

Modelo ER

■ Tópicos

- ✦ O processo de desenho
- ✦ Conjuntos de entidades
- ✦ Conjuntos de relações
- ✦ Restrições de Mapeamento
- ✦ Chaves
- ✦ Diagrama ER
- ✦ Opções de desenho
- ✦ Extensões ao modelo ER
- ✦ Exemplo

■ Bibliografia

- ✦ Capítulo 7 do livro recomendado
- ✦ Capítulo 2 do livro de Ramakrishnan et al.

Fases do desenho

- Fase inicial (requisitos) – caracterizar integralmente as necessidades de dados para os utilizadores da base de dados.
- Segunda fase – escolher o modelo de dados mais apropriado
 - ✦ Aplicar os conceitos do modelo de dados seleccionado
 - ✦ Traduzir os requisitos no esquema conceptual da base de dados
 - ✦ Um esquema conceptual completamente desenvolvido carecateriza os requisitos funcionais da empresa/cliente
 - ❖ Descrever os tipos de operações (ou transações) que serão aplicadas aos dados.

Fases do Desenho (Cont.)

- Fase final – Passar do modelo abstrato para a implementação da base de dados
 - ★ Desenho lógico – decidir qual o esquema da base de dados, i.e. o desenho da base de dados implica encontrar um conjunto adequado de esquemas de relação.
 - Decisão de negócio – quais os atributos a registar na base de dados?
 - Decisão técnica – quais os esquemas de relação a incluir e como os atributos devem ser distribuídos pelos diversos esquemas de relação?
 - ★ Desenho físico – decidir como implementar o esquema no SGBD

Alternativas de desenho

- Ao desenhar-se um esquema de base dados devem-se evitar os dois grandes problemas:
 - Redundância: um mau desenho pode resultar em redundância de informação.
 - A representação redundante de informação pode provocar a inconsistência entre as várias cópias dos dados/informação
 - Incompletude: um mau desenho pode levar a que certos aspectos das necessidades do cliente a serem difíceis ou mesmo impossíveis de representar.
- Evitar o mau desenho não é suficiente. Normalmente temos de optar entre um conjunto grande de boas alternativas.

Aproximações ao desenho

- Modelo Entidade-Relações
 - Modela o domínio como um conjunto de entidades e relações
 - Representação gráfica por intermédio de Diagramas Entidade-Relação (com muitas notações alternativas)
- Teoria da normalização
 - Formalizar o que são maus desenhos e testar o nosso esquema

Modelo ER

(Entidade-Relações ou Entidades-Associações)

- “Ferramenta” [Chen 76] para descrever:
 - * informação
 - * relações entre tipos de informação
 - * significado da informação
 - * (algumas formas de) restrições sobre os dados
- Construção de grafos que objetivam as características da informação a armazenar
- No modelo ER, uma *base de dados* pode ser modelada como:
 - * uma coleção de **entidades**,
 - * uma coleção de **relações** (ou associações) entre entidades.

Conjuntos de entidades

- Uma *entidade* é um objeto existente e que é distinguível de todos os outros objetos. Eg:
 - ✦ O cliente 33 do banco, que se chama João mora em Lisboa e tem o telefone 22222
 - ✦ A conta 11111 que pertence aos clientes 33 e 22 e cujo saldo é 1000 Euros
- As entidades possuem propriedades (*atributos*)
 - ✦ Exemplo: os clientes têm *nº*, *nome*, *endereço* e *telefone*
- Um *conjunto de entidades* é um conjunto de entidades do mesmo tipo e que partilham as mesmas propriedades.

Exemplo: o conjunto de todos os clientes, o conjunto de todas as contas, etc

Conjunto de Entidades *customer* e *loan*

customer

id	name	address	city
13123	Luís Trindade	Rue Central	Paris
43242	Pedro Silva	Rua da Sofia	Coimbra
36645	Joana Sobral	Rua D ^a Maria	Coimbra
21313	Susana Dias	Av do Brasil	Lisboa

loan

I_number	amount
L-17	100
L-24	2000
L-38	3000
L-44	20

Atributos

- *Atributo*: Propriedade de uma entidade. E.g.
 - ❖ *Nome de um cliente*
 - ❖ *Saldo dum conta*
- Entidades são representadas por atributos
- Conjuntos de Entidades agregam entidades, todas descritas pelos mesmos atributos
- Cada atributo tem um *domínio* (conjunto de valores permitidos para o atributo).
 - ❖ *Domínio de “Nome”*: strings de até 50 caracteres
 - ❖ *Domínio de “Saldo”*: números inteiros

Atributos

- Tipos de atributos:
 - ✦ *Atributo simples*
 - ✦ *Atributo compostos*: Composto por vários atributos simples
 - ❖ E.g. *Morada (com nome de rua, nº de porta, Localidade, CP)*
 - ✦ *Atributos univalor e multivalor*
 - ❖ E.g. atributo multivalor: *números de telefone*
 - ✦ *Atributos derivados*: Que podem ser calculado a partir de outros atributos
 - ❖ E.g. *idade*, a partir da data de nascimento
- Vamos fazer as coisas por forma a ter sempre atributos simples, univalor e não derivados.
 - ✦ Lá mais para a frente veremos melhor porquê!!

Conjuntos de Relações

- Uma *relação* é uma associação entre várias entidades. E.g.:
 - ❖ *Associação entre a conta 1111 e o cliente 33 (um dos titulares da conta)*
- Um *conjunto de relações* é um conjunto de relações, todas do mesmo tipo. E.g. :
 - ❖ *Conjunto entre todas as associações entre contas e clientes seus titulares (depositantes)*
- Formalmente, é uma relação matemática entre $n \geq 2$ entidades, cada uma pertencente a um conjunto de entidades
$$\{(e_1, e_2, \dots, e_n) \mid e_1 \in E_1, e_2 \in E_2, \dots, e_n \in E_n\}$$

em que (e_1, e_2, \dots, e_n) é um elemento da relação

➔ *Exemplo: (conta 1111, cliente 33) ∈ depositante*

Conjunto de Relações *borrower*

customer

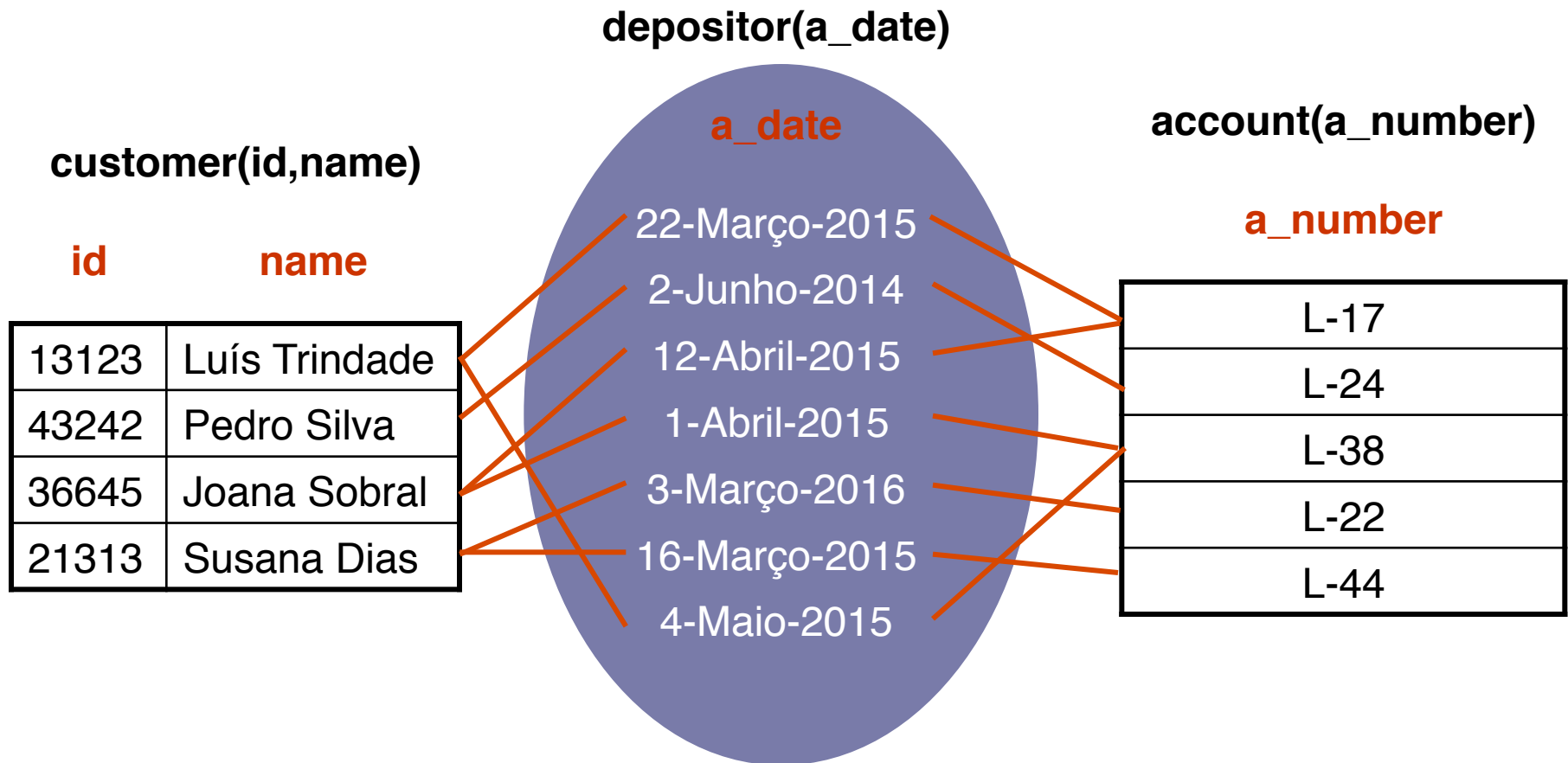
loan

id	name	address	city		I_number	amount
13123	Luís Trindade	Rue Central	Paris	—	L-17	100
43242	Pedro Silva	Rua da Sofia	Coimbra	—	L-24	2000
36645	Joana Sobral	Rua D ^a Maria	Coimbra	—	L-38	3000
21313	Susana Dias	Av do Brasil	Lisboa	—	L-44	20

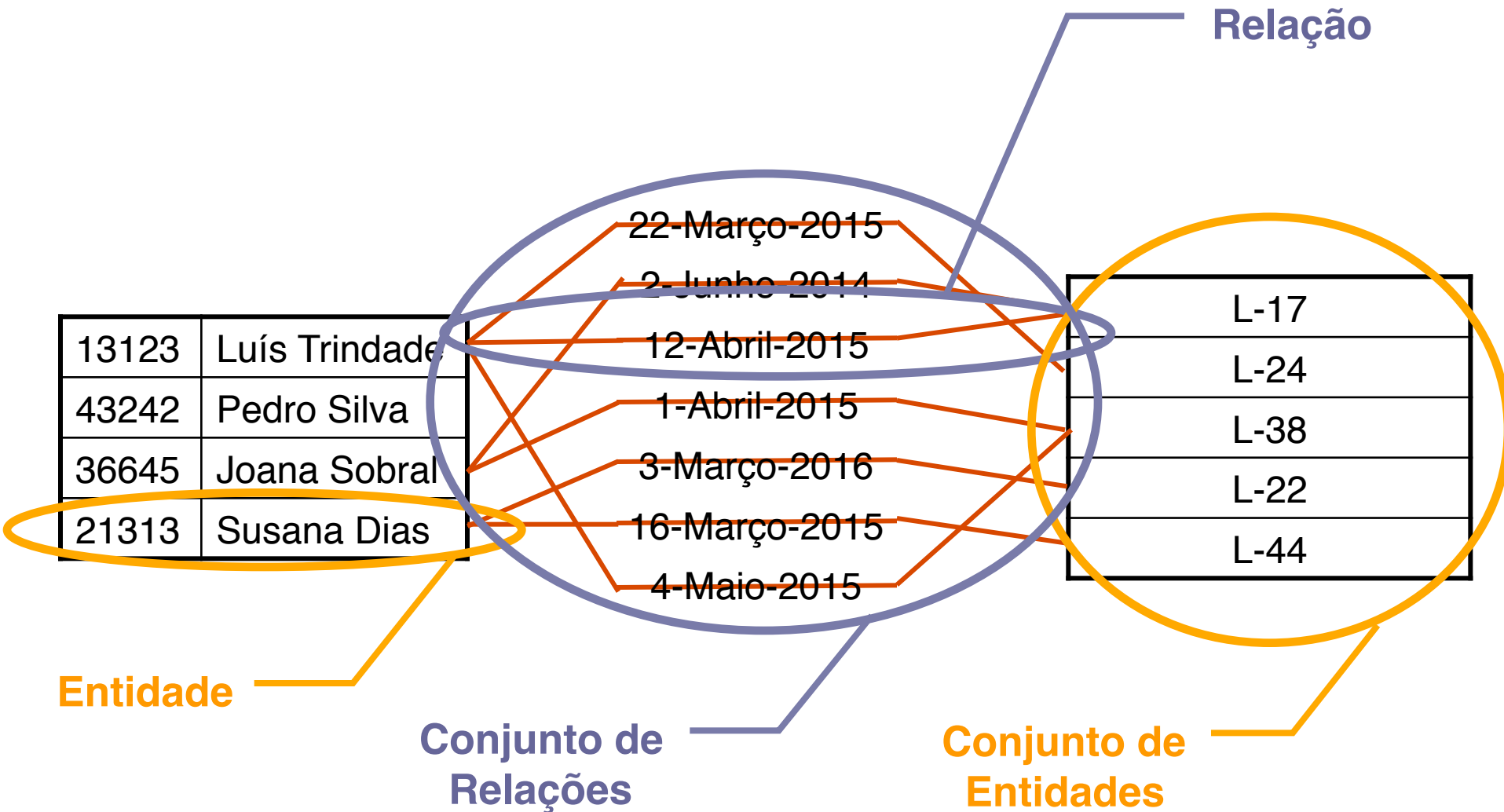
```
graph LR; C1[13123] --- L1[L-17]; C2[43242] --- L2[L-24]; C3[36645] --- L3[L-38]; C4[21313] --- L4[L-44]; C2 --- L3; C3 --- L2;
```

Conjuntos de Relações (Cont.)

- Os conjuntos de relações também podem ter propriedades adicionais, descritas por **atributos**.
- Por exemplo, a relação de titulares entre clientes e contas pode ter o atributo *access-date*



Entidades e Relações



Grau de um Conjunto de Relações

- Refere-se ao número de conjuntos de entidades que participam num conjunto de relações.
- Conjuntos de Relações que envolvem dois conjuntos de entidades são **binários** (ou de grau dois). Geralmente, os conjuntos de relações num sistema de bases de dados são binários.
- Conjuntos de Relações podem envolver mais do que dois conjuntos de entidades.
 - ▶ **Exemplo:** Consideremos os empregados de um banco que podem ter várias funções (responsabilidades) em diferentes balcões. Neste caso, existe uma relação ternária entre os conjuntos de entidades “empregados”, “balcões” e “funções”.

Atributos vs relações

- Em vez de:

13123	Luís Trindade	Paris	712231214
43242	Pedro Silva	Coimbra	23423243
36645	Joana Sobral	Coimbra	2433223
21313	Susana Dias	Lisboa	25235213

- Porque não:

13123	Luís Trindade	Paris	712231214
43242	Pedro Silva	Coimbra	23423243
36645	Joana Sobral	Coimbra	2433223
21313	Susana Dias	Lisboa	25235213

Permitia

- Depende da aplicação em causa
- Temos que ver, (para já) intuitivamente, caso a caso

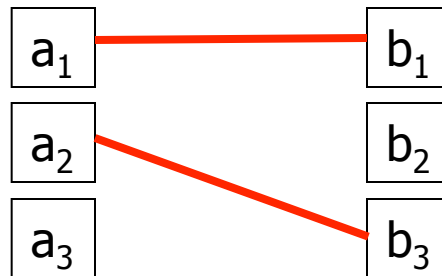
Restrições de Mapeamento (Cardinalidades)

- Restringem o número de entidades com as quais pode estar associada uma outra entidade num determinado conjunto de relações.
- Para um conjunto de relações binárias a restrição de mapeamento pode ser uma das seguintes:
 - ✦ um para um (ou 1:1)
 - ✦ um para muitos (ou um para vários, ou 1:N)
 - ✦ muitos para um (ou vários para 1, ou N:1)
 - ✦ muitos para muitos (ou vários para vários, N:M)

Restrições mapeamento

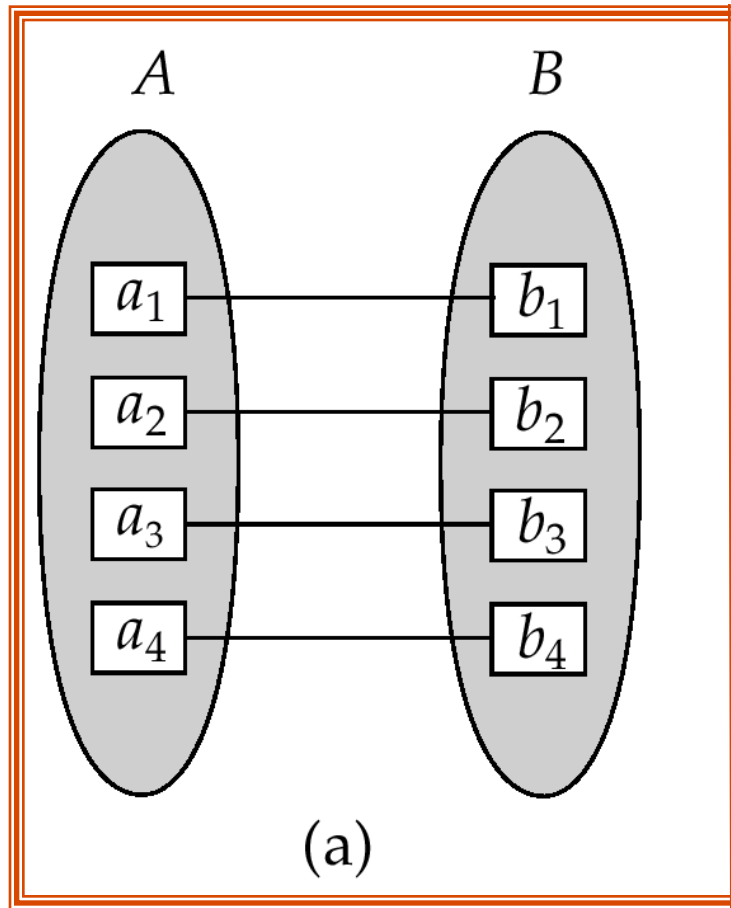
■ Um para um (1:1)

- ❖ *Numa empresa, um empregado tem no máximo um carro, e um carro está no máximo atribuído a um empregado.*



- $(e_1, e_2) \in R \wedge (e_1, e_3) \in R \Rightarrow e_2 = e_3$
- $(e_1, e_2) \in R \wedge (e_3, e_2) \in R \Rightarrow e_1 = e_3$

Restrição 1:1



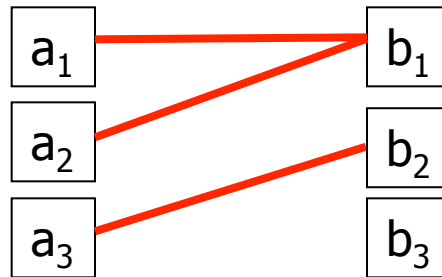
- **Proíbe** que uma entidade de A se relacione com mais do que uma entidade de B.
- **Proíbe** que uma entidade de B se relacione com mais do que uma entidade de A.
- *Exemplo:* Um empregado está associado **no máximo a um** carro, e um carro está associado **no máximo a um** empregado

Nota: Alguns elementos de A ou B podem não estar relacionados com elementos do outro conjunto.

Restrições mapeamento

■ Vários para um (N:1)

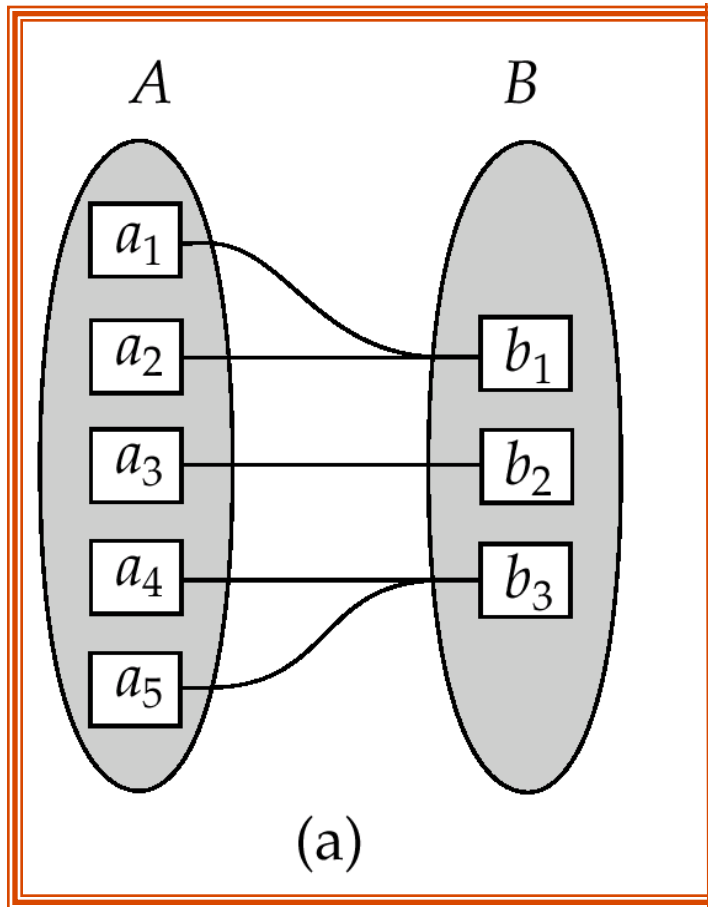
- ❖ *Uma turma tem vários estudantes, mas um estudante só pertence a uma turma*



$$\bullet (e_1, e_2) \in R \wedge (e_1, e_3) \in R \Rightarrow e_2 = e_3$$

• Não há restrição no outro sentido

Restrição N:1



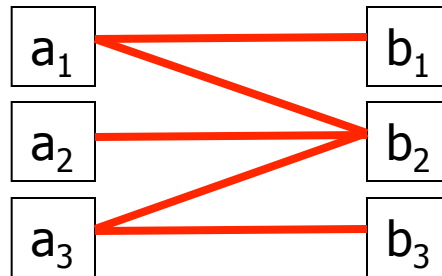
- **Proíbe** que uma entidade de A se relacione com mais do que uma entidade de B.
- **Permite** que uma entidade de B se relacione com mais do que uma entidade de A.
- *Exemplo:* Um estudante está associado a **no máximo uma** turma, mas uma turma pode estar associada a mais que um estudante

Nota: Alguns elementos de A ou B podem não estar relacionados com elementos do outro conjunto.

Restrições mapeamento

■ Vários para vários (M:N)

- ❖ *Um cliente pode ter várias contas e uma conta pode pertencer a vários clientes*
- ❖ *Um livro pode ser requisitado por vários leitores, e um leitor pode requisitar vários livros.*



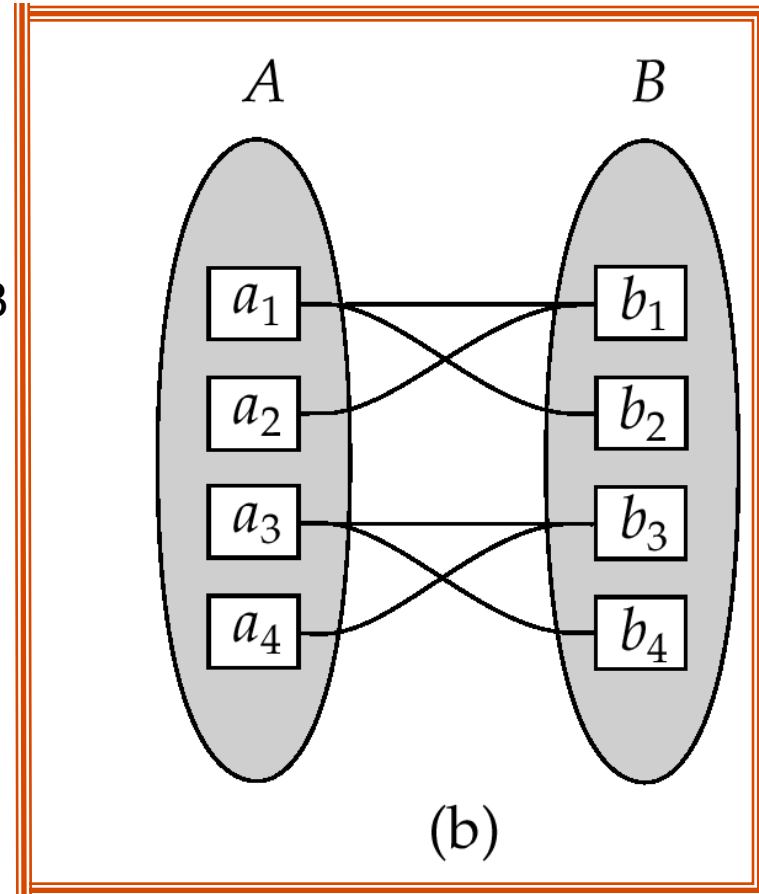
- Não há restrições em nenhum dos sentidos

“Restrição” N:M

■ Não impõe restrições

- ★ **Permite** que uma entidade de A se relacione com mais do que uma entidade de B.
- ★ **Permite** que uma entidade de B se relacione com mais do que uma entidade de A.

- *Exemplo:* Uma conta pode estar associada a mais do que um cliente, e um cliente pode ter mais do que uma conta associada



Nota: Alguns elementos de A ou B podem não estar relacionados com elementos do outro conjunto.

As cardinalidades afectam o desenho

- Se a relação entre *clientes* e *contas* fosse de um para vários (i.e. um cliente pode ter várias contas mas uma conta só pode pertencer a um cliente) então *data-de-acesso* poderia ser um atributo de *conta*, em vez de um atributo da relação.

Chaves

- Como distinguir entre várias entidades (ou entre várias relações) dentro dum mesmo conjunto?
- *Super-chave* de um conjunto de entidades é um conjunto de um ou mais atributos cujos valores determinam univocamente cada uma das entidades dentro do conjunto.
- A determinação unívoca depende do contexto em causa e é imposta como restrição.
 - ❖ *O n° de cliente é super-chave em clientes*
 - ❖ *O par n° de cliente e nome também é super-chave*
- Uma super-chave pode ter informação desnecessária.
 - ❖ *O nome é desnecessário na super-chave com o n° e nome.*

Chaves candidatas e primárias

- Uma *chave candidata* de um conjunto de entidades é uma super-chave minimal
 - ❖ *O {nº de cliente} é minimal*
 - ❖ *{telefone, nome} também (assumindo que pode haver várias pessoas diferentes com o mesmo nome, com o mesmo telefone, mas nunca com o mesmo nome e telefone)*
- *Chave primária* é uma chave candidata designada (escolhida) por quem desenha a base de dados para identificar as entidades dum conjunto
 - ❖ *O nº de cliente é mais conveniente como chave primária por ser mais “curta”, e não ser expectável que sofra alterações ao longo do tempo.*

Chaves para Conjuntos de Relações

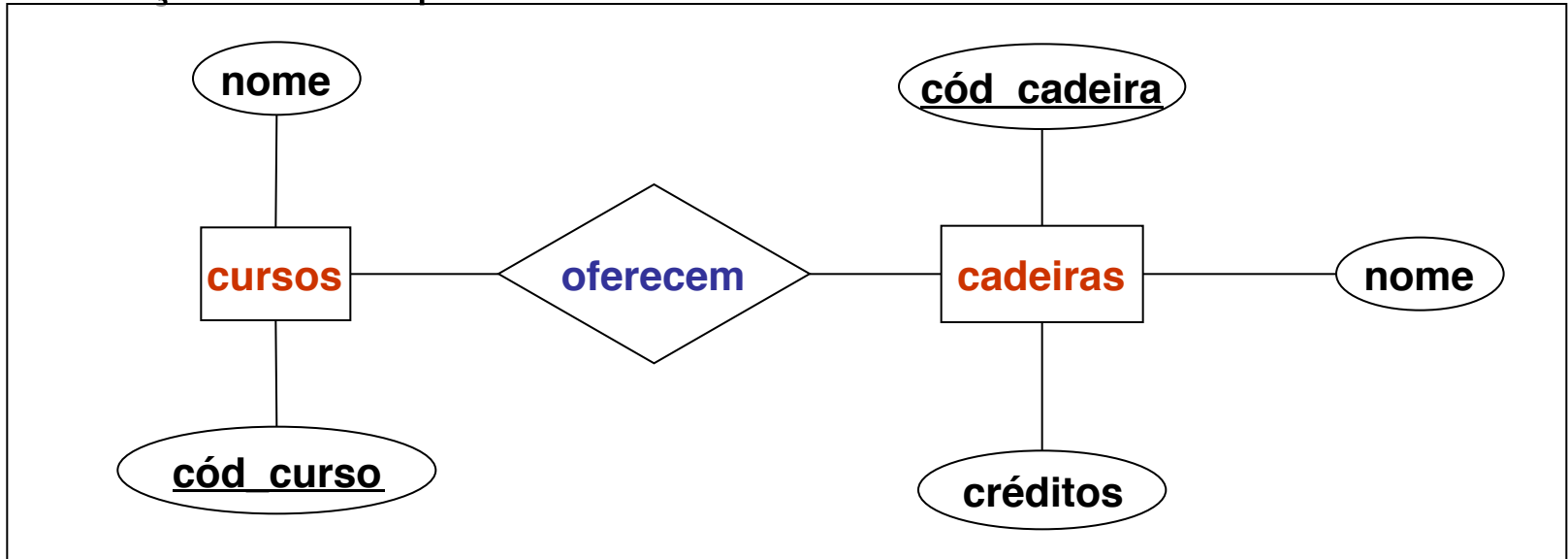
- A combinação das chaves primárias dos conjuntos de entidades participantes formam uma super-chave do conjunto de relações.
- *(customer_id, account_number)* é super-chave de *depositor*
 - ★ *NOTA: isto significa que um par de entidades pode aparecer no máximo uma vez num conjunto de entidades.*
 - ❖ Exemplo: se desejarmos manter todas as datas de acesso a cada conta por cada cliente, não poderíamos assumir uma relação para cada acesso.
- Temos que considerar a cardinalidade de mapeamento dos conjuntos de entidades quando decidimos quais as chaves candidatas dos conjuntos de relações.
 - ★ Voltaremos a este assunto mais tarde...

Restrições de Participação

- A participação de um conjunto de entidades E numa relação R é **total** se toda a entidade em E participa em pelo menos uma relação em R .
 - ✦ Por exemplo, a participação do conjunto de entidades *loan* na relação *borrower* deve ser total pois todos os empréstimos devem ter um mutuário.
- Se apenas algumas entidades de E participam em relações de R , diz-se que a participação de E em R é **parcial**.
 - ✦ A participação do conjunto de entidades *customer* na relação *borrower* deve ser parcial pois é natural que existam clientes sem empréstimos.

Diagramas ER (DER)

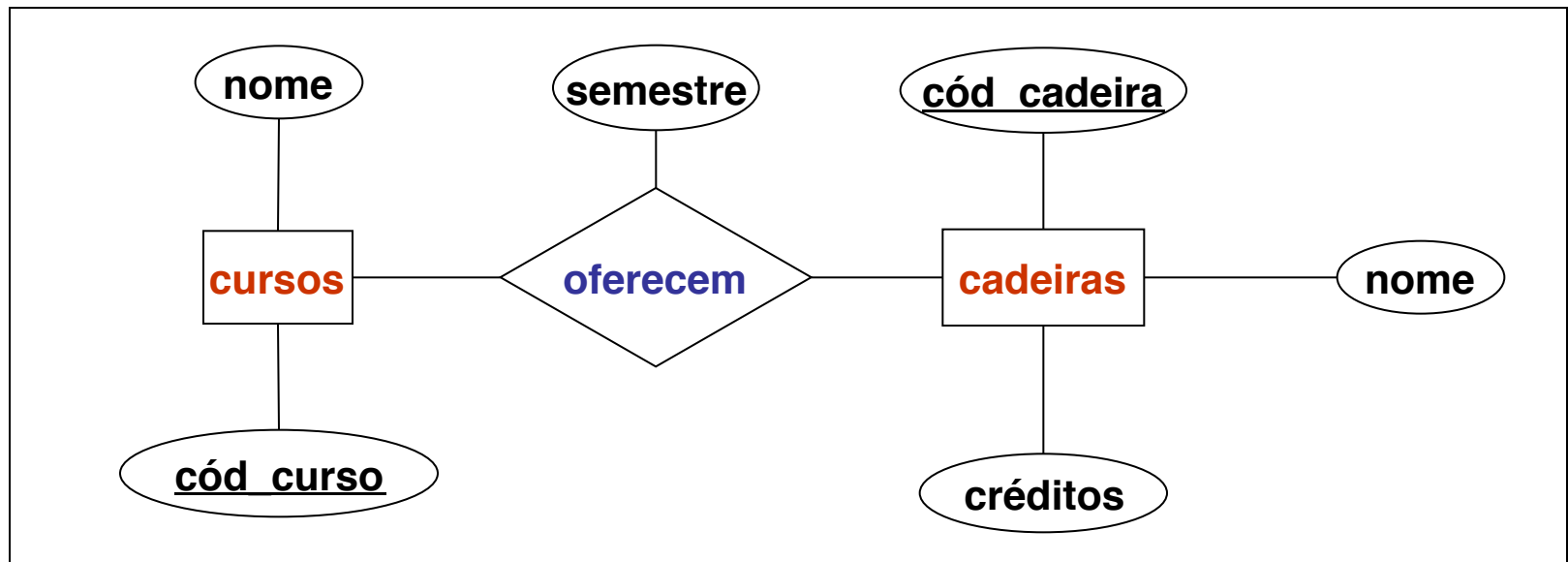
- Permitem representar graficamente as entidades, atributos, relações, restrições de mapeamento



- **Retângulos** representam conjuntos de entidades.
- **Losangos** representam conjuntos de relações.
- **Elipses** representam atributos
- **Linhas** ligam atributos aos conjuntos de entidades e conjuntos de entidades a conjuntos de associações.
- **Sublinhado** representa atributos constituintes da chave primária

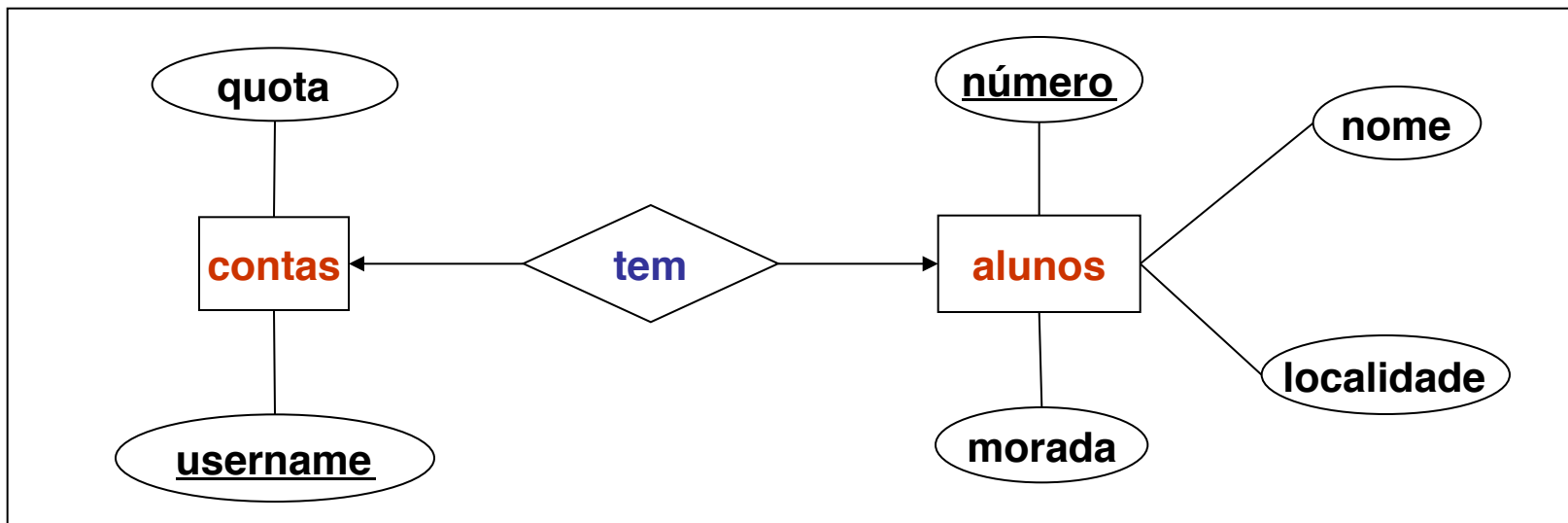
Conjs. de Relação com Atributos

- Podemos ter atributos em conjuntos de relações. Por exemplo, para manter informação sobre o semestre em que uma dada cadeira é oferecida a um dado curso.



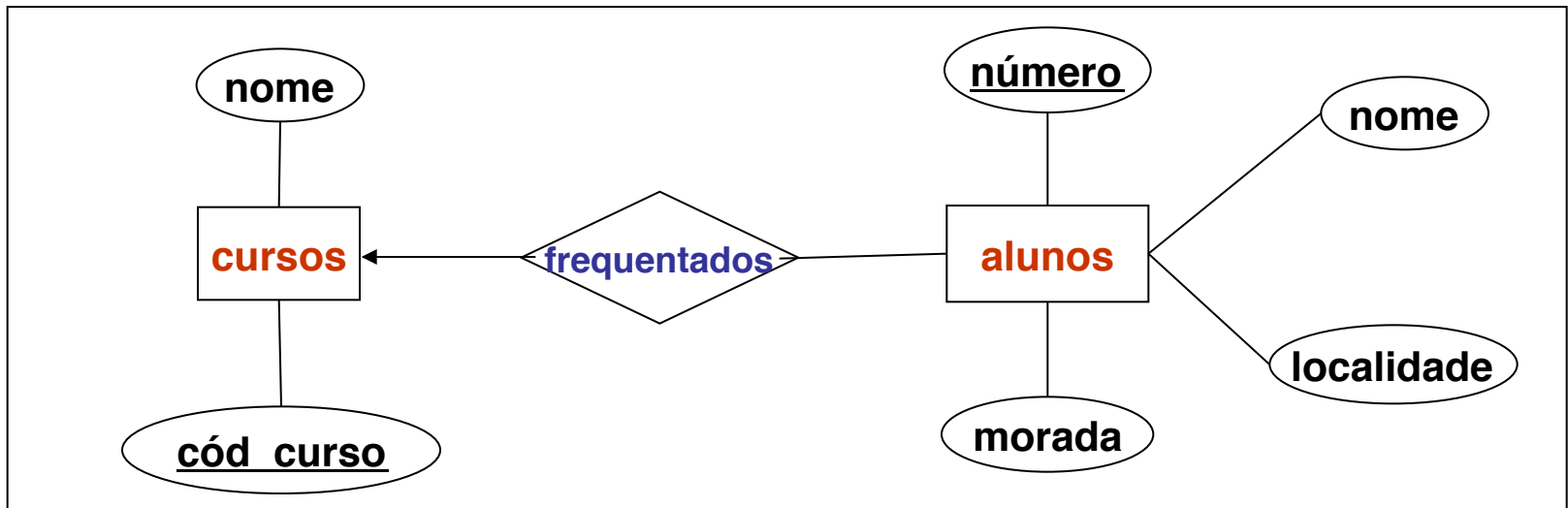
Restrições de Mapeamento

- As restrições de mapeamento são expressas desenhando uma seta (\rightarrow), significando “um,” ou uma linha ($-$), significando “muitos,” entre o conj. de relações e o conj. de entidades.
- E.g.: relação um para um:
 - ✦ Um aluno está associado no máximo a uma conta, através da relação *tem*.
 - ✦ Uma conta está associada no máximo com um aluno.



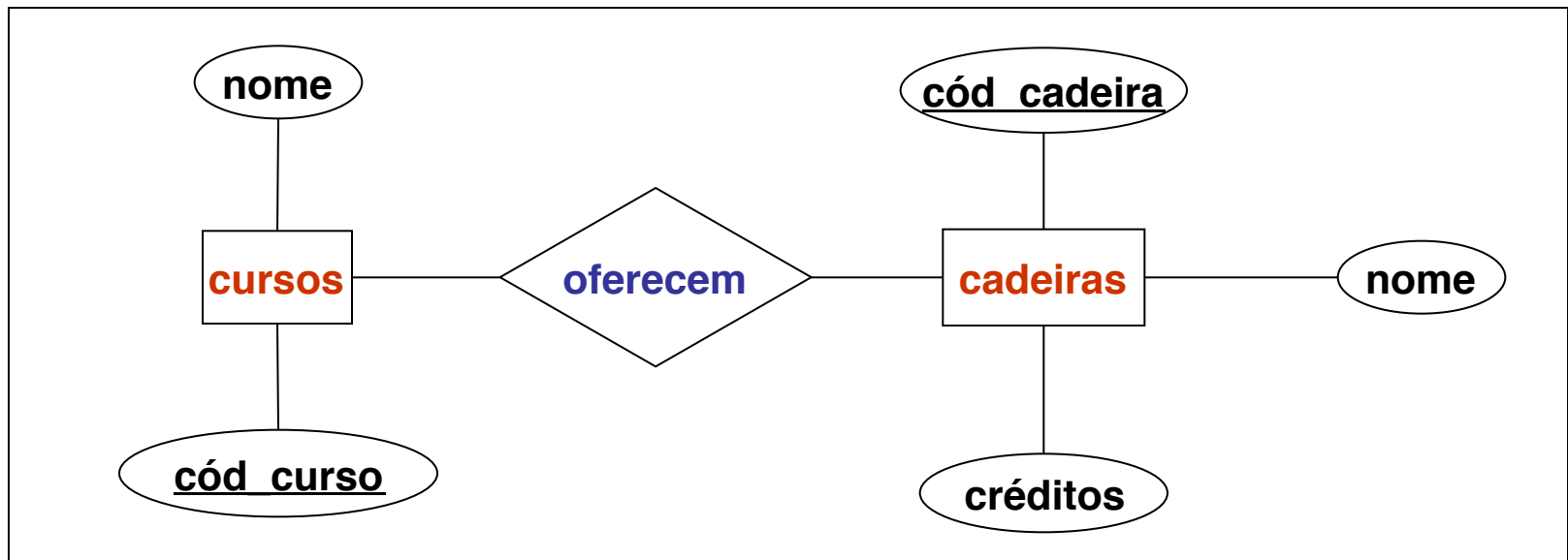
Associações muitos para um

- Na relação muitos para um, um aluno está associada no máximo com um curso através da relação *frequentados*, enquanto que um curso pode estar associado com vários alunos (podendo ser 0) através de *frequentados*



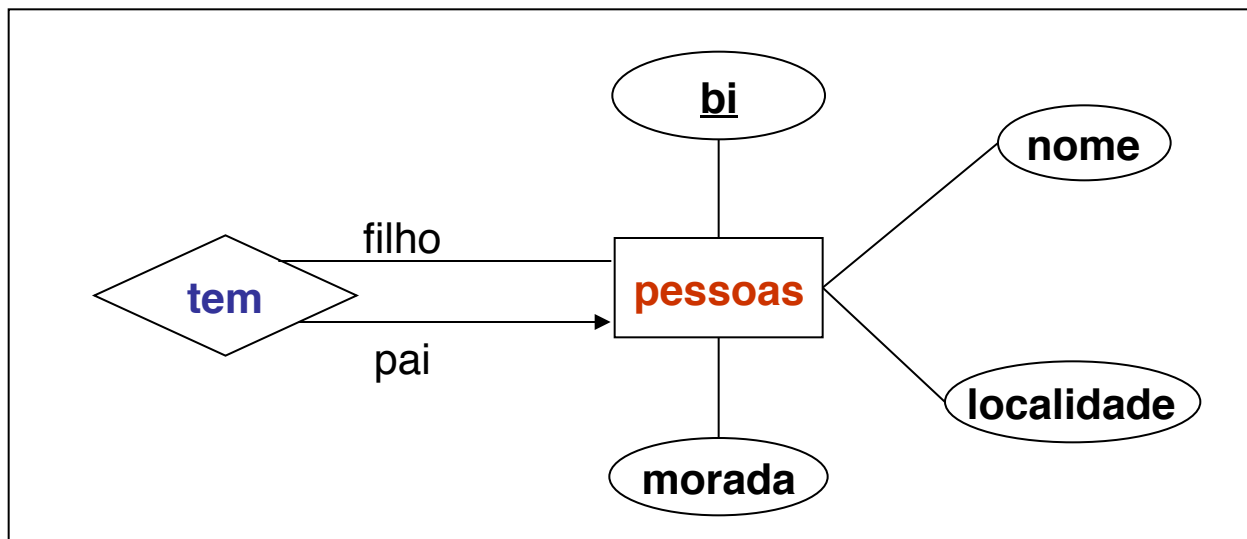
Associações muitos para muitos

- Uma cadeira está associado com várias cursos (possivelmente 0) através da relação *oferecem*
- Um curso está associado com várias cadeiras (possivelmente 0) através da relação *oferecem*



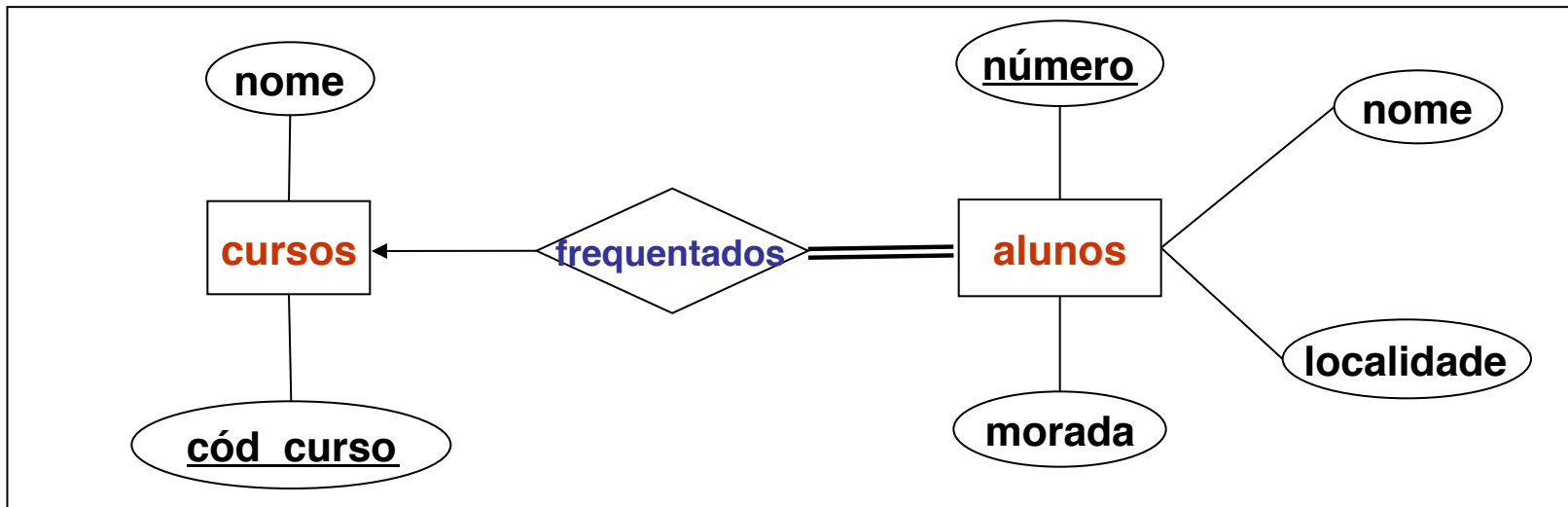
Papéis

- Os conjuntos de entidades participantes numa relação não são obrigatoriamente distintos:
- As etiquetas “pai” e “filho” são designadas **papéis**; especificam como as entidades *pessoa* se relacionam por intermédio do conjunto de relações *tem*.
- Os papéis são indicadas nos DERs anotando as linhas que ligam os losangos aos retângulos.
- Os papéis são opcionais, sendo utilizados para clarificar a semântica da relação.



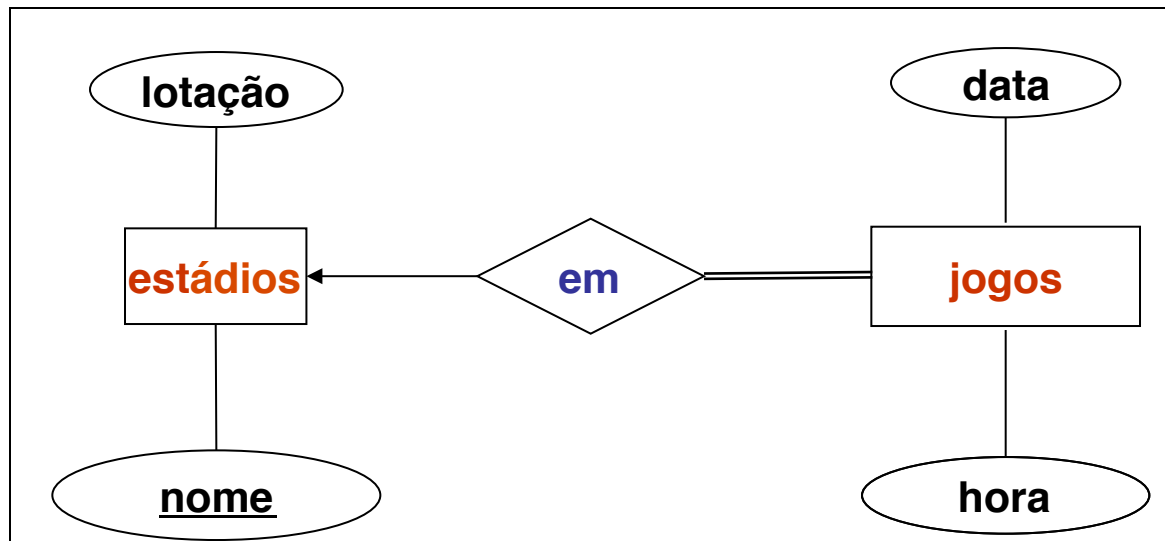
Participação de um Conj. de Entidades num Conj. de Relação

- **Participação total** (indicado por uma linha dupla): toda a entidade do conjunto de entidades participa em pelo menos uma relação do conjunto de relações.
 - E.g. a participação de *alunos* em *frequentados* é total
 - todo o aluno tem de ter um curso associado
- **Participação parcial**: algumas entidades podem não participar em qualquer relação do conjunto de relações.
 - E.g. a participação de *cursos* em *frequentados* é parcial pois podem existir cursos sem aluno (e.g. quando o curso é criado)



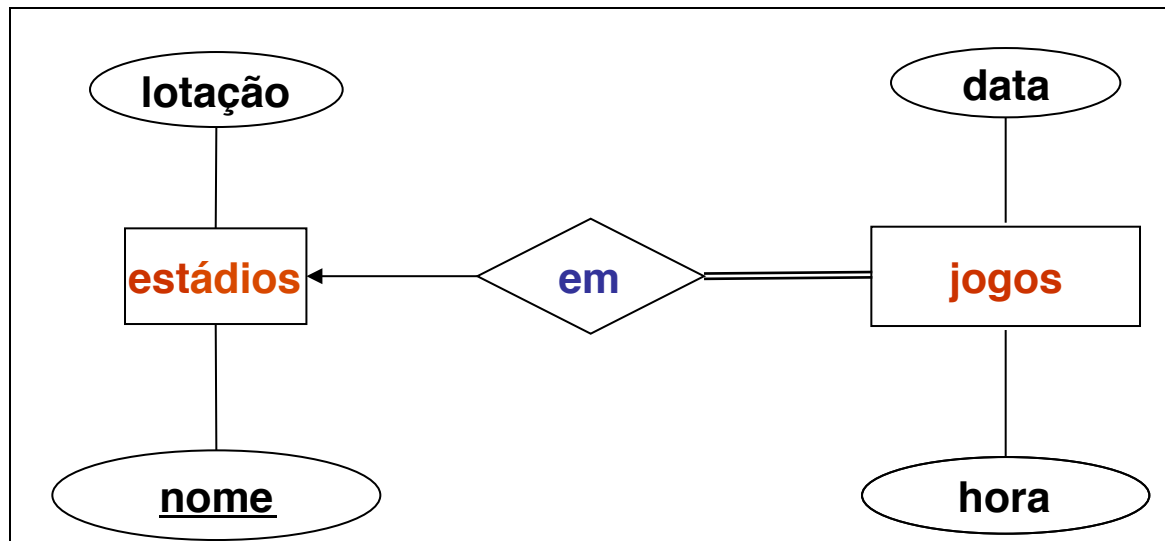
Conjunto de entidades fraco

- Um conjunto de entidades pode não ter atributos suficientes para formar uma chave primária.
- Nesse caso é designado por *conjunto de entidades fraco*.
 - ★ Consultas numa clínica, com data/hora, preço, especialidade, etc... Pode haver duas consultas com a mesma data/hora, o mesmo preço e a mesma duração. Têm é que ser de médicos diferentes.
 - ★ Jogos, com data e hora. Pode haver dois jogos com a mesma data e hora. Têm é que ser em estádios diferentes.



Conjunto de entidades fraco

- A existência de um conjunto de entidades fraco depende da existência de um (ou mais) *conjunto de entidades dominante*
- O conjunto de entidades dominante (ou identificador) deve relacionar-se com o conjunto de entidades fraco através de uma relação um para muitos, total do lado do conjunto de entidades fraco.
 - ★ *Estádios* é conjunto de entidades dominante de *Jogos*
 - ★ *Médicos* é o conjunto de entidades dominante de *Consultas*.

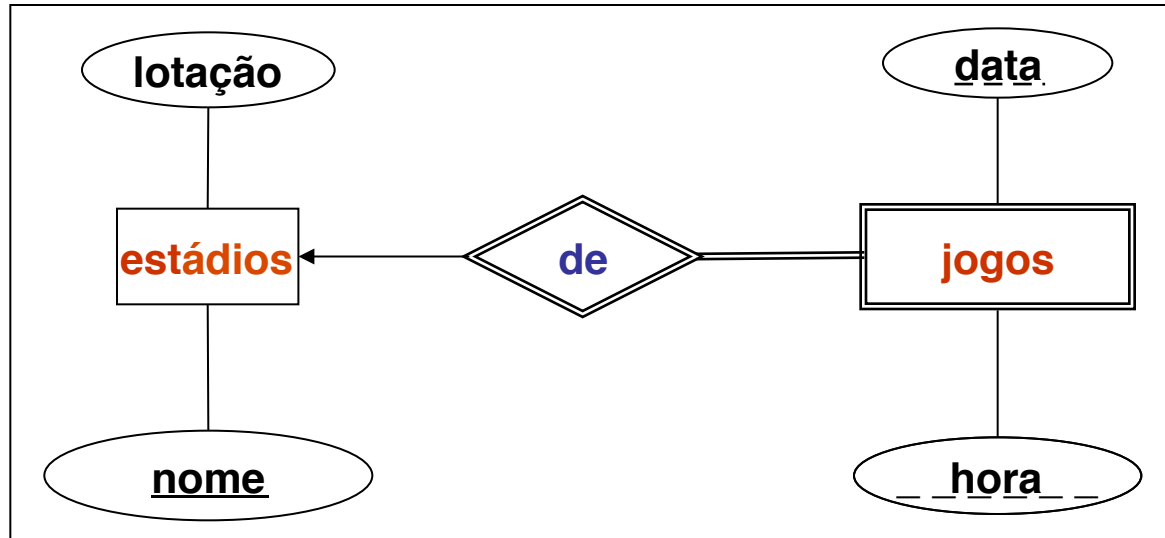


Conjunto de entidades fraco (cont.)

- O *discriminante* (ou *chave parcial*) é o conjunto de atributos que distingue as entidades de um conjunto fraco, associadas a uma mesma entidade do conjunto dominante.
 - ✦ Exemplo: data/hora é discriminante pois, para um mesmo estádio, não pode haver dois jogos em simultâneo.
 - ✦ Exemplo: data/hora é discriminante pois, para um mesmo médico, não pode haver duas consultas simultâneas.
- A *chave primária de um conjunto de entidades fraco* é constituída pela *chave primária do conjunto de entidades dominante* do qual depende e pelo *discriminante do conjunto de entidades fraco*.

Conjunto de Entidades Fraco (Cont.)

- Um conjunto de entidades fraco é representado por um rectângulo duplo.
- O discriminante do conjunto de entidades fraco é sublinhado a tracejado.
- As relações entre o conjunto fraco e os dominantes são representadas por losangos duplos.



Conjunto de Entidades Fraco (Cont.)

- **Nota:** a chave primária do conjunto de entidades dominante (ou forte) **não** é explicitamente representada no conjunto de entidades fraco, dado ser implícita na relação de dominância.
- Se *nome (do estádio)* fosse representado explicitamente, *jogos* poderia ser um conjunto de entidades forte.
 - ✦ Mas, assim, a relação entre *jogos* e *estádios* seria duplicada por uma relação implícita definida pelo atributo *nome* comum a *estádios* e a *jogos*

Atributos compostos, multivalor e derivados

