

# Banco de Dados



## Cálculo Relacional de Domínio

João Eduardo Ferreira

Oswaldo Kotaro Takai

Marcelo Finger

# Introdução

---

- É uma linguagem de consulta não-procedimental equivalente em capacidade expressiva ao CRT (a ser visto)
- Usa variáveis de domínio .
- Relações vistas como:  $R \subset D_1 \times \dots \times D_n$
- O CRD influenciou fortemente as linguagens de consulta comerciais, tais como a QBE.

# Definição

---

- Para formar uma relação de grau  $n$ , especifica-se  $n$  variáveis de domínio.

$$\{ x_1, x_2, \dots, x_n \mid P(x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}) \}$$

- Onde:
  - $x_1, x_2, \dots, x_n$  representam as variáveis livres de domínio.
  - $P$  é um predicado de Lógica de Primeira Ordem.

# Definição

---

- Um predicado atômico pode ser:
  - Uma fórmula atômica  $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 
    - $R$  é o nome de uma relação de grau  $N$
    - Cada  $x_i$ ,  $1 \leq i \leq N$ , é uma variável de domínio.
  - Uma fórmula atômica  $x \text{ op } y$ 
    - $\text{op} \in \{=, <, >, \leq, \geq, \neq\}$  e  $x$  e  $y$  são variáveis de domínio.
  - Uma fórmula atômica  $x \text{ op } c$  (ou  $c \text{ op } x$ )
    - $\text{op} \in \{=, <, >, \leq, \geq, \neq\}$  e  $x$  e  $y$  são variáveis de domínio.
    - $x$  é uma variável de domínio e  $c$  é um valor constante.

# Avaliação das Fórmulas

---

- As fórmulas são avaliadas em valores verdade.
- $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , será TRUE apenas se houver valores de domínio correspondentes a uma tupla de R.
- $(x \text{ op } y)$  ou  $(x \text{ op } c)$  ou  $(c \text{ op } x)$  será TRUE caso as variáveis de domínio tenham valores que a satisfaçam.

# Exemplo 1

- Recuperar a data de aniversário e o endereço do empregado cujo nome é John B. Smith.

$\{ uv \mid \exists q \exists r \exists s \exists t \exists w \exists x \exists y \exists z$

(EMPREGADO(qrstuvwxyz) AND

$q='John' \text{ AND } r='B' \text{ AND } s='Smith') \}$

q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
PNOME	MNOME	SNOME	<u>NSS</u>	DATANASC	ENDERECO	SEXO	SALARIO	NSSSUPER	NDEP
John	B	Smith	12345678	09-JAN-55	R. A, 1	M	3000	333445555	5
Franklin	T	Wong	33344555 <sup>9</sup>	08-DEZ-45	R. B, 2	M	4000	888665555	5
Alícia	J	Zelaya	99988777 <sup>5</sup>	19-JUL-58	Av. C, 3	F	2500	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	98765432 <sup>7</sup>	20-JUN-31	Trav. D, 4	F	4300	888665555	4
Ramesh	K	Naraya	66688444 <sup>1</sup>	15-SET-52	R. E, 5	M	3800	333445555	5
Joyce	A	English <sup>n</sup>	45345345 <sup>4</sup>	31-JUL-62	R. F, 6	F	2500	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	98798798 <sup>3</sup>	29-MAR-59	Av G, 7	M	2500	987654321	4
James	E	Borg	88866555 <sup>7</sup>	10-NOV-27	Av H, 8	M	5500	null	1

# Exemplo 1

---

- ❑ EMPREGADO possui 10 variáveis de domínio; uma para cada atributo.
- ❑ A variável u é o atributo DATANASC e v é ENDERECO.
- ❑ A condição envolve variáveis q (PNOME), r (MNOME) e s (SNOME).
- ❑ Somente é necessário quantificar as variáveis que participam de uma condição; no caso q, r, e s:

$$\{ uv \mid \exists q r s \\ (\text{EMPREGADO}(qrstuvwxyz) \text{ AND} \\ q='John' \text{ AND } r='B' \text{ AND } s='Smith') \}$$

# Exemplo 1

---

- Notação alternativa usada no QBE:

$$\{ uv \mid \text{EMPREGADO}(\text{'John'}, \text{'B'}, \text{'Smith'}, t, u, v, w, x, y, z) \}$$

[Fecho existencial implícito]

# Exemplo 2

---

- Encontre todos os empregados cujos salários estejam acima de R\$3.500,00.

```
{ qrstuvwxyz | EMPREGADO(qrstuvwxyz) AND  
  x > 3500 }
```

# Exemplo 3

---

- Selecione o nome e o endereço dos empregados que trabalham para o departamento de 'Informática'.

```
{ qsv | EMPREGADO(qrstuvwxyz)
      AND DEPARTAMENTO(lmno) AND
      l = 'Pesquisa' AND m = z }
```

DEPARTAMENTO			
l	m	n	o
DNOME	<u>DNÚMERO</u>	SNGER	DATINICGER
Pesquisa	5	333445555	22-MAI-78
Administrativo	4	987654321	01-JAN-85
Gerencial	1	888665555	19-JUN-71

# Exemplo 4

- Encontre o nome dos empregados que não tenham dependentes.

$$\{ qs \mid \exists t (\text{EMPREGADO}(qrstuvwxyz) \text{ and } (\text{not } \exists l (\text{DEPENDENTE}(lmno) \text{ and } t=l))) \}$$

EMPREGADO									
q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
PNOME	MNOME	SNOME	<u>NSS</u>	DATANASC	ENDERECO	SEXO	SALARIO	NSSSUPER	NDEP

DEPENDENTE				
l	m	n	o	p
NSSEMP	NOMEDEPENDENTE	SEXO	DATANIV	RELACAO

# Exemplo 4

---

- A consulta pode ser redefinida utilizando o quantificador universal:

$$\{ qs \mid \exists t (\text{EMPREGADO}(qrstuvwxyz) \text{ AND} \\ \forall l (\text{NOT DEPENDENTE}(lmno) \text{ OR } t \neq l) ) \}$$

- Ou

$$\{ qs \mid \exists t (\text{EMPREGADO}(qrstuvwxyz) \text{ AND} \\ \forall l (\text{DEPENDENTE}(lmno) \Rightarrow t \neq l) ) \}$$

# Exemplo 5

- Encontre os nomes dos empregados que trabalham em todos os projetos controlados pelo departamento de número 5.

$$\{ qs \mid ( \text{EMPREGADO}(qrstuvwxyz) \text{ AND} \\ \forall b ( ( \text{PROJETO}(abcd) \text{ AND } d=5) \Rightarrow \\ \text{TRABALHA-EM}(tbn) ) ) \}$$

EMPREGADO									
q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
PNOME	MNOME	SNOME	<u>NSS</u>	DATANAS C	ENDEREC O	SEXO	SALARIO	NSSSUPER	NDEP

PROJETO			
a	b	c	d
PNOME	<u>PNÚMERO</u>	PLOCALIZAÇÃO	DNUM

TRABALHA-EM		
l	m	n
<u>NSSEMP</u>	<u>PNRO</u>	HORAS

# Consultas Infinitas

---

- Algumas consultas podem ter infinitas respostas
- $\{ xy \mid A(x) \text{ OR } B(y) \}$ 
  - basta existir um  $a \in A$  para que qualquer  $y$  seja uma resposta da forma  $\langle a, y \rangle$
- $\{ x \mid \text{not bom\_de\_bola}(x) \}$ 
  - Se há apenas finitos elementos em `bom_de_bola`, então qualquer um não listado é bom de bola
- Deseja-se evitá-las

# Consultas Livres de Domínio

---

- São consultas em que os elementos das resposta:
  - ou ocorrem na consulta;
  - ou ocorrem em alguma relação que ocorre na consulta.
- A resposta independe do domínio
- Algoritmo para verificar se uma consulta é Livre de Domínio ...

# Verificação de Consultas Livre de Domínio

---

- É um problema indecidível !!!

# Solução: Consultas Seguras

---

- ❑ Consultas seguras são sempre livres de domínio
- ❑ É computacionalmente fácil verificar se uma consulta é segura
- ❑ Muitas consultas não-seguras são equivalentes a consultas seguras, e portanto são livres de domínio.

# Consultas Seguras

---

- A OR B: A e B devem possuir as mesmas variáveis livres
- not P(x) AND Q: apenas se x for limitado.
- x é limitado se:
  - $Q = A_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } A_k$ , onde  $A_i$  são atômicos.
  - x ocorre em alguma relação  $A_i( \dots x \dots )$  não negada
  - algum  $A_j$  é da forma  $x = c$ .
  - algum  $A_j$  é da forma  $x = y$ , e y é limitado.

# Consultas Seguras

---

- As proposições acima garantem que possamos testar todas as fórmulas sem gerar infinitas respostas.
- Exemplo: cláusulas seguras.
  - Qual a condição para que a expressão abaixo seja equivalente a uma fórmula segura.

$$\forall x_1 \dots x_n, y_1 \dots y_m (B(x_1 \dots x_n) \implies H(y_1 \dots y_m))$$

# Questões

---

- Refaça as consultas de álgebra relacional utilizando cálculo de domínio.

Sugestão: Utilize o WinRDBI para validar as consultas (<http://www.eas.asu.edu/~winrdbi/>).