

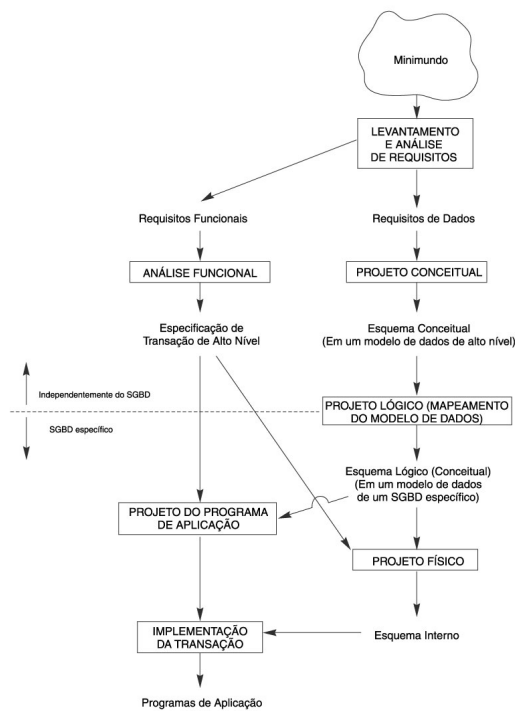
Modelo Entidade-Relacionamento e Entidade-Relacionamento Estendido

Fabiano Baldo

Modelos de Dados

- Modelos de dados fundamentam as estruturas nas quais um banco de dados pode ser construído;
- São utilizados para especificar a descrição, os relacionamentos, a semântica dos dados e suas restrições de consistência, e o conjunto de operações possíveis sobre os dados;
- Existem três níveis de modelagem de dados:
 - Modelo Conceitual;
 - Modelo Lógico ou de Implementação;
 - Modelo Físico.

Fases do Projeto de um Banco de Dados



Tipos de Modelos de Dados

- **Modelo Lógico Baseado em Objetos:** Se caracteriza por tratar os dados com sendo objetos. Ex: Entidade-Relacionamento, Orientado a Objetos, Binário;
- **Modelo Lógico Baseado em Registros:** Neste modelo o banco de dados é estruturado em registros de formato fixo e tipos definidos. Ex: Relacional, Rede, Hierárquico;
- **Modelo Físico de Dados:** Descreve os dados no nível mais baixo do modelo de abstração. Ex: unificador (uniting model), Estrutura de Memória (frame memory).

❑ MODELO ENTIDADE RELACIONAMENTO

Modelo Entidade-Relacionamento

- É baseado na percepção do mundo como um conjunto de objetos chamados **entidades** e seus respectivos **relacionamentos**;
 - **Entidade**: É um objeto (real ou abstrato) que existe e é distinguível dos outros objetos;
 - **Relacionamento**: Representa uma associação entre entidades. Os relacionamentos podem ser **binários**, isto é, envolvem dois conjuntos de entidades, ou **ternários**, que envolvem mais de dois conjuntos de entidades;
 - **Atributo**: São propriedades usadas para descrever as entidades ou relacionamentos.

Tipo Entidade

- **Tipo Entidade:** Entidades com os mesmos atributos são agrupadas em um tipo entidade.

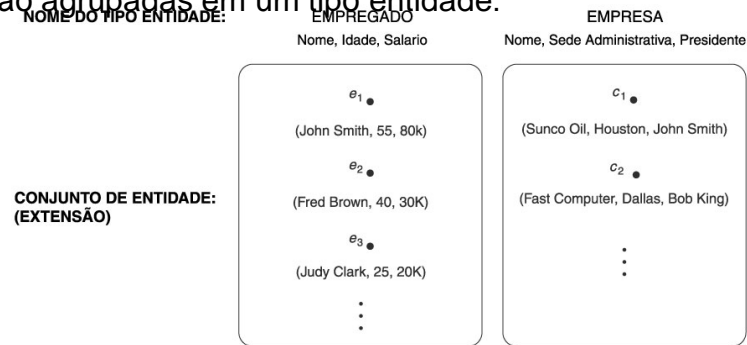
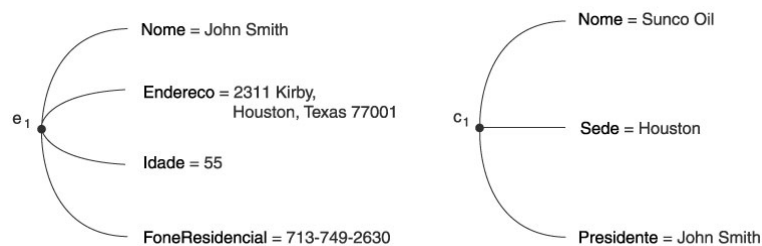


FIGURE 3.6 Dois tipos entidade, EMPREGADO e EMPRESA, e algumas entidades-membro de cada um.

Instância de Entidade e Conjunto de Entidades

- **Instância** é a denominação utilizada para se referir a um objeto particular de uma entidade;
- **Conjunto de entidades** é o estado correntes das entidades de um tipo armazenadas em um banco de dados.

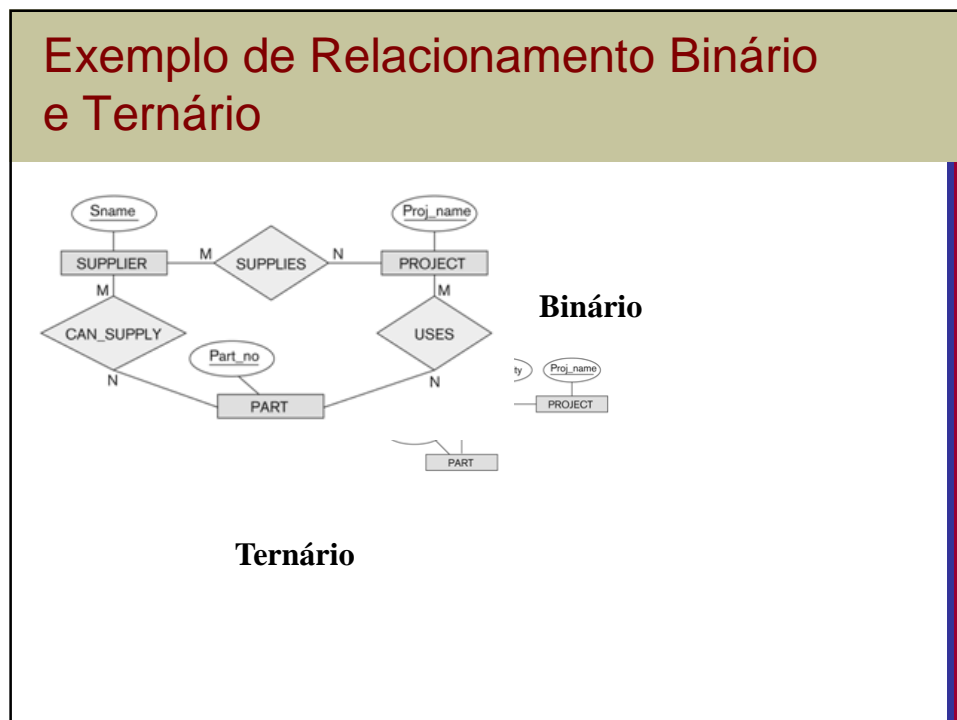
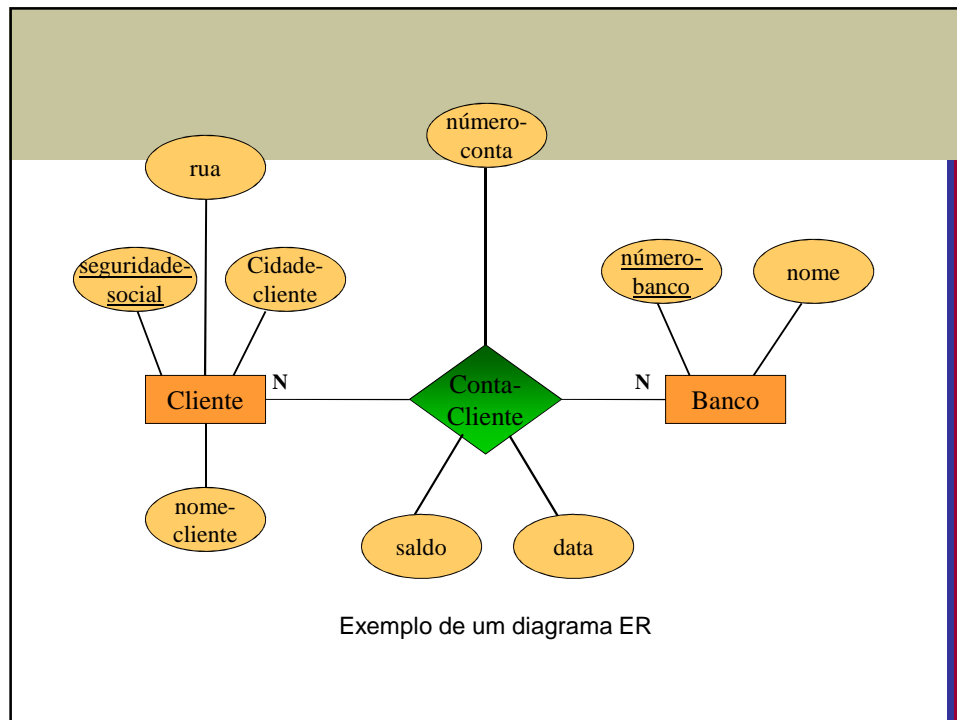


Tipo Relacionamento

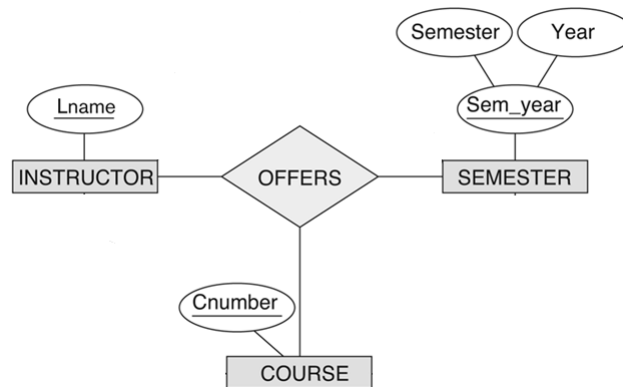
- Relacionamentos de mesmo tipo são agrupados em **tipo relacionamento**.
- Um relacionamento associa duas ou mais instâncias (distintas) de entidades com um significado específico.
- O grau de um tipo relacionamento é o número de tipos entidade participantes. Ex:
 - Binário
 - Ternário

Diagrama Entidade-Relacionamento

- O modelo conceitual de um banco de dados pode ser representado graficamente através de um diagrama ER. Tal diagrama consiste nos seguintes componentes:
 - **Retângulo**: Representa um tipo entidade;
 - **Losango**: Representa um tipo relacionamento;
 - **Elipse**: Representa um atributo de um tipo entidade ou um tipo relacionamento;
 - **Linha**: Liga atributos a tipos entidades ou tipos entidades a tipos relacionamentos.



Exemplo de Relacionamento Ternário



Auto-Relacionamento

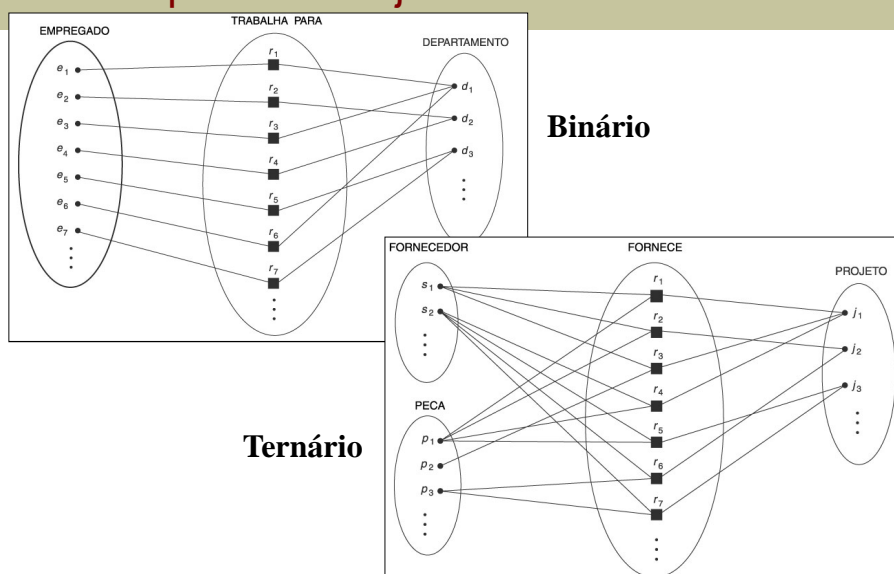
- Utilizado quando os tipos das duas entidades relacionadas são iguais.



Tipo Relacionamento vs. Conjunto de Relacionamento

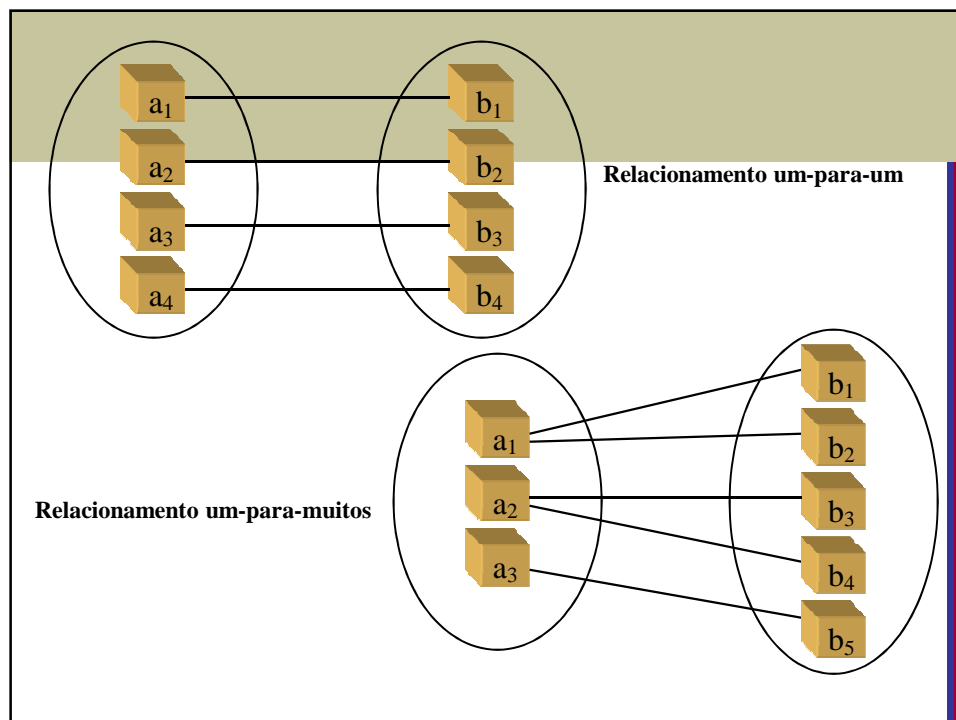
- **Tipo Relacionamento:**
 - É a descrição do esquema de um relacionamento
 - Identifica o nome do relacionamento e os tipos de entidades participantes
 - Também identifica certas restrições de relacionamento
- **Conjunto de Relacionamento:**
 - Representa o conjunto corrente de instâncias de relacionamento presentes no banco de dados
 - Representa o estado corrente de um tipo relacionamento

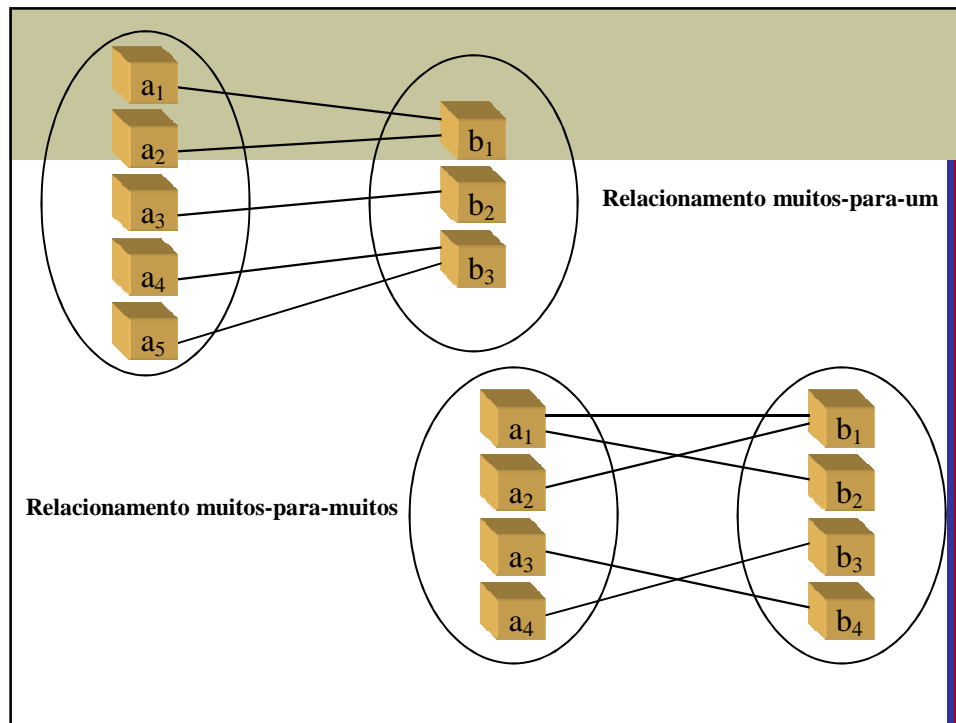
Exemplos de Conjuntos Relacionamentos



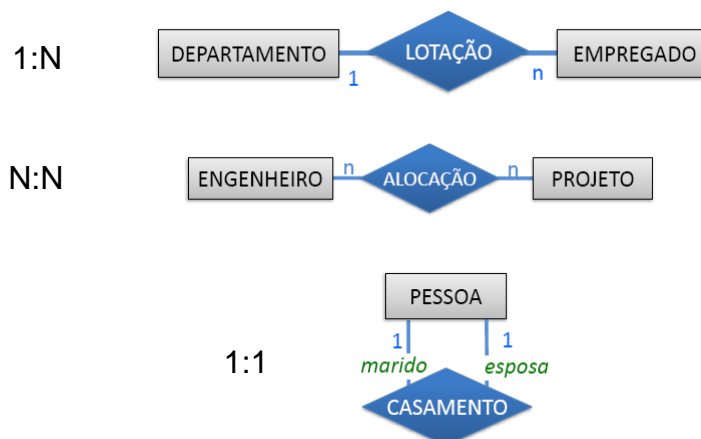
Cardinalidade dos Relacionamentos

- **Um-para-um:** Uma entidade de A está associada no máximo a uma entidade de B, e vice-versa;
- **Um-para-muitos:** Uma entidade de A está associada a qualquer número de entidades de B. Uma entidade de B, porém, pode estar associada no máximo a uma entidade de A;
- **Muitos-para-um:** Uma entidade de A está associada no máximo a uma entidade de B. Uma entidade de B, entretanto, pode estar associada a qualquer número de entidades de A;
- **Muitos-para-muitos:** Uma entidade de A está associada a qualquer número de entidades de B, e vice-versa.





Representação de Cardinalidade



Tipos de Atributos

- **Simples:** Atributo que tem um valor atômico;
- **Composto:** Atributo composto por vários componentes;
- **Mono-valorado:** Cada entidade possui no máximo um valor associado;
- **Multi-valorado:** Cada entidade pode ter múltiplos valores deste atributo.

Exemplo de Atributo Composto

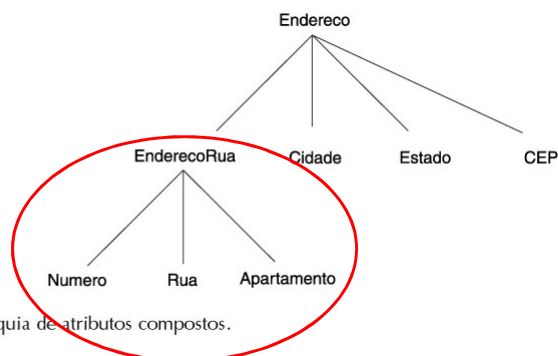


FIGURE 3.4 Uma hierarquia de atributos compostos.

Atributos-Chave

- **Superchave:** É um conjunto de um ou mais atributos que permite identificar univocamente uma entidade no conjunto de entidades;
- **Chave candidata:** É uma superchave que não tenha nenhum subconjunto próprio que seja uma superchave;
- **Chave primária:** É o conjunto de atributos que melhor identifica univocamente uma entidade dentro de um conjunto.
- **Chave secundária:** Qualquer chave candidata que não for escolhida como chave primária é considerada chave secundária.

Exemplo Atributos-Chave

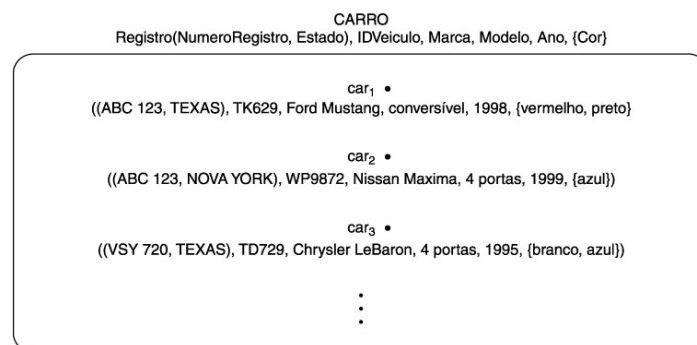


FIGURA 3.7 O tipo entidade CARRO com dois atributos-chave, Registro e IDVeículo.

Resumo da Notação para Diagrama ER

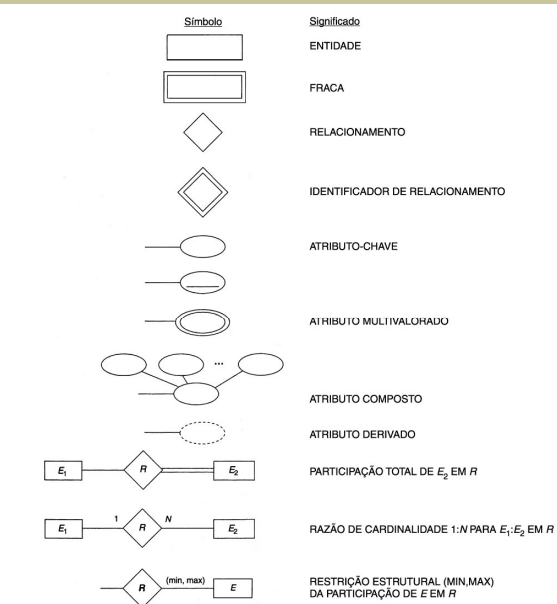


FIGURA 3.14 Resumo da notação para diagramas ER.

Resumo da Notação para Diagrama ER

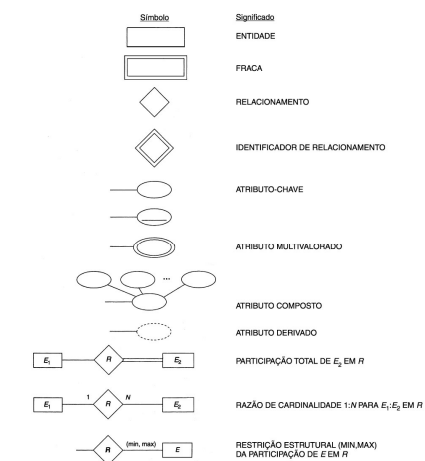
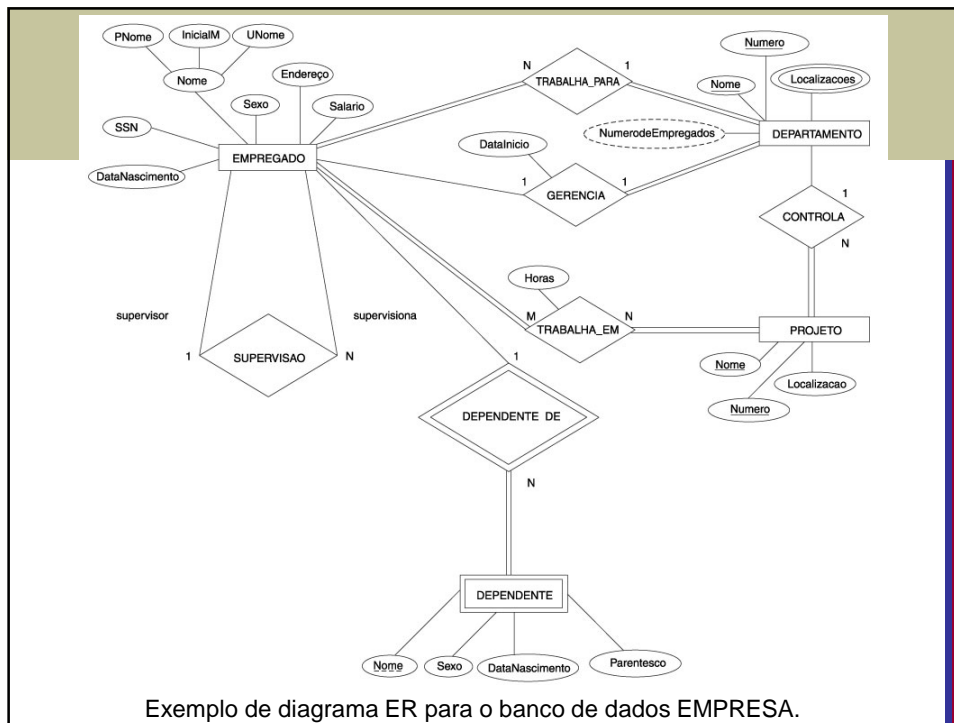


FIGURA 3.14 Resumo da notação para diagramas ER.



❑ MODELO ENTIDADE RELACIONAMENTO ESTENDIDO (EER)

Entidade-Relacionamento Estendido

- Conceitos do modelo ER Estendido (EER)
 - Inclui todos os conceitos de modelagem do ER básico
 - Conceitos adicionais:
 - subclasses/superclasses
 - especialização/generalização
 - categorias (tipos União)
 - Herança de atributo e Relacionamento
 - Esses são fundamentais para a modelagem conceitual
- Os conceitos adicionais de EER são usados para modelar aplicações mais completa e corretamente
 - EER inclui alguns conceitos de orientação a objetos, tais como herança
- Os conceitos introduzidos ao ER básico fazem com que ele possa modelar BDs objeto-relacionais e orientados a objetos

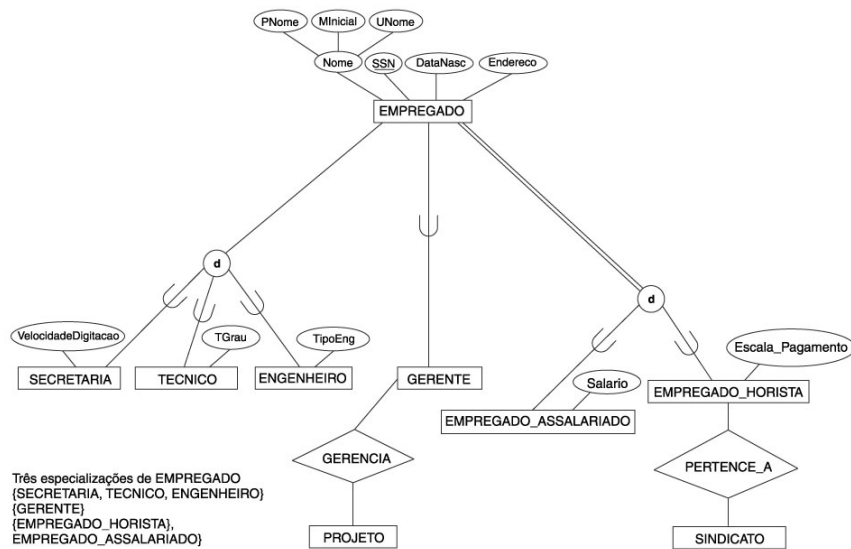
29

Subclasses e Superclasses (1)

- Um tipo entidade pode ter subgrupos adicionais de entidades
 - Exemplo: EMPREGADO pode ser agrupado como:
 - SECRETÁRIA, ENGENHEIRO, TÉCNICO, ...
 - Baseado no trabalho do EMPREGADO
 - GERENTE
 - EMPREGADOS que são gerentes
 - EMPREGADO_ASSALARIADO, EMPREGADO_HORISTA
 - Baseado no método de pagamento do EMPREGADO
- Diagramas EER estendem diagramas ER para representar esses subgrupos adicionais, chamados *subclasses* ou *subtipos*

30

Subclasses e Superclasses (2)



31

Subclasses e Superclasses (3)

- Cada um desses subgrupos é um subconjunto de entidades EMPREGADO
- Cada subgrupo é chamado de uma subclasse de EMPREGADO
- EMPREGADO é a superclasse para cada uma dessas subclasses
- Esses são chamados de relacionamentos superclasse/subclasse:
 - EMPREGADO/SECRETÁRIA
 - EMPREGADO/TÉCNICO
 - EMPREGADO/GERENTE
 - ...

32

Subclasses e Superclasses (4)

- Esses também são chamados relacionamentos IS-A
 - SECRETÁRIA IS-A EMPREGADO, TÉCNICO IS-A EMPREGADO,
- Nota: Uma entidade que é membro de uma subclasse representa a mesma entidade do mundo real como algum membro da superclasse:
 - O membro da subclasse é a mesma entidade em um papel específico distinto
 - Uma entidade não pode existir no banco de dados meramente por ser um membro de uma subclasse; ele deve ser também um membro de uma superclasse
 - Um membro de superclasse pode ser opcionalmente incluído como um membro de qualquer número de suas subclasses

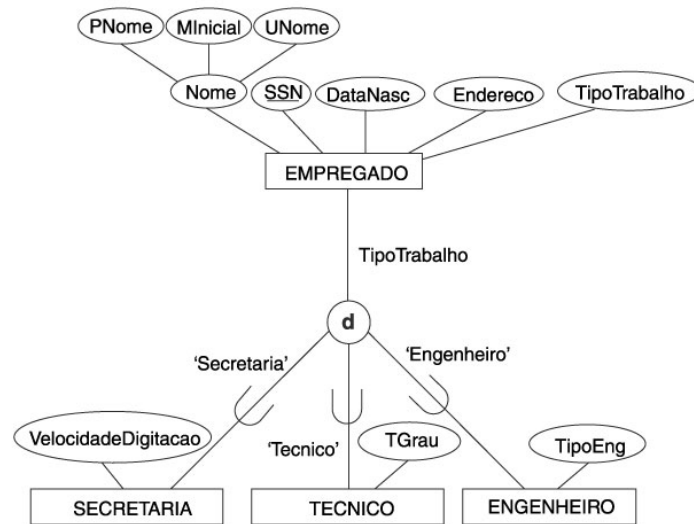
33

Subclasses e Superclasses (5)

- Exemplos:
 - Um empregado assalariado que é também um engenheiro pertence a duas subclasses:
 - ENGENHEIRO, e
 - EMPREGADO_ASSALARIADO
 - Um empregado assalariado que é também um engenheiro gerente pertence as três subclasses:
 - GERENTE,
 - ENGENHEIRO, e
 - EMPREGADO_ASSALARIADO
- Não é necessário que toda entidade em uma superclasse seja um membro de alguma subclasse

34

Representando Especialização em diagramas EER



35

Herança de Atributos em relacionamentos Superclasse / Subclasse

- Uma entidade que é membro de uma subclasse *herda*
 - Todos os atributos da entidade como um membro da superclasse
 - Todos os relacionamentos dos quais a superclasse participa
- Exemplo:
 - SECRETÁRIA (assim como TÉCNICO e ENGENHEIRO) herdam os atributos Nome, SSN, ..., de EMPREGADO
 - Toda entidade SECRETÁRIO terá valores para os atributos herdados

36

Especialização (1)

- Especialização é o processo de definição de um conjunto de subclasses de uma superclasse
- O conjunto de subclasses é definido com base em algumas características de distinção das entidades da superclasse
 - Exemplo: {SECRETÁRIA, ENGENHEIRO, TÉCNICO} são especializações de EMPREGADO baseada em seu *tipo de Trabalho*.
 - Pode haver várias especializações da mesma superclasse, baseadas nas diferentes características que as distinguem

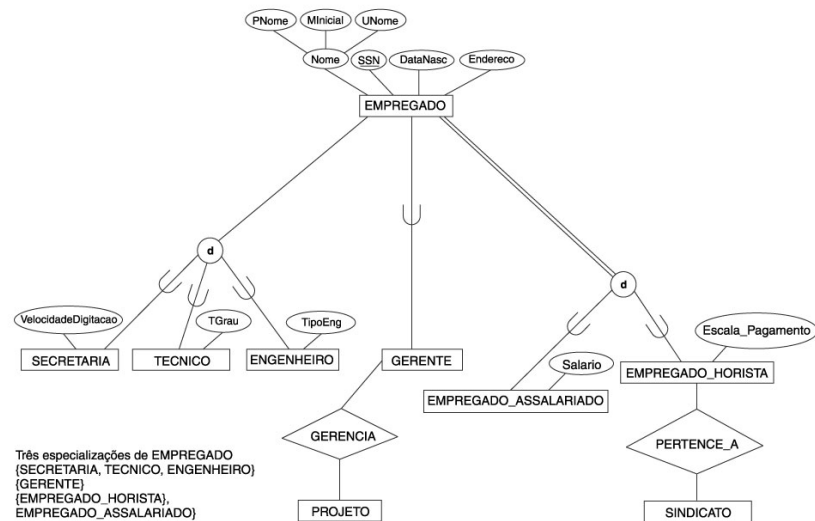
37

Especialização (2)

- Exemplo: Outra especialização de EMPREGADO é baseada no *forma de pagamento* {EMPREGADO_ASSALARIADO, EMPREGADO_HORISTA}.
 - Relacionamento superclasse/subclasse e especialização podem ser representados em diagramas EER
 - Atributos de uma subclasse são chamados atributos *específicos* ou *locais*.
 - Por exemplo, o atributo VelocidadeDigitação de SECRETÁRIA
 - A subclasse pode também participar em tipos relacionamento específicos.
 - Por exemplo, o relacionamento PERTENCE_A de EMPREGADO_HORISTA

38

Especialização (3)



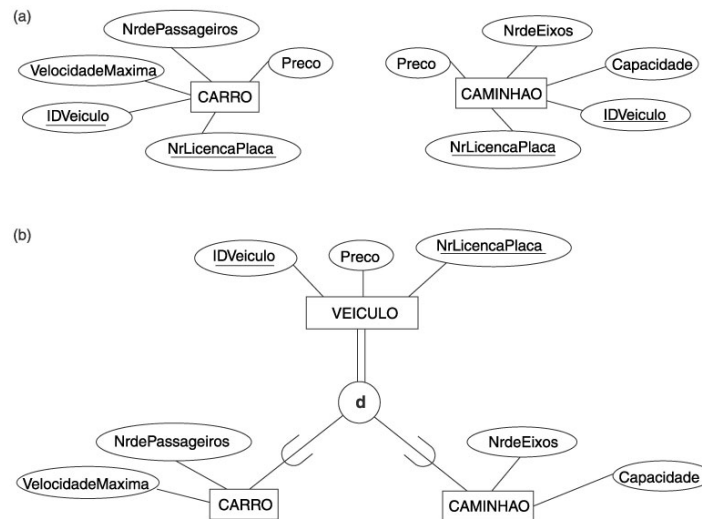
39

Generalização (1)

- Generalização é o processo inverso da especialização
- Várias classes com características comuns são generalizadas em uma superclasse;
 - Classes originais se tornam subclasses da superclasse generalizada
- Exemplo: CARRO, CAMINHÃO são generalizadas em VEÍCULO;
 - ambos CARRO, CAMINHÃO se tornam subclasses da superclasse VEÍCULO.
 - Pode-se ver {CARRO, CAMINHÃO} como uma especialização de VEÍCULO
 - Alternativamente, pode-se ver VEÍCULO como uma generalização de CARRO e CAMINHÃO

40

Generalização (2)



41

Generalização e Especialização (1)

- Notação diagramática utilizada na distinção entre generalização e especialização
 - Setas apontando para a superclasse generalizada representa uma generalização
 - Setas apontando para a subclasse especializada representa uma especialização
 - Essa notação não é muito utilizada, pois é subjetiva e não influencia no resultado final do diagrama

42

Generalização e Especialização (2)

- Modelagem de dados com Especialização e Generalização
 - Uma superclasse ou subclasse representa uma coleção (ou conjunto / agrupamento) de entidades
 - Também representam um *tipo de entidade* particular
 - É mostrada em retângulos nos diagramas EER (como os tipos entidades)
 - Pode-se chamar todas os tipos entidades (e suas coleções correspondentes) de **classes**, se elas são tipos entidades, superclasses, ou subclasses

43

Restrições em Especialização e Generalização (1)

- Se for possível determinar exatamente que entidades vão se tornar membros de cada subclasse, colocando uma condição no valor de algum atributo da superclasse, as subclasses são chamadas subclasses *definidas por predicado* (ou *definidas por condição*)
 - Condição é uma restrição que determina membros de subclasse
 - Mostra-se um subclasse definida por predicado escrevendo a condição do predicado próximo à linha que conecta a subclasse ao círculo de especialização

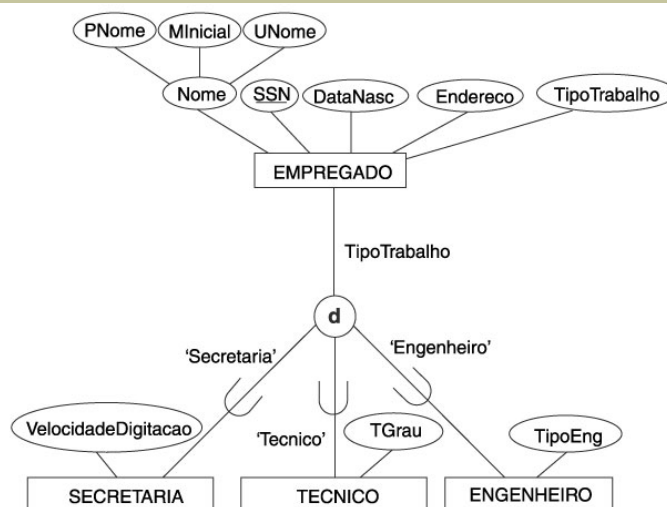
44

Restrições em Especialização e Generalização (2)

- Se todas as subclasses de uma especialização têm sua condição determinada pelo *mesmo* atributo da superclasse, a especialização é chamada *especialização definida por atributo*
 - O atributo é chamado de atributo de definição da especialização
 - Exemplo: TipoTrabalho é o atributo de definição da especialização {SECRETARIA, TÉCNICO, ENGENHEIRO} de EMPREGADO
- Quando não existe uma condição que determine que a entidade seja membro de uma subclasse, a subclasse é chamada *definida pelo usuário*
 - Um membro de uma subclasse é determinado pelo usuário do BD na operação de inserção de uma entidade à subclasse correspondente
 - Um membro da subclasse é especificado individualmente para cada entidade, pelo usuário

45

Exibindo uma especialização definida por atributo em diagramas EER



46

Restrições em Especialização e Generalização (3)

- Duas restrições básicas podem ser aplicadas à uma especialização/generalização:
 - Restrição de Disjunção;
 - Restrição de Integralidade (Completeness).

47

Restrições em Especialização e Generalização (4)

- Restrição de Disjunção:
 - Especifica que as subclasses da especialização devem ser *disjuntas*:
 - Uma entidade pode ser membro de, no máximo, uma das subclasses da especialização
 - Especificada por **d** no diagrama EER
 - Se as subclasses não são disjuntas, a especialização é considerada *sobreposta*:
 - Ou seja, a mesma entidade pode ser membro de mais de uma subclasse da especialização
 - Especificada por **o** no diagrama EER

48

Restrições em Especialização e Generalização (5)

- Restrição de Integralidade (ou Completude) :
 - A restrição de integralidade pode ser total ou parcial
 - *Total* especifica que toda entidade na superclasse deve ser um membro de pelo menos uma das subclasses na especialização/generalização
 - Exibido no diagrama EER por uma linha dupla
 - *Parcial* permite que uma entidade não pertença a nenhuma das subclasses
 - Exibido no diagrama EER por uma linha única

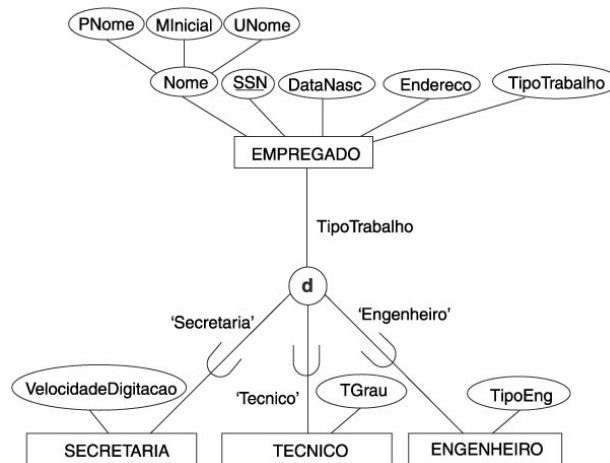
49

Restrições em Especialização e Generalização (6)

- Assim, tem-se quatro tipos de especialização/generalização:
 - Disjunção total
 - Disjunção parcial
 - Sobreposição total
 - Sobreposição parcial
- Nota: Generalização usualmente é total porque a superclasse é definida através das subclasses.

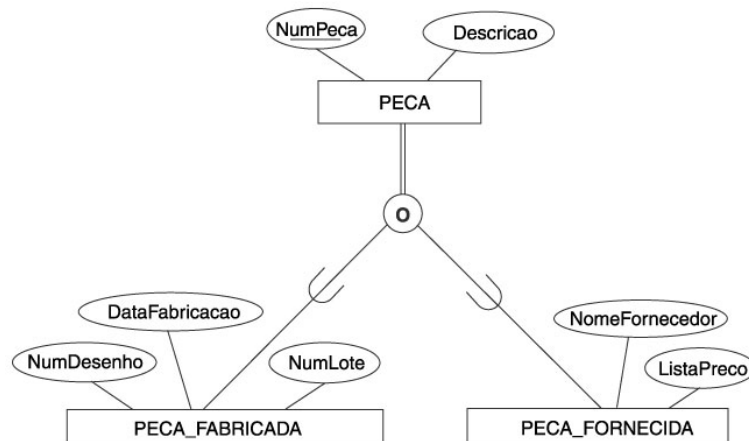
50

Exemplo de Especialização disjunta parcial



51

Exemplo de Especialização Sobreposta total



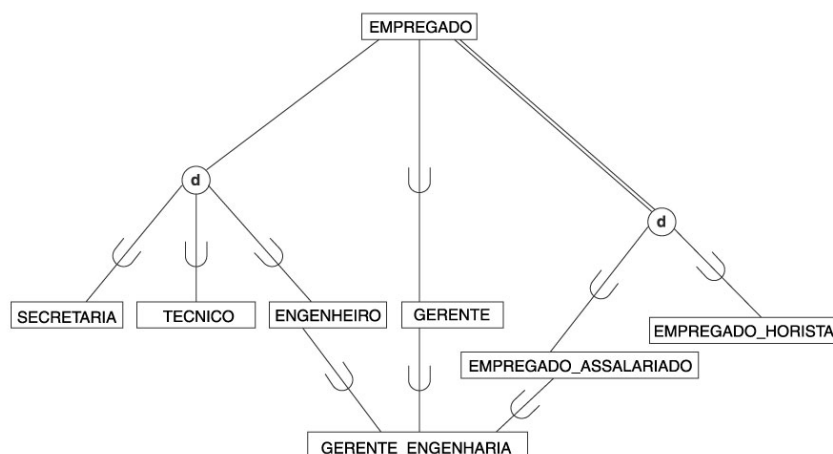
52

Hierarquias e Reticulados de Especialização/Generalização (1)

- Uma subclasse pode ter outras subclasses especificadas através dela
 - Formando uma hierarquia ou reticulado de especializações
- Uma **hierarquia** restringe que todas as suas subclasses tenha apenas uma superclasse (chamada **herança única**); isso é basicamente uma **estrutura de árvore**
- Em um **reticulado**, uma subclasse pode ser subclasse de mais de uma superclasse (chamada **herança múltipla**)

53

Reticulado de especialização "GERENTE_ENGENHARIA"



54

Hierarquias e Reticulados de Especialização/Generalização (2)

- Em um reticulado ou hierarquia, uma subclasse herda os atributos não somente de sua superclasse direta, como também de todas as superclasses predecessoras
- Uma subclasse com mais de uma superclasse é chamada de subclasse compartilhada (herança múltipla)
- Pode existir:
 - *Especialização* de hierarquias ou reticulados, ou
 - *Generalização* de hierarquias ou reticulados, (depende de como eles foram derivados)

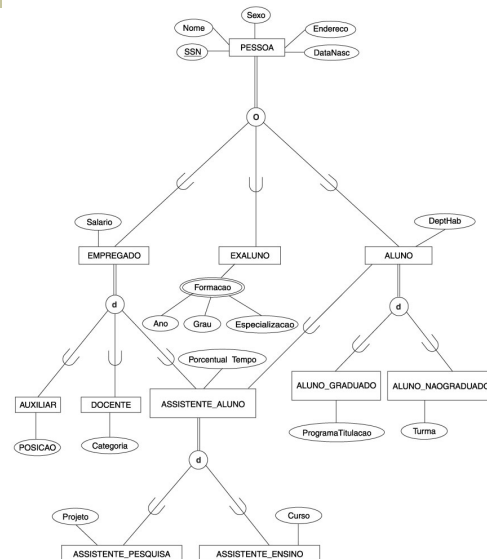
55

Hierarquias e Reticulados de Especialização/Generalização (3)

- Na *especialização*, inicia-se com um tipo entidade e então defini-se subclasses do tipo entidade através de especializações sucessivas
 - Chamado de processo de refinamento conceitual *top down*
- Na *generalização*, inicia-se com vários tipos entidades e generaliza-se as suas propriedades comuns
 - Chamado de processo de síntese conceitual *bottom up*
- Na prática, uma combinação de ambos os processos é empregada

56

Exemplo de Especialização / Generalização Reticulada (UNIVERSIDADE)



57

Categorias (Tipos União) (1)

- Uma subclasse compartilhada é uma subclasse onde:
 - Existe mais de um relacionamento superclasse/subclasse distinto
 - Cada relacionamento tem uma única superclasse
 - Subclasse compartilhadas levam a herança múltipla
- Em alguns casos, é necessário modelar um único relacionamento superclasse/subclasse *com mais de uma* superclasse
- Superclasses podem representar diferentes tipos entidade
- Tal subclasse é chamada uma categoria ou TIPO UNIÃO

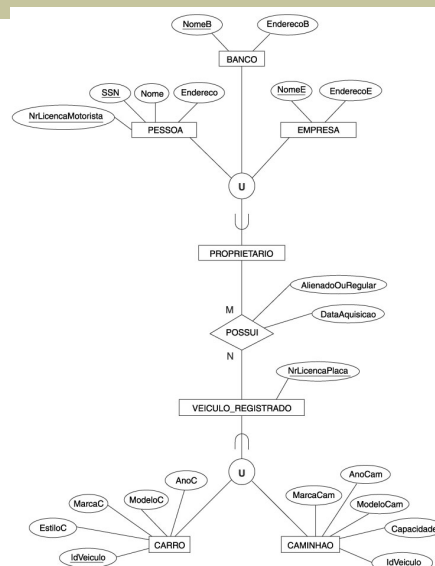
58

Categorias (Tipos União) (2)

- Exemplo: Em um BD para registrar veículos, um proprietário pode ser uma PESSOA, um BANCO (que possui a alienação) ou uma COMPANHIA.
 - Uma *categoria* (tipo UNIÃO) chamado PROPRIETÁRIO é criado para representar o subconjunto da *união* das três superclasses COMPANHIA, BANCO, e PESSOA
 - Um membro de uma categoria deve existir em **peelo menos uma** de suas superclasses
- *Diferença entre Subclasse Compartilhada e Categorias:*
 - Membros de subclasse compartilhada devem existir em **todas** as suas superclasses
 - Membros de subclasse compartilhada representam um subconjunto da *intersecção* de suas superclasses

59

Exemplo de Categorias : PROPRIETÁRIO, VEÍCULO_REGISTRADO



60

Definição Formal de Modelo EER (1)

- **Classe:**
 - É um tipo de entidade com um correspondente conjunto de entidades:
 - Pode ser um tipo entidade, subclasse, superclasse, ou categoria
- **Nota:** A definição de *tipo relacionamento* em ER/EER deve ter os 'tipos entidade' substituídos por 'classes' para permitir o relacionamento entre classes em geral
- **Subclasse** é uma classe cujo:
 - A subclasse herda todos os atributos e relacionamento da classe C
 - O conjunto de entidades deve sempre ser um subconjunto do conjunto de entidades da classe C
 - $S \subseteq C$
 - C é chamada de superclasse de S
 - Um relacionamento superclasse/subclasse existe entre S e C

61

Definição Formal de Modelo EER (2)

- **Especialização:** $Z = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ é um conjunto de subclasses que têm a mesma superclasse G; isso é, G/ S_i é um relacionamento superclasse/subclasse para $i = 1, \dots, n$.
 - G é chamado tipo **entidade generalizada** ou superclasse da especialização $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$
 - Z é o total sempre que tivermos:
 - $S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_n = G$;
 - Do contrário, Z é parcial.
 - Z é disjuncto sempre que tivermos:
 - $S_i \cap S_j = \emptyset$ para $i \neq j$;
 - Do contrário, Z é sobreposto.

62

Definição Formal de Modelo EER (3)

- Subclasse S de C é **definida por predicado** se um predicado (condição) p nos atributos de C for usado para especificar quais entidades em C são membros de S;
 - Isto é, $S = C[p]$, em que $C[p]$ é o conjunto de entidades em C que satisfazem a condição p
- Uma subclasse que não é definida por um predicado é chamada **definida por usuário**
- Uma especialização é **definida por atributo** se um predicado $A = c_i$ (no qual A for um atributo de G e c_i um valor constante do domínio de A) for usado para especificar os membros de cada subclasse S_i em Z
 - Nota: Se $c_i \neq c_j$ para $i \neq j$, e A for um atributo monovalorado, então a especialização será disjunta.

63

Definição Formal de Modelo EER (4)

- Categoria ou Tipo União
 - Uma categoria T é uma classe que é um subconjunto da *união* de n superclasses definidas D_1, D_2, \dots, D_n , $n > 1$:
 - $T \subseteq (D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_n)$
 - Um predicado p_i nos atributos de D_i pode ser usado para especificar as entidades de D_i que são membros de T.
 - Se um predicado for especificado em todo D_i :
 - $T = (D_1[p_1] \cup D_2[p_2] \cup \dots \cup D_n[p_n])$

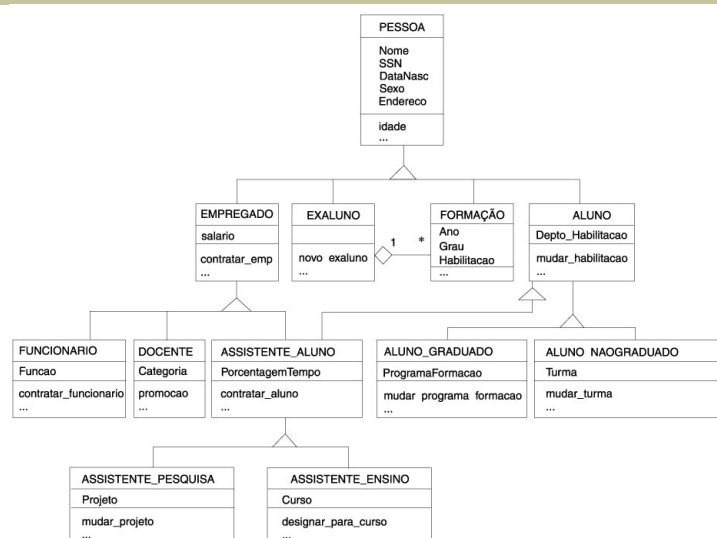
64

Notações Diagramáticas Alternativas

- Diagramas ER/EER são uma notação específica para exibir os conceitos dos modelos diagramaticamente
- Ferramentas de projeto de DB usam várias notações alternativas para conceitos iguais ou similares
- Uma notação alternativa comum usa *diagramas de classe UML*

65

Exemplo UML para Exibição de Especialização / Generalização



66

Notações Diagramáticas Alternativas

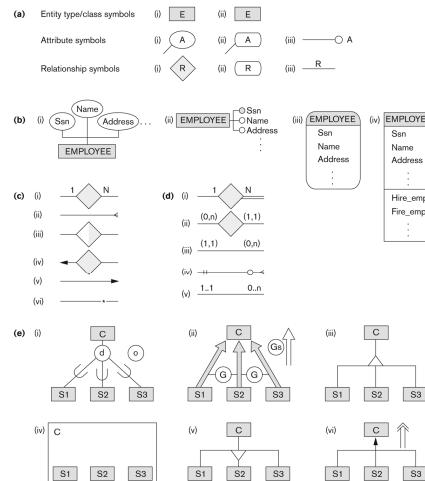


Figure A.1
Alternative notations. (a) Symbols for entity type/class, attribute, and relationship. (b) Displaying attributes. (c) Displaying cardinality ratios. (d) Various (min, max) notations. (e) Notations for displaying specialization/generalization.

67

Conceitos Gerais da Modelagem Conceitual

- **ABSTRAÇÃO GERAL DE DADOS**
 - IDENTIFICAÇÃO
 - CLASSIFICAÇÃO
 - AGREGAÇÃO e ASSOCIAÇÃO (relacionamento)
 - GENERALIZAÇÃO e ESPECIALIZAÇÃO
- **RESTRIÇÕES**
 - CARDINALIDADE (Min e Max)
 - COBERTURA (Total vs. Parcial, e Exclusiva (disjunta) vs. Sobreposta)

68

Resumo

- Introduziu os conceitos de modelo EER
 - Relacionamento Classe/subclasse
 - Especialização e generalização
 - Herança
- Estes conceitos enriquecem o modelo ER básico que assim pode suportar a modelagem de BDs objeto-relacionais ou orientados a objetos
- Notações alternativas de diagramas foram apresentadas