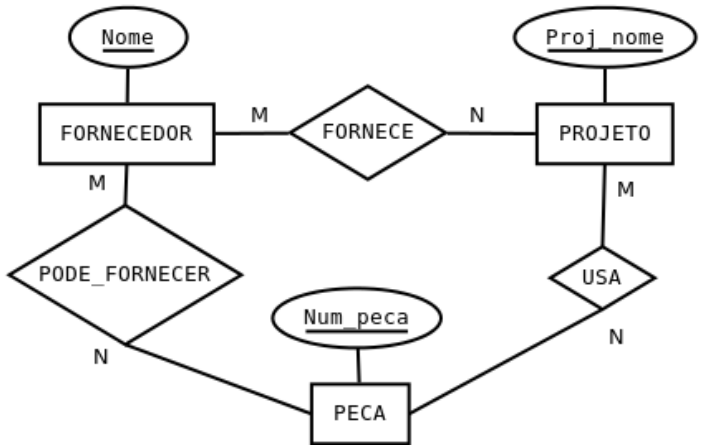


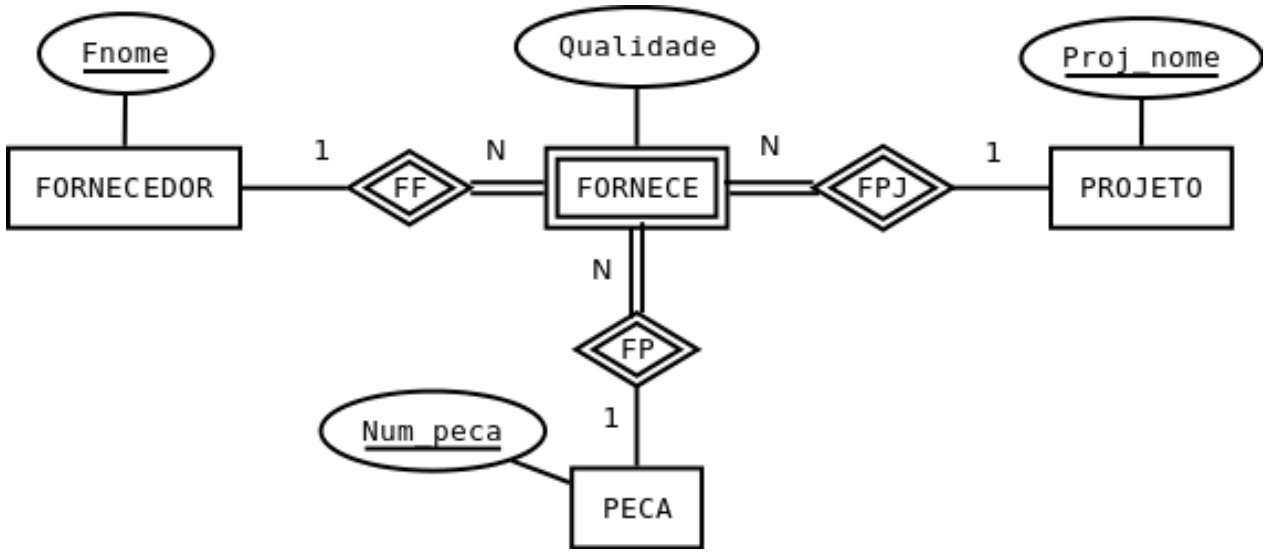
Figura B



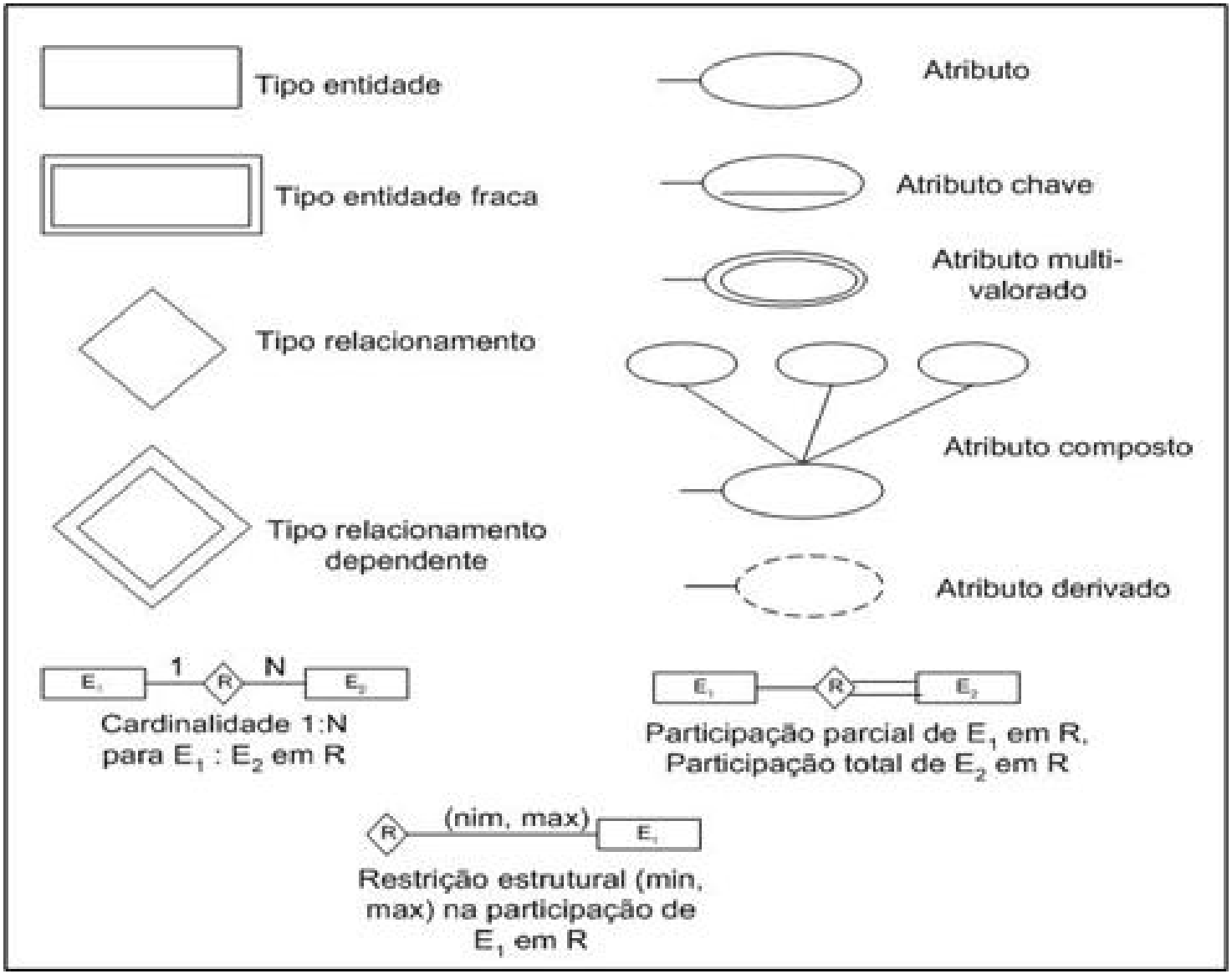
Os 3 relacionamentos binários (Figura B) **não** são equivalentes ao ternário da Figura A.

Tipos de relacionamento de grau maior que dois

Exemplo: FORNECE como um tipo de entidade fraca



Resumo da notação



Modelo Entidade-Relacionamento Estendido

Contexto (década de 1980)

- Desejo: projeto de bancos de dados que refletisse mais precisamento as restrições de dados
- Necessidade de conceitos adicionais (+ abstrações!) para a *modelagem semântica de dados*
- Novos modelos criados em áreas como as de *representação do conhecimento* (IA) e *modelagem de objetos* (ES)
- Resultado: **modelo ER estendido** (ou **EER**)

Conceitos do modelo EER

- Todos os conceitos do modelo ER
- **Subclasse** / **Superclasse**
  - **Especialização** / **Generalização**
  - Herança de atributo e relacionamento
- **Categoria** (ou **Tipo de União**)

EER – Subclasses e superclasses

- **Classe** – conjunto ou coleção de entidades; isso inclui qualquer construção do EER que agrupe as entidades, como os *tipos de entidade*, *subclasses*, *superclasses* e *categorias*
- Uma **subclasse** S é uma classe cujas entidades devem sempre ser um subconjunto das entidades de outra classe, chamada de **superclasse** do relacionamento classe/subclasse, indicado como C/S. Portanto, em C/S, temos que $S \subseteq C$
- Uma entidade pode ser membro de várias subclasses
- Uma entidade membro de uma subclasse herda todos os atributos e relacionamentos da sua superclasse
- Uma subclasse por si só também é considerada um tipo de entidade

EER – especialização / generalização

- **Especialização** – é o processo de definir um **conjunto de subclasses** de um tipo de entidade, chamado de **superclasse** da especialização.
  Especialização = refinamento conceitual
- **Generalização** – é o processo inverso, de suprimir as diferenças entre vários tipos de entidade (subclasses) e identificar suas características comuns, generalizando-as em uma única superclasse.
  Generalização = síntese conceitual

O relacionamento entre uma subclasse e sua superclasse é chamado de "**É-UM**".

EER – especialização/generalização

- Uma **especialização** $Z = \{S_1, S_2, \ldots, S_n\}$ é um conjunto de subclasses que têm a mesma superclasse Z, isto é, Z/S_i, para todo i em $\{1, 2, \ldots, n\}$.
- Z é chamada da **superclasse da especialização**, ou de **generalização das subclasses** $\{S_1, S_2, \ldots, S_n\}$.
- Uma especialização Z é **total** sempre que: $\bigcup_{i=1}^{n} S_i = Z$.
  Do contrário, Z é **parcial**.
- Z é **disjunta** (símbolo **d** no círculo) sempre que tivermos $S_i \bigcap S_j = \emptyset$ para $i \neq j$.
  Do contrário, Z é **sobreposta** (símbolo **o** no círculo).

Especialização – exemplo

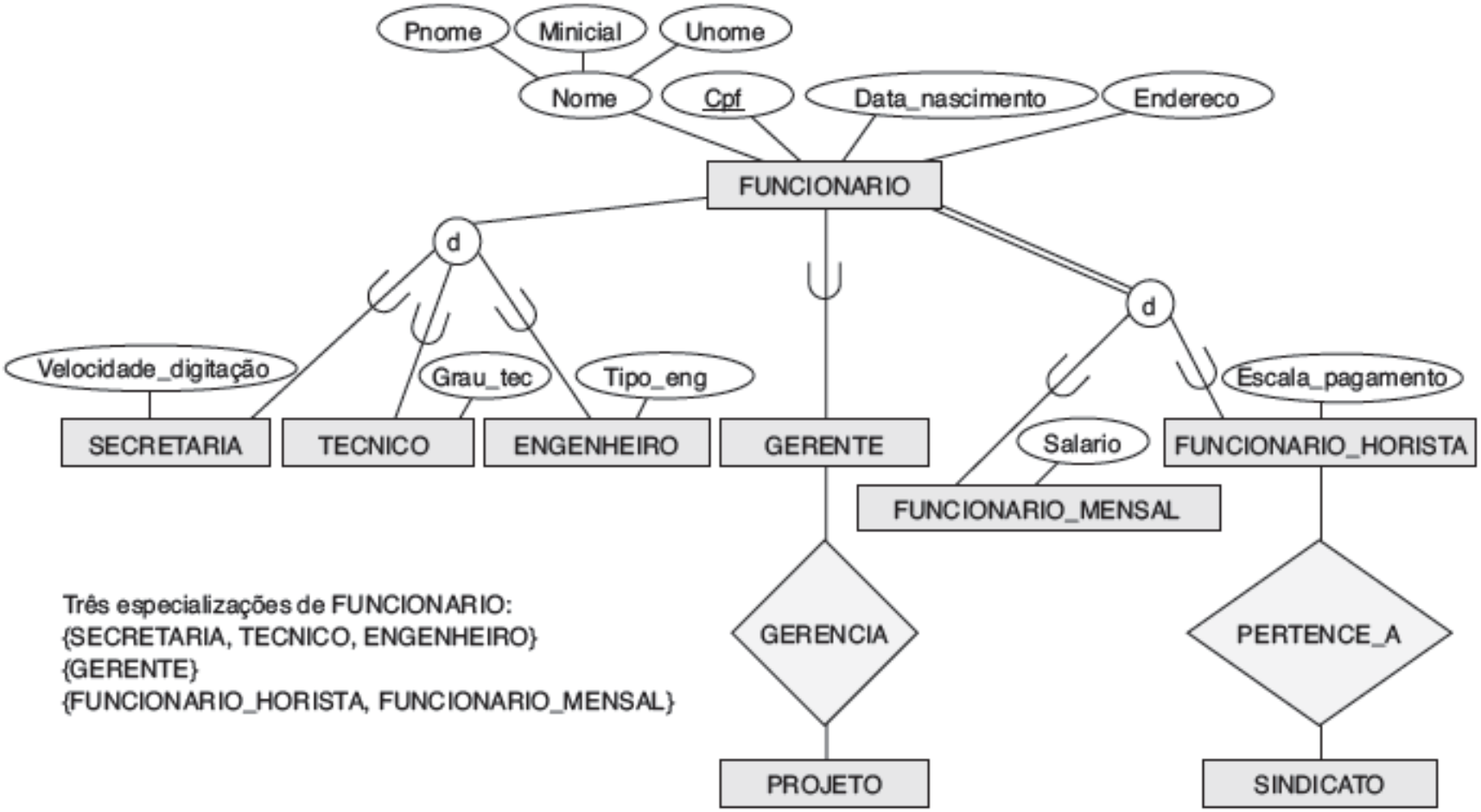
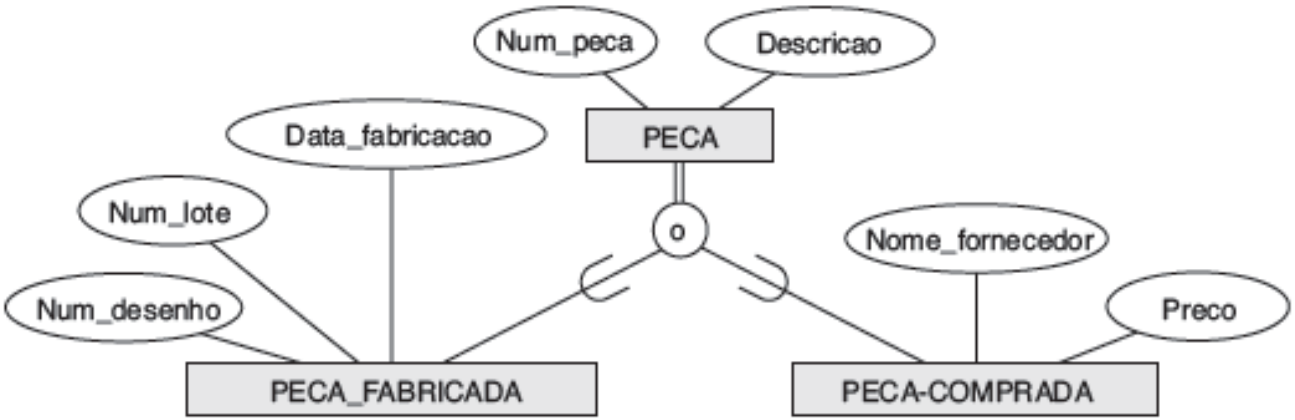


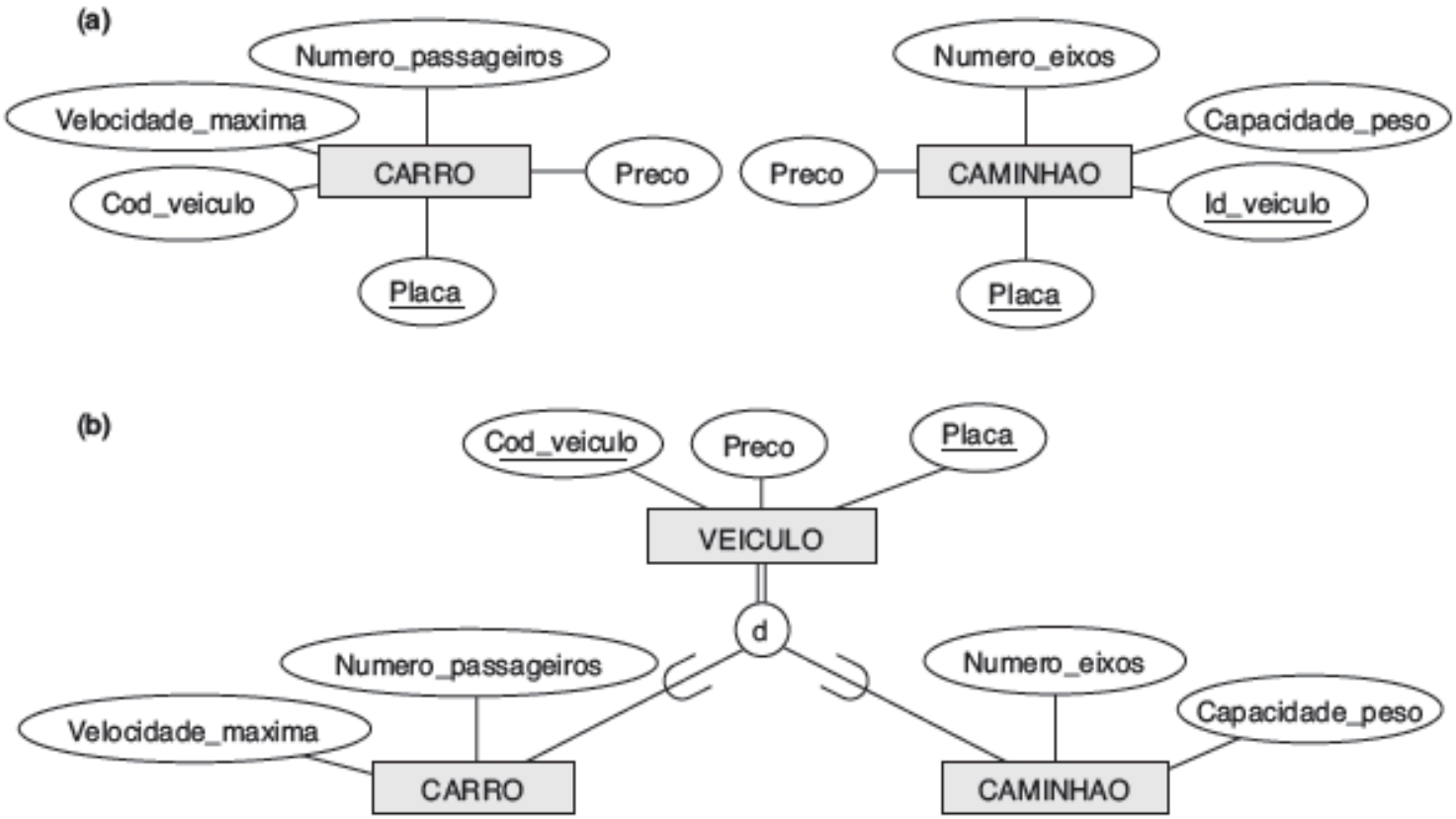
Diagram EER para representar subclasses e especialização

Especialização – exemplo



Especialização sobreposta

Generalização – exemplo

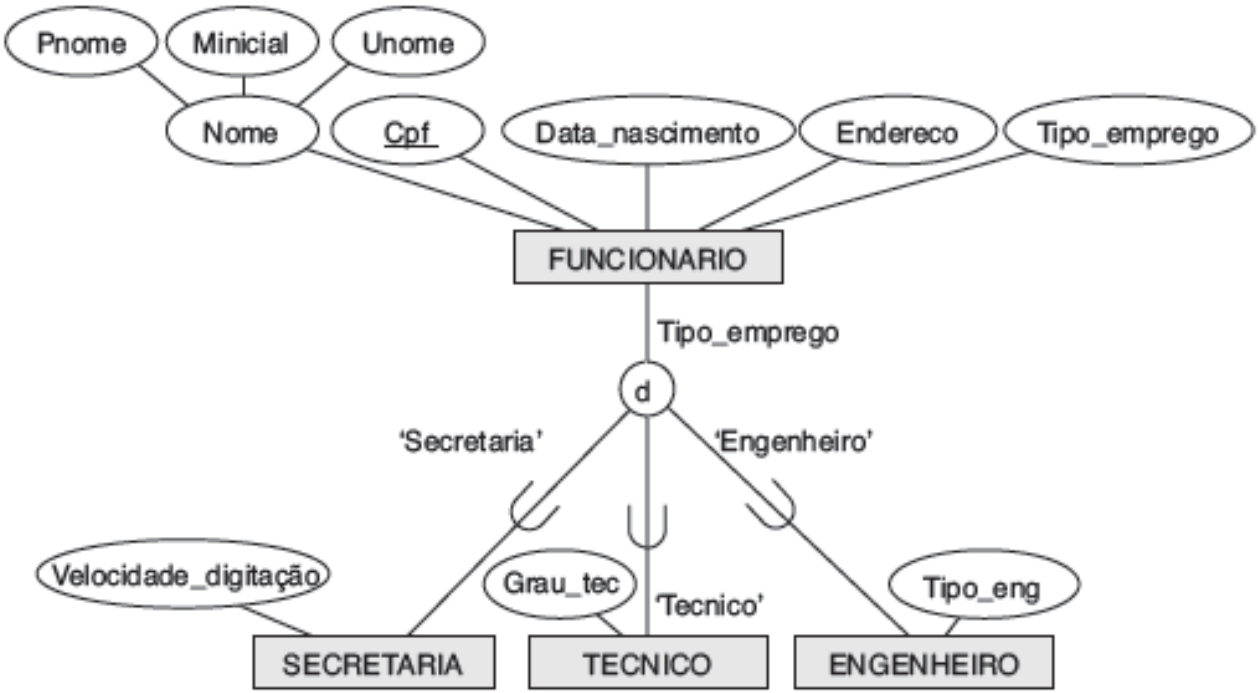


(a) Tipos de entidade CARRO e CAMINHAO.
(b) Generalizando esses tipos em VEICULO.

EER – especialização/generalização

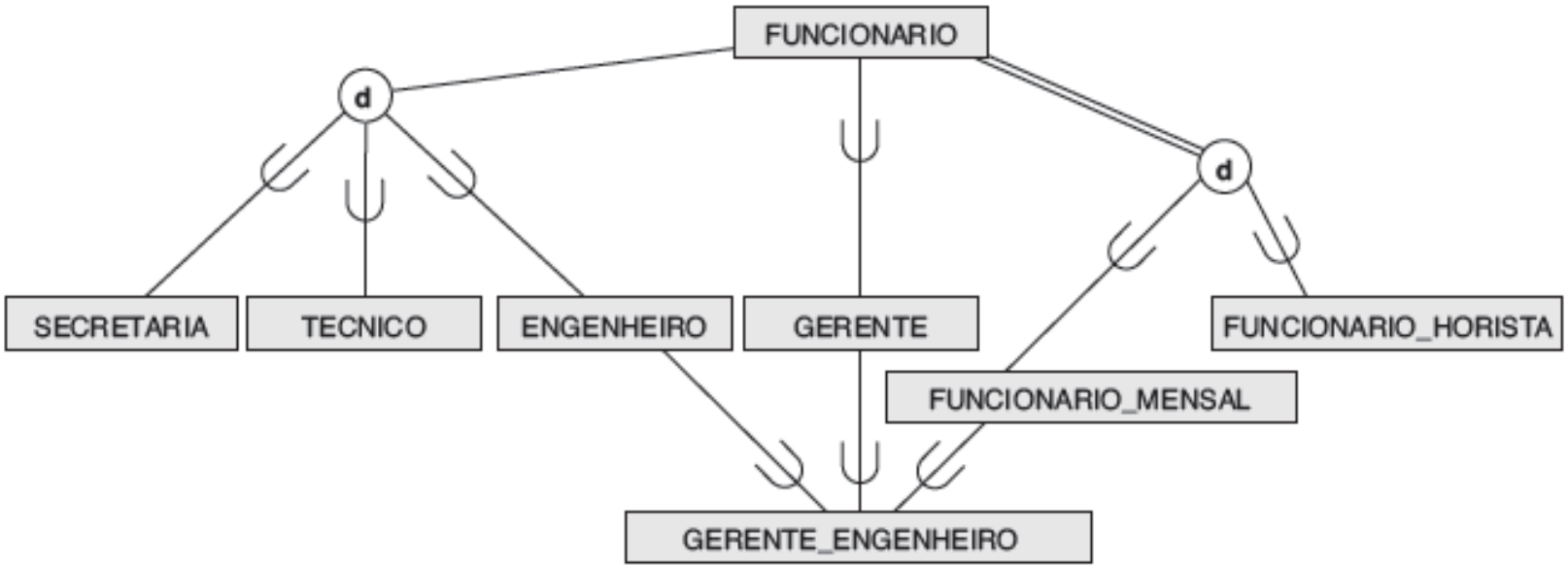
- O conjunto de subclasses que forma uma especialização é definido com base em algumas características de **distinção das entidades** da superclasse.
- Uma subclasse S de C é **definida por predicado** se um predicado p nos atributos de C for usado para especificar quais entidades de C são membros de S, isto é, $S = C[p]$, em que $C[p]$ é o conjunto de entidades de C que satisfazem p.
  Um subclasse que não é definida por predicado é dita **definida por usuário**.
- Uma especialização Z (ou generalização G) é **definida por atributo** se um predicado $(A = c_i)$, no qual A é um atributo de Z e c_i é um valor constante do domínio de A, for usado para especificar os membros de cada subclasse S_i em Z.
  Se $c_i \neq c_j$, para $i \neq j$ e A é um atributo monovalorado, então a especialização será disjunta.

Especialização – exemplo



Especialização definida por atributo sobre Tipo_emprego

Especialização – exemplo de reticulado



Um reticulado de especialização com a subclasse compartilhada GERENTE_ENGENHEIRO

Abstração de especialização/generalização

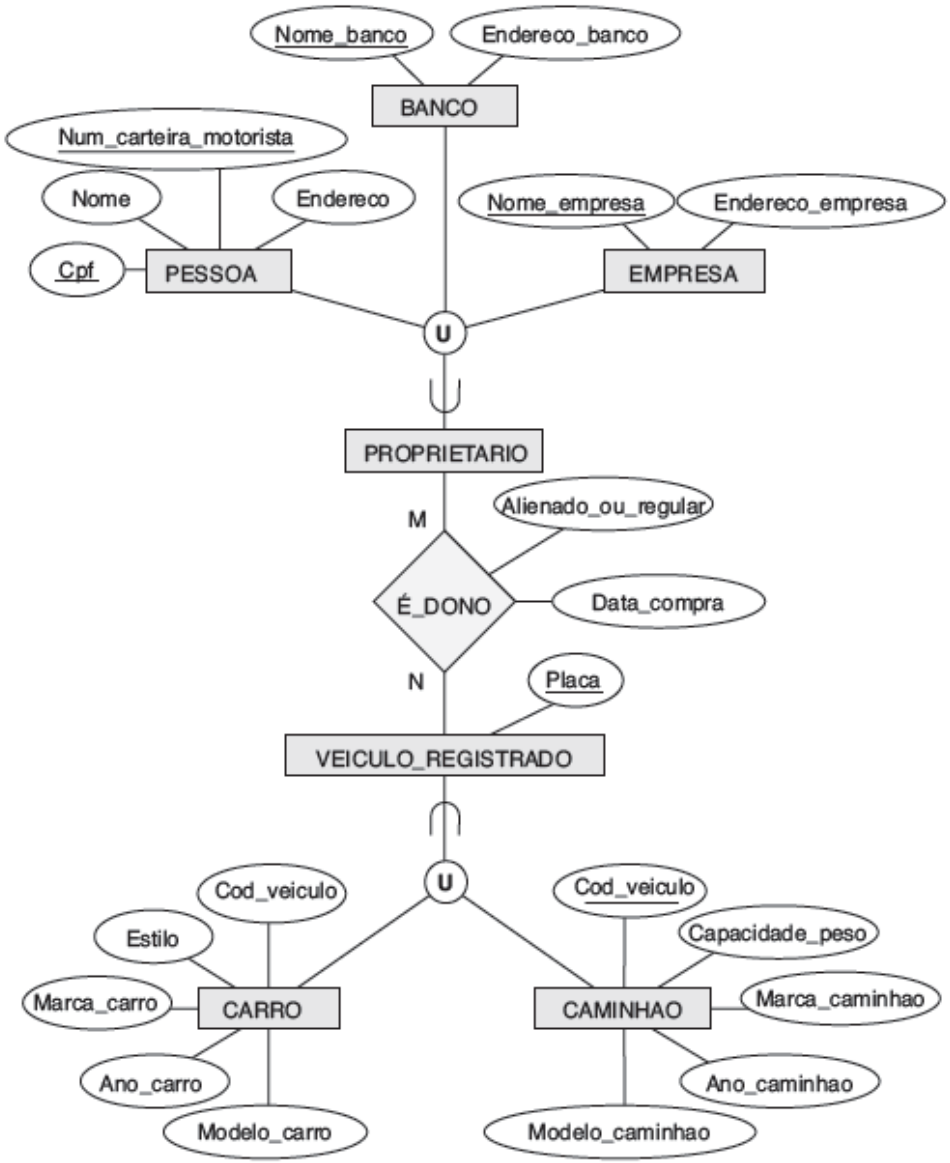
Razões para se usar especializações no modelo EER

1. quando certos atributos podem ser usados somente em algumas das entidades da superclasse. Uma subclasse é definida de modo a agrupar as entidades para as quais esses atributos se aplicam;
2. quando apenas as entidades que são membros de uma subclasse podem participar de algum tipo de relacionamento.

EER – categoria ou tipo de união

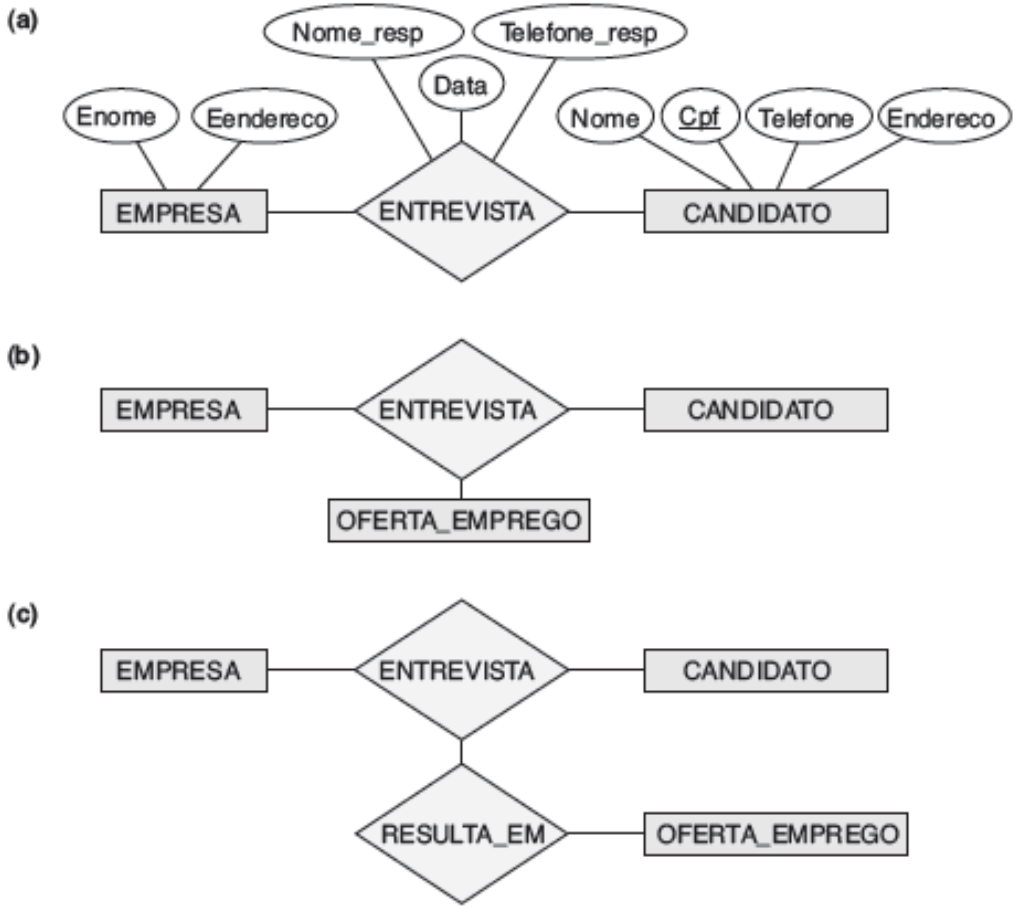
- Uma **categoria** T é formalmente definida como uma classe que é um subconjunto da união de n superclasses definidas $D_1, D_2, \ldots, D_n$, $n > 1$, e é especificada como:
  $T \subseteq (D_1 \cup D_2 \cup \ldots \cup D_n)$
- Um predicado p_i nos atributos de D_i pode ser usado para especificar os membros de cada D_i que são membros de T. Se um predicado for especificado em todo D_i, temos:
  $T = (D_1[p_1] \cup D_2[p_2] \cup \ldots \cup D_n[p_n])$
- Em uma **categoria total**, $T = (D_1 \cup D_2 \cup \ldots \cup D_n)$, ou seja, T controla a união de todas as entidades em suas superclasses.
- Em uma **categoria parcial**, T pode controlar um subconjunto da união.

EER – categorização



Duas categorias:
PROPRIETARIO e
VEICULO_REGISTRADO

Abstração de agregação - Exemplos

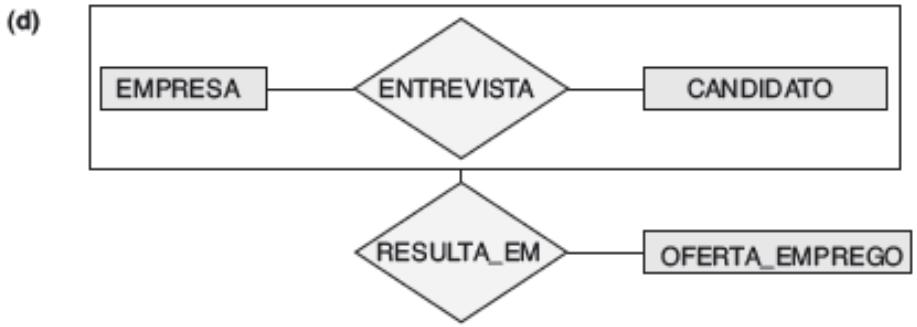


O tipo de relacionamento ENTREVISTA

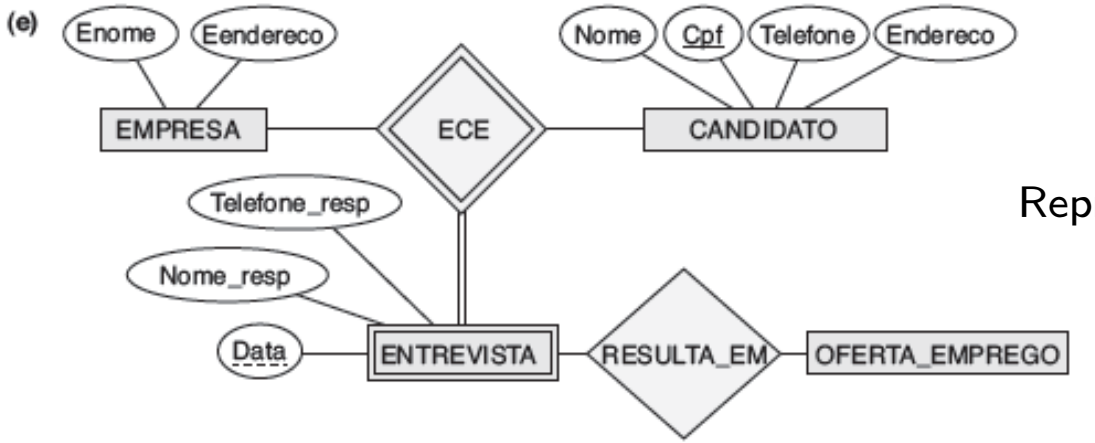
Inclusão de OFERTA_EMPREGO em relacionamento ternário (incorreto!)

Relacionamento participando de outro relacionamento (incorreto!)

Abstração de agregação - Exemplos



Usando agregação e um objeto composto (geralmentente não permitido em ER)



Representação correta em ER

Abstração de agregação

Um objeto agregado de alto nível faz-se especialmente necessário quando:

- quando o relacionamento que o deu origem deve ter o seu próprio identificador
- quando pode haver mais de uma instância de seu tipo de relacionamento gerador envolvendo as mesmas entidades
- ele mesmo está associado a um outro objeto por meio de um relacionamento
- ele possui atributos que não são comuns a todas as instâncias do seu relacionamento gerador

O relacionamento entre os objetos primitivos e seu objeto agregado é chamado de **É-UMA-PARTE-DE**.

Ferramentas de apoio à modelagem conceitual (gratuitas)

Geram automaticamente código em SQL a partir dos modelos

- EERCASE (UFPE/CIn) – `https://sites.google.com/a/cin.ufpe.br/eercase/`
  - Modelos EE e EER com a notação usada no livro do Elmasri/Navathe
- PostgreSQL Database Modeler (PgModeler) – `http://www.pgmodeler.com.br/`
  - Usa um tipo de modelo que é uma mistura de modelagem conceitual e lógica
  - Específico para BDs mantidos no PostgreSQL
- MySQL Workbench – `http://www.mysql.com/products/workbench/`
  - Ampara a modelagem e a administração dos BDs
  - Específica para BDs mantidos no MySQL

Ferramentas de apoio à modelagem conceitual (gratuitas)

Geram automaticamente código em SQL a partir dos modelos

- Open ModelSphere – `http://www.modelsphere.com/`
  - Não é específica para BDs (também permite a criação de modelos UML e modelos para processos de negócio)

Puramente desenho

- Diagram Editor (DIA) – `http://dia-installer.de/`
- draw.io – `https://www.draw.io/`
  - Ferramenta online

Referências Bibliográficas

- *Sistemas de Bancos de Dados* (6ª edição), Elmasri e Navathe. Pearson, 2010.
  Capítulos 7 (Modelos ER) e 8 (Modelo EER)
- *Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados*(3ª edição), Ramakrishnan e Gehrke, 2008.
  Capítulo 2