3.2.1. Primeira Forma Normal (1FN)

Uma relação está na 1ª Forma Normal se

. Cada atributo contém apenas valores atómicos.

. Não há conjuntos de atributos repetidos descrevendo a mesma característica.

Exemplo de relações que não estão na 1ºForma Normal

1)

PessoaCursos1

Nome	Endereço	NIF	Cursos
Artur	Covilhã	123456789	Programador
Ana	Fundão	222222222	Operador, Programador
Carlos	Covilhã	222333444	Analista, Programador, Operador
Paulo	Guarda	555666777	Operador, Analista

- O atributo Cursos contém valores não atómicos !!!

2)

PessoaCursos2

Nome	Endereço	NIF	Curso1	Curso2	Curso3
Artur	Covilhã	123456789	Programador		
Ana	Fundão	222222222	Operador	Programador	
Carlos	Covilhã	222333444	Analista	Programador	Operador
Paulo	Guarda	555666777	Operador	Analista	

- São repetidos atributos do mesmo tipo, curso1, curso2, curso3.

(Diz-se que a relação tem um grupo repetitivo)

- Os tuplos correspondentes a alunos com apenas 1 ou dois cursos vão ter valores nulos para alguns atributos.

- Como representar uma pessoa com mais do que três cursos?

Suponhamos a relação,

R(N_nota_enc, Cod_cliente, Nome_cliente, Morada_cliente,
(Cod_produto, Desc_produto, Preço_produto, Quantidade)*)

* - Os dados de cada produto encomendado (isto é, de cada linha da nota de encomenda) constituem um grupo de atributos que se repete.

Como decompor a relação?

A uma nota de encomenda corresponde um único cliente (nº e nome) e uma única morada de cliente. Isto é, existe a Dependência Funcional,

N_nota_enc → Cod_cliente, Nome_cliente, Morada_cliente

Podemos decompor a relação R nas relações:
(ver secção 3.1 ponto 10 – decomposição sem perda)

Nota_de_enc (*N_nota_enc*, Cod_cliente, Nome_cliente, Morada_cliente)
e
Linha_nota_enc (*N_nota_enc*, Cod_produto, Desc_produto, Preço_produto, Quantidade)

A chave da relação Nota_de_enc é N_nota_enc.
A chave da relação Linha_nota_enc é N_Nota_enc, Cod_produto

Ambas as relações estão na 1ª Forma Normal (não têm grupos repetitivos).

3.2.2. Segunda Forma Normal (2FN)

Seja a relação, R(Fornecedor, Peça, Cidade, Quantidade)
em que

Fornecedor ↛ Peça

Peça ↛ Fornecedor

Fornecedor → Cidade

Num instante t,

R

Fornecedor	Peça	Cidade	Quantidade
Empresa A	1	Covilhã	100
Empresa A	2	Covilhã	200
Empresa A	3	Covilhã	300
Empresa B	1	Fundão	400
Empresa B	3	Fundão	500

Algumas anomalias:

Inserção: *Não é possível inserir um fornecedor sem que ele forneça alguma peça (Peça faz parte da chave).*

Eliminação: *Se, por exemplo, a empresa B deixar de fornecer as peças 1 e 3, perdemos a informação sobre a cidade desse fornecedor.*

Modificação*: Supondo que um fornecedor muda de cidade. Actualizar R significa actualizar todos os tuplos desse fornecedor.*

Se substituirmos R por

$R1 = \prod_{<\text{Fornecedor, Cidade}>} (R)$ R1(Fornecedor, Cidade)

$R2 = \prod_{<\text{Fornecedor, Peça, Quantidade}>} (R)$ R2 (Fornecedor, Peça, Quantidade)

desaparecem as anomalias.

A DF Fornecedor $\rightarrow$ Cidade

garante que $R = R1 \bowtie_{<\text{Fornecedor = Fornecedor}>} R2$

Definição: Dependência Funcional Elementar

Seja R (X,Y,Z, ...) com X, Y, Z conjuntos de atributos,

a DF $X \rightarrow Y$ é elementar se $\forall X' \subset X : X' \not\rightarrow Y$

Definição: Dependência Funcional Parcial

Se $X \rightarrow Y$ e $X' \rightarrow Y$ (com $X' \subset X$) diz-se que $X \rightarrow Y$ é uma dependência funcional parcial.

Definição: 2ª Forma Normal

Seja R (A_1, A_2, ... , A_n),

R está na 2FN sse $\forall A_i \notin$ chave(s) , $\forall$ X chave, se verifica que

$X \rightarrow A_i$ é elementar

De outra forma:

- Uma relação está na 2ª forma normal se está na 1ª FN e os atributos que não são chave dependem da totalidade da chave.

Nota:

Um atributo pertencente a uma chave diz-se um atributo primo.

Exemplo:

Linha_nota_enc (*N_nota_enc*, Cod_produto, Desc_produto, Preço_prod, Quantidade)

As dependências funcionais,

N_nota_enc, Cod_produto → Desc_produto
N_nota_enc, Cod_produto → Preço_produto

não são elementares, porque

Cod_produto → Desc_produto (1)
Cod_produto → Preço_produto (2)

A relação Linha_nota_enc vai dar origem a:

Linha_Nota_Enc (N_nota_enc, *Cod_produto*, Quantidade)
Produto (*Cod_produto*, Desc_produto, Preço_produto)

A DF Cod_produto → Desc_produto, Preço_produto (obtida por união de (1) e (2)) garante que a decomposição é válida.

Casos especiais de relações em 2FN:

. Se todos os atributos de uma relação são primos.
ou
. A chave da relação consiste num único atributo.

Então a relação está na 2ª forma normal.

Nota: A definição de 2FN não "proíbe" a existência de DF parciais entre atributos primos.

Decomposição em 2ª Forma Normal

Toda a relação R que não esteja na 2FN pode ser decomposta num conjunto de projecções que estão na 2FN.

Dem.
Suponhamos que R (A_1, A_2, ... , A_n) não está na 2FN.
Então existem subconjuntos disjuntos de { A_1, A_2, ... , A_n*}, X e Y, tais que:*

- *Y não tem atributos chave*
- *X é chave*
- *Existe a DF parcial* $X \rightarrow Y$

Seja Z o conjunto de atributos que não pertençam nem a X nem a Y.
R pode ser representada por R(X,Y,Z)

Se X $\rightarrow$ Y é uma DF parcial, então X pode ser representado por X'X'' onde X' $\rightarrow$ Y é uma DF elementar.

Num primeiro passo da decomposição substituímos R(XYZ) por

$\prod_{<X', Y>}(R)$ e $\prod_{<X, Z>}(R)$

- $\prod_{<X', Y>}(R)$ está na 2FN porque
  . *X' $\rightarrow$ Y é elementar*
  . *Y contém todos os atributos não primos*

- *Se* $\prod_{<X, Z>}(R)$ não está na 2FN aplicamos novamente o procedimento anterior.

Resumindo, para vermos se uma relação está na 2FN:

1 – Identificamos a chave da tabela. Se a chave for apenas um atributo, ou for constituída por todos os atributos da relação, então podemos concluir que está na 2FN.

2 – Se a chave for composta (tiver mais do que um atributo) verificamos se há atributos que não são chave e que dependem apenas de parte da chave.
Se não houver, então está na 2FN.
Se houver, então decompor de acordo com o esquema anterior.

3.2.3. Terceira Forma Normal (3FN)

Seja E (N_emp, Dep, Cidade) com

$$N\_emp \rightarrow Dep$$
$$Dep \not\rightarrow N\_emp$$
$$Dep \rightarrow Cidade$$
$$Cidade \not\rightarrow Dep$$

E

N_emp	Dep	Cidade
a	A	X
b	A	X
c	A	X
d	B	Y
e	B	Y
f	C	X
g	C	X

Anomalias

Inserção: não podemos inserir um departamento se não tem empregados

Eliminação: Se eliminamos o último empregado de um departamento perdemos a informação do departamento

Modificação: O atributo cidade é repetido para cada empregado de um dado departamento; Uma alteração da localização de um departamento implica alterar a localização de todos os empregados desse departamento.

E(N_emp, Dep, Cidade) está na 2ª forma normal !

Se substituirmos E por

Empregado = $\prod_{<N\_emp,\ Dep>}(E)$ e Departamento = $\prod_{<Dep,\ Cidade>}(E)$

desaparecem as anomalias.

A DF Dep $\rightarrow$ Cidade garante que

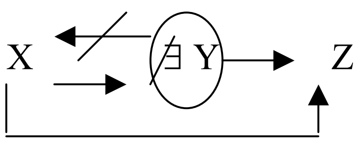
$$E = \text{Empregado} \bowtie_{<Dep=Dep>} \text{Departamento}$$

Ficamos com o esquema relacional
Empregado (N_emp, Dep)
Departamento (Dep, Cidade)

Definição: Dependência Funcional Directa

Seja R(X,Y,Z, ...) $X \rightarrow Z$ é directa sse

$\nexists\, Y \in R :\ Y \not\rightarrow X\ ,\ X \rightarrow Y\ \text{ e }\ Y \rightarrow Z$ (não trivial)



$X \rightarrow Z$ é directa

Definição: 3ª Forma Normal

Seja R (A_1, A_2, ... , A_n),

R está na 3FN sse $\forall A_i \notin$ chave(s) , $\forall$ X chave, se verifica que

$X \rightarrow A_i$ é directa

De outra forma:

- Uma relação está na 3FN se está na 2FN e nenhum dos atributos não chave depende de outro também não chave. !

Exercício: provar que se uma relação está na 3FN então está também na 2FN

Resolução: Suponhamos que R está na 3FN mas que tem um atributo A_i (não chave) que depende parcialmente de um conjunto de atributos X, com X chave de R (Isto é, não está na 2FN).

Para algum $X' \subset X$, $X \rightarrow X' \rightarrow A_i$ logo

$X \rightarrow A_i$ não é directa e portanto R não está na 3FN.

<u>Decomposição em 3ª Forma Normal</u>

Toda a relação R que não esteja na 3FN pode ser decomposta num conjunto de projecções que estão na 3FN.

Se $X \rightarrow Y$ (com X chave), $Y \not\rightarrow X$ e $Y \rightarrow Z$ (não trivial)

(isto é, existe X → Z não directa, com Z não chave)

Decompor em

R(YZ) e R(XYZ) onde W tem todos os atributos que não são de X, nem de Y nem de Z.

Exemplo 1:

Nota_de_enc (*N_nota_enc*, Cod_cliente, Nome_cliente, Morada_cliente)

Cod_cliente → Nome_cliente
Cod_cliente → Morada_cliente

por união, Cod_cliente → Nome_cliente, Morada_cliente

(logo a DF N_nota_enc → Nome_cliente, Morada_cliente (não é directa)

A relação não está na 3FN.

Decomposição:
Cliente (Cod_cliente , Nome_cliente, Morada_cliente)
Nota_enc (N_nota_enc, Cod_cliente)

Exemplo 2:

Cliente (Código, Nome, Morada, Cod_postal)

com, Código → Nome
Nome → Código
Código → Morada

=> (por transitividade) Nome → Morada

Código → Morada - Esta dependência funcional é directa ?

A relação está na 3ª forma normal?

Resposta: _____________

Exercício: Normalize em 3FN o esquema relacional abaixo.

Clientes (N_cliente, (Endereços_para_remessa) * , Saldo, Limite_de_crédito, Desconto)

* - grupo repetitivo

Peças (N_peça, Cod_armazém, Qtd_stock_armazém, Min_stock_armazém, Desc_peça, Cor)

\- Uma peça pode existir em vários armazéns.

Encomendas (N_enc, Cod_cliente, Endereço_remessa, Data, (N_peça, Qtd_pedida, Qtd_enviada)*)

3.2.4. Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC)

Seja R (Cidade, Endereço, Cod_postal) com

Cidade, Endereço $\rightarrow$ Cod_postal

Cod_postal $\rightarrow$ Cidade

Chaves:

Cidade, Endereço

Endereço, Cod_postal

A relação está na 3FN mas existem algumas anomalias:

Cidade	Endereço	Cod_postal
c1	e1	p1
c1	e2	p2
c1	e3	p2
c2	e4	p3

Inserção: Não podemos inserir o código postal de uma cidade se não especificarmos o endereço.
Eliminação: Ao eliminarmos o último endereço de um dado código postal perdemos a cidade correspondente.
Modificação: Se é alterado o código postal de uma cidade é necessário alterar o código postal de todos os endereços com esse código postal.

Definição: Forma Normal de Boyce-Codd

Uma relação R (A_1, A_2, ... , A_n) está na Forma Normal de Boyce-Codd sse

$\forall$ $X \rightarrow Y$ não trivial: X e Y conjuntos de atributos de R:
X é chave candidata de R

De outra forma:

- Uma relação está na FNBC se e só se todo o determinante da relação for uma chave candidata.

Voltando ao exemplo anterior:
Chaves:
Cidade, Endereço
Endereço, Cod_postal

e existe a DF Cod_postal $\rightarrow$ Cidade

Cod_postal não é chave candidata logo a relação não está na FNBC.

Decomposição:
R1 (Cod_postal, Cidade)
R2 (Endereço, Cod_postal)

Observação: A FNBC só é diferente da 3FN se a relação tem mais do que uma chave.

Exemplo 1:

E (Emp, Dep, Cidade)

Emp $\rightarrow$ Dep

Dep $\not\rightarrow$ Emp

Dep $\rightarrow$ Cidade

Cidade $\not\rightarrow$ Dep

Não está na 3FN (porque a DF *Emp* $\rightarrow$ *Cidade* não é directa)

Não está na FNBC (porque na DF *Dep* $\rightarrow$ *Cidade* o determinante (Dep) não é chave candidata).

Decomposição:

Duas decomposições sem perda de informação. Qual escolher?

(1)

E1 (Emp, Dep)

E2 (Emp, Cidade)

Emp $\rightarrow$ Dep
Emp $\rightarrow$Cidade

ou

(2)

E1 (Emp, Dep)

E2 (Dep, Cidade)

Emp $\rightarrow$ Dep
Dep $\rightarrow$ Cidade

Em (1) perdemos a DF Dep $\rightarrow$ Cidade.

Em (2) preservamos as DF's (Emp $\rightarrow$ Cidade obtém-se por transitividade). A decomposição (2) é portanto a decomposição correcta.

Exemplo 2:

Nota_enc(N_nota_enc, Cod_cliente, Nome_Cliente, Morada_cliente)

Cod_cliente → Nome_cliente

Cod_cliente → Morada _cliente

Não está na 3FN (ver página 92)

Não está na FNBC

(Porque na DF *Cod_cliente → Nome_cliente, Morada_cliente*

Cod_cliente não é chave candidata)

Decomposição:

NE1 (N_nota_enc, Cod_cliente)

NE2 (Cod_cliente, Nome_cliente, Morada_cliente)

3FN ✓

FNBC ✓

Exemplo 3: Relação com duas Chaves candidatas não sobrepostas.

F(N_forn, Nome_forn, Cidade, Tipo)

N_forn → Nome_forn

Nome_forn → N_forn

N_forn → Cidade, Tipo

Nome_forn → Cidade, Tipo

Chaves candidatas:
N_forn
Nome_form

3 FN? ____________________ FNBC? ________________

Exemplo 4: Relação com duas Chaves candidatas sobrepostas.

F(N_forn, Nome_forn, N_peça, Qtd)

N_forn $\rightarrow$ Nome_forn

Nome_forn $\rightarrow$ N_forn

N_forn, N_Peça $\rightarrow$ Qtd

Chaves candidatas:

N_forn, N_peça

Nome_forn, N_peça

3FN ? *sim*

FNBC ? *não, porque na DF*

N_forn $\rightarrow$ Nome_forn

N_forn não é chave candidata.

Decompor em:

F1 (N_forn, Nome_forn)

F2 (N_forn, N_peça, Qtd)

Ambas estão na FNBC.

- Se uma relação está na FNBC então está na 3FN.

Dem. Seja R (A_1, A_2, ...A_n) na FNBC. Suponhamos que existe uma DF não directa $X \rightarrow A_i$ tal que $X \rightarrow Y$, $Y \not\rightarrow X$ e $Y \rightarrow A_i$ para algum A_i não primo e X chave. (Isto é, R não está na 3FN). Mas, se existe $Y \rightarrow A_i$ (não trivial) então Y é chave candidata de R (porque por hipótese R está na FNBC) e portanto $Y \rightarrow X$. $\lightning$

Se uma relação não está na FNBC pode ser decomposta num conjunto de projecções.

Decomposição em FNBC.

Seja R(X,Y,Z) uma relação que não está na FNBC, onde X, Y e Z são conjuntos de atributos tais que $X \rightarrow Y$ (não trivial) e $X \not\rightarrow Z$
(logo X não é chave candidata de R)

- Substituir R(XYZ) por R(X,Y) e R(X,Z).
- Se necessário repetir o processo.

Exercício: Decomponha em 3FN a relação

Proprietário(N_carro, Marca, Tipo, Cor, BI, Nome, Data, Preço)

onde

N_carro → Cor, Tipo

Tipo → Marca, Preço

BI → Nome

N_carro, Nome → Data