

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Tecnologias de Bases de Dados

Query Optimization - Teaching Services



Grupo B:

José Azevedo - 201506448 Pedro Miguel Santos Ferreira - 201103084

Conteúdo

Objetivo do Projeto	4
Criação de Índices	4
Resposta às Perguntas	6
Pergunta 1 - Selecção	6
SQL query	6
Resposta	6
Plano de Execução	6
Tempos de Execução	8
Pergunta 2 - Agregação	9
SQL query	9
Resposta	9
Plano de Execução	9
Tempos de Execução	11
Pergunta 3 - A	12
SQL query	12
Resposta	12
Plano de Execução	13
Tempos de Execução	14
Pergunta 3 - B	14
SQL query	14
Resposta	15
Plano de Execução	16
Tempos de Execução	17
Pergunta 4	18
SQL query	18
Resposta	18
Plano de Execução	18
Tempos de Execução	20
Pergunta 5 - A	21
SQL query	21
Resposta	21
Plano de Execução	21
Tempos de Execução	23

Pergunta 5 - B	24
SQL query	24
Resposta	24
Plano de Execução	24
Tempos de Execução	26
Pergunta 5 - Conclusão	26
Pergunta 6	27
SQL query	27
Resposta	27
Plano de Execução	28
Tempos de Execução	29

Objetivo do Projeto

Este projeto foi realizado no âmbito da unidade curricular *Tecnologias de Bases de Dados*, pertencente ao plano de estudos do curso *Mestrado Integrado de Engenharia Informática e Computação* da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Com este projeto, é pretendido analisar planos de execução SQL e compreender o impacte de índices e diferentes estratégias de organização de queries.

2. Criação de Índices

Para a execução do ambiente Z, foram criados os seguintes índices com o objetivo de minimizar o custo e tempo de execução das queries dos exercícios propostos. A nomenclatura utilizada para os índices é IX_<nome da tabela>_<nome da coluna1>_..._<nome de colunaN>.

• B-Tree nas colunas DESIGNACAO e CURSO na tabela ZUCS:

CREATE INDEX IX_ZUCS_DESIGNACAO_CURSO ON ZUCS(DESIGNACAO, CURSO);

B-Tree nas colunas CODIGO, ANO_LETIVO e PERIODO na tabela ZTIPOSAULA:

CREATE INDEX IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIODO ON ZTIPOSAULA(CODIGO, ANO_LETIVO, PERIODO);

• B-Tree na coluna ANO LETIVO na tabela ZTIPOSAULA:

CREATE INDEX IX_ZTIPOSAULA_ANOLETIVO ON ZTIPOSAULA(ANO_LETIVO);

• Bitmap na coluna CURSO da tabela ZUCS:

CREATE BITMAP INDEX IX_ZUCS_CURSO ON ZUCS(CURSO);

• B-Tree na coluna ID da tabela ZDSD:

CREATE INDEX IX_ZDSD_ID ON ZDSD(ID);

• B-Tree na coluna TIPO da tabela ZTIPOSAULA:

CREATE INDEX IX_ZTIPOSAULA_TIPO ON ZTIPOSAULA(TIPO);

• B-Tree nas colunas TIPO e ANO_LETIVO da tabela ZTIPOSAULA:

CREATE INDEX IX_ZTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO ON ZTIPOSAULA(TIPO, ANO_LETIVO);

O grupo decidiu criar estes índices com base nos seguintes factores:

- Em colunas usadas para juntar tabelas (JOIN's);
- Em colunas usadas para condições (WHERE's);
- Otimização de FULL ACCESS SCAN's;

O grupo decidiu o tipo de índice a criar consoante a cardinalidade da(s) coluna(s) em questão, sendo que B-Tree foi utilizado para grande cardinalidade (>200) e Bitmap para baixa cardinalidade.

Importante referenciar que os índices criados tiveram em consideração que iriam ser apenas ser executadas operações *SELECT* (não alteram o conteúdo da base de dados). Para operações de atualização da base de dados, estes poderiam ser modificados para melhor eficiência (a criação de índices normalmente prejudicam estas operações).

Para cada pergunta proposta no enunciado, o código SQL desenvolvido foi executado várias vezes. Os tempos apresentados abaixo correspondem a uma média dos tempos de cada conjunto de três execuções. Relativamente a estes tempos, apesar de serem apresentados para todas as perguntas, por vezes a diferença não aparenta ser muito significativa pois após a primeira execução de cada interrogação frequentemente os resultados devolvidos pelo servidor eram muito inferiores, muito provavelmente por informação já estar em cache.

3. Resposta às Perguntas

3.1. Pergunta 1 - Selecção

3.1.1. SQL query

SELECT XUCS.CODIGO, DESIGNACAO, XOCORRENCIAS.ANO_LETIVO, INSCRITOS, TIPO, TURNOS FROM XUCS

JOIN XOCORRENCIAS

ON XUCS.CODIGO = XOCORRENCIAS.CODIGO

JOIN XTIPOSAULA

ON (XUCS.CODIGO = XTIPOSAULA.CODIGO

AND XTIPOSAULA.ANO_LETIVO = XOCORRENCIAS.ANO_LETIVO

AND XTIPOSAULA.PERIODO = XOCORRENCIAS.PERIODO)

WHERE XUCS.DESIGNACAO = 'Bases de Dados'

AND XUCS.CURSO = 275;

3.1.2. Resposta

⊕ CODIGO		♦ ANO_LETIVO	♦ INSCRITOS	∯ TIPO	∜ TURNOS
1 EIC3106	Bases de Dados	2003/2004	92	T	1
2 EIC3106	Bases de Dados	2003/2004	92	TP	4
3 EIC3106	Bases de Dados	2004/2005	114	T	1
4 EIC3106	Bases de Dados	2004/2005	114	TP	4
5 EIC3111	Bases de Dados	2005/2006	(null)	T	1
6 EIC3111	Bases de Dados	2005/2006	(null)	TP	6

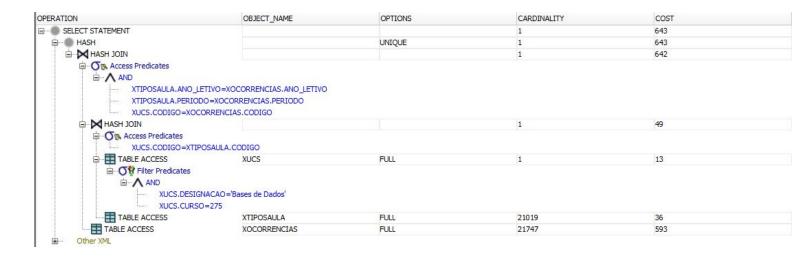
3.1.3. Plano de Execução

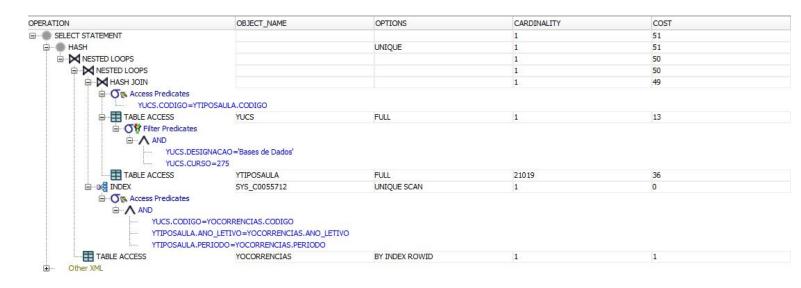
Pelos planos de execução obtidos para os ambientes X e Y, existe uma redução considerável no custo de execução da query devido ao facto da indexação de chaves primárias e estrangeiras, o que neste caso provoca a eliminação de FULL TABLE ACCESS à tabela OCORRENCIAS (cost: 593).

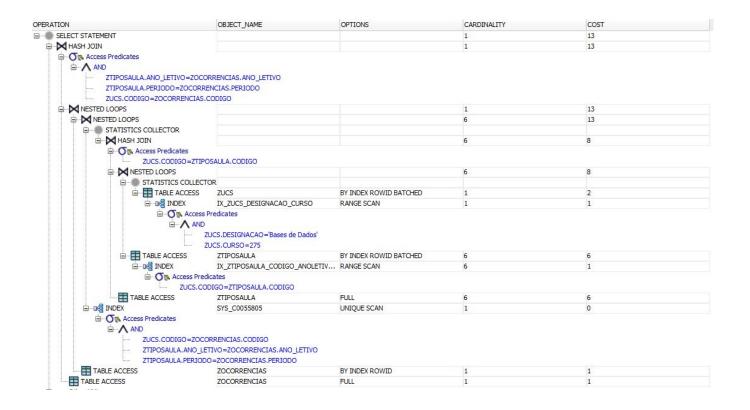
Para o ambiente Z, são criados os indexes IX_ZUCS_DESIGNACAO_CURSO e IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIODO, que eliminam os FULL ACCESS SCAN existentes no ambiente Y, reduzindo ainda mais o custo de execução.

CREATE INDEX IX_ZUCS_DESIGNACAO_CURSO ON ZUCS(DESIGNACAO, CURSO);

CREATE INDEX IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIODO ON ZTIPOSAULA(CODIGO, ANO_LETIVO, PERIODO);







3.1.4. Tempos de Execução

Para além da redução ao nível do custo no plano de execução, também se nota uma redução nos tempos de execução devido à introdução de chaves primárias e estrangeiras de X para Y, e à introdução de outros índices de Y para Z.

	X(ms)	Y(ms)	Z(ms)
José	34	18	10
Pedro	38	21	13

3.2. Pergunta 2 - Agregação

3.2.1. SQL query

SELECT TIPO, SUM(HORAS_TURNO * TURNOS) FROM XTIPOSAULA
JOIN XOCORRENCIAS

ON (XOCORRENCIAS.CODIGO = XTIPOSAULA.CODIGO AND XOCORRENCIAS.ANO_LETIVO = XTIPOSAULA.ANO_LETIVO AND XOCORRENCIAS.PERIODO = XTIPOSAULA.PERIODO)

JOIN XUCS

ON XTIPOSAULA.CODIGO = XUCS.CODIGO WHERE XTIPOSAULA.ANO_LETIVO = '2004/2005' AND XUCS.CURSO = 233 GROUP BY TIPO;

3.2.2. Resposta

	∯ TIPO	\$SUM(HORAS_TURNO*TURNOS)
1	P	581,5
2	TP	697,5
3	T	308

3.2.3. Plano de Execução

Pelos planos de execução obtidos para os ambientes X e Y, existe uma redução considerável no custo de execução da query devido ao facto da indexação de chaves primárias e estrangeiras, o que neste caso provoca a eliminação de FULL TABLE ACCESS à tabela OCORRENCIAS (cost: 483).

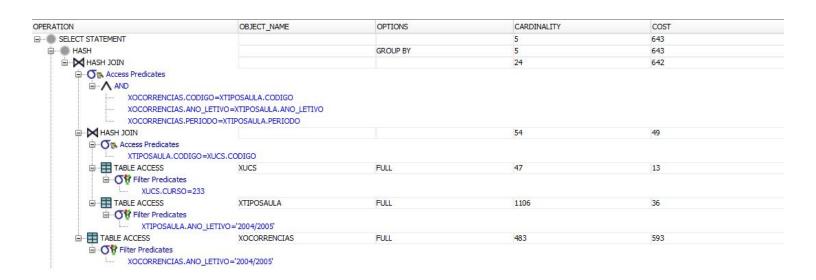
Para o ambiente Z, são criados os índices IX_ZTIPOSAULA_ANOLETIVO e IX_ZUCS_CURSO e é utilizado o IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIODO da questão anterior (1), que eliminam os FULL ACCESS SCAN existentes no ambiente Y, reduzindo ainda mais o custo de execução.

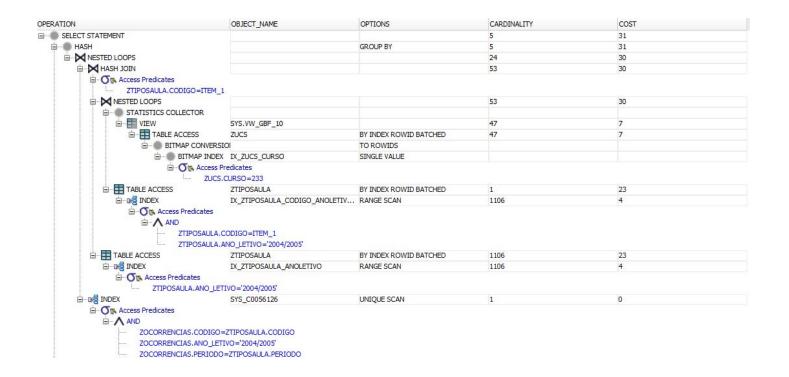
CREATE INDEX IX_ZTIPOSAULA_ANOLETIVO ON ZTIPOSAULA(ANO_LETIVO);

CREATE BITMAP INDEX IX_ZUCS_CURSO

ON ZUCS(CURSO);

PERATION	OBJECT_NAME	OPTIONS	CARDINALITY	COST
SELECT STATEMENT			5	50
Ė··· ● HASH		GROUP BY	5	50
			24	49
⇒ MASH JOIN			53	49
Access Predicates YTIPOSAULA.CODIGO=1	ITEM_1			
□ VIEW	SYS.VW_GBF_10		47	13
☐ TABLE ACCESS	YUCS	FULL	47	13
Filter Predicates YUCS.CURSO=2	233			
TABLE ACCESS	YTIPOSAULA	FULL	1106	36
□ O Filter Predicates				
YTIPOSAULA.ANO_L	ETIVO='2004/2005'			
i INDEX	SYS_C0056121	UNIQUE SCAN	1	0
in AND				
YOCORRENCIAS.CO YOCORRENCIAS.AN	DIGO=YTIPOSAULA.CODIGO IO_LETIVO='2004/2005' RIODO=YTIPOSAULA.PERIODO			





3.2.4. Tempos de Execução

Para além da redução ao nível do custo no plano de execução, também se nota uma redução nos tempos de execução devido à introdução de chaves primárias e estrangeiras de X para Y, e à introdução de outros índices de Y para Z.

	X(ms)	Y(ms)	Z(ms)
José	40	26	17
Pedro	47	32	21

3.3. Pergunta 3 - A

3.3.1. SQL query

SELECT DISTINCT XUCS.CODIGO FROM XUCS
JOIN XOCORRENCIAS
ON XOCORRENCIAS.CODIGO = XUCS.CODIGO
WHERE ANO_LETIVO = '2003/2004'
AND XUCS.CODIGO NOT IN
(SELECT DISTINCT CODIGO
FROM XTIPOSAULA
JOIN XDSD
ON XTIPOSAULA.ID = XDSD.ID
WHERE ANO_LETIVO = '2003/2004');

3.3.2. Resposta

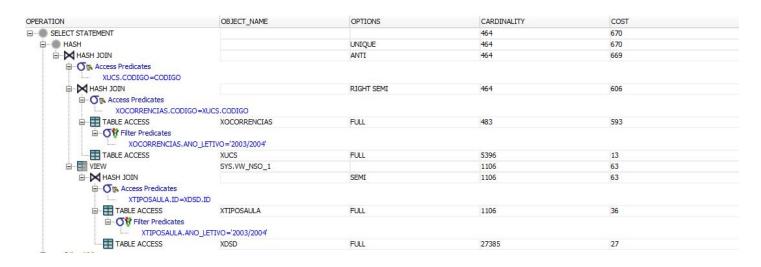
CODIGO	⊕ CODIGO		∯ CODIGO	_ ⊕ CODIGO	♦ CODIGO	∯ CODIGO
1 MEMT1000	23 EI1107	45 MDI1108	67 MVC1211	89 MPPAU2216	111 EEC2207	132 MEMT120
2 MEMT100	24 MPFCA106	46 MPPAU2217	68 MEA112	90 MEM163	112 EIC4224	133 MPPAU1115
3 EQ418	25 EIC4225	47 MPFCA101	69 MEA217	91 MEM175	113 EIC5129	134 MPFCA102
4 MTM108	26 CI014	48 MPFCA205	70 MEA320	92 MEM184	114 CI019	135 MPFCA203
5 MEMT131	27 CI018	49 EIC5127	71 MEMT106	93 MEM188	115 CI002	136 CI003
6 MEEC1053	28 CI007	50 MTM115	72 EC5287	94 MEM191	116 CI025	137 CI004
7 MEM157	29 CI017	51 EMM528	73 MDI1106	95 MEA415	117 CI037	138 CI013
8 MEM181	30 CI008	52 MTM110	74 MPPAU2219	96 EIC4223	118 MEB105	
9 MDI1205	31 MEA412	53 MEAM5000	75 MPFCA105	97 EIC5122	119 EQ308	
10 MPFCA103	32 MTM111	54 EC5280	76 MPFCA107	98 EIC5123	120 MPPAU2218	
11 MPFCA204	33 MDI1105	55 MPFCA100	77 MPFCA201	99 CI023	121 MPPAU1112	
12 EIC4220	34 MDI1103	56 MPFCA104	78 MPFCA202	100 CI009	122 EEC5272	
13 EIC4221	35 MEMT2000	57 MPFCA200	79 MPFCA206	101 MEM1205	123 MEM5000	
14 EIC4222	36 MEAM1312	58 EC5200	80 EIC5125	102 GEI512	124 MEM158	
15 CI027	37 MEMT135	59 EEC5022	81 EIC5126	103 MEMT105	125 MEM182	
16 MEMT107	38 MPPAU1113	60 EIC5124	82 CI038	104 MTM104	126 MEM183	
17 MEMT102	39 EIC3209	61 CI020	83 MEB205	105 MEAM1314	127 MEA216	
18 MEAM1310	40 MEM179	62 CI016	84 EQ407	106 E0411	128 MEA319	
19 MPPAU2215	41 MEA215	63 CI011	85 MDI1204	107 MDI1207	129 MEST210	
20 MEM187	42 MEA414	64 MTM114	86 MDI1100	108 MDI1209	130 MEMT110	
21 MEM189	43 MDI1107	65 MPPAU1114	87 MFAMF1108	109 MEB204	131 MDI1206	
22 MEA219	44 MDI1208	66 MEM180	88 MPPAU2220	110 MMCCE1220	132 MEMT120	

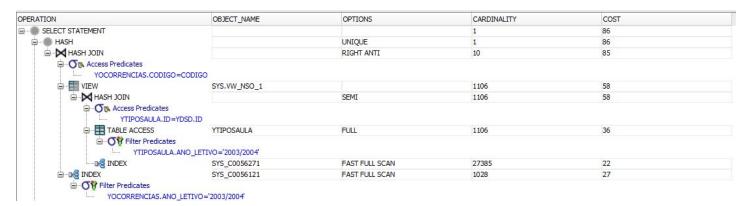
3.3.3. Plano de Execução

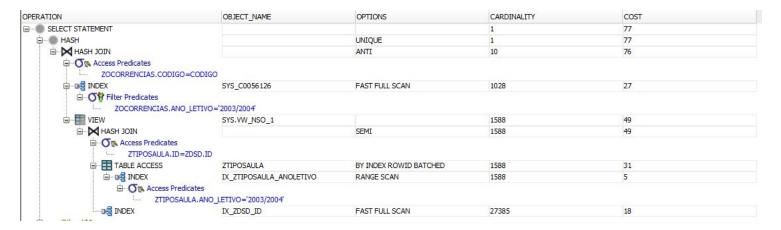
Pelos planos de execução obtidos para os ambientes X e Y, existe uma redução considerável no custo de execução da *query* devido ao facto da indexação de chaves primárias e estrangeiras, o que neste caso provoca a eliminação de FULL TABLE ACCESS à tabela OCORRENCIAS (cost: 593).

Para o ambiente Z, é utilizado o IX_ZTIPOSAULA_ANOLETIVO da questão anterior (2), que eliminam os FULL ACCESS SCAN existentes no ambiente Y, reduzindo ainda mais o custo de execução. Posteriormente é criado o índice IX_ZDSD_ID para evitar usar a chave primária da tabela DSD (NR, ID), reduzindo novamente o custo de execução.

CREATE INDEX IX_ZDSD_ID ON ZDSD(ID);







3.3.4. Tempos de Execução

Para além da redução ao nível do custo no plano de execução, também se nota uma redução nos tempos de execução devido à introdução de chaves primárias e estrangeiras de X para Y, e à introdução de outros índices de Y para Z.

	X(ms) Y(ms)		Z(ms)
José	72	35	26
Pedro	79	40	29

3.4. Pergunta 3 - B

3.4.1. SQL query

CREATE OR REPLACE VIEW CODIGOS AS SELECT DISTINCT CODIGO FROM XTIPOSAULA JOIN XDSD

ON XTIPOSAULA.ID = XDSD.ID WHERE ANO_LETIVO = '2003/2004';

SELECT DISTINCT XUCS.CODIGO FROM XUCS
JOIN XOCORRENCIAS
ON XOCORRENCIAS.CODIGO = XUCS.CODIGO
AND ANO_LETIVO='2003/2004'
FULL OUTER JOIN CODIGOS
ON CODIGOS.CODIGO=XUCS.CODIGO

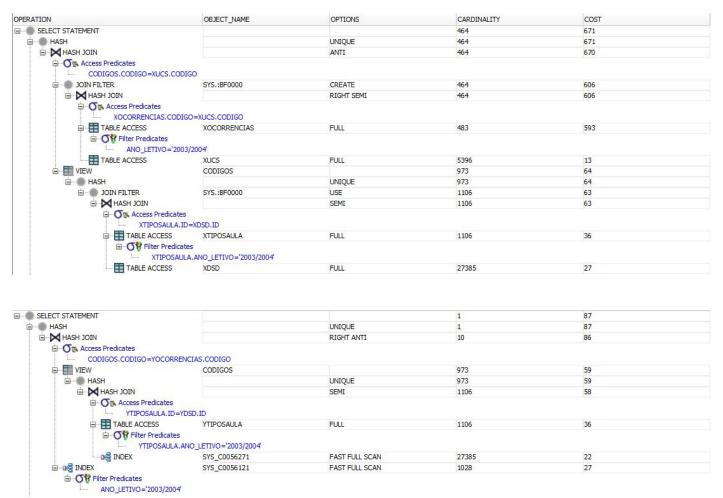
WHERE CODIGOS.CODIGO IS NULL AND XUCS.CODIGO IS NOT NULL;

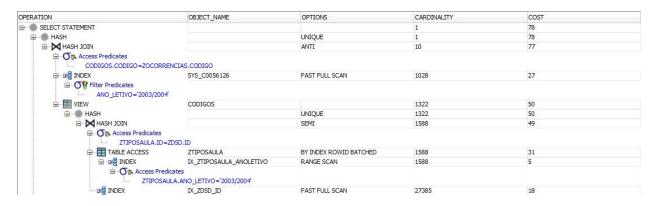
3.4.2. Resposta

1	CODIGO		∯ CODIGO				
1 E	EQ418	38	EIC5127	75	MEA112	112	EIC4224
2 1	MEMT131	39	MEM179	76	MPFCA201	113	MMCCE1220
3 E			MEA414	77	MTM114	114	CI019
4 1	MEM157	41	MEAM1312	78	MPFCA206	115	GEI512
5 1	MEEC1053	42	MDI1108	79	MPPAU2219	116	MDI1209
6 I	EIC4222	43	MDI1103	80	EC5287	117	EIC5129
7 I	EIC4220	44	MTM111	81	MPFCA107	118	MPPAU1112
8 1	MDI1205	45	MEMT135	82	MEM180	119	MPPAU2218
9 1	MEM181	46	MPFCA205	83	EIC5122	120	MEA216
10 (CI027	47	EIC3209	84	EIC5123	121	MDI1206
11 1	MPFCA103	48	MPFCA101	85	MEA415	122	MEA319
12 1	ADECT OF A		MPPAU1113	86	EIC4223	123	CI013
13 1	VENT1000		EC5280	87	MEM184	124	MEST210
14 1	MEMT100	51	MPFCA104	88	EQ407	125	MEM5000
15 N	MTM108	52	CI011	89	MEM175	126	EEC5272
16 1	MEM189	53	MTM110	90	CI009	127	MEM183
17 1	(EDOIG		MPFCA100	91	MPPAU2220	128	CI003
18 (CI017 g	55	EC5200	92	MEM163	129	MEM158
19 1	MEMT107	56	MTM115	93	CI023	130	MEM182
20 I	7774005		EIC5124	94	MEM191	131	MEB105
21 1	/FW107		EEC5022	95	MEB205	132	MEMT120
22 E	EI1107 g	59	MEAM5000	96	MPPAU2216	133	CI004
23 (TO14		MPFCA200	97	MDI1204	134	MPFCA203
24 1	MEMT100		CI020	98	MDI1100	135	EQ308
25 1			EMM528	99	MFAMF1108	136	MPFCA102
26 (CTOOR		CI016	100	MEM188	137	MPPAU1115
27 1	ADECA LOC		MVC1211	101	MEAM1314	138	MEMT110
28 1	(F21/1010		EIC5126	102	CI002		
29 (TOIG		MPPAU1114	103	MEM1205		
30 (77007		MEA217		EQ411		
31 1	VENO1E		EIC5125	105	EEC2207		
32 1	ADT110E		MPFCA202	106	MDI1207		
33 1	ADT1107		MEMT106	107	MEB204		
34 1	MED 412		MDI1106	108	MEMT105		
35 1	VEMT2000		CI038	109	CI037		
36 1	4DT1208		MPFCA105		CI025		
37 1	MDDNII2217		MEA320		MTM104		

3.4.3. Plano de Execução

Comparando esta alínea com a anterior, os custos de execução são semelhantes (diferença apenas 1 valor). Podemos verificar que os índices utilizados são os mesmos da questão anterior (3a), ou seja são utilizados os índices IX_ZTIPOSAULA_ANOLETIVO e IX_ZDSD_ID. Apesar de as queries utilizadas serem diferentes em 3a e 3b, o plano de execução é bastante semelhante.





3.4.4. Tempos de Execução

Para além da redução ao nível do custo no plano de execução, também se nota uma redução nos tempos de execução devido à introdução de chaves primárias e estrangeiras de X para Y, e à introdução de outros índices de Y para Z. Comparando com a alínea 3a, verifica-se uma redução considerável nos três ambientes, principalmente no ambiente X.

	X(ms)	Y(ms)	Z(ms)	
José	26	19	17	
Pedro	28	20	19	

3.5. Pergunta 4

3.5.1. SQL query

CREATE OR REPLACE VIEW HORAS_POR_PROF AS SELECT XDOCENTES.NR, NOME, TIPO, SUM(HORAS * FATOR) AS TOTAL FROM XDOCENTES
JOIN XDSD

ON XDSD.NR = XDOCENTES.NR

JOIN XTIPOSAULA

ON XTIPOSAULA.ID = XDSD.ID

WHERE XTIPOSAULA.ANO_LETIVO = '2003/2004'

GROUP BY XDOCENTES.NR, NOME, TIPO;

CREATE OR REPLACE VIEW MAX_HORAS_TIPO AS SELECT TIPO, MAX(TOTAL) AS MAXIMO FROM HORAS_POR_PROF GROUP BY TIPO;

SELECT NR, NOME, MAX_HORAS_TIPO.TIPO, MAX_HORAS_TIPO.MAXIMO AS
TOTAL FROM HORAS_POR_PROF

JOIN MAX_HORAS_TIPO

ON (MAX_HORAS_TIPO.TIPO = HORAS_POR_PROF.TIPO

AND MAX_HORAS_TIPO.MAXIMO = HORAS_POR_PROF.TOTAL);

3.5.2. Resposta

	∯ NR	♦ NOME	∯ TIPO	♦ TOTAL
	1 249564	Cecília do Carmo Ferreira da Silva	TP	26
1	2 210006	João Carlos Pascoal de Faria	OT	3.5
	3 208187	António Almerindo Pinheiro Vieira	P	30
	4 207638	Fernando Francisco Machado Veloso Gomes	T	30.67

3.5.3. Plano de Execução

Pelos planos de execução obtidos para os ambientes X e Y, não existe redução no custo de execução devido ao facto de nenhum dos *JOIN* utilizar chaves primárias das tabelas pesquisadas.

Para o ambiente Z, são utilizados os índices IX_ZTIPOSAULA_ANOLETIVO e IX_ZDSD_ID já criados nas questões anteriores, para junção das tabelas *DSD* e *TIPOSAULA* e na condição de *TIPOSAULA.ANOLETIVO*.



OPERATION	OBJECT NAME	OPTIONS	CARDINALITY	COST
□ SELECT STATEMENT			26	129
HASH JOIN			26	129
⊕ Oth Access Predicates				
B ∧ AND				
□■ VIEW	MAX HORAS TIPO		5	64
□ HASH	-	GROUP BY	5	64
DI VIEW	HORAS POR PROF		2570	64
□ HASH		GROUP BY	2570	64
BM HASH JOIN			2570	63
□ On Access Predicates				
□ ZDSD NR=ZDOCENTES NR				
□ ■ TABLE ACCESS	ZDOCENTES	FULL	939	5
HASH JOIN			2570	58
□ Os Access Predicates				
□ ZTIPOSAULA ID=ZDSD ID				
BM NESTED LOOPS			2570	58
□ M NESTED LOOPS				
□ STATISTICS COLLECTOR				
□■ TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	BY INDEX ROWID BATCHED	1588	31
⊨og INDEX	IX_ZTIPOSAULA_ANOLETIVO	RANGE SCAN	1588	5
⊕Os Access Predicates			2500	173
⇒ ZTIPOSAULA ANO LETIVO=2003/2004*				
□ of INDEX	IX ZDSD ID	RANGE SCAN		
□ O™ Access Predicates				
E ZTIPOSAULA ID=ZDSD.ID				
□	ZDSD	BY INDEX ROWID	2	27
□ TABLE ACCESS	ZDSD	FULL	27385	27
VIEW	HORAS POR PROF	1020	2570	64
B HASH		GROUP BY	2570	64
BM HASH JOIN		Olto Di	2570	63
□ O to Access Predicates			2370	
ZDSD NR=ZDOCENTES NR				
□ TABLE ACCESS	ZDOCENTES	FULL	939	5
HASH JOIN	LID O CEL TEG	1000	2570	58
□ Oth Access Predicates			2370	
□ ZTIPOSAULA.ID=ZDSD.ID				
BM NESTED LOOPS			2570	58
BM NESTED LOOPS			25.10	30
B STATISTICS COLLECTOR				
□ TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	BY INDEX ROWID BATCHED	1588	31
□ of INDEX	IX ZTIPOSAULA ANOLETIVO	RANGE SCAN	1588	5
⊕ O™ Access Predicates			1500	3
B ZTPOSAULA ANO LETIVO='2003/2004'				
Bod INDEX	IX ZDSD ID	RANGE SCAN		
□ Oth Access Predicates				
□ ZTIPOSAULA ID=ZDSD ID				
TABLE ACCESS	ZDSD	BY INDEX ROWID	2	27
TABLE ACCESS	ZDSD	FULL	27385	27
The state of the s	(Anthon (Antho)			

3.5.4. Tempos de Execução

Após a análise realizada, podemos observar a eficiência nos tempos de execução da query no ambiente Z. Os tempos de execução nos ambientes X e Y são aproximadamente os mesmos, mas no ambiente Z a query é ligeiramente mais rápida.

	X(ms)	Y(ms)	Z(ms)
José	22	24	20
Pedro	24	27	21

3.6. Pergunta 5 - A

3.6.1.1. SQL query

DROP INDEX IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO; CREATE INDEX IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO ON XTIPOSAULA (TIPO,ANO_LETIVO);

SELECT XOCORRENCIAS.CODIGO, XOCORRENCIAS.ANO_LETIVO, XOCORRENCIAS.PERIODO, XTIPOSAULA.TURNOS * XTIPOSAULA.HORAS_TURNO AS NUMBER_OF_HOURS FROM XOCORRENCIAS JOIN XTIPOSAULA

ON XOCORRENCIAS.CODIGO = XTIPOSAULA.CODIGO

AND XOCORRENCIAS.ANO_LETIVO = XTIPOSAULA.ANO_LETIVO

WHERE (XTIPOSAULA.ANO_LETIVO = '2002/2003'

OR XTIPOSAULA.ANO_LETIVO = '2003/2004')

AND XTIPOSAULA.TIPO = 'OT';

3.6.1.2. Resposta

		♦ ANO_LETIVO	♦ PERIODO	NUMBER_OF_HOURS
1	EIC5202	2002/2003	25	27
2	EIC5202	2003/2004	25	24

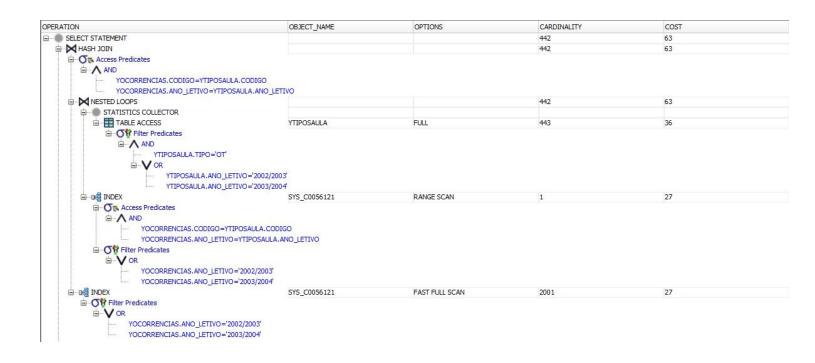
3.6.1.3. Plano de Execução

Pelos planos de execução obtidos para os ambientes X e Y, apesar da criação do índice *B-Tree* IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO, existe uma redução considerável no custo de execução da *query* devido ao facto da indexação de chaves primárias e estrangeiras, o que neste caso provoca a eliminação de FULL TABLE ACCESS à tabela OCORRENCIAS (cost: 593).

Para o ambiente Z, é criado o índice *B-Tree* IX_ZTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO (semelhante ao usado no ambiente X), que elimina o FULL ACCESS SCAN à tabela *TIPOSAULA*.

CREATE INDEX IX_ZTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO ON ZTIPOSAULA(TIPO, ANO_LETIVO); CREATE INDEX_IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO ON XTIPOSAULA(TIPO, ANO_LETIVO);







3.6.1.4. Tempos de Execução

Para além da redução ao nível do custo no plano de execução, também se nota uma redução nos tempos de execução devido à introdução de chaves primárias e estrangeiras de X para Y, e à introdução de outros índices de Y para Z.

	X(ms)	Y(ms)	Z(ms)
José	42	28	23
Pedro	46	31	26

3.7. Pergunta 5 - B

3.7.1. SQL query

DROP INDEX IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO;
CREATE BITMAP INDEX IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO ON XTIPOSAULA
(TIPO,ANO_LETIVO);

SELECT XOCORRENCIAS.CODIGO, XOCORRENCIAS.ANO_LETIVO,
XOCORRENCIAS.PERIODO, XTIPOSAULA.TURNOS *
XTIPOSAULA.HORAS_TURNO AS NUMBER_OF_HOURS FROM XOCORRENCIAS
JOIN XTIPOSAULA
ON XOCORRENCIAS.CODIGO = XTIPOSAULA.CODIGO
AND XOCORRENCIAS.ANO_LETIVO = XTIPOSAULA.ANO_LETIVO
WHERE (XTIPOSAULA.ANO_LETIVO = '2002/2003'
OR XTIPOSAULA.ANO_LETIVO = '2003/2004')
AND XTIPOSAULA.TIPO = 'OT';

3.7.2. Resposta

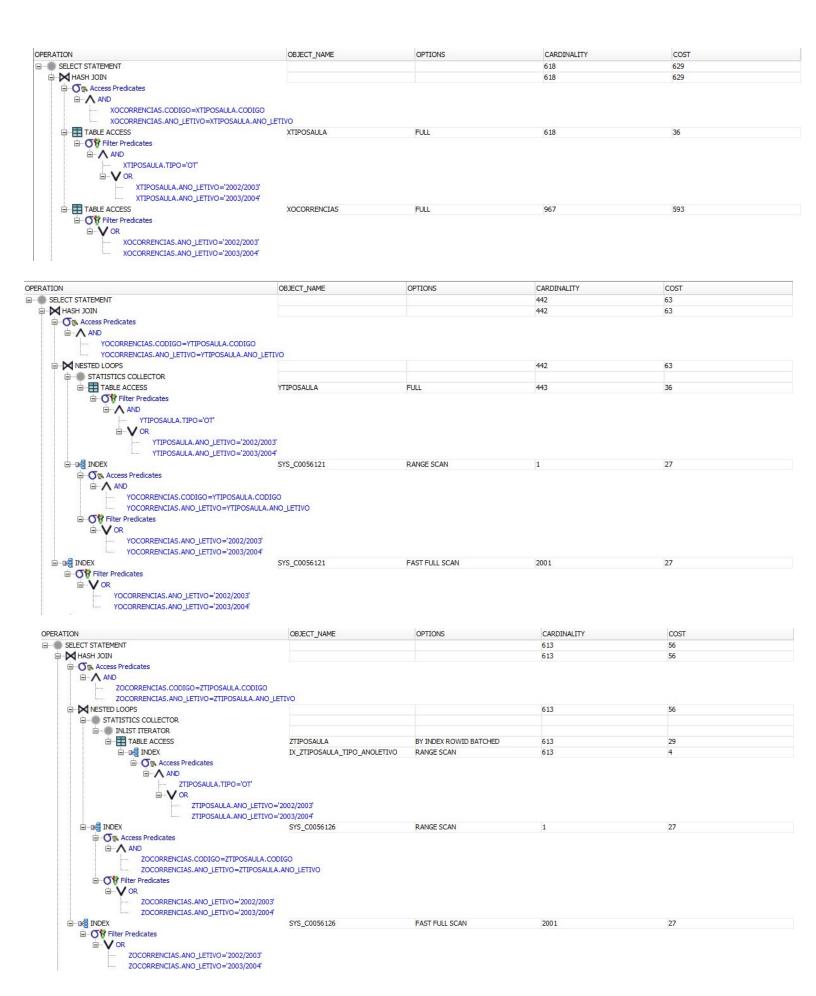
	♦ CODIGO	♠ ANO_LETIVO	♦ PERIODO	NUMBER_OF_HOURS
1	EIC5202	2002/2003	25	27
2	EIC5202	2003/2004	25	24

3.7.3. Plano de Execução

Pelos planos de execução obtidos para os ambientes X e Y, apesar da criação do índice *Bitmap* IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO, existe uma redução considerável no custo de execução da *query* devido ao facto da indexação de chaves primárias e estrangeiras, o que neste caso provoca a eliminação de FULL TABLE ACCESS à tabela OCORRENCIAS (cost: 593).

Para o ambiente Z, é utilizado o índice *B-Tree* IX_ZTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO criado na alínea anterior (5a), que elimina o FULL ACCESS SCAN à tabela *TIPOSAULA*.

CREATE BITMAP INDEX IX_XTIPOSAULA_TIPO_ANOLETIVO ON XTIPOSAULA(TIPO, ANO_LETIVO);



3.7.4. Tempos de Execução

Para além da redução ao nível do custo no plano de execução, também se nota uma redução nos tempos de execução devido à introdução de chaves primárias e estrangeiras de X para Y, e à introdução de outros índices de Y para Z.

	X(ms)	Y(ms)	Z(ms)
José	26	18	6
Pedro	28	21	10

3.8. Pergunta 5 - Conclusão

Comparando os planos de execução e os tamanhos dos índices do ambiente X das alíneas a e b da pergunta 5, concluímos que o índice tipo B-Tree é mais eficiente que o índice Bitmap no caso de indexação nas colunas *TIPO* e *ANO_LETIVO* da tabela *TIPOSAULA*, devido ao facto da cardinalidade ser elevada. No caso do índice Bitmap, o índice não é utilizado, sendo preferido o FULL TABLE ACCESS à tabela *TIPOSAULA*.

3.9. Pergunta 6

3.9.1. SQL query

SELECT DISTINCT XUCS.CURSO FROM XUCS

WHERE

(EXISTS(

SELECT XTIPOSAULA.ID

FROM XTIPOSAULA

WHERE XTIPOSAULA.TIPO='P'

AND XUCS.CODIGO=XTIPOSAULA.CODIGO)

AND EXISTS(

SELECT XTIPOSAULA.ID

FROM XTIPOSAULA

WHERE XTIPOSAULA.TIPO='TP'

AND XUCS.CODIGO=XTIPOSAULA.CODIGO)

AND EXISTS(

SELECT XTIPOSAULA.ID

FROM XTIPOSAULA

WHERE XTIPOSAULA.TIPO='T'

AND XUCS.CODIGO=XTIPOSAULA.CODIGO)

AND EXISTS(

SELECT XTIPOSAULA.ID

FROM XTIPOSAULA

WHERE XTIPOSAULA.TIPO='L'

AND XUCS.CODIGO=XTIPOSAULA.CODIGO)

AND EXISTS(

SELECT XTIPOSAULA.ID

FROM XTIPOSAULA

WHERE XTIPOSAULA.TIPO='OT'

AND XUCS.CODIGO=XTIPOSAULA.CODIGO)

);

3.9.2. Resposta



3.9.3. Plano de Execução

Pelos planos de execução obtidos para os ambientes X e Y, não existe nenhuma alteração no custo devido ao facto de não serem utilizados os índices de chaves primárias.

Para o ambiente Z, é usado os índice IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIODO, mas este não altera o custo de execução relativamente a Y e Z.





ATION	OBJECT_NAME	OPTIONS	CARDINALITY	COST
ELECT STATEMENT			114	195
HASH		UNIQUE	114	195
M HASH JOIN		SEMI	143	194
⊕ O™ Access Predicates				
□ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ M NESTED LOOPS		SEMI	143	194
□ ■ STATISTICS COLLECTOR				
BM HASH JOIN		SEMI	296	158
D On Access Predicates			355	-5554
□ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ NESTED LOOPS		SEMI	296	158
STATISTICS COLLECTOR		JAMES AND	270	150
BM HASH JOIN		SEMI	612	122
⊕ On Access Predicates		SEIVII	012	122
□ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ M NESTED LOOPS		SEMI	612	122
STATISTICS COLLECTOR				
□ M HASH JOIN		SEMI	1264	85
⇒ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ M NESTED LOOPS		SEMI	1264	85
⇒ ⑤ STATISTICS COLLECTOR				
□ M HASH JOIN		RIGHT SEMI	2612	49
□ On Access Predicates				
□ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ III TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	FULL	4204	36
□ OF Filter Predicates	DIT OUTOEST	TOLL	4204	30
□ ZTIPOSAULA TIPO='OT'				
	ZUCS	THE P	5206	12
TABLE ACCESS		FULL	5396	13
□ III TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	BY INDEX ROWID BATCHED	2035	36
□ ○ □ Filter Predicates				
⊞a∰ INDEX	IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIOI	OO RANGE SCAN		
□ O™ Access Predicates				
□ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ I TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	FULL	4204	36
⊖ O♥ Filter Predicates				
⇒ ZTIPOSAULA.TIPO='L'				
□ II TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	BY INDEX ROWID BATCHED	2035	36
□ O♥ Filter Predicates				
□ ZTIPOSAULA.TIPO=T				
□ of INDEX	IX ZTIPOSAULA CODIGO ANOLETIVO PERIOI	O PANGE SCAN		
B On Access Predicates	DE DIN ONIONI CODICO MICHELITO MACO	TO TOLINE SOLET		
⇒ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ ■ TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	FULL	4204	36
□ O♥ Filter Predicates				
□ ZTIPOSAULA.TIPO='T'				
□	ZTIPOSAULA	BY INDEX ROWID BATCHED	2035	36
□ O♥ Filter Predicates				
⇒ ZTIPOSAULA.TIPO="TP'				
⊟od INDEX	IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIOI	OO RANGE SCAN		
□ On Access Predicates				
□ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
□ I TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	FULL	4204	36
⊕ O₩ Filter Predicates		TOLL	4204	30
□ ZTIPOSAULA, TIPO='TP'				
	ZTIPOSAULA	BY INDEX ROWID BATCHED	2025	24
□ ■ TABLE ACCESS	ZIIPOSAULA	BY INDEX ROWID BATCHED	2035	36
□ O♥ Filter Predicates				
□ ZTIPOSAULA.TIPO=P'				
□ o∉ INDEX	IX_ZTIPOSAULA_CODIGO_ANOLETIVO_PERIOR	OO RANGE SCAN		
□ Oth Access Predicates				
⇒ ZUCS.CODIGO=ZTIPOSAULA.CODIGO				
☐ TABLE ACCESS ☐ TABLE ACCESS	ZTIPOSAULA	FULL	4204	36
□ O♥ Filter Predicates				

3.9.4. Tempos de Execução

Para além da redução ao nível do custo no plano de execução, também se nota uma redução nos tempos de execução devido à introdução de chaves primárias e estrangeiras de X para Y, e à introdução de outros índices de Y para Z.

	X(ms)	Y(ms)	Z(ms)
José	18	16	13
Pedro	20	18	16