

Bacharelado em Ciências da Computação

Disciplina

Banco de Dados

Prof. Dr. Farid Nourani
(farid.nourani@unesp.br)

Universidade Estadual Paulista
Campus de Rio Claro, SP
IGCE – DEMAC

2º Semestre 2022



Aula 5

Modelo Relacional (MR)

Álgebra Relacional (AR)

Parte 1



Álgebra Relacional

- ❑ Álgebra relacional foi desenvolvida para descrever operações sobre um banco de dados relacional.
- ❑ O conjunto de objetos corresponde às *tabelas*.
- ❑ Uma operação da Álgebra Relacional possui *tabelas* como operandos e também como resultado.
- ❑ Porque aprender AR?
 - Compreendendo a AR, fica mais fácil aprender a SQL;
 - Apesar de não existir um SGBD (comercial) que implemente a AR diretamente, a SQL incorpora cada vez mais os conceitos da AR;
 - Algoritmos de otimização de consultas, empregados na maioria dos SGBD utilizam a AR.



Operadores da Álgebra Relacional

❑ Operadores *específicos* da álgebra relacional

- Seleção
- Projeção
- Renomeação
- Junção
- Divisão

❑ Operadores sobre *conjuntos* (uma tabela é um conjunto de linhas)

- União
- Intersecção
- Produto Cartesiano
- Diferença



Operadores da Álgebra Relacional

❑ Operadores *específicos* da álgebra relacional

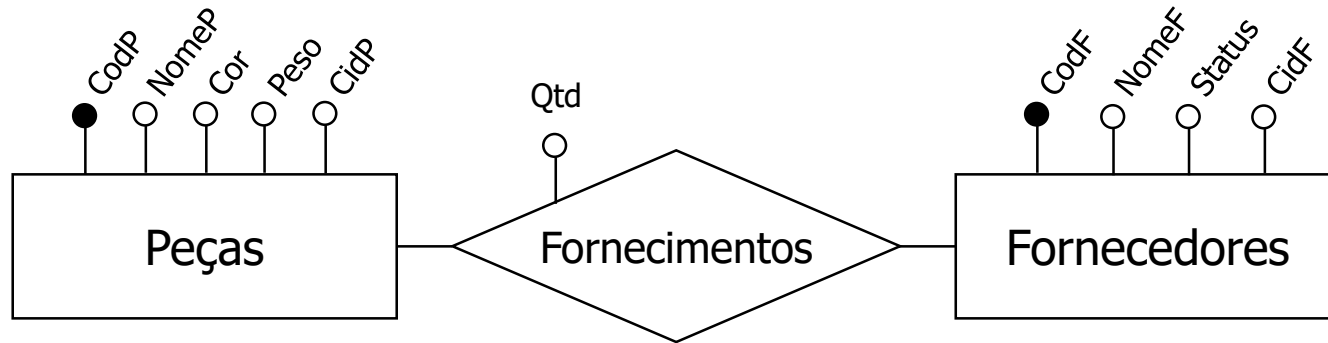
- Seleção
 - Projeção
 - Renomeação
 - Junção
 - Divisão
- Operadores Unários
- Operadores Binários

❑ Operadores sobre *conjuntos* (uma tabela é um conjunto de linhas)

- União
 - Intersecção
 - Produto Cartesiano
 - Diferença
- Operadores Binários



Banco de Dados Exemplo



Peças (CodP, NomeP, Cor, Peso, CidP)

Fornecimentos (CodP, CodF, Qtd)

Fornecedores (CodF, NomeF, Status, CidF)



A Instância do Banco de Dados Exemplo

Peças

CodP	NomeP	Cor	Peso	CidP
P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	Rolamento	Preto	16	RJ
P3	Mancal	Verde	30	SP

Fornecedores

CodF	NomeF	Status	CidF
F1	Silva	5	SP
F2	Souza	10	RJ
F3	Álvares	5	SP
F4	Tavares	3	RJ

Fornecimentos

CodP	CodF	Qtd
P1	F1	300
P1	F2	400
P1	F3	200
P2	F1	300
P2	F4	350



Operação de SELEÇÃO

- ❑ A seleção tem como operando uma tabela. O resultado é uma tabela que contém as tuplas que satisfazem ao critério da seleção (um predicado).
- ❑ O resultado é um subconjunto horizontal da tabela original (Fragmentação Horizontal).

❑ **Sintaxe:** σ <critério de seleção> (<tabela>)

onde:

<tabela> é o nome da tabela ou uma expressão de álgebra relacional que resulta em uma tabela.

<critério de seleção> é um predicado (uma expressão booleana) que envolve literais e valores de atributos da tabela.



Operação de SELEÇÃO

- O predicado pode conter:

- Operadores de Comparação: $=$, $<$, $<=$, $>$, $>=$, \neq

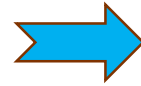
- Operadores Lógicos: \wedge (and), \vee (or), \neg (not)



Exemplos de SELEÇÃO

1. Obter todos os dados da peça de código P1.

$\sigma_{\text{CodP} = \text{'P1'}} (\text{Peças})$



CodP	NomeP	Cor	Peso	CidP
P1	Eixo	Cinza	10	POA



Exemplos de SELEÇÃO

1. Obter todos os dados da peça de código P1.

$\sigma_{\text{CodP} = 'P1'} (\text{Peças})$ 

CodP	NomeP	Cor	Peso	CidP
P1	Eixo	Cinza	10	POA

2. Obter todos os dados de fornecedores de São Paulo.

$\sigma_{\text{CidF} = 'SP'} (\text{Fornecedores})$ 

CodF	NomeF	Status	CidF
F1	Silva	5	SP
F3	Álvares	5	SP



Exemplos de SELEÇÃO

1. Obter todos os dados da peça de código P1.

$\sigma_{\text{CodP} = 'P1'} (\text{Peças})$ 

CodP	NomeP	Cor	Peso	CidP
P1	Eixo	Cinza	10	POA

2. Obter todos os dados de fornecedores de São Paulo.

$\sigma_{\text{CidF} = 'SP'} (\text{Fornecedores})$ 

CodF	NomeF	Status	CidF
F1	Silva	5	SP
F3	Álvares	5	SP

3. Obter todos os dados de fornecedores c/ status > 5 que sejam do RJ.

$\sigma_{(\text{Status} > 5 \wedge \text{CidF} = 'RJ')} (\text{Fornecedores})$



CodF	NomeF	Status	CidF
F2	Souza	10	RJ



Operação de PROJEÇÃO

- ❑ A projeção tem como operando uma tabela. O resultado é uma tabela que contém apenas os atributos selecionados.
- ❑ O resultado é um subconjunto vertical da tabela original (Fragmentação Vertical).

- ❑ **Sintaxe:**

$$\Pi \text{ <lista de colunas> } (\text{<tabela>})$$

onde:

<tabela> é o nome da tabela ou uma expressão de álgebra relacional que resulta em uma tabela

<lista de colunas> é uma lista que contém nomes de colunas da tabela operando



Exemplos de PROJEÇÃO

1. Obter os códigos e nomes de todas as peças.

Π CodP, NomeP (Peças) 

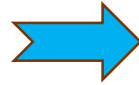
CodP	NomeP
P1	Eixo
P2	Rolamento
P3	Mancal



Exemplos de PROJEÇÃO

1. Obter os códigos e nomes de todas as peças

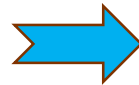
Π CodP, NomeP (Peças)



CodP	NomeP
P1	Eixo
P2	Rolamento
P3	Mancal

2. Obter o nome de todas as cidades onde há fornecedores.

Π CidF (Fornecedores)



CidF
São Paulo
Rio

P.S: Na projeção as linhas duplicadas são eliminadas da tabela resultante.



Aninhamento de operadores

- ❑ Operadores diferentes podem ser aninhados

$\Pi_{\text{CodF}, \text{Qtd}} (\sigma_{\text{CodP} = \text{'P1'}} (\text{Fornecimentos}))$



Aninhamento de operadores

- ❑ Operadores diferentes podem ser aninhados

$\Pi_{\text{CodF}, \text{Qtd}} (\sigma_{\text{CodP} = \text{'P1'}} (\text{Fornecimentos}))$

Resulta em uma tabela com duas colunas: código de fornecedor e quantidade fornecida, para todos os fornecimentos da peça de código P1.

CodF	Qtd
F1	300
F2	400
F3	200



Exemplo de Aninhamento

1. Obter os códigos de todos os fornecedores que realizaram algum fornecimento ou que são da cidade do Rio.

$\Pi \text{ CodF (Fornecimentos)}$

\cup

$\Pi \text{ CodF } (\sigma \text{ CidF} = \text{'Rio'} (\text{Fornecedores}))$



Operações originárias da Teoria dos Conjuntos

❑ Operadores e suas sintaxes:

- ✓ União: $\langle \text{tabela 1} \rangle \cup \langle \text{tabela 2} \rangle$
- ✓ Interseção: $\langle \text{tabela 1} \rangle \cap \langle \text{tabela 2} \rangle$
- ✓ Diferença: $\langle \text{tabela 1} \rangle - \langle \text{tabela 2} \rangle$



Operações originárias da Teoria dos Conjuntos

❑ Operadores e suas sintaxes:

- ✓ União: $\langle \text{tabela 1} \rangle \cup \langle \text{tabela 2} \rangle$
- ✓ Interseção: $\langle \text{tabela 1} \rangle \cap \langle \text{tabela 2} \rangle$
- ✓ Diferença: $\langle \text{tabela 1} \rangle - \langle \text{tabela 2} \rangle$

❑ Nos três casos, a operação possui duas tabelas como operandos e elas devem ser **compatíveis para a união**:

- Possuir o mesmo número de colunas
- O domínio da i -ésima coluna de uma tabela deve ser idêntico ao domínio da i -ésima coluna da outra.



Exemplo de UNIÃO

1. Obter os códigos de todos os fornecedores que realizaram algum fornecimento ou que são da cidade do Rio.

$\Pi \text{ CodF (Fornecimentos)}$

\cup

$\Pi \text{ CodF } (\sigma \text{ CidF} = \text{'Rio'} (\text{Fornecedores}))$



Exemplo de INTERSEÇÃO

1. Obter os códigos de todos os fornecedores que realizaram algum fornecimento e que tem status maior do que 5.

$\Pi \text{ CodF (Fornecimentos)}$

\cap

$\Pi \text{ CodF } (\sigma_{\text{Status} > 5} (\text{Fornecedores}))$



Exemplo de DIFERENÇA

1. Obter os códigos de todos os fornecedores que realizaram algum fornecimento e não são da cidade do Rio.

$\Pi \text{ CodF (Fornecimentos)}$

—

$\Pi \text{ CodF (}\sigma \text{ CidF = 'Rio' (Fornecedores))}$



Operação PRODUTO CARTESIANO

- ❑ As operações vistas até aqui permitem recuperar dados somente a partir de uma única tabela (armazenados numa mesma tabela).

Ex:

$\sigma_{\text{CodP} = 'P1'} (\text{Peças})$

$\Pi_{\text{CodP}, \text{NomeP}} (\text{Peças})$

- ❑ Como podemos recuperar informações correlatas que estão distribuídas em várias tabelas?

Ex: Nome dos fornecedores da peça P1



Operação PRODUTO CARTESIANO

- ❑ **Sintaxe:** <tabela 1> X <tabela 2>
- ❑ O produto cartesiano possui como operando duas tabelas. O resultado é uma tabela cujas linhas são a combinação das linhas das tabelas <tabela 1> e <tabela 2>, tomando-se uma linha da <tabela 1> e concatenando-a com cada linha da <tabela 2>.

Total de colunas = Número de colunas da tabela 1 +
Número de colunas da tabela 2

Grau do Resultado = Grau (T1) + Grau (T2)

Número de linhas = Número de linhas da tabela 1 X
Número de linhas da tabela 2

Cardinalidade do Resultado = Cardinalidade (T1) x Cardinalidade (T2)



Exemplo de PRODUTO CARTESIANO

❑ Fornecimentos X Peças

Fornecimentos			Peças				
CodP	CodF	Qtd	CodP	NomeP	Cor	Peso	CidP
P1	F1	300	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F2	400	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F3	200	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	F1	300	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	F4	350	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F1	300	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F2	400	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F3	200	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P2	F1	300	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P2	F4	350	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F1	300	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P1	F2	400	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P1	F3	200	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P2	F1	300	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P2	F4	350	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo



O PROBLEMA do Produto Cartesiano

- ❑ O Produto Cartesiano gera muitas tuplas *falsas* (espúrias).

Fornecimentos			Peças				
CodP	CodF	Qtd	CodP	NomeP	Cor	Peso	CidadePeça
P1	F1	300	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F2	400	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F3	200	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	F1	300	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	F4	350	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F1	300	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F2	400	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F3	200	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P2	F1	300	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P2	F4	350	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F1	300	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P1	F2	400	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P1	F3	200	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P2	F1	300	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P2	F4	350	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo



O PROBLEMA do Produto Cartesiano

- ❑ Como o Produto Cartesiano gera muitas tuplas *falsas*, ele não é usado isoladamente.
- ❑ Normalmente, ele é combinado com uma seleção, para eliminar as tuplas falsas.

Ex: Obter os nomes de todas as peças para as quais há algum fornecimento.

$\Pi \text{ NomeP } (\sigma_{\text{Fornecimentos.CodP} = \text{Peças.CodP}} (\text{Fornecimentos X Peças}))$

NomeP
Eixo
Rolamento



Operação JUNÇÃO

- JUNÇÃO = Seleção + Produto Cartesiano

A junção tem como operandos 2 tabelas e tem o resultado equivalente à seguinte expressão:

$$\sigma \text{ <critério de junção> } (<\text{tabela 1}> \times <\text{tabela 2}>)$$

- **Sintaxe:** $<\text{tabela 1}> \bowtie \text{<critério de junção>} <\text{tabela 2}>$

onde:

$<\text{tabela X}>$ é o nome de uma tabela ou uma expressão de álgebra relacional que resulta em uma tabela.

$<\text{critério de junção}>$ é uma expressão booleana envolvendo valores de atributos das duas tabelas (condição de junção).



Exemplo de JUNÇÃO

Fornecimentos ⋈ Fornecimentos.CodP = Peças.CodP Peças

Fornecimentos			Peças				
CodP	CodF	Qtd	CodP	NomeP	Cor	Peso	CidadePeça
P1	F1	300	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F2	400	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F3	200	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	F1	300	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	F4	350	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F1	300	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F2	400	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F3	200	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P2	F1	300	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P2	F4	350	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P1	F1	300	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P1	F2	400	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P1	F3	200	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P2	F1	300	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo
P2	F4	350	P3	Mancal	Verde	30	São Paulo



Exemplo de JUNÇÃO

Fornecimentos ⚡ Fornecimentos.CodP = Peças.CodP Peças

Fornecimentos			Peças				
CodP	CodF	Qtd	CodP	NomeP	CorP	Peso	CidP
P1	F1	300	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F2	400	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P1	F3	200	P1	Eixo	Cinza	10	POA
P2	F1	300	P2	Rolamento	Preto	16	Rio
P2	F4	350	P2	Rolamento	Preto	16	Rio



Exemplos de JUNÇÃO

Peças (CodP, NomeP, Cor, Peso, CidP)

Fornecimentos (CodP, CodF, Qtd)

Fornecedores (CodF, NomeF, Status, CidF)

- ❑ Listar o nome e a cidade dos fornecedores da peça P1.

Solução:

Π NomeF, CidF

$(\sigma \text{ CodP} = \text{'P1'})$

$(\text{Fornecedores} \bowtie \text{Fornecedores.CodF} = \text{Fornecimentos.CodF} \text{ Fornecimentos})$



Exemplos de JUNÇÃO

- ❑ Listar o nome e a cidade dos fornecedores da peça P1.

Solução Original:

Π NomeF, CidF

$(\sigma_{\text{CodP} = \text{'P1'}}$

$(\text{Fornecedores} \bowtie_{\text{Fornecedores.CodF} = \text{Fornecimentos.CodF}} \text{Fornecimentos}))$

Solução alternativa:

Π NomeF, CidF

$(\text{Fornecedores} \bowtie_{\text{Fornecedores.CodF} = \text{Fornecimentos.CodF}} \text{Fornecimentos}) \wedge_{\text{CodP} = \text{'P1'}}$



Exemplos de JUNÇÃO

Pecas (CodP, NomeP, Cor, Peso, CidP)

Fornecimentos (CodP, CodF, Qtd)

Fornecedores (CodF, NomeF, Status, CidF)

- ❑ Listar o nome dos fornecedores da peça P1, localizados em SP.

Solução:

Π NomeF, CidF

$(\sigma_{\text{CodP} = \text{'P1'}}$

$(\sigma_{\text{CidF} = \text{'SP'}}$

$(\text{Fornecedores} \bowtie_{\text{Fornecedores.CodF} = \text{Fornecimentos.CodF}} \text{Fornecimentos}))$



Exemplos de JUNÇÃO

Peças (CodP, NomeP, Cor, Peso, CidP)

Fornecimentos (CodP, CodF, Qtd)

Fornecedores (CodF, NomeF, Status, CidF)

- ❑ Listar o nome dos fornecedores da peça P1, localizados em SP.

Solução alternativa:

Π NomeF, CidF

(Fornecedores ⋈ (Fornecedores.CodF = Fornecimentos.CodF) ⋈

CodP = 'P1' ⋈

CidF = 'SP')



Tipos de JUNÇÃO

Quanto ao Critério da Seleção

- ❑ **Junção θ** (Theta Join)
- ❑ **Junção Natural** (Natural Join)
- ❑ **Equijunção** (Equijoin)



Tipos de JUNÇÃO

Quanto ao Conteúdo do Resultado

- ❑ **Junção Interna** (Inner Join)
- ❑ **Junção Externa** (Outer Join)



JUNÇÃO θ

❑ **Sintaxe:** $\langle \text{tabela 1} \rangle \bowtie_{\theta} \langle \text{tabela 2} \rangle$

onde:

θ é um predicado envolvendo atributos das duas tabelas.

OBS:

Os exemplos vistos até agora se tratavam desta modalidade de junção.



JUNÇÃO Natural

❑ **Sintaxe:** <tabela 1>  <tabela 2>

❑ **Definição**

A junção natural combina as tuplas de duas tabelas, levando em consideração a ligação estabelecida entre as mesmas pela Integridade Referencial, representada por chave estrangeira e chave primária (igualdade de valores entre a chave primária de uma tabela e a chave estrangeira da outra – uma “ligação natural” entre as tabelas).



Exemplo de JUNÇÃO Natural

□ JUNÇÃO Natural

R_1

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

R_2

w	y
1	1
2	2

$R_1 \bowtie R_2$

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



EQUIJUNÇÃO

❑ Sintaxe:

<tabela 1> ★ (<lista-atributos-T1>), (<lista-atributos-T2>) <tabela 2>

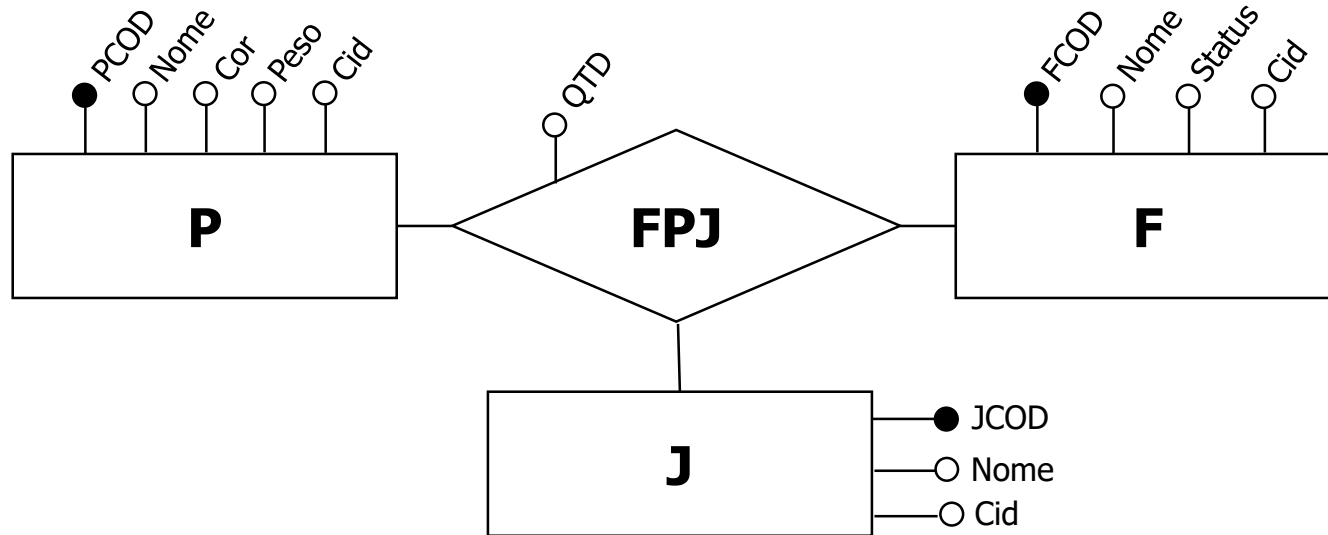
onde <lista-atributos-T1> e <lista-atributos-T2> são as listas de nomes dos atributos das tabelas 1 e 2 respectivamente, cujos valores são comparados um a um, para verificar a igualdade, a fim de realizar a junção.

- ❑ A operação de Equijunção distingue-se da Junção Theta pelo fato de eliminar a segunda coluna em cada par de atributos que são comparados (já que os valores da segunda coluna são idênticos aos valores da primeira coluna).



Exercícios de Álgebra Relacional

Considerando o diagrama do MER e o seu correspondente esquema relacional abaixo, faça as consultas a seguir em AR:



P (**PCOD**, **NOME**, **COR**, **PESO**, **CID**) - **P**eças
F (**FCOD**, **NOME**, **ÁREA**, **CID**) - **F**ornecedores
J (**JCOD**, **NOME**, **CID**) - **p**ro**J**etos
FPJ (**FCOD**, **PCOD**, **JCOD**, **QTD**) - **F**ornecimentos

FCOD referencia F, PCOD referencia P, JCOD referencia J



Exercícios de Álgebra Relacional

1. Obtenha todos os detalhes de todos os projetos.

$$\Pi_{\text{JCOD}, \text{NOME}, \text{CID}} (J)$$

2. Obtenha todos os detalhes de todos os projetos localizados em São Paulo.

$$\Pi_{\text{JCOD}, \text{NOME}, \text{CID}} (\sigma_{\text{CID} = \text{'SP'}} (J))$$

3. Liste os fornecedores do projeto J-102.

$$\Pi_{\text{FCOD}} (\sigma_{\text{JCOD} = \text{'J-102'}} (\text{FPJ}))$$



Exercícios de Álgebra Relacional

4. Liste os fornecedores do projeto J-102, localizados no Rio.

$$\Pi_{FCOD} (\sigma_{JCOD = 'J-102' \wedge (FPJ \bowtie F)} \\ F.CID = 'Rio')$$

Opcionalmente, a expressão acima pode ser escrita da seguinte forma (escrever todo o predicado numa mesma linha):

$$\Pi_{FCOD} (\sigma_{(JCOD = 'J-102' \wedge F.CID = 'Rio')} (FPJ \bowtie F))$$



Exercícios de Álgebra Relacional

4. Liste os fornecedores do projeto J-102, localizados no Rio.

$$\Pi_{\text{FCOD}} \left(\sigma_{\text{JCOD} = \text{'J-102'} \wedge (\text{FPJ} \bowtie \text{F})} \right. \\ \left. \text{F.CID} = \text{'Rio'} \right)$$

Opcionalmente, a expressão acima pode ser escrita da seguinte forma (escrever todo o predicado numa mesma linha):

$$\Pi_{\text{FCOD}} \left(\sigma_{(\text{JCOD} = \text{'J-102'} \wedge \text{F.CID} = \text{'Rio'})} (\text{FPJ} \bowtie \text{F}) \right)$$

Forma Preferencial



Exercícios de Álgebra Relacional

5. Liste os fornecedores do Rio que fornecem a peça P-14 para o projeto J-102.

$$\Pi_{FCOD} \left(\sigma_{\begin{array}{l} F.CID = \text{'Rio'} \wedge \\ PCOD = \text{'P-14'} \wedge \\ JCOD = \text{'J-102'} \end{array}} (FPJ \bowtie F) \right)$$

Ou opcionalmente:

$$\Pi_{FCOD} \left(\sigma_{(F.CID = \text{'Rio'} \wedge PCOD = \text{'P-14'} \wedge JCOD = \text{'J-102'})} (FPJ \bowtie F) \right)$$



Exercícios de Álgebra Relacional

5. Liste os fornecedores do Rio que fornecem a peça P-14 para o projeto J-102.

$$\Pi_{FCOD} \left(\sigma_{\substack{F.CID = \text{'Rio'} \\ PCOD = \text{'P-14'} \\ JCOD = \text{'J-102'}}} (FPJ \bowtie F) \right)$$

Esta forma de escrita pode gerar confusão! Principalmente, se a consulta não couber em uma linha!

Ou opcionalmente:

$$\Pi_{FCOD} \left(\sigma_{(F.CID = \text{'Rio'} \wedge PCOD = \text{'P-14'} \wedge JCOD = \text{'J-102'})} (FPJ \bowtie F) \right)$$

Esta forma de escrita é mais apropriada!

