

Consultas de exemplo

- ▶ Quais os fármacos alguma vez prescritos por cardiologistas?

$$\Pi_{\text{nomeF}}(\text{farmacos} \bowtie \text{receitas} \bowtie \text{consultas} \bowtie \sigma_{\text{especialidade}=\text{"cardiologia"}}(\text{medicos}))$$

ou

$$\Pi_{\text{nomeF}}(\sigma_{\text{especialidade}=\text{"cardiologia"}}(\text{farmacos} \bowtie \text{receitas} \bowtie \text{consultas} \bowtie \text{medicos}))$$

- ▶ Quais os (nomes dos) fármacos que já foram receitados por todos os médicos da clínica?

$$r \leftarrow \Pi_{\text{codF,nEmpr}}(\text{consultas} \bowtie \text{receitas}) \div \Pi_{\text{nEmpr}}(\text{medicos})$$

$$\Pi_{\text{nomeF}}(\text{farmacos} \bowtie r)$$

2014/09/29 (v06)
125 / 311

2014/09/29 (v06)
126 / 311

Operações Estendidas da Álgebra Relacional

- ▶ Aumentam a expressividade da Álgebra Relacional:

- ▶ Projecção Generalizada
- ▶ Funções de Agregação
- ▶ Junção Externa

Projecção Generalizada

- ▶ Permite a utilização de funções aritméticas na lista de projecção.

$$\Pi_{f_1, f_2, \dots, f_n}(E)$$

- ▶ E é uma expressão arbitrária de álgebra relacional.
- ▶ Cada uma das expressões f_1, f_2, \dots, f_n é uma expressão aritmética envolvendo constantes e atributos no esquema de E .
- ▶ Dada a relação `infoCredito(nomeCliente, limite, balancoCredito)` encontrar o quanto cada cliente ainda pode gastar:

$$\Pi_{\text{nomeCliente, limite-balancoCredito}}(\text{infoCredito})$$

- ▶ Há quantos dias foi cada uma das consultas

$$\Pi_{\text{nConsulta, hoje-data}}(\text{consultas})$$

2014/09/29 (v06)
127 / 311

2014/09/29 (v06)
128 / 311

Funções de Agregação

- ▶ Funções de Agregação aplicam-se a uma colecção de valores e devolvem um único valor (relação com um só atributo e um só valor para esse atributo) como resultado.

avg	média dos valores
min	mínimo dos valores
max	máximo dos valores
sum	soma dos valores
count	número dos valores

- ▶ Operação de Agregação na álgebra relacional

$$g_1, g_2, \dots, g_m \mathcal{G}_{f_1(a_1), f_2(a_2), \dots, f_n(a_n)}(E)$$

- ▶ E é uma expressão de álgebra relacional
- ▶ g_1, g_2, \dots, g_m é uma lista de atributos de agrupamento (pode ser vazia)
- ▶ Cada f_i é uma função de agregação
- ▶ Cada a_i é um nome de um atributo

2014/09/29 (v06)
127 / 311

2014/09/29 (v06)
128 / 311

Operação de Agregação - Exemplo

$$r = \begin{array}{|c|c|c|} \hline \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{C} \\ \hline a & a & 7 \\ \hline a & b & 7 \\ \hline b & b & 3 \\ \hline b & b & 10 \\ \hline \end{array}$$

$$\mathcal{G}_{\text{sum}(C)}(r) = \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{sum(C)} \\ \hline 27 \\ \hline \end{array}$$

2014/09/29 (v06)
129 / 311

Operação de Agregação - Exemplo

Relação conta agrupada por nomeBalcao:

$$\text{conta} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline \mathbf{nConta} & \mathbf{nomeBalcao} & \mathbf{quantia} \\ \hline A - 102 & Coimbra - Central & 400 \\ \hline A - 201 & Coimbra - Central & 900 \\ \hline A - 217 & Condeixa & 750 \\ \hline A - 215 & Condeixa & 750 \\ \hline A - 222 & Nelas & 700 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{nomeBalcao} \mathcal{G}_{\text{sum}(quantia)}(\text{conta}) =$$

$$= \begin{array}{|c|c|} \hline \mathbf{nomeBalcao} & \mathbf{sum(quantia)} \\ \hline Coimbra - Central & 1300 \\ \hline Condeixa & 1500 \\ \hline Nelas & 700 \\ \hline \end{array}$$

2014/09/29 (v06)
130 / 311

Funções de Agregação (Cont.)

- ▶ O resultado da agregação não tem um nome.
 - ▶ Pode-se recorrer à operação de renomeação para lhe dar um nome.
 - ▶ Por conveniência, permite-se a renomeação de atributos na operação de agregação.

$$\text{nomeBalcao} \mathcal{G}_{\rho_{\text{balancos}}(\text{sum}(quantia))}(\text{conta})$$

- ▶ Exemplo de renomeação.
 - ▶ Qual a média de idades dos pacientes de cada um dos médicos?
 - ▶

$$\text{nEmpr} \mathcal{G}_{\rho_{\text{media}}(\text{avg}(idade))}(\text{consultas} \bowtie \text{pacientes}) =$$

$$= \begin{array}{|c|c|} \hline \mathbf{nEmpr} & \mathbf{media} \\ \hline 123 & 23 \\ \hline 3243 & 68 \\ \hline 43 & 4 \\ \hline \end{array}$$

2014/09/29 (v06)
131 / 311

Mais exemplos

- ▶ Quantos fármacos diferentes foram receitados em cada uma das consultas?

$$\text{nConsulta} \mathcal{G}_{\rho_{\text{quantos}}(\text{count}(\text{codF}))}(\text{receitas})$$

- ▶ Para cada médico, qual a quantidade média de fármacos receitados por consulta?

$$\text{quantCons} \leftarrow \text{nconsulta} \mathcal{G}_{\rho_{\text{soma}}(\text{sum}(quant))}(\text{receitas})$$

$$\text{nEmpr} \mathcal{G}_{\text{avg}(\text{soma})}(\text{quantCons} \bowtie \text{consultas})$$

Nota: Nas duas perguntas anteriores não se entra em conta com as consultas sem fármacos receitados (null)! Ver-se-á mais à frente como resolver esse caso.

- ▶ Qual a idade do paciente mais velho?

$$\mathcal{G}_{\text{max}(idade)}(\text{pacientes})$$

2014/09/29 (v06)
132 / 311

Valores Nulos

- ▶ É possível que um tuplo tenha um valor nulo, denotado por `null`, para algum dos seus atributos.
- ▶ `null` significa um valor desconhecido ou que não existe.
- ▶ O resultado de qualquer expressão aritmética envolvendo um `null` é `null`.
- ▶ As funções de agregação ignoram os valores nulos.
 - ▶ Decisão arbitrária. Alternativamente, poder-se-ia retornar `null`.
 - ▶ Segue-se a semântica da SQL no tratamento de valores nulos.
- ▶ Na eliminação de duplicados e agrupamento, um `null` é tratado como um outro valor qualquer, assumindo-se que dois `nulls` são sempre iguais.
 - ▶ Decisão arbitrária. Alternativamente, poder-se-ia assumir que cada `null` é diferente de todos os outros
 - ▶ Segue-se a semântica da SQL no tratamento de valores nulos.

2014/09/29 (v06)
133 / 311

Valores Nulos

- ▶ Comparações com valores nulos devolvem o valor de verdade `unknown`.
 - ▶ Se se usasse o valor de verdade `false` em vez de `unknown`, então “`not(null<5)`” não seria equivalente a “`null>=5`”.
- ▶ Lógica a três valores com o valor de verdade `unknown`:

OR	true	false	unknown
true	true	true	true
false	true	false	unknown
unknown	true	unknown	unknown
AND	true	false	unknown
true	true	false	unknown
false	false	false	false
unknown	unknown	false	unknown

NOT(true) = false	NOT(false) = true	NOT(unknown) = unknown
-------------------	-------------------	------------------------

- ▶ Em SQL “`P is unknown`” é verdade se o predicado `P` tem valor de verdade `unknown`.
- ▶ Resultado do predicado de selecção é tratado como `false` se tiver valor de verdade `unknown`.

2014/09/29 (v06)
134 / 311

Junção Externa (ou exterior)

Uma extensão da operação de junção que evita a perda de informação.

- ▶ Calcula a junção e depois adiciona ao resultado os tuplos de uma relação que não estão relacionados com a outra relação na junção.
- ▶ Utiliza valores nulos (`null`).

Valores nulos (`null`) são valores cujo valor é desconhecido ou que não existe
Simplificadamente, todas as comparações com `null` são falsas por definição.

Junção Externa - Exemplo

nEmprestimo	nomeBalcao	quantia
L - 170	Coimbra - central	3000
L - 230	Condeixa	4000
L - 260	Nelas	1700

emprestimo =

nomeCliente	nEmprestimo
Gomes	L - 170
Silva	L - 230
Costa	L - 155

temEmprestimo =

2014/09/29 (v06)
135 / 311

2014/09/29 (v06)
136 / 311

Junção Externa – Exemplo

- Junção interna
 $\text{emprestimo} \bowtie \text{temEmprestimo} =$

nEmprestimo	nomeBalcao	quantia	nomeCliente
L - 170	Coimbra - central	3000	Gomes
L - 230	Condeixa	4000	Silva

- Junção externa esquerda
 $\text{emprestimo} \bowtie_{\leftarrow} \text{temEmprestimo} =$

nEmprestimo	nomeBalcao	quantia	nomeCliente
L - 170	Coimbra - central	3000	Gomes
L - 230	Condeixa	4000	Silva
L - 260	Nelas	1700	null

2014/09/29 (v06)
137/311

Junção Externa - Exemplo

- Junção externa direita
 $\text{emprestimo} \bowtie_{\rightarrow} \text{temEmprestimo} =$

nEmprestimo	nomeBalcao	quantia	nomeCliente
L - 170	Coimbra - central	3000	Gomes
L - 230	Condeixa	4000	Silva
L - 155	null	null	Costa

- Junção externa
 $\text{emprestimo} \bowtie_{\times} \text{temEmprestimo} =$

nEmprestimo	nomeBalcao	quantia	nomeCliente
L - 170	Coimbra - central	3000	Gomes
L - 230	Condeixa	4000	Silva
L - 260	Nelas	1700	null
L - 155	null	null	Costa

2014/09/29 (v06)
138/311

Consultas de exemplo

- Quais os fármacos que nunca foram receitados?

$$\Pi_{\text{nomeF}}(\sigma_{\text{nConsulta}=\text{null}}(\text{farmacos} \bowtie_{\times} \text{receitas}))$$

- Quais as consultas em que não foi receitado qualquer fármaco?

$$\Pi_{\text{nConsulta}}(\sigma_{\text{nCodF}=\text{null}}(\text{consultas} \bowtie_{\times} \text{receitas}))$$

- Quantos fármacos diferentes foram receitados em cada uma das consultas?

$$\text{nConsulta} \mathcal{G}_{\text{count}(\text{codF})}(\text{consultas} \bowtie_{\times} \text{receitas})$$

- Para cada médico, qual a quantidade média de fármacos receitados por consulta?

$$\text{quantCons} \leftarrow \text{nConsulta} \mathcal{G}_{\rho_{\text{soma}} \text{sum}(\text{quant})}(\text{consultas} \bowtie_{\times} \text{receitas})$$

$$\text{nEmpr} \mathcal{G}_{\text{avg}(\text{soma})}(\text{quantCons} \bowtie_{\times} \text{consultas})$$

2014/09/29 (v06)
139/311

Modificação da Base de Dados

- O conteúdo da base de dados pode ser modificado através das seguintes operações:
 - Remoção
 - Inserção
 - Actualização
- Todas estas operação são expressas por intermédio do operador de atribuição.

2014/09/29 (v06)
140/311

Remoção

- ▶ Uma operação de remoção é expressa de uma maneira semelhante a uma consulta, excepto que os tuplos seleccionados são removidos da base de dados.
- ▶ Só se podem remover tuplos integralmente; não se podem apagar valores de determinados atributos.
- ▶ Uma remoção é expressa em álgebra relacional por:

$$r \leftarrow r - E$$

em que r é uma relação e E é uma expressão da álgebra relacional.

2014/09/29 (v06)
141/311

Exemplos de Remoção

- ▶ Apagar todas as contas na agência de Cantanhede.

$$\text{conta} \leftarrow \text{conta} - \sigma_{\text{nomeBalcao}='Cantanhede'}(\text{conta})$$

- ▶ Apagar todos os registos de empréstimos de montante entre 0 e 50€

$$\text{emprestimo} \leftarrow \text{emprestimo} - \sigma_{\text{quantia} \geq 0 \wedge \text{quantia} \leq 50}(\text{emprestimo})$$

- ▶ Apagar todas as contas de balcões localizados em Nelas.

$$r_1 \leftarrow \sigma_{\text{cidadeBalcao}='Nelas'}(\text{conta} \bowtie \text{balcao})$$

$$r_2 \leftarrow \Pi_{\text{cidadeBalcao}, \text{nConta}, \text{balanco}}(r_1)$$

$$r_3 \leftarrow \Pi_{\text{nomeCliente}, \text{nConta}}(r_2 \bowtie \text{temConta})$$

$$\text{conta} \leftarrow \text{conta} - r_2$$

$$\text{temConta} \leftarrow \text{temConta} - r_3$$

2014/09/29 (v06)
142/311

Exemplos de Remoção (cont)

- ▶ Apagar toda a informação relativa a consultas anteriores a 2000:

$$r_1 \leftarrow \sigma_{\text{data} < 01-01-2000}(\text{consultas})$$

$$r_2 \leftarrow \Pi_{\text{codF}, \text{nConsulta}, \text{quant}}(\text{receitas} \bowtie r_1)$$

$$\text{consultas} \leftarrow \text{consultas} - r_1$$

$$\text{receitas} \leftarrow \text{receitas} - r_2$$

2014/09/29 (v06)
143/311

Inserção

- ▶ Para inserir informação numa relação podemos:
 - ▶ especificar um tuplo a ser inserido;
 - ▶ escrever uma consulta cujo resultado é um conjunto de tuplos a inserir.
- ▶ Na álgebra relacional, uma inserção é expressa por:

$$r \leftarrow r \cup E$$

em que r é uma relação e E é uma expressão da álgebra relacional.

- ▶ A inserção de um único tuplo é efectuada quando a expressão E é uma relação constante contendo esse tuplo.

2014/09/29 (v06)
144/311

Exemplos de Inserção

- ▶ Inserir informação na base de dados especificando que o cliente Silva tem 1200€ na conta A-973 na agência de Cantanhede.

$$\begin{aligned} \text{conta} &\leftarrow \text{conta} \cup \{(A - 973, 'Cantanhede', 1200)\} \\ \text{temConta} &\leftarrow \text{temConta} \cup \{('Silva', A - 973)\} \end{aligned}$$

- ▶ Dar um bónus a todos os mutuários na agência de Cantanhede: uma conta de poupança de 200€. O número do empréstimo é utilizado para número da conta de poupança.

$$\begin{aligned} r1 &\leftarrow (\sigma_{\text{nomeBalcao}='Cantanhede'}(\text{temEmprestimo} \bowtie \text{emprestimo})) \\ \text{conta} &\leftarrow \text{conta} \cup \Pi_{\text{nomeBalcao}, \text{nConta}, 200}(r1) \\ \text{temConta} &\leftarrow \text{temConta} \cup \Pi_{\text{nomeCliente}, \text{nEmprestimo}}(r1) \end{aligned}$$

2014/09/29 (v96)
145/311

Exemplos de Inserção (cont.)

- ▶ Inserir informação na base de dados especificando que um novo paciente, com BI nº 1111 e nome Paulo, teve uma consulta (nº101) no dia 30-09-2003 com o médico João (assumindo que só há um médico com esse nome).

$$\begin{aligned} \text{pacientes} &\leftarrow \text{pacientes} \cup \{(1111, 'Paulo', \text{null}, \text{null}, \text{null})\} \\ \text{consultas} &\leftarrow \text{consultas} \cup \\ &\quad \Pi_{101, 30-09-2009, 1111, \text{nEmpr}}(\sigma_{\text{nomeM}='João'}(\text{medicos})) \end{aligned}$$

2014/09/29 (v96)
146/311

Actualização

- ▶ Um mecanismo para alterar um valor de um tuplo sem alterar todos os valores do tuplo.
- ▶ Recorre-se ao operador de projecção generalizada para efectuar este tipo de tarefa

$$r \leftarrow \Pi_{F_1, F_2, \dots, F_n}(r)$$

- ▶ Cada F_i , ou é o i -ésimo atributo de r , se o i -ésimo atributo não for alterado, ou
- ▶ Uma expressão F_i , envolvendo apenas constantes e atributos de r , que permite calcular o novo valor do atributo.

2014/09/29 (v96)
147/311

Exemplos de Actualizações

- ▶ Pague juros de 5% em todas as contas

$$\text{conta} \leftarrow \Pi_{\text{nConta}, \text{nomeBalcao}, \text{balanco} \times 1,05}(\text{conta})$$

- ▶ Pague 6% de juros em todas as contas com saldo superior a 10.000€ e 5% às restantes contas.

$$\begin{aligned} \text{conta} &\leftarrow \Pi_{\text{nConta}, \text{nomeBalcao}, \text{balanco} \times 1,06}(\sigma_{\text{balanco} > 10000}(\text{conta})) \\ &\quad \cup \Pi_{\text{nConta}, \text{nomeBalcao}, \text{balanco} \times 1,05}(\sigma_{\text{balanco} \leq 10000}(\text{conta})) \end{aligned}$$

2014/09/29 (v96)
148/311