

## Modelo Relacional - Manipulação

- Duas categorias de linguagens
  - formais
    - álgebra relacional e cálculo relacional
  - comerciais (baseadas nas linguagens formais)
    - SQL
- Linguagens formais - Características
  - orientadas a conjuntos
  - linguagens de base
    - linguagens relacionais devem ter no mínimo um poder de expressão equivalente ao de uma linguagem formal
  - fechamento
    - resultados de consultas são relações

## Álgebra Relacional

- Operadores para consulta e alteração de relações
- Linguagem procedural
  - uma expressão na álgebra define uma execução seqüencial de operadores
  - a execução de cada operador produz uma relação
- Classificação dos operadores
  - fundamentais
    - unários: *seleção*, *projeção*
    - binários: *produto cartesiano*, *união* e *diferença*
  - derivados
    - binários: *intersecção*, *junção* e *divisão*
  - especiais
    - *renomeação* (unário) e *atribuição*
  - operador de *alteração* (unário)

## Esquema Relacional Exemplo

Ambulatórios(nroa, andar, capacidade)

Médicos(codm, CPF, nome, idade, cidade, especialidade, *nroa*)

Pacientes(codp, CPF, nome, idade, cidade, doença)

Consultas(codm, codp, data, hora)

Funcionários(codf, CPF, nome, idade, cidade, salário)

## Seleção

- Retorna **tuplas** que satisfazem um **predicado**
- Resultado
  - subconjunto horizontal de uma relação
- Notação
  - $\sigma_{\text{predicado}}(\text{relação})$
- Operadores de comparação
  - $=, <, <=, >, >=, \neq$
- Operadores lógicos:  $\wedge$  (and)  $\vee$  (or)  $\neg$  (not)
- Exemplo:  $\sigma_{z \geq 2}(R)$

$R$

$x$	$y$	$z$
1	1	1
2	2	2
2	2	3

*resultado*

$x$	$y$	$z$
2	2	2
2	2	3

## Para resolver

- 1) buscar os dados dos pacientes que estão com sarampo
- 2) buscar os dados dos médicos ortopedistas com mais de 55 anos
- 3) buscar os dados de todas as consultas, exceto aquelas marcadas para os médicos com código 46 e 79
- 4) buscar os dados dos ambulatórios do quarto andar. Estes ambulatórios devem ter capacidade igual a 50 ou número superior a 10

## Projeção

- Retorna um ou mais atributos de interesse
- Resultado
  - subconjunto vertical de uma relação
- Notação

$$\pi_{\text{lista\_nomes\_atributos}}(\text{relação})$$

- Eliminação automática de duplicatas
- Exemplo:  $\pi_{x,y}(R)$

x	y	z
1	1	1
2	2	2
2	2	3

x	y
1	1
2	2

## Para resolver

- 1) buscar o **nome** e a **especialidade** de todos os médicos
- 2) buscar o **número** dos ambulatórios do terceiro andar
- 3) buscar o **código** dos médicos e as **datas** das consultas para os pacientes com código 122 e 725
- 4) buscar os **números** dos ambulatórios com capacidade superior a 50, exceto aqueles do segundo e quarto andares

## Produto Cartesiano

- Retorna todas as **combinações de tuplas** de duas relações  $R_1$  e  $R_2$
- Grau do resultado
  - grau( $R_1$ ) + grau( $R_2$ )
- Cardinalidade do resultado
  - cardinalidade( $R_1$ ) \* cardinalidade( $R_2$ )
- Notação

**relação1 X relação2**

- Exemplo:

$R_1$			$R_2$		$R_1 \times R_2$				
$x$	$y$	$z$	$w$	$y$	$x$	$R_1.y$	$z$	$w$	$R_2.y$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	2	2

## Para resolver

- 1) buscar o **nome** dos médicos que têm consulta marcada e as **datas** das suas consultas
- 2) buscar o **número** e a **capacidade** dos ambulatórios do quinto andar e o **nome** dos médicos ortopedistas que atendem neles
- 3) buscar, para as consultas marcadas para o período da manhã (7hs-12hs) do dia 25/09/06, o **nome** do médico, o **nome** do paciente e a **data** da consulta
- 4) buscar o **nome** e o **salário** dos funcionários de Florianópolis e Palhoça que estão internados como pacientes e têm consulta marcada com psiquiatras

## Atribuição

- Armazena o resultado de uma expressão algébrica em uma **variável de relação**
  - permite o processamento de uma consulta por etapas
- Notação  
*nomeVariável*  $\leftarrow$  *expressãoÁlgebra*
- Exemplo (exercício 1 de produto cartesiano)  
 $R1 \leftarrow \pi_{\text{codm, data}}(\text{Consultas})$   
 $R2 \leftarrow \pi_{\text{codm, nome}}(\text{Médicos})$   
 $\text{Resposta} \leftarrow \pi_{\text{nome, data}}(\sigma_{R1.\text{codm} = R2.\text{codm}}(R1 \times R2))$

## Otimização Algébrica

- Antecipação de seleções
  - filtragens horizontais o mais cedo possível
- Definição de projeções
  - filtragens verticais o mais cedo possível
    - desde que não prejudiquem operações algébricas futuras que necessitem de atributos eliminados
- Identificação de sub-expressões comuns
  - processá-la uma única vez, mantendo-a em uma variável de relação
  - esta variável de relação é usada várias vezes no processamento da consulta

## Exemplo de Otimização

- Buscar o nome dos médicos que estão internados como pacientes, sofrendo de hepatite

$\pi_{\text{Médicos.nome}} (\sigma_{\text{Pacientes.CPF} = \text{Médicos.CPF} \wedge \text{doença} = \text{'hepatite'}} (\text{Pacientes X Médicos}))$



*antecipando seleções e definindo projeções*

$\pi_{\text{nome}} (\sigma_{\text{Pacientes.CPF} = \text{Médicos.CPF}} (\pi_{\text{CPF}} (\sigma_{\text{doença} = \text{'hepatite'}} (\text{Pacientes}))) \times (\pi_{\text{CPF, nome}} (\text{Médicos})))$

## Renomeação

- Altera o nome de uma relação e/ou dos seus atributos
- Notação

$\rho_{(\text{nome\_atributo1}, \dots, \text{nome\_atributoN})}$  E/OU  $\text{nome\_relação}(\text{relação})$

- Exemplos

$R$			$R \times \rho_{RI}(R)$					
$x$	$y$	$z$	$R.x$	$R.y$	$R.z$	$RI.x$	$RI.y$	$RI.z$
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	3	1	1	1	2	1	3
			2	1	3	1	1	1
			2	1	3	2	1	3

  

$\rho_{(a, b, c)}(R)$		
$a$	$b$	$c$
1	1	1
2	1	3

## Para resolver

- 1) buscar o **número** dos ambulatórios com capacidade superior à capacidade do ambulatório de número 100
- 2) buscar o **nome** e o **CPF** dos funcionários que recebem salários iguais ou inferiores ao salário do funcionário com CPF 1001
- 3) buscar pares de **nomes** de médicos diferentes que têm consultas marcadas nas mesmas datas

## Exemplo de Otimização

- Buscar o número dos ambulatórios onde pelo menos dois médicos de Florianópolis dão atendimento

$$\pi_{M.nroa} (\sigma_{\text{Médicos.nroa} = M.nroa} ((\sigma_{\text{cidade} = 'Fpolis'} (\text{Médicos})) \times (\rho_M \wedge \text{Médicos.codm} \neq M.codm (\sigma_{\text{cidade} = 'Fpolis'} (\text{Médicos}))))))$$


*definindo projeções e identificando sub-expressões em comum*

$$R1 \leftarrow \pi_{\text{codm, nroa}} (\sigma_{\text{cidade} = 'Fpolis'} (\text{Médicos}))$$

$$\text{Resposta} \leftarrow \pi_{R1.nroa} (\sigma_{R1.nroa = R2.nroa} (R1 \times \rho_{R2}(R1)))$$

$$\wedge R1.codm \neq R2.codm$$

## União, Diferença e Intersecção

- Operam **somente** sobre duas relações  $R_1$  e  $R_2$  ditas **compatíveis**
  - grau( $R_1$ ) = grau( $R_2$ )
  - para  $i$  de 1 até grau( $R_1$ ):  
domínio(atributo  $a_i$  de  $R_1$ ) = domínio(atributo  $a_i$  de  $R_2$ )
- Grau do resultado
  - grau( $R_1$ ) (ou grau( $R_2$ ))
- Nomes dos atributos do resultado
  - nomes dos atributos da primeira relação ( $R_1$  - relação à esquerda)



## União

- Retorna a união das tuplas de de duas relações  $R_1$  e  $R_2$
- Eliminação automática de duplicatas
- Notação

$$\text{relação1} \cup \text{relação2}$$

- Exemplo:

$R_1$			$R_2$			$R_1 \cup R_2$		
x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	1	2	1	1	2	1
2	2	3	1	2	3	1	2	2
3	1	1				1	2	3
						2	2	3
						3	1	1

## Diferença

- Retorna as tuplas presentes em  $R_1$  e ausentes em  $R_2$
- Notação

$$\text{relação1} - \text{relação2}$$

- Exemplo:

$R_1$			$R_2$			$R_1 - R_2$		
x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	1	1	1	1	1			
1	2	2	1	2	1	1	2	2
2	2	3	3	1	1	2	2	3
3	1	1						

## Intersecção

- Retorna as tuplas comuns a  $R_1$  e  $R_2$
- Notação

$\text{relação1} \cap \text{relação2}$

- Exemplo:

$R_1$			$R_2$			$R_1 \cap R_2$		
x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	1	2	1			
2	2	3	3	1	1			
3	1	1						

## Para resolver (usando $\cup$ , $-$ ou $\cap$ )

- 1) buscar o **nome** e **CPF** dos médicos e dos pacientes cadastrados no hospital
- 2) buscar o **nome**, **CPF** e **idade** dos médicos, pacientes e funcionários que residem em Florianópolis
- 3) buscar o **nome** e **CPF** dos funcionários que recebem salários abaixo de R\$ 500,00 e não estão internados como pacientes
- 4) buscar o **número** dos ambulatórios onde nenhum médico dá atendimento
- 5) buscar o **nome** e **CPF** dos funcionários de Florianópolis que estão internados como pacientes
- 6) buscar o **nome** e **CPF** dos médicos pediatras que não atendem nos ambulatórios 101 e 102, e estão internados como pacientes sofrendo de gastrite

## Junção (Join)

- Retorna a combinação de tuplas de duas relações  $R_1$  e  $R_2$  que satisfazem um predicado

- Notação

relação1  $\theta$  X relação2

- Exemplo:

$R_1$	$R_2$	$R_1 \theta X R_2$	$\theta = \sigma_{R1.y > R2.y}$																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>x</th><th>y</th><th>z</th></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </table>	x	y	z	1	1	1	2	2	2	3	3	3	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>w</th><th>y</th></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td></tr> </table>	w	y	1	1	2	2	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>x</th><th><math>R_1.y</math></th><th>z</th><th>w</th><th><math>R_2.y</math></th></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td></tr> </table>	x	$R_1.y$	z	w	$R_2.y$	2	2	2	1	1	3	3	3	1	1	3	3	3	2	2	
x	y	z																																							
1	1	1																																							
2	2	2																																							
3	3	3																																							
w	y																																								
1	1																																								
2	2																																								
x	$R_1.y$	z	w	$R_2.y$																																					
2	2	2	1	1																																					
3	3	3	1	1																																					
3	3	3	2	2																																					

## Junção Natural (*natural join*)

- Junção na qual  $\theta$  é uma igualdade predefinida entre todos os atributos de mesmo nome presentes em duas relações  $R_1$  e  $R_2$  (**atributos de junção**). Estes atributos só aparecem uma vez no resultado

- Notação

relação1  $\bowtie$  relação2

- Derivação

$$R_1 \bowtie R_2 = \pi_{A_1, \dots, A_n, B_1, \dots, B_m, \overbrace{C_1, \dots, C_x}^{\text{atributos de junção}}} (R_1 \theta X R_2)$$

$$\theta = \sigma_{R1.C1 = R2.C1 \wedge \dots \wedge R1.Cx = R2.Cx}$$

## Junção Natural

- Exemplos

$x$	$y$	$z$
1	1	1
1	1	2
2	2	3

$w$	$y$
1	1
2	2

$x$	$y$	$z$	$w$
1	1	1	1
1	1	2	1
2	2	3	2

$x$	$y$	$z$
1	1	1
1	1	2
2	2	3

$x$	$y$	$w$
1	1	3
2	2	2

$x$	$y$	$z$	$w$
1	1	1	3
1	1	2	3
2	2	3	2

## Junção Natural

- Exemplos

$x$	$y$	$z$
1	1	1
1	1	2

$w$	$t$
1	1
2	2

$x$	$y$	$z$	$w$	$t$
1	1	1	1	1
1	1	1	2	2
1	1	2	1	1
1	1	2	2	2

## Para resolver

- 1) buscar o **número** e a **capacidade** dos ambulatórios do quinto andar e o **nome** dos médicos que atendem neles
- 2) buscar o **nome** e o **salário** dos funcionários de Florianópolis e Palhoça que estão internados como pacientes e têm consulta marcada em 20/10/2006
- 3) buscar o **número** e o **andar** dos ambulatórios onde nenhum médico dá atendimento
- 4) buscar o **número** dos ambulatórios que estão no mesmo andar do ambulatório 101 e possuem capacidade superior à capacidade dele

## Junções Externas (*outer joins*)

- Junção na qual as tuplas de uma ou ambas as relações que não são combinadas são mesmo assim preservadas no resultado
- Três tipos (exemplos com junção natural)
  - **junção externa à esquerda** (*left [outer] join*)
    - tuplas da relação à esquerda são preservadas
    - notação:  $\text{relação1} \bowtie \text{relação2}$
  - **junção externa à direita** (*right [outer] join*)
    - tuplas da relação à direita são preservadas
    - notação:  $\text{relação1} \bowtie \text{relação2}$
  - **junção externa completa** (*full [outer] join*)
    - tuplas de ambas as relações são preservadas
    - notação:  $\text{relação1} \bowtie \text{relação2}$

## Junções Externas (*outer joins*)

- Exemplos

$R_1$			$R_2$			$R_1 \sqcup \bowtie R_2$				
$x$	$y$	$z$	$x$	$a$	$b$	$x$	$y$	$z$	$a$	$b$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2
3	3	3				3	3	3		
5	5	5				5	5	5		

  

$R_1 \bowtie \sqcup R_2$					$R_1 \sqcup \bowtie R_2$				
$x$	$y$	$z$	$a$	$b$	$x$	$y$	$z$	$a$	$b$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	2	2	1	2	1	2
4			4	4					
					3	3	3		
					5	5	5		
			4	4	4			4	4

## Para resolver

- 1) buscar os dados de todos os médicos e, para aqueles que têm consultas marcadas, mostrar os dados de suas consultas
- 2) buscar os **números** de todos os ambulatórios e, para aqueles ambulatórios nos quais médicos dão atendimento, exibir o **código** e o **nome** dos médicos associados
- 3) mostrar em uma relação o **CPF** e **nome** de todos os pacientes e de todos os médicos, apresentando estes dados de forma relacionada para aqueles que possuem consultas marcadas

## Divisão

- Considera duas relações
  - dividendo (grau  $m + n$ )
  - divisor (grau  $n$ )
- Grau “ $n$ ”
  - atributos de mesmo nome em ambas as relações
- Quociente
  - grau “ $m$ ”
  - atributos da relação dividendo cujos valores associam-se com **todos** os valores da relação divisor
- Notação
 

$\text{relaçã}o1 \div \text{relaçã}o2$

## Divisão

- Exemplos

$R_1$	$R_{2a}$	$R_{2b}$	$R_{2c}$	$R_1 \overset{\circ}{\div} R_{2a}$	$R_1 \overset{\circ}{\div} R_{2b}$																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td><td><math>z</math></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>3</td></tr> </table>	$x$	$y$	$z$	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	3	1	3	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td><math>z</math></td></tr> <tr><td>1</td></tr> </table>	$z$	1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td><math>y</math></td><td><math>z</math></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	$y$	$z$	1	1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td><math>y</math></td></tr> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> </table>	$y$	1	2	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	$x$	$y$	1	1	1	2	2	1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td><math>x</math></td></tr> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> </table>	$x$	1	2
$x$	$y$	$z$																																									
1	1	1																																									
1	2	1																																									
2	1	1																																									
2	2	2																																									
3	1	3																																									
$z$																																											
1																																											
$y$	$z$																																										
1	1																																										
$y$																																											
1																																											
2																																											
$x$	$y$																																										
1	1																																										
1	2																																										
2	1																																										
$x$																																											
1																																											
2																																											
					$R_1 \overset{\circ}{\div} R_{2c}$																																						
					<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td><math>x</math></td><td><math>z</math></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	$x$	$z$	1	1																																		
$x$	$z$																																										
1	1																																										

## Para resolver

- 1) buscar o **código** dos pacientes que têm consultas marcadas com todos os médicos
- 2) buscar o **nome** e o **CPF** dos médicos que têm consultas marcadas com todos os pacientes
- 3) buscar o **nome** e o **CPF** dos pacientes que têm consultas marcadas com todos os médicos ortopedistas que atendem nos ambulatórios do primeiro andar
- 4) todos os médicos ortopedistas dão atendimento no mesmo ambulatório? Em caso afirmativo, buscar o **número** e o **andar** deste ambulatório

## Atualização de Relações

- **Exclusão**
  - notação
    - $\text{relação} \leftarrow \text{relação} - \text{expressãoConsulta}$
    - $\text{relação} \leftarrow \text{expressãoConsulta}$
    - $\text{expressãoConsulta}$  envolve  $\text{relação}$
- **Inclusão**
  - notação
    - $\text{relação} \leftarrow \text{relação} \cup \text{Expr}$
    - $\text{Expr}$  : conjunto de tuplas
- **Alteração**
  - notação
    - $\delta_{\{\text{nome\_atributo} \leftarrow \text{Expr}\}}(\text{relação})$
    - $\text{Expr}$  : expressão aritmética ou valor constante



## Atualização de Relações

- Exemplos

$R_1$		
$x$	$y$	$z$
1	1	1
2	1	3

$R_2$		
$w$	$t$	$v$
1	3	1
2	2	2
3	2	3

1) a)  $R_1 \leftarrow R_1 \text{ --- } \sigma_{x=1}(R_1)$

b)  $R_2 \leftarrow \sigma_{t=2}(R_2)$

2)

a)  $R_1 \leftarrow R_1 \cup \{(1,2,2), (1,2,3)\}$

b)  $temp \leftarrow \pi_w(\sigma_{t=2}(R_2))$

$R_1 \leftarrow R_1 \cup (temp \times \{(3,3)\})$

3)

a)  $\delta_{x \leftarrow x+1}(R_1)$

b)  $temp \leftarrow \sigma_{t=2}(R_2)$

$R_2 \leftarrow R_2 \text{ --- } temp$

$\delta_{w \leftarrow w-1}(temp)$

$R_2 \leftarrow R_2 \cup temp$

## Para resolver

- 1) **remover** os médicos que estão internados como pacientes sofrendo de câncer
- 2) o funcionário com CPF 1000 **foi internado** como paciente. Ele está com hepatite
- 3) o médico com código 37 **transferiu** todas as suas consultas do dia 29/09/06 para o dia 08/10/06
- 4) **remover** os ambulatórios onde nenhum médico dá atendimento