

Armazenamento e Indexação

Banco de Dados: Teoria e Prática

André Santanchè e Patrícia Cavoto
Instituto de Computação - UNICAMP
Setembro de 2016

Recomendações de Leitura

- (Silberschatz, 2006, cap. 11)
- (Ramakrishnan, 2003, cap. 8)
- (Elmasri, 2011, cap. 11 e 12)

Onde Armazenamos Dados?

Onde Armazenamos Dados?

- Memória RAM
- Disco
 - HD
 - CD / DVD
- Fita magnética
- Solid State Drive (SDD)
 - usa circuitos integrados como a memória - sem partes mecânicas
 - retém os dados sem a necessidade de energia
 - Interface equivalente a de um disco

Questão 1

- Para cada item abaixo, liste suas vantagens e desvantagens como opção de tecnologia para armazenamento de dados num SGBD. Dê exemplos de dados que se adequariam à tecnologia.
 - a) Memória RAM
 - b) Disco Magnético
 - c) Fita Magnética

Questão 1

Resposta

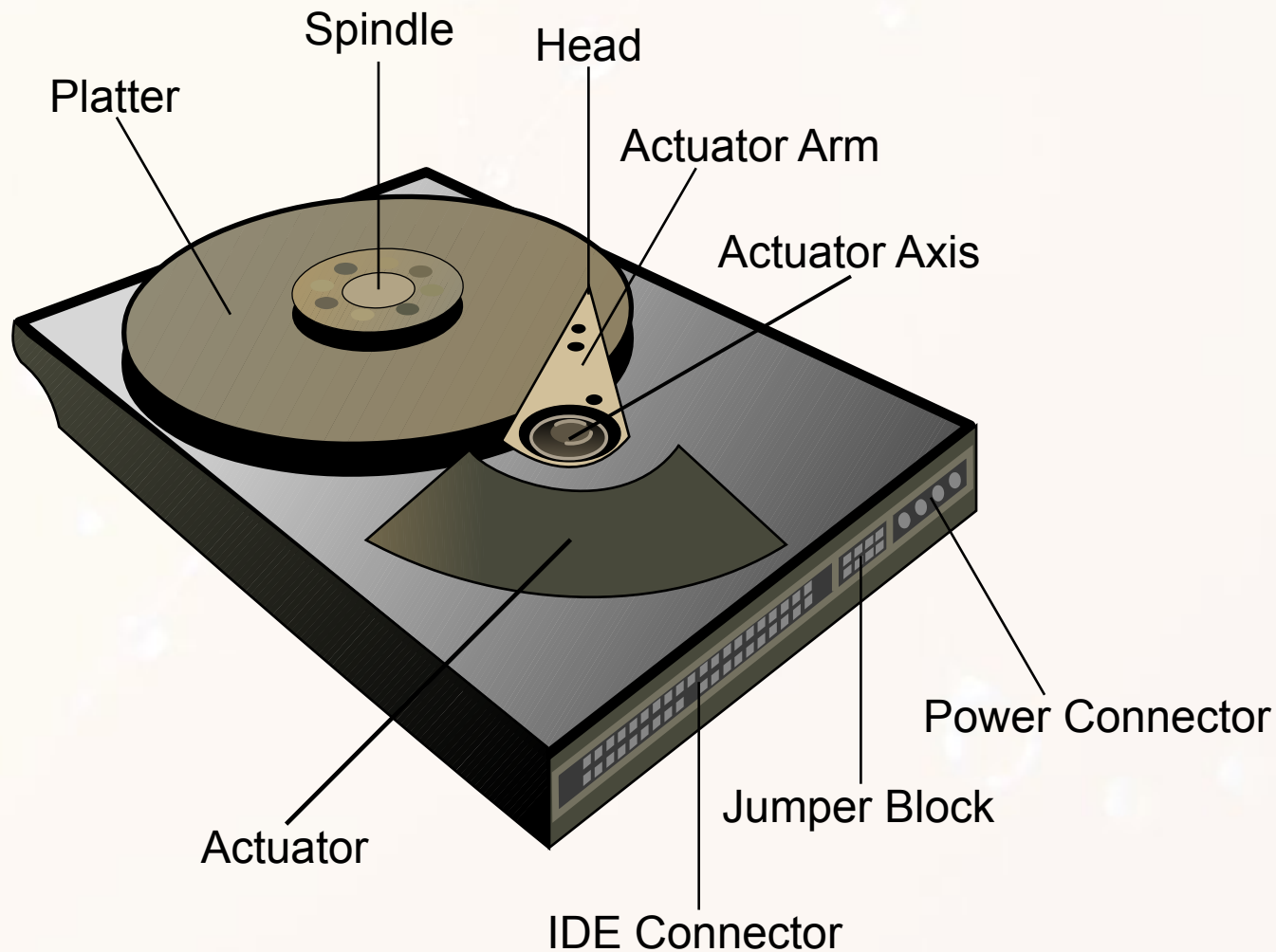
- a) Memória RAM: rápida/cara. Pequena quantidade de dados, índices, dados temporários etc.
- b) Disco Magnético: relativamente barato/relativamente lento. Grande quantidade de dados, dados institucionais, logs, etc.
- c) Fita Magnética: baixo custo/lenta. Dados de backup, dados históricos, logs, etc.

Hierarquia de Armazenamento

- Armazenamento Primário
 - Operado diretamente pela CPU
 - Exemplos: memória RAM, cache
- Armazenamento Secundário
 - Usualmente mais barato e mais lento
 - Não operado diretamente pela CPU
 - Exigem intermediação de armazenamento primário
 - Exemplos: disco, fita magnética

(Elmasri, 2011)

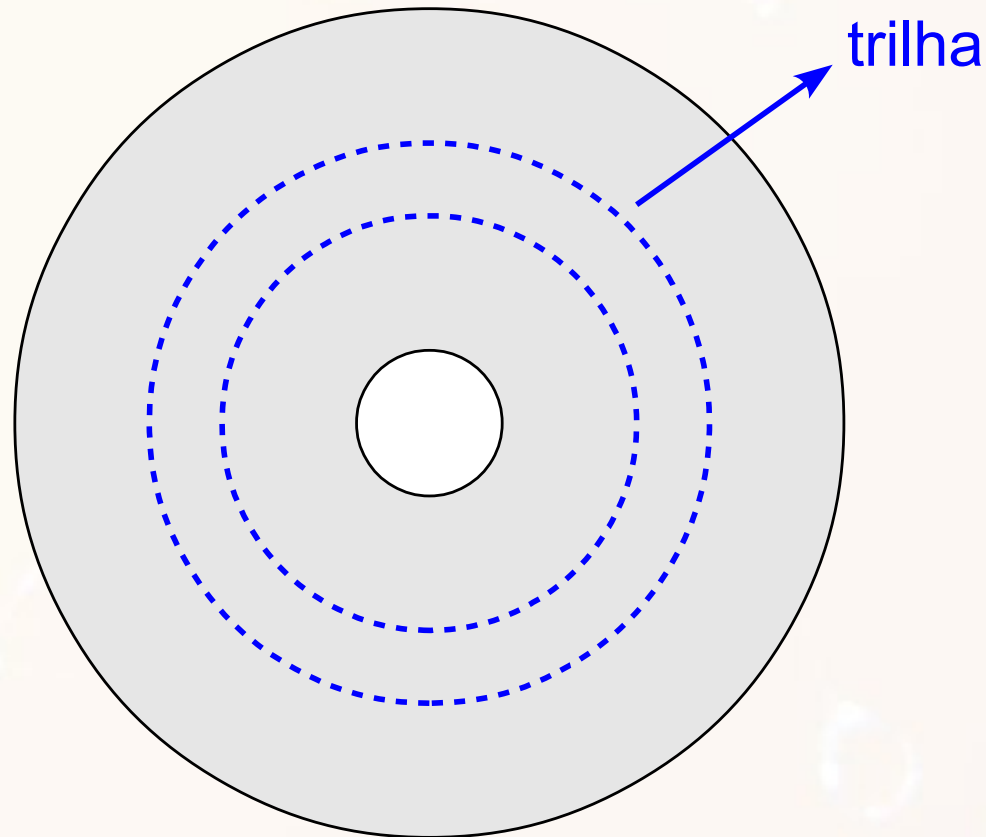
Estrutura do Disco



By Surachit [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Hard_drive-en.svg]

Estrutura do Disco

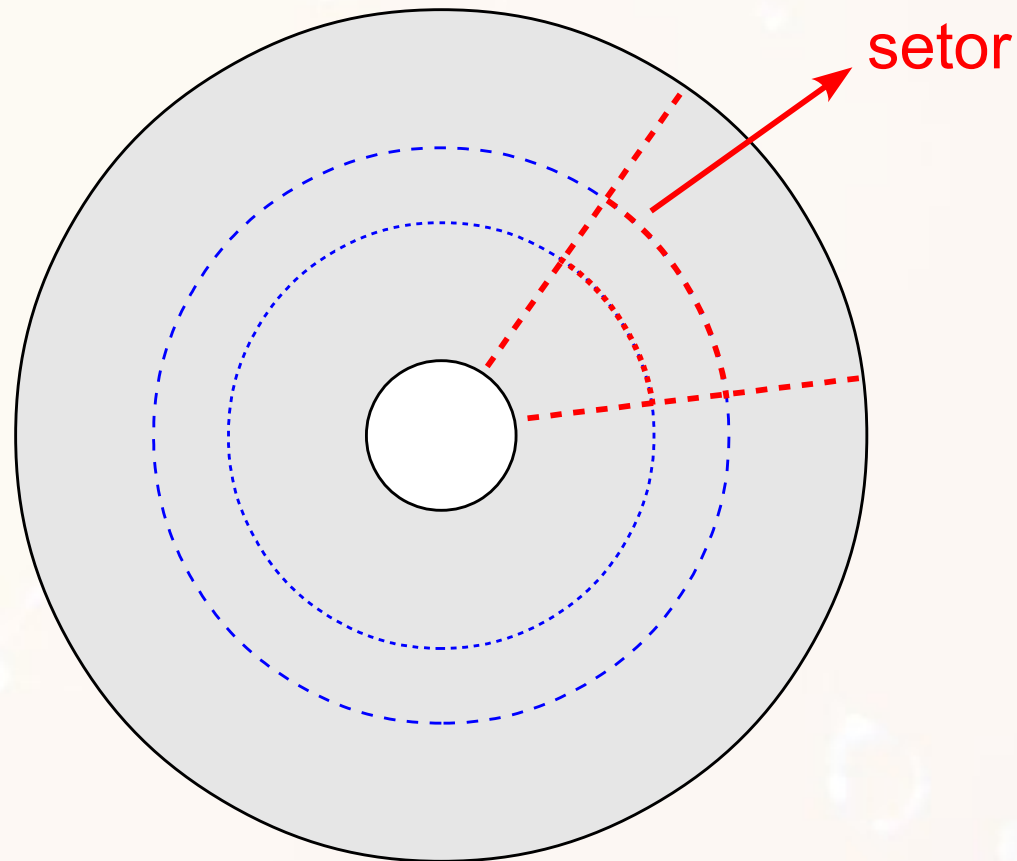
Trilha



- Círculos magnéticos sobre a superfície
- Local onde são armazenados os dados

Estrutura do Disco

Setor



- Unidades de divisão da trilha
- Menor unidade de leitura/gravação

Bloco de Disco ou Página

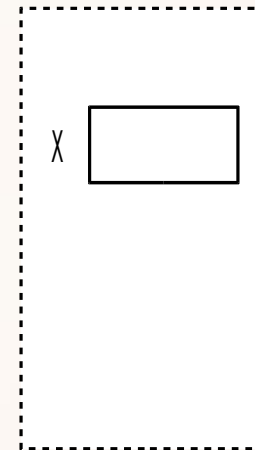
- Organização feita pelo SO sobre o disco
- Unidade de trabalho para o SO

**Armazenamento Secundário
intermediado pelo Primário**

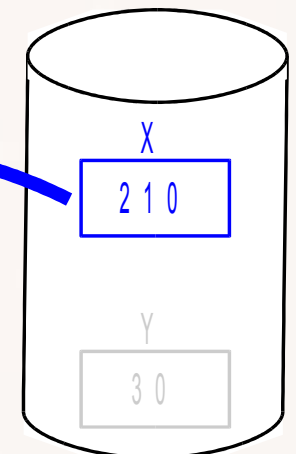
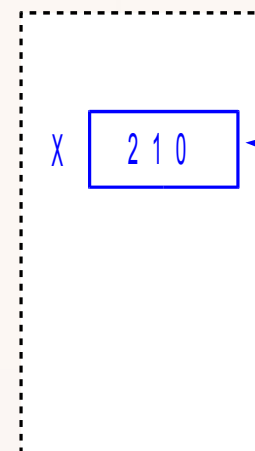
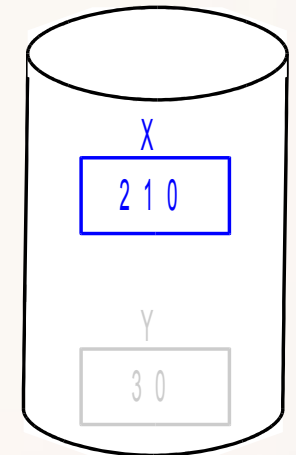
Operação de Leitura Como Abstraímos

- ler(X)

M em ória P rincipal



Banco de Dados

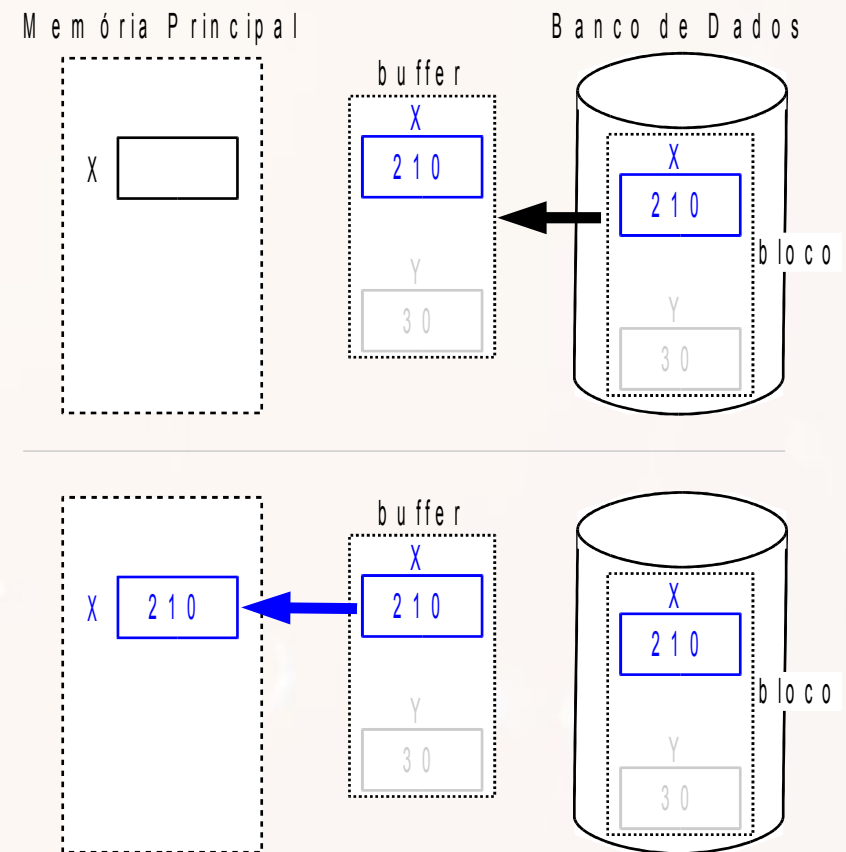


Operação de Leitura Como Acontece

■ ler(X)

- encontra bloco X no disco
- copia bloco para buffer da memória principal (se ainda não estiver lá)
- copia o item X do buffer para a variável X da memória principal

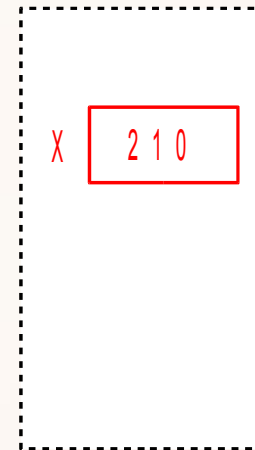
(Elmasri, 2010)



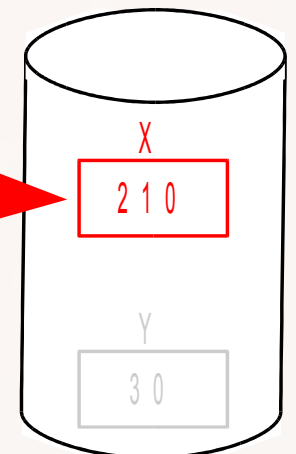
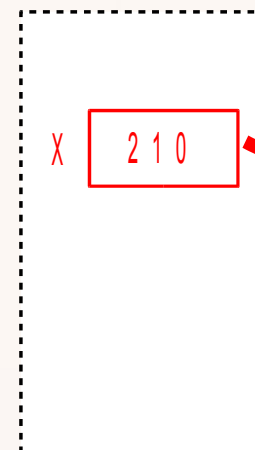
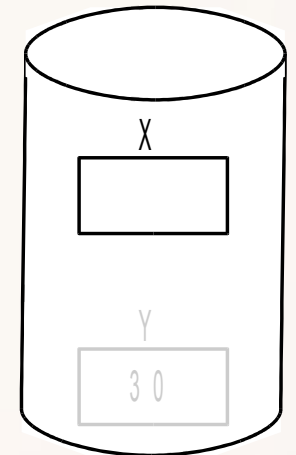
Operação de Gravação Como Abstraímos

- gravar(X)

M em ória P rincipal

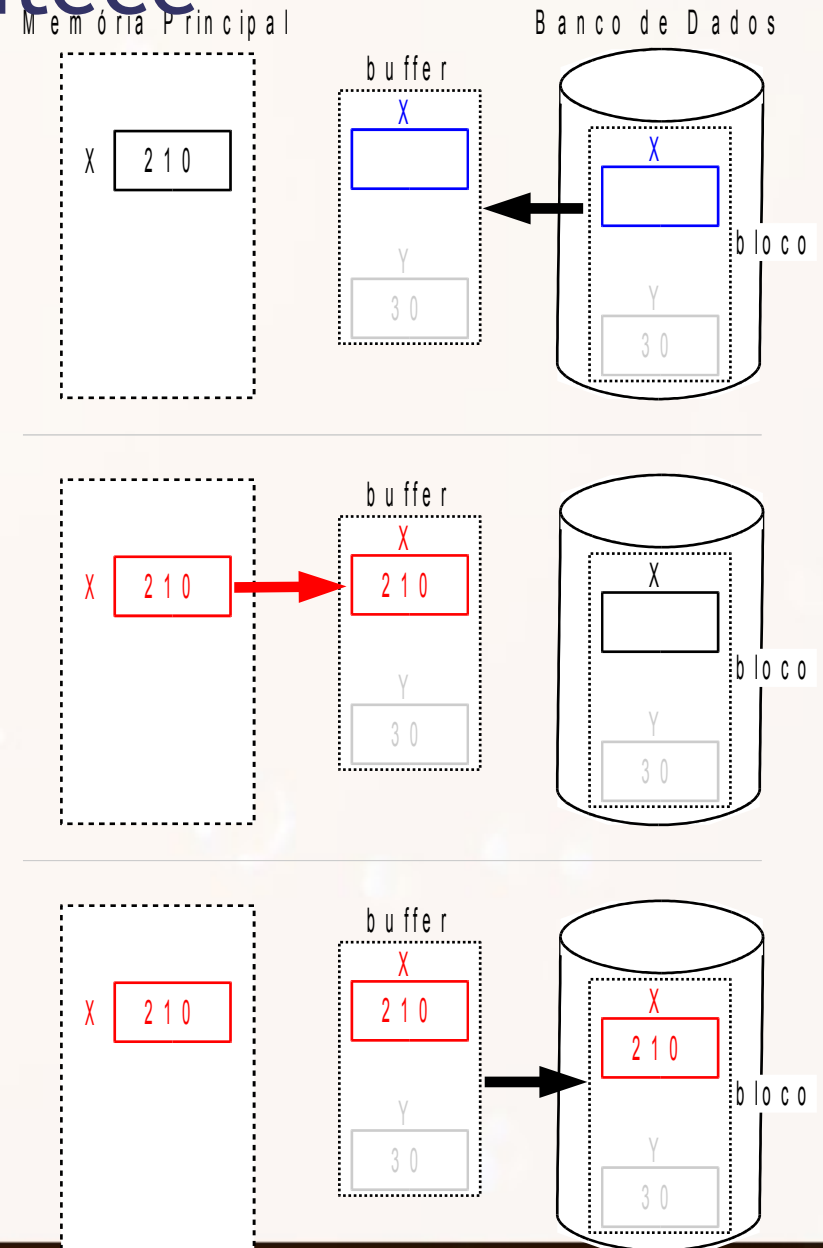


Banco de Dados



Operação de Gravação Como Acontece







- gravar(X)
 - encontra bloco X no disco
 - copia bloco para buffer da memória principal (se ainda não estiver lá)
 - copia variável X da memória principal para o buffer
 - atualiza o buffer no disco (Elmasri, 2010)



Arquivos e Registros

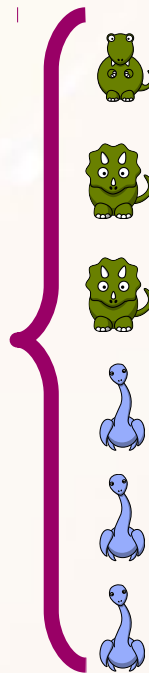
- Um arquivo de registros - abstração para SGBD
(Ramakrishnan, 2003)
- **Arquivo:** abstração criada pelo SO para os blocos de disco
- **Registro:** abstração de subdivisão do arquivo criada pela aplicação ou SGBD para o arquivo

Ordem?

Id	Is a	Origin Place
 FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
 MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
 MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
 MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix

Ordem?

ordem?









Id	Is a	Origin Place
FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix

Sequencial

- Gravação em ordem sequencial de acordo com a chave de busca (Silberschatz, 2006)

sequencial {

k

Id	Is a	Origin Place
 FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
 MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
 MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
 MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix

Ordem?

ordem?









Id	Is a	Origin Place
MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix
MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek

Sequencial

- Gravação em ordem sequencial de acordo com a chave de busca (Silberschatz, 2006)

sequencial {

k

Id	Is a	Origin Place
 MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix
 MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
 MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
 FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek

Ordem?

ordem?

Id	Is a	Origin Place
STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix
MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis



Heap

- Sem ordenação; gravação em qualquer posição (Silberschatz, 2006)

heap

Id	Is a	Origin Place
STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix
MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis

Ordem?







ordem?



Id	Is a	Origin Place
FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix
SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis

Hash

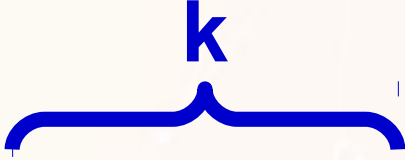
- Cálculo de função de hash sobre atributo para definir posição (Silberschatz, 2006)







	Id	Is a	Origin Place
	FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
	MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
	MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
	MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
	STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix
	SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis

Exercício 1







- Dado o arquivo a seguir, proponha uma função hash para posicionar os registros conforme k.

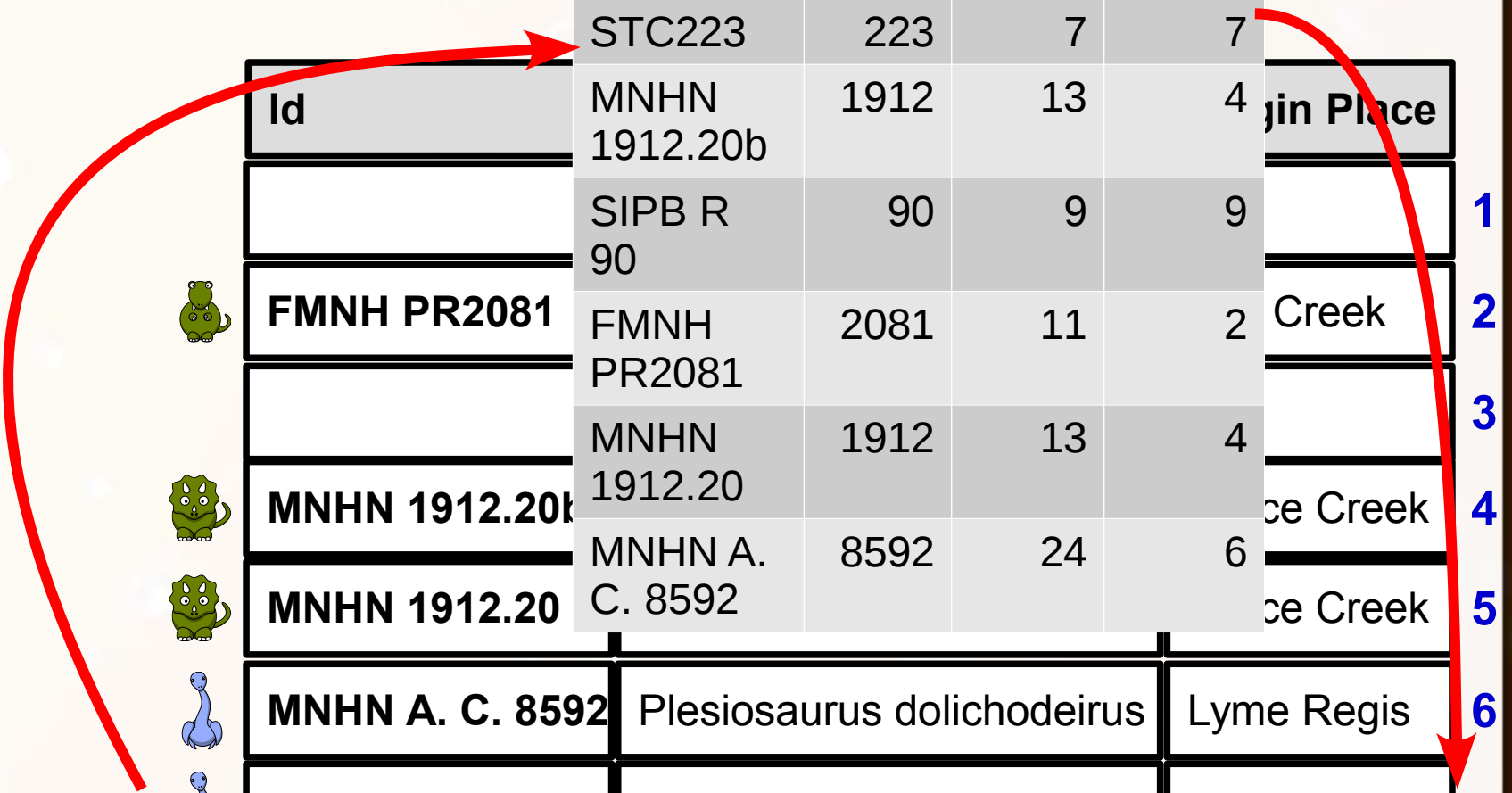
k



Id	Is a	Origin Place
 STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix
 MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
 SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
 MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
 MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis

Exercício 1

	k	parte num.	soma díg.	soma díg. (pos.)		
	STC223	223	7	7		
Id	MNHN 1912.20b	1912	13	4		gin Place
	SIPB R 90	90	9	9		
 FMNH PR2081	FMNH PR2081	2081	11	2		Creek
	MNHN 1912.20k	1912	13	4		
 MNHN 1912.20k	1912.20					ce Creek
 MNHN 1912.20	MNHN A. C. 8592	8592	24	6		ce Creek
 MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus				Lyme Regis	
 STC223	Plesiosaurus gurgitis				St. Croix	
 SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus				Lyme Regis	



Organização de Arquivos

- Heap
 - sem ordenação
 - gravação em qualquer posição
- Sequencial
 - gravação em ordem sequencial de acordo com a chave de busca
- Hash
 - cálculo de função de hash sobre atributo para definir posição

(Silberschatz, 2006)

Índice

Processamento de Consulta

- Dada a consulta:
`SELECT nome FROM Pessoa
WHERE id=146`
- Se os dados estão espalhados em disco, precisaríamos acessar todos os blocos do arquivo da tabela Pessoa
- Índices de BDs ajudam neste processo
- Índices de de BDs funcionam como índices de livros, apontando para a localização do conteúdo

Índice

- Estrutura de dados
- Organiza registros
- Otimiza certas operações de recuperação

(Ramakrishnan, 2003)







Entrada de Índice

- Entrada de índice (*data entry*) → registros armazenados em um índice
 - Alternativas para a entrada de índice
 - (1) k^* - registro completo com chave k
 - (2) $(k, \text{rid}) \rightarrow \text{rid} = \text{id do registro de chave } k$
 - (3) $(k, \text{rid-list}) \rightarrow \text{rid-list} = \text{lista de registros de chave } k$
- (Ramakrishnan, 2003)

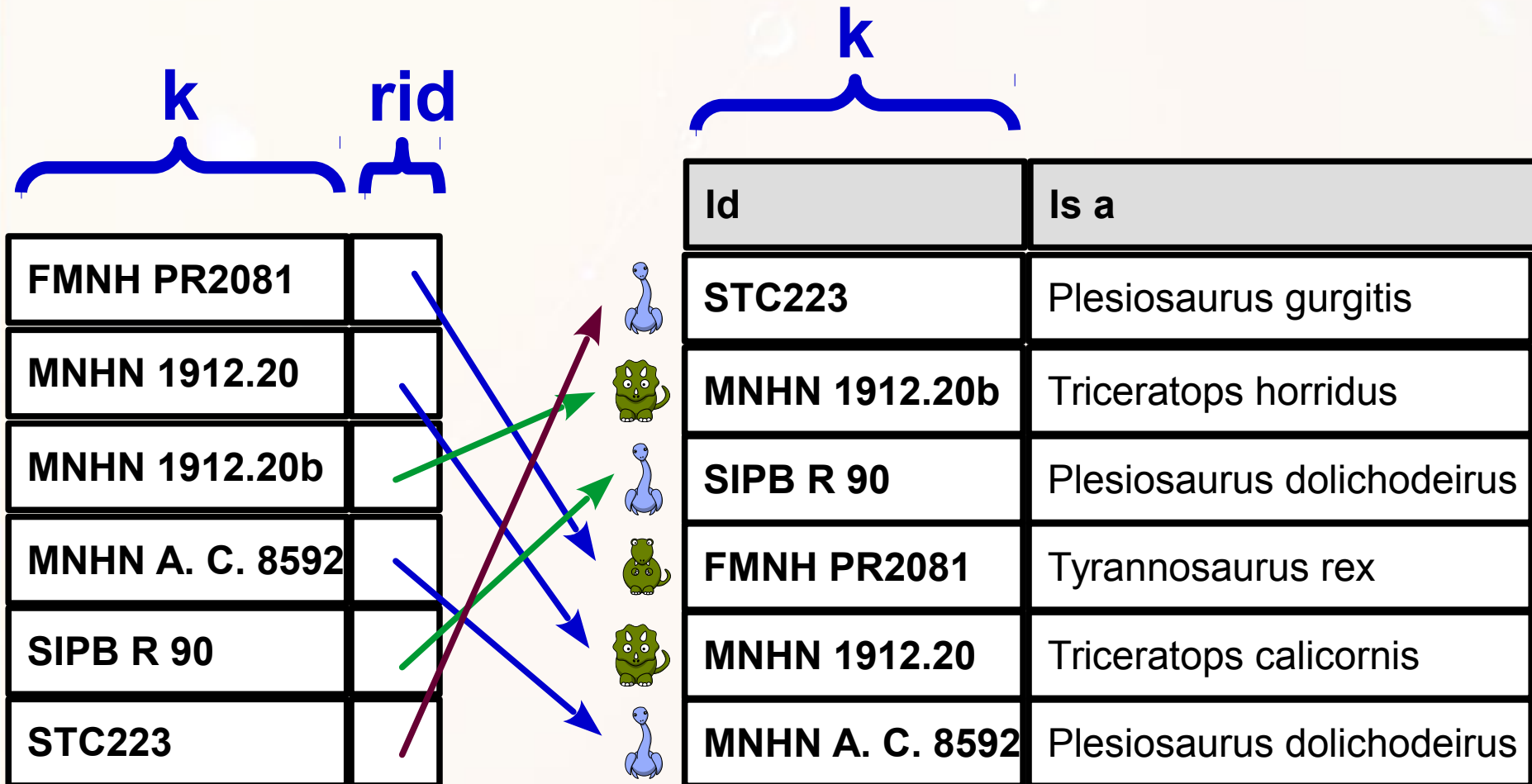
Entrada de Índice (1)

k*: registro (incluindo chave)

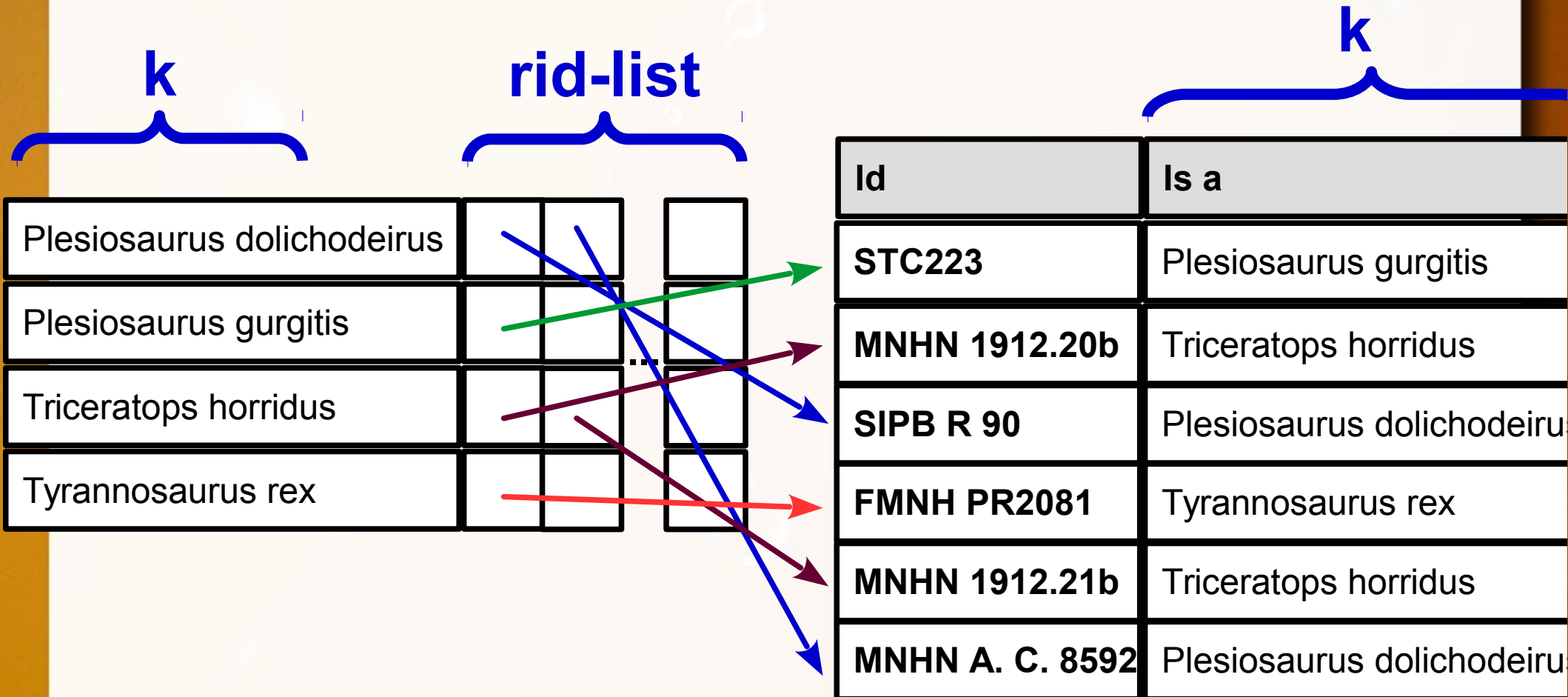
k: chave

Id	Is a	Origin Place
 FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
 MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
 MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
 MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
 STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix

Entrada de Índice (2)



Entrada Índice (3)



Entrada de Índice

- Alternativas para a entrada de índice

- (1) k^* - registro completo com chave k

- (2) $(k, \text{rid}) \rightarrow \text{rid} = \text{id do registro de chave } k$

- (3) $(k, \text{rid-list}) \rightarrow \text{rid-list} = \text{lista de registros de chave } k$

(Ramakrishnan, 2003)

- Vantagens das alternativas (2) e (3):

- mais de um índice para o mesmo arquivo

- menor: pode-se carregar mais ou inteiro na memória

- suporta estruturas mais complexas

Exercício 2

- Nas aulas anteriores, discutimos sobre redundância de informação e seus potenciais problemas. Índices são estruturas que introduzem redundância no banco de dados. Descreva o impacto da introdução deste tipo de redundância em termos de:
 - a) Consistência dos dados
 - b) Velocidade de leitura
 - c) Velocidade de gravação

Índices Primários e Secundários

- Índice primário ou de agrupamento
 - arquivo ordenado sequencialmente
 - chave de busca define ordem do arquivo
- Índice secundário
 - índice de não agrupamento
 - índice não necessariamente único

Índice Primário

- Entrada do índice (1): k^* - registro completo com chave k

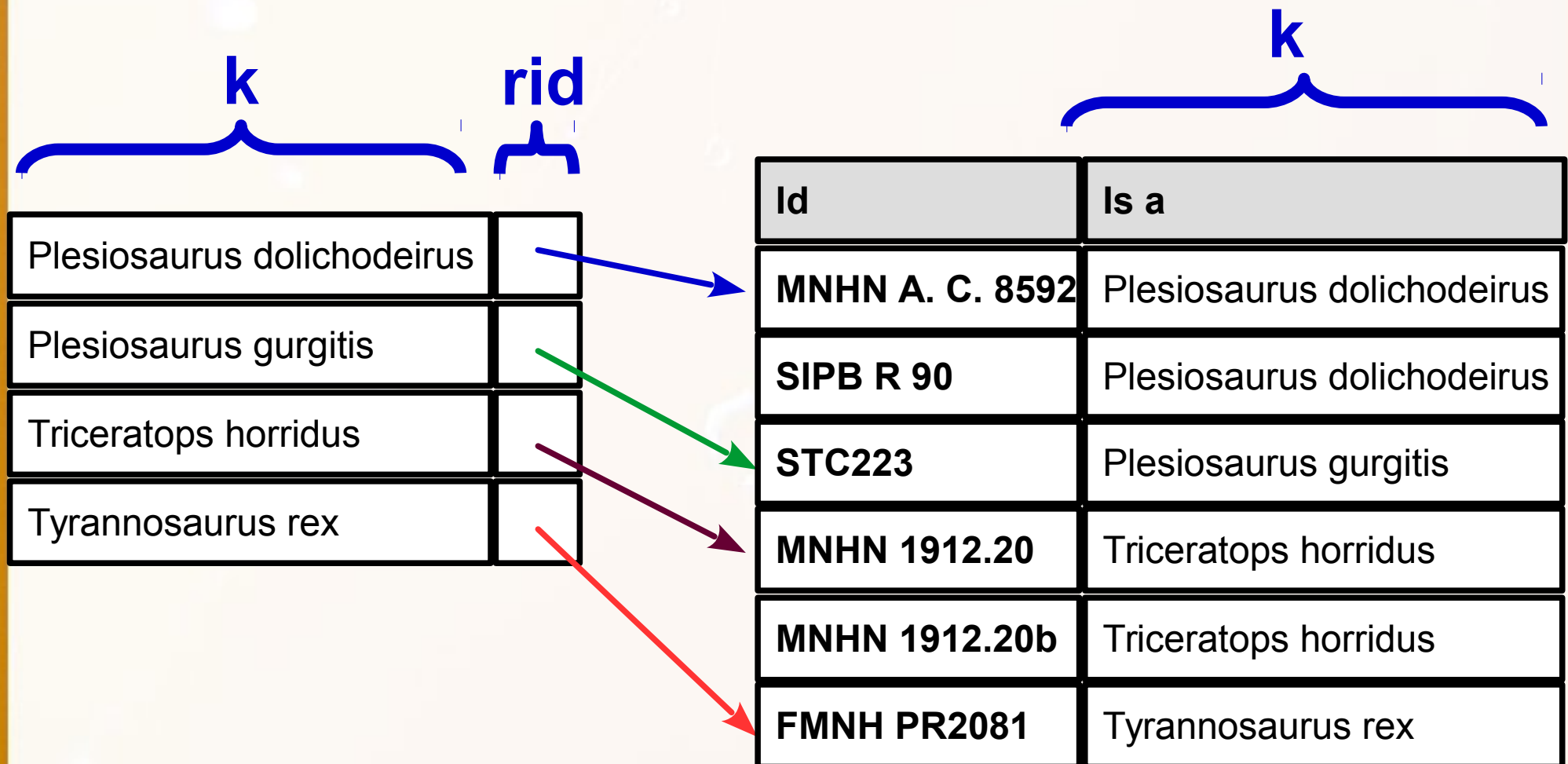
sequencial

Id	Is a	Origin Place
FMNH PR2081	Tyrannosaurus rex	Hell Creek
MNHN 1912.20	Triceratops calicornis	Lance Creek
MNHN 1912.20b	Triceratops horridus	Lance Creek
MNHN A. C. 8592	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
SIPB R 90	Plesiosaurus dolichodeirus	Lyme Regis
STC223	Plesiosaurus gurgitis	St. Croix

k

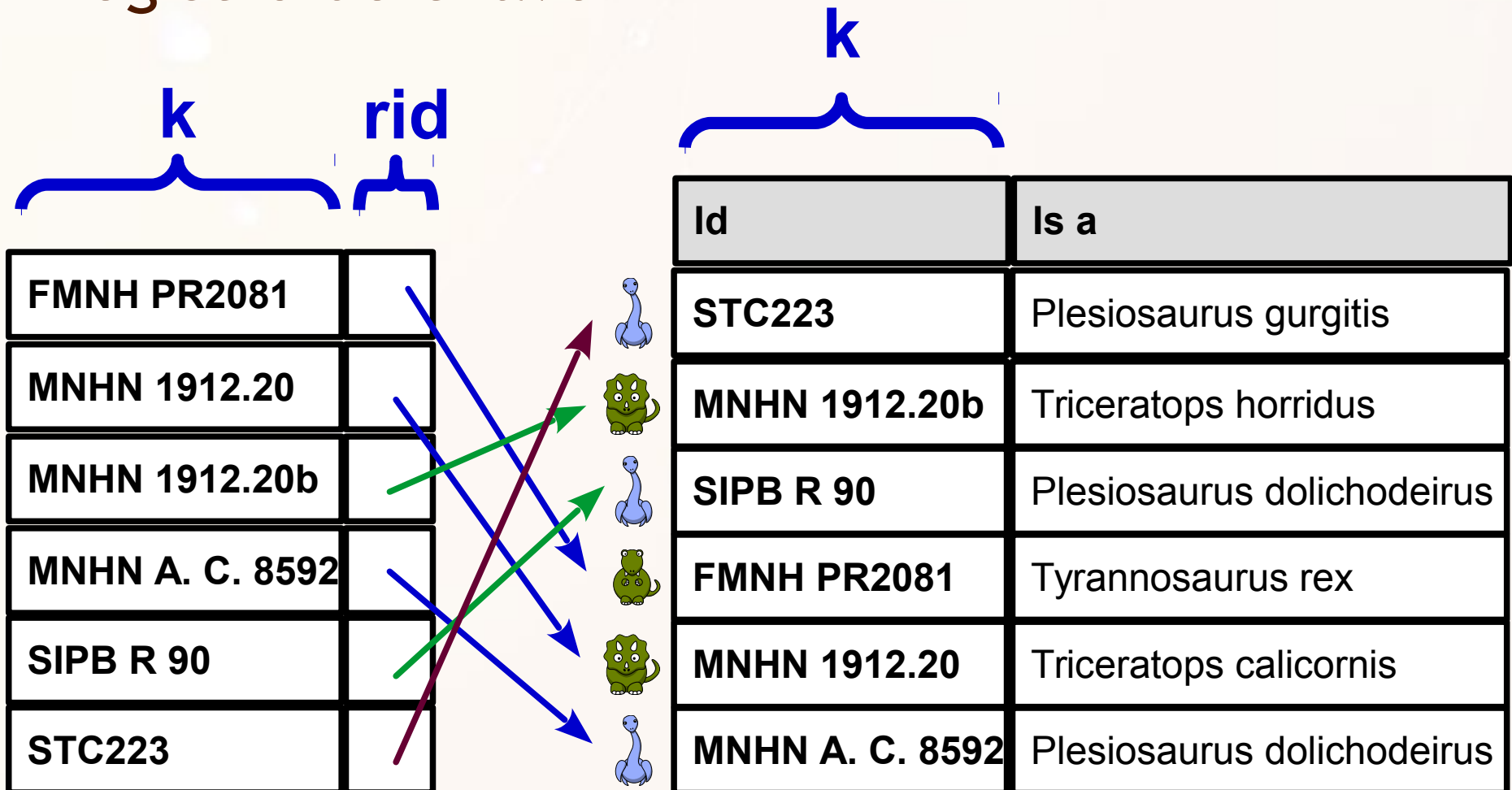
Índice Primário

- Entrada do índice (2): $(k, rid) \rightarrow rid = id$ do registro de chave k



Índice Secundário

- Entrada do índice (2): $(k, \text{rid}) \rightarrow \text{rid} = \text{id}$ do registro de chave k

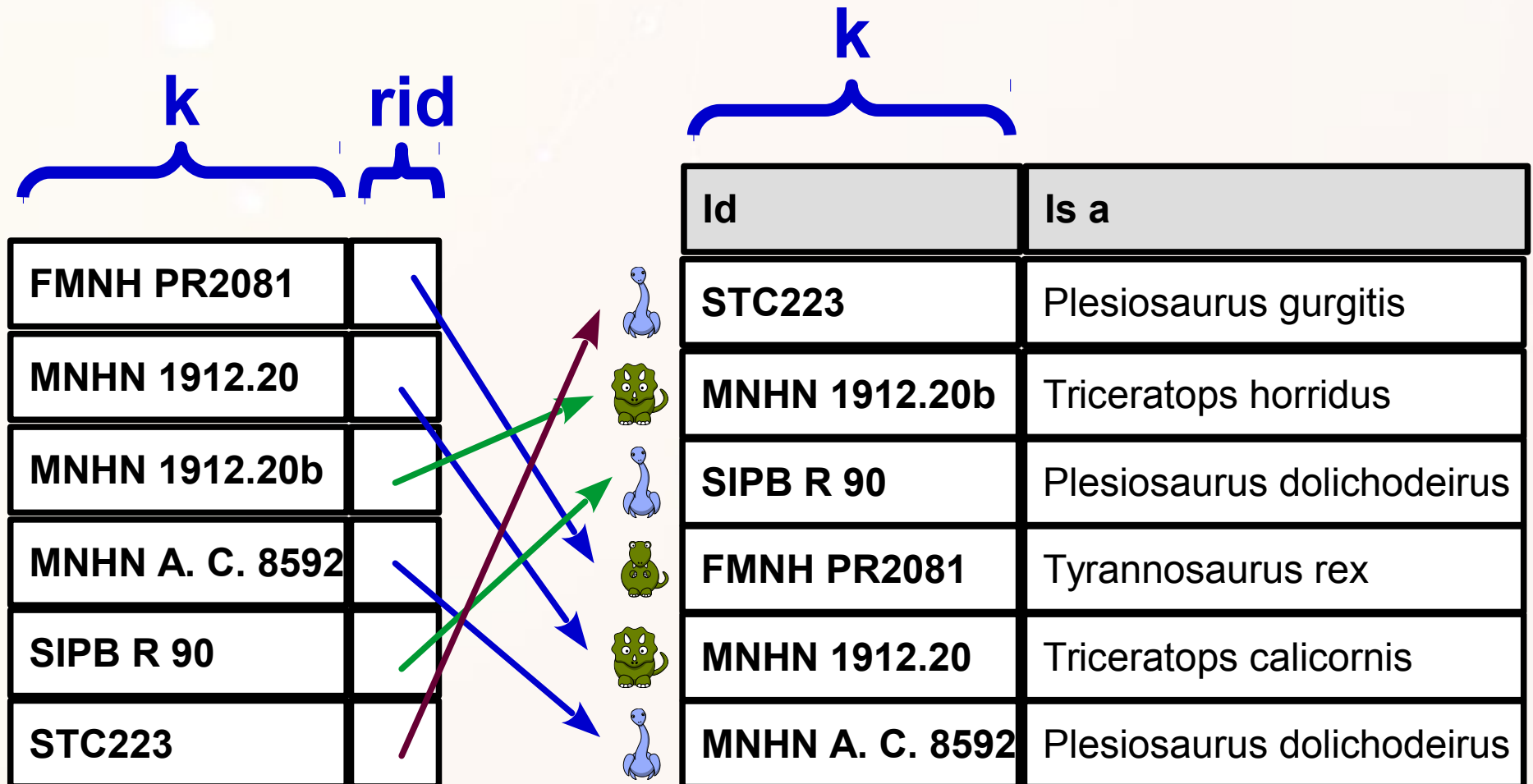


Índices Densos e Esparsos

- Denso
 - uma entrada de índice para cada valor de chave
- Esparso
 - uma entrada índice para mais de um valor de chave

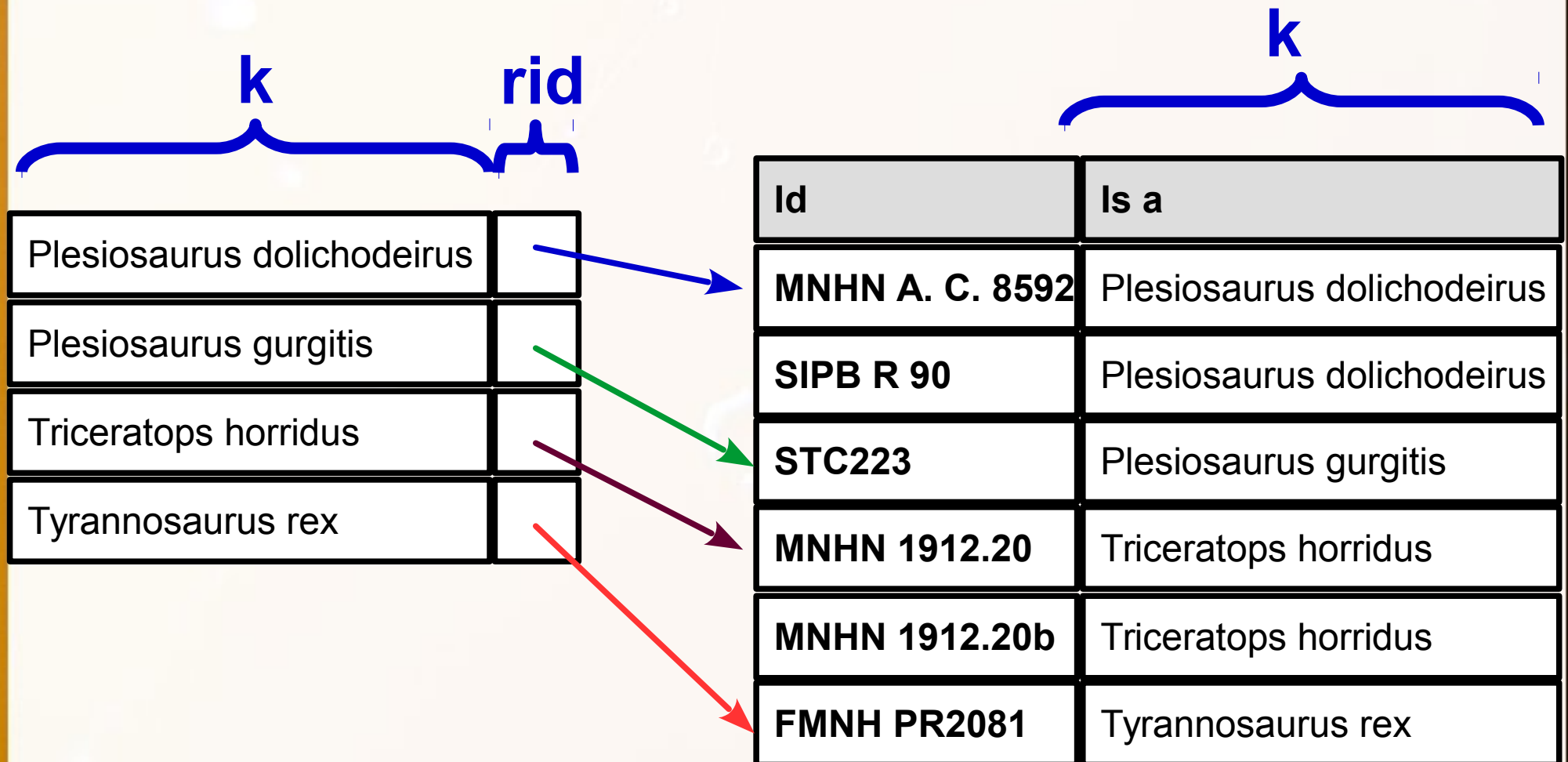
Índice Denso

- Uma entrada de índice para cada valor de chave



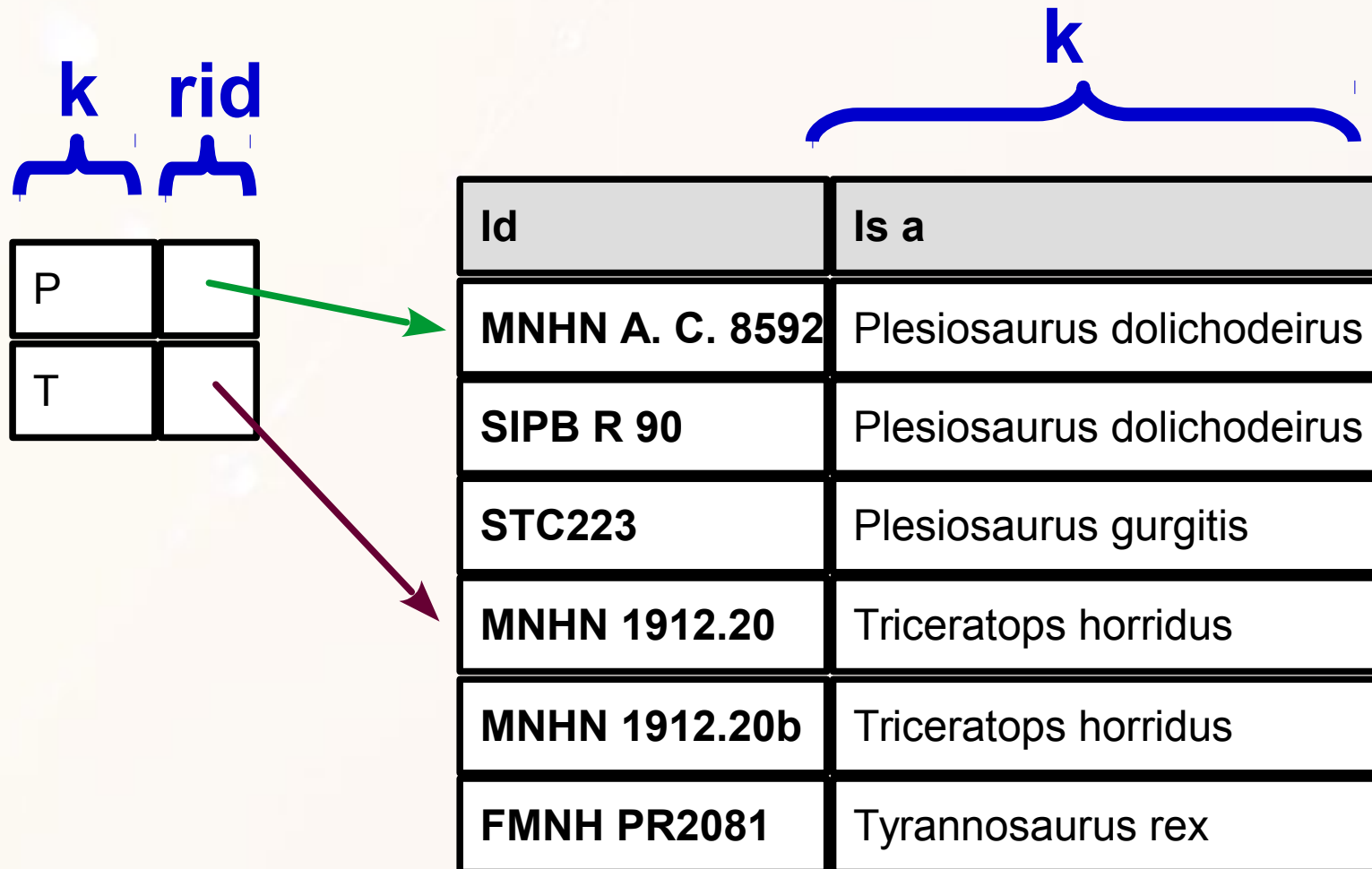
Índice Denso

- Uma entrada de índice para cada valor de chave



Índice Esparso

- Uma entrada índice para mais de um valor de chave



Exercício 3

- Em uma relação com 5 atributos, qual o número máximo possível de índices primários e secundários? Justifique.

Hashing

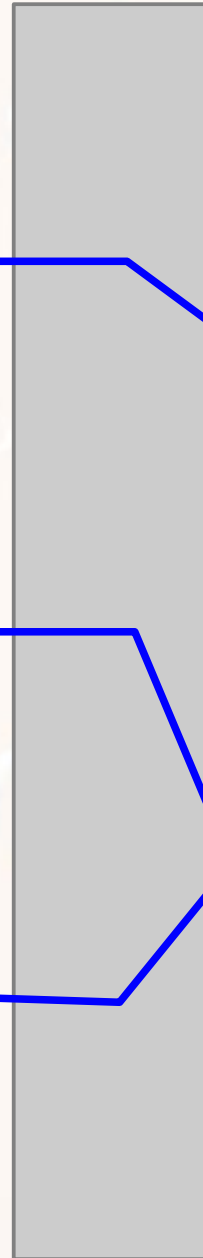
função
hash

buckets

1234 Quincas

9876 Doriana

6543 Asdrúbal



1

...

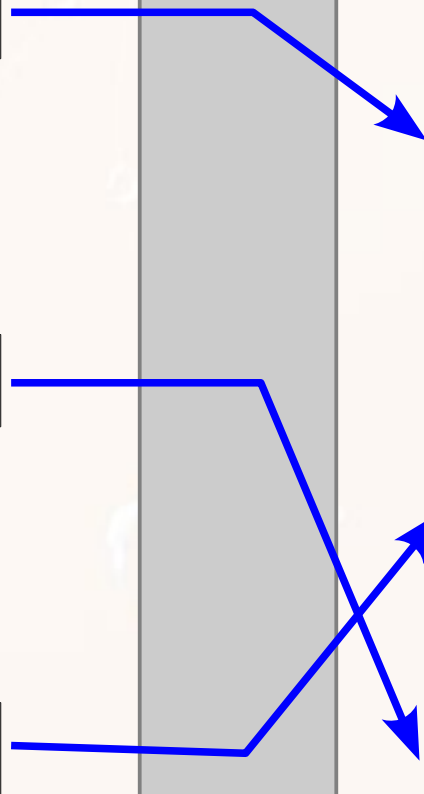
12 1234/Quincas

...

65 6543/Asdrúbal

...

98 9876/Doriana



função hash

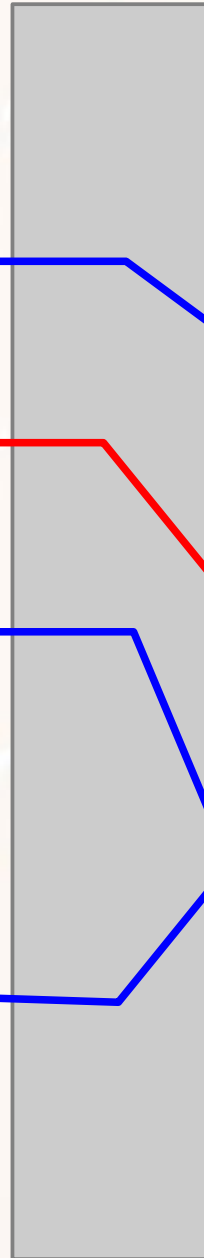
buckets

1234 Quincas

6500 Lucinda

9876 Doriana

6543 Asdrúbal



1

...

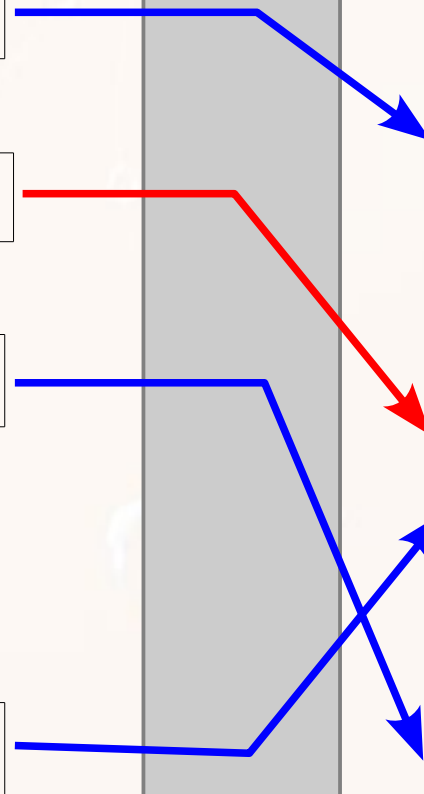
12 1234/Quincas

...

65 6543/Asdrúbal

...

98 9876/Doriana



função hash

buckets

1234 Quincas

6500 Lucinda

9876 Dorianana

6543 Asdrúbal

1

...

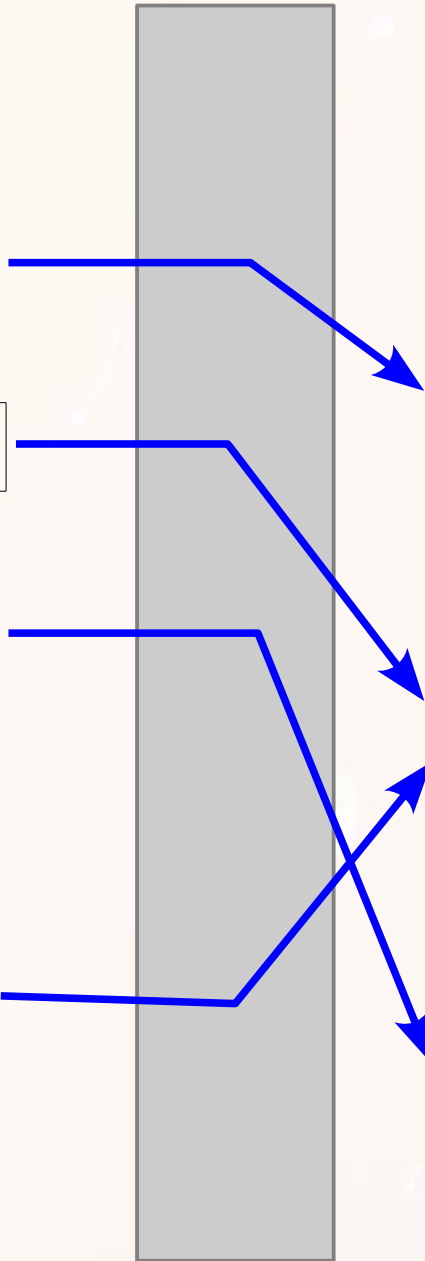
12 1234/Quincas

...

65 6543/Asdrúbal 6500/Lucinda

...

98 9876/Dorianana



função hash

buckets

1234 Quincas

6500 Lucinda

9876 Doriana

6543 Asdrúbal

000

001

010

011

100

101

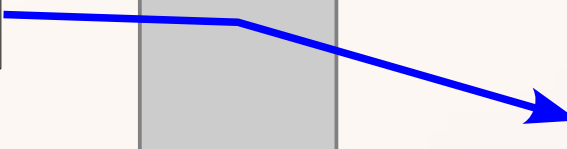
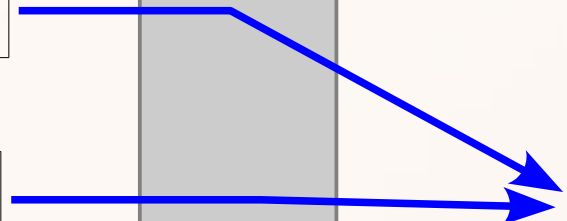
110

111

1234/Quincas

9876/Doriana 6500/Lucinda

6543/Asdrúbal

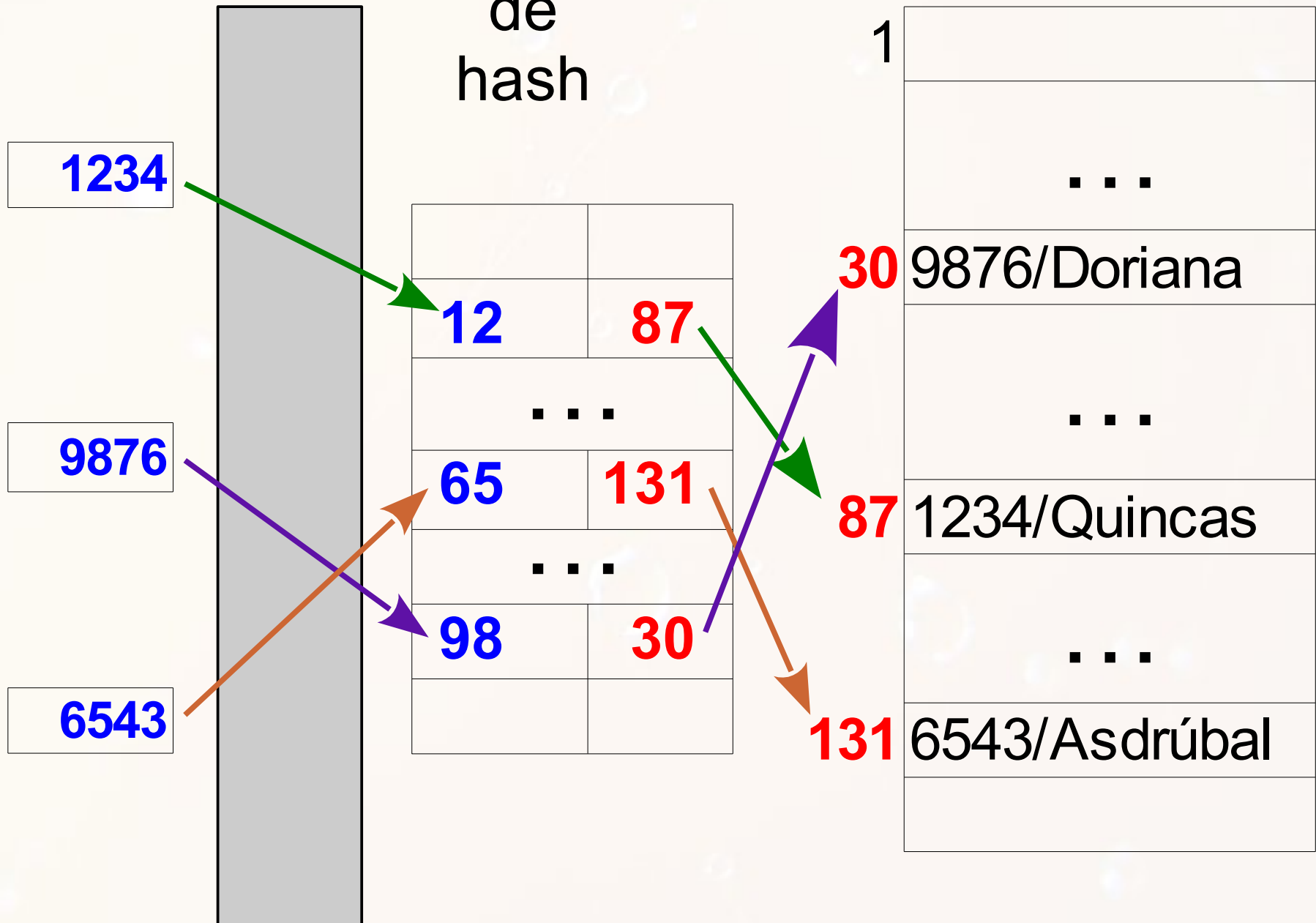


Índice de Hash

função hash

índice de hash

registros



função hash

índice de hash

buckets

1234

9876

6543

12

87

...

65

131

...

98

30

1

...

30

1234/Quincas

...

87

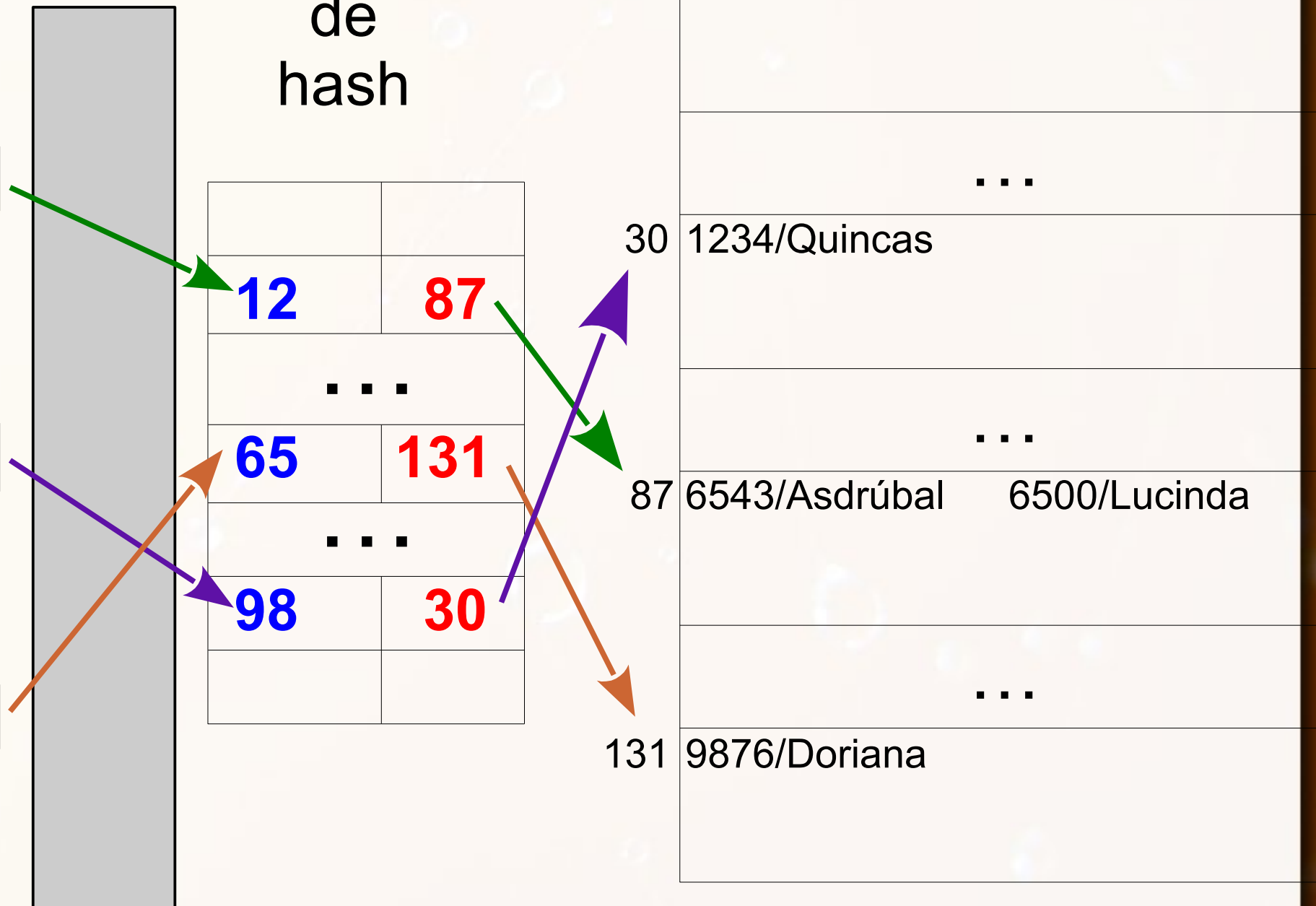
6543/Asdrúbal

6500/Lucinda

...

131

9876/Doriana



Hashing Extensível

função hash

buckets

1234 Quincas

6500 Lucinda

9876 Doriana

6543 Asdrúbal

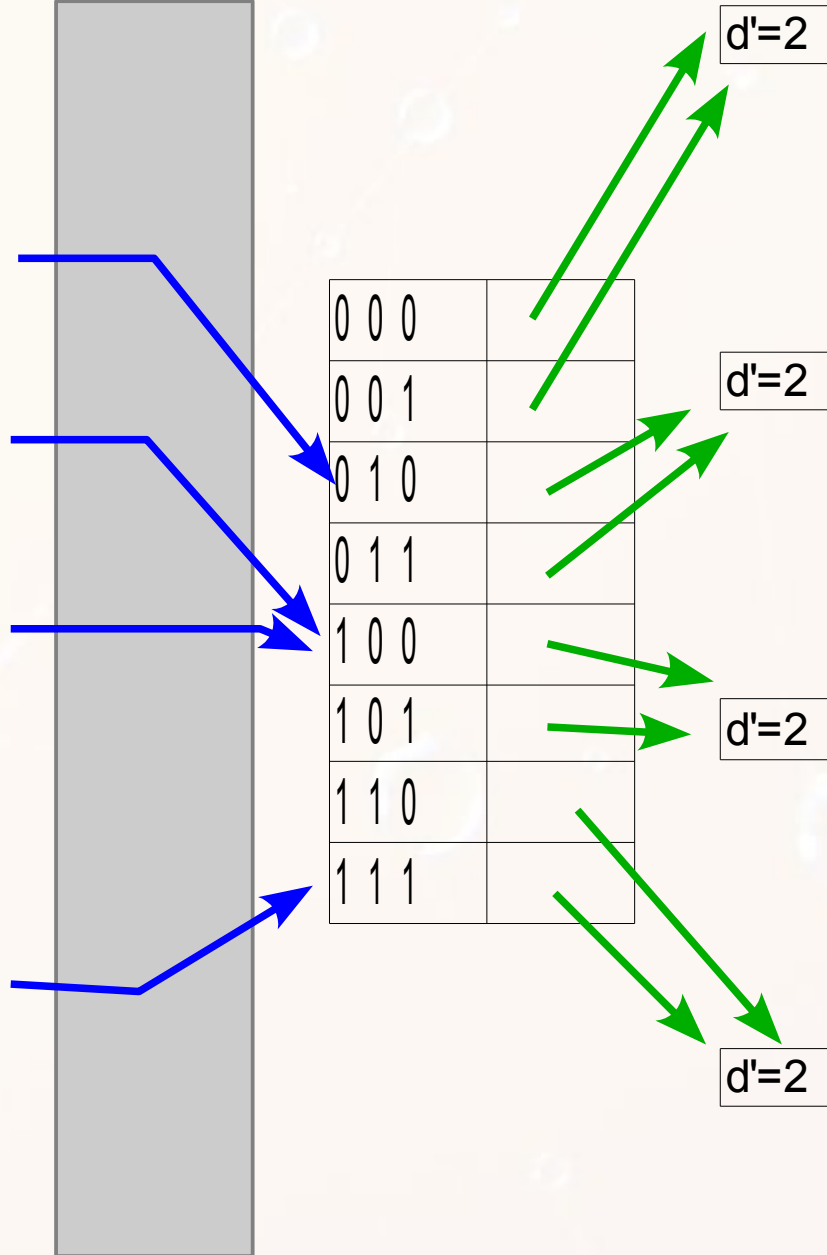
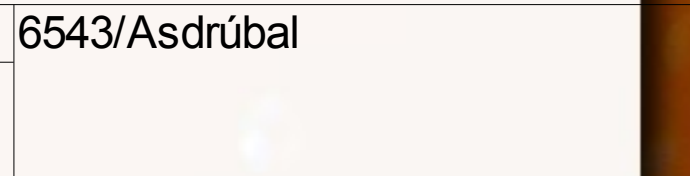
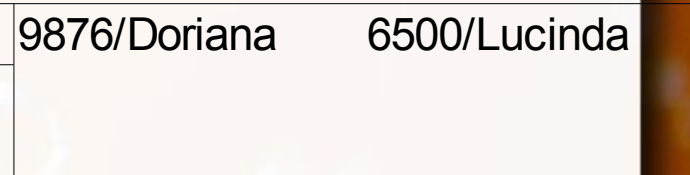
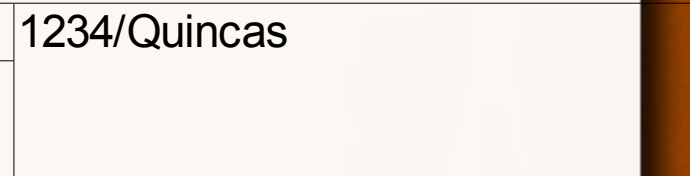
0 0 0	
0 0 1	
0 1 0	
0 1 1	
1 0 0	
1 0 1	
1 1 0	
1 1 1	

d'=2

d'=2

d'=2

d'=2



função hash

buckets

1234 Quincas

6500 Lucinda

9876 Doriana

8500 D ó ris

6543 Asdrúbal

0 0 0	
0 0 1	
0 1 0	
0 1 1	
1 0 0	
1 0 1	
1 1 0	
1 1 1	

d'=2

d'=2

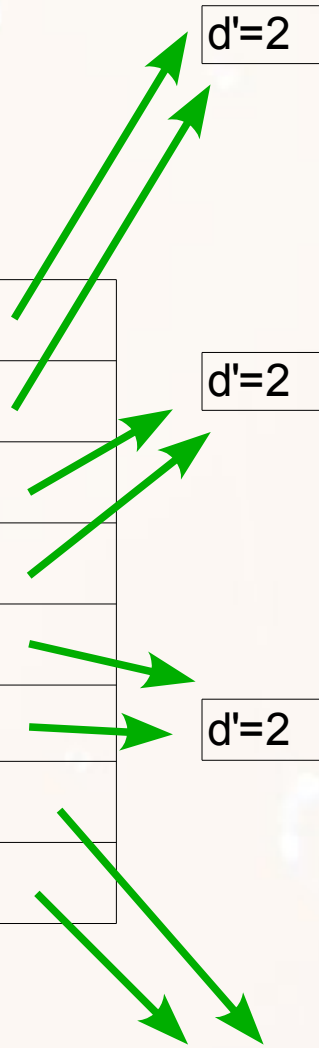
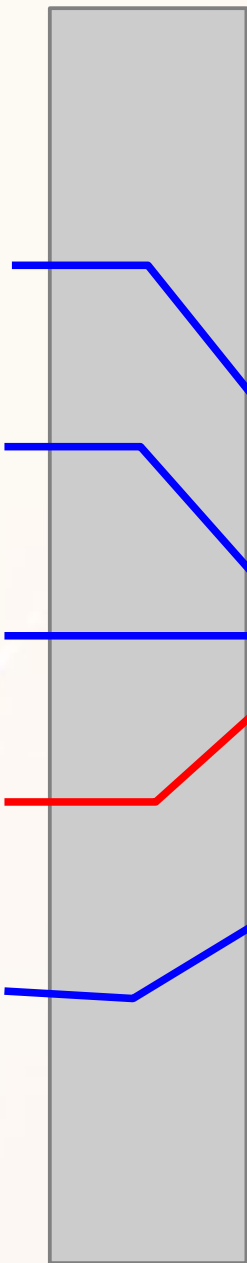
d'=2

d'=2

1234/Quincas

9876/Doriana 6500/Lucinda
----/Zandor ----/Alcebíades
----/Melissa ----/Bonerges

6543/Asdrúbal



função hash

buckets

1234 Quincas

6500 Lucinda

9876 Doriana

8500 D ó ris

6543 Asdrúbal

0 0 0	
0 0 1	
0 1 0	
0 1 1	
1 0 0	
1 0 1	
1 1 0	
1 1 1	

d'=2

d'=2

d'=3

d'=3

d'=2

1234/Quincas

9876/Doriana 6500/Lucinda
----/Zandor ----/Alcebíades
----/Melissa ----/Bonerges

8500/Dóris

6543/Asdrúbal

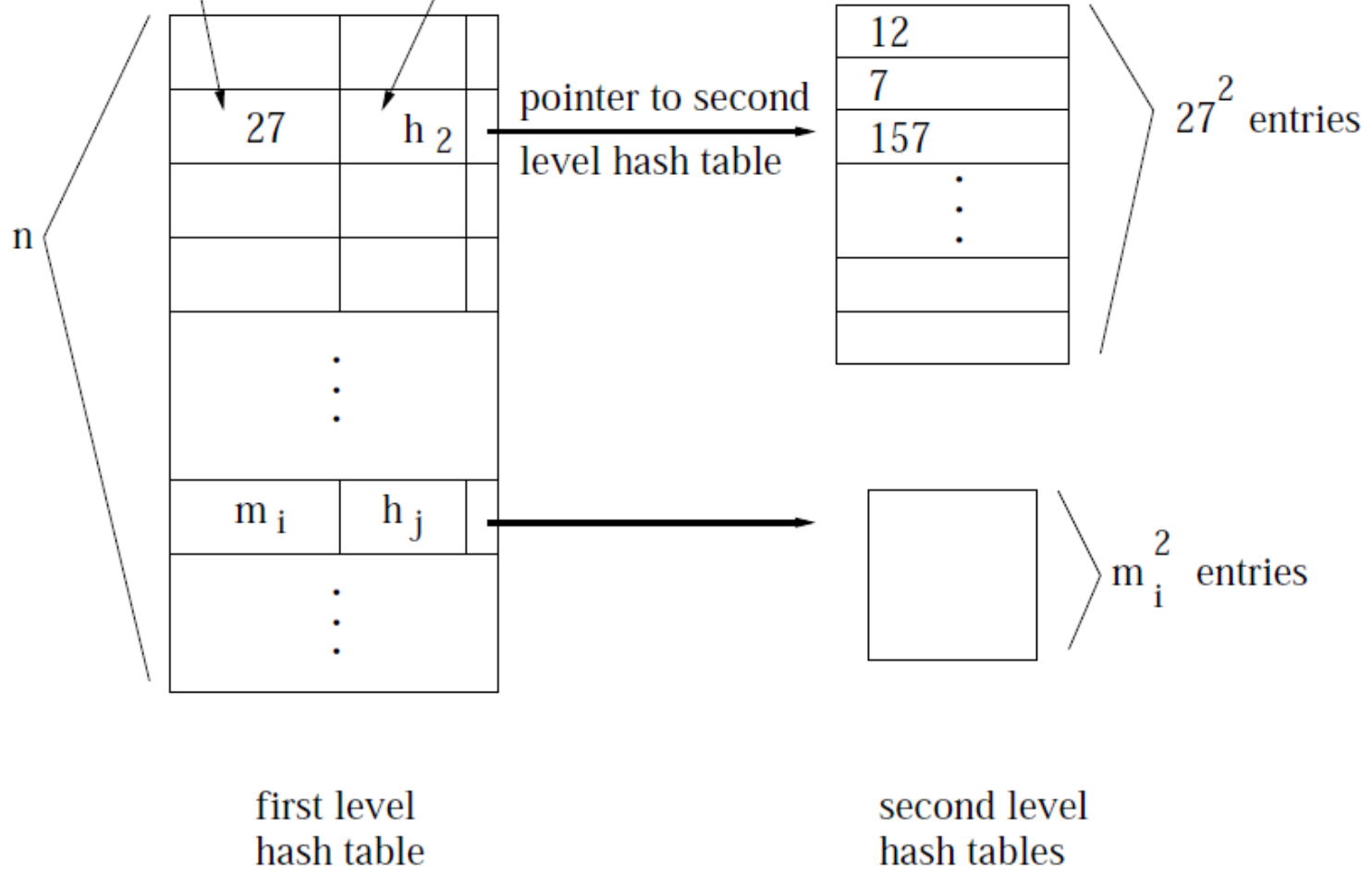
Índices Multiníveis

Hashing Dinâmico

Perfect Hashing

how many elements hash to this slot

a hash function from family H

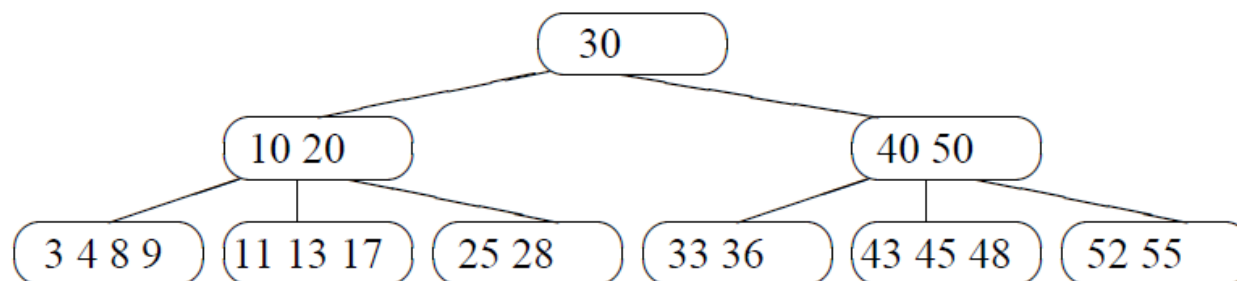


(Demaine, 2003)

Árvores B

Árvores B

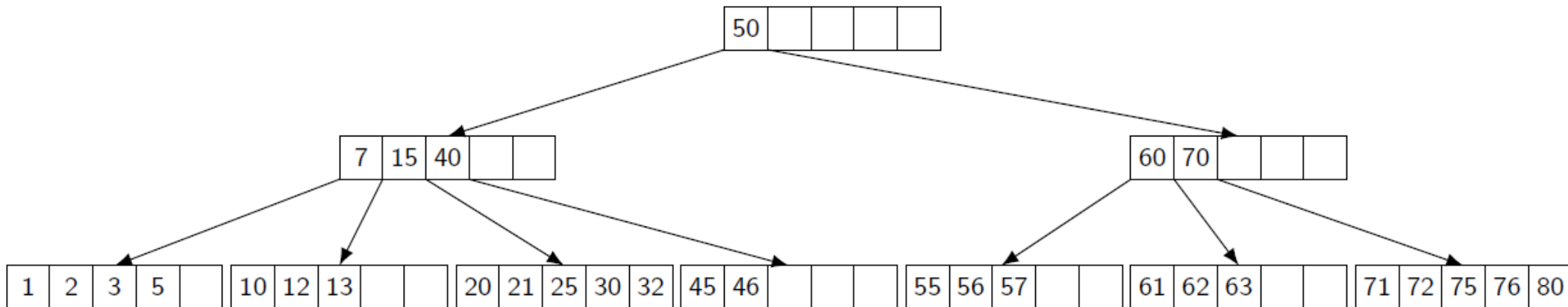
- Árvores n -árias: mais de um registro por nodo.
- Em uma árvore B de ordem m :
 - página raiz: 1 e $2m$ registros.
 - demais páginas: no mínimo m registros e $m + 1$ descendentes e no máximo $2m$ registros e $2m + 1$ descendentes.
 - páginas folhas: aparecem todas no mesmo nível.
- Registros em ordem crescente da esquerda para a direita.
- Extensão natural da árvore binária de pesquisa.
- Árvore B de ordem $m = 2$ com três níveis:



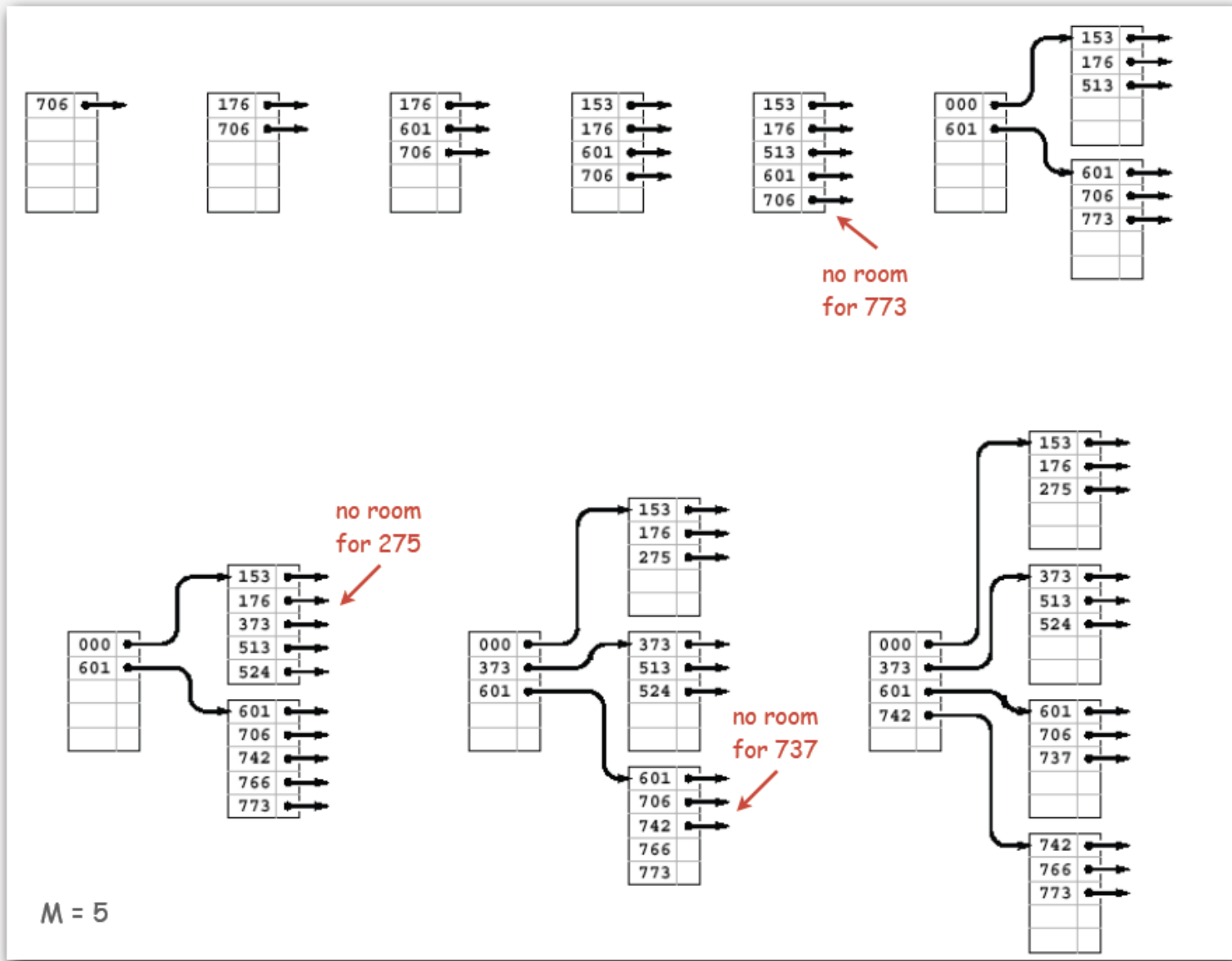
(Almeida, 2010)

Exemplo de árvore B de ordem 5

Neste caso, cada nó tem no mínimo dois e no máximo cinco registros de informação.

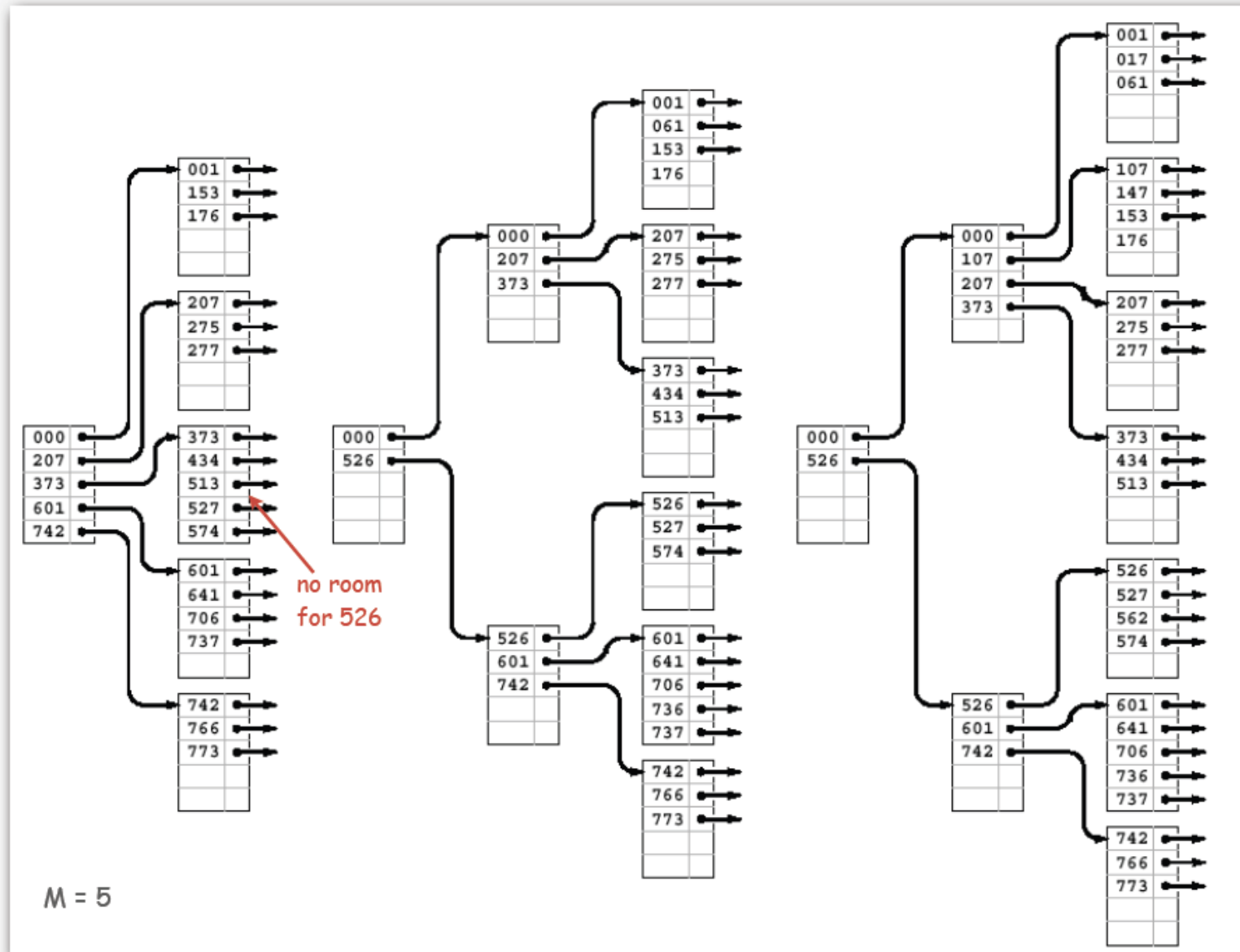


B-Tree Example



$M = 5$

B-Tree Example (cont)



$M = 5$

Números mínimos e máximos de registros

Árvore B de ordem 255:

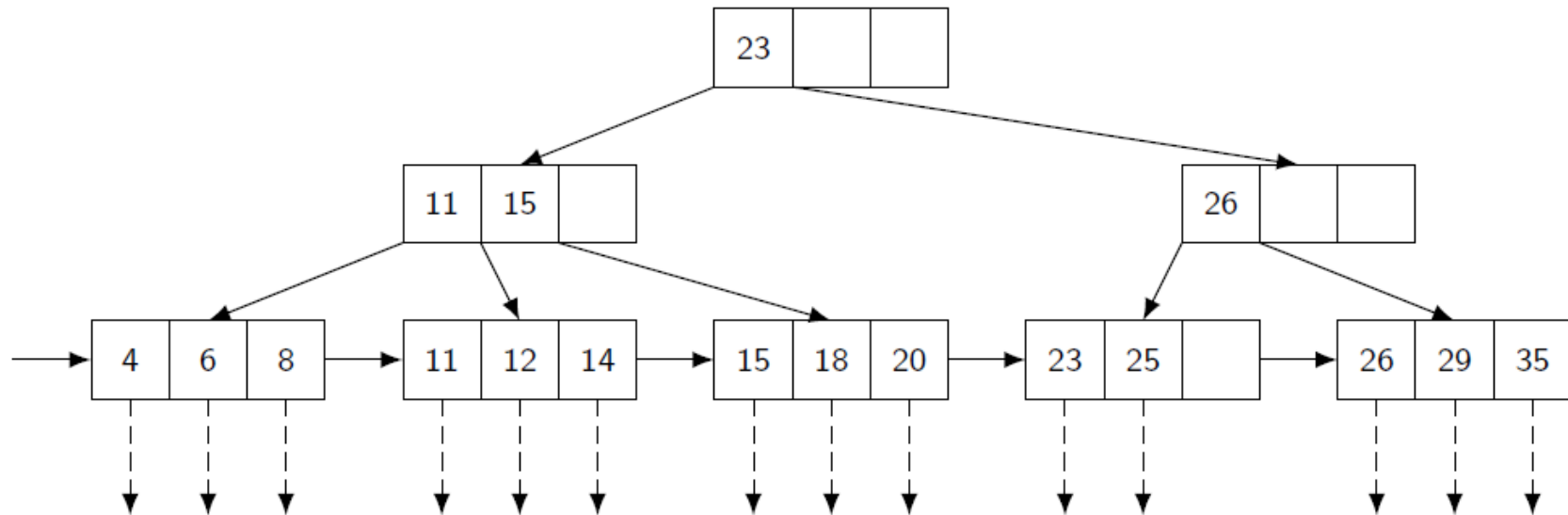
nível	mínimo		máximo	
	nós	registros	nós	registros
1	1	1	1	1×255
2	2	2×127	256^1	$256^1 \times 255$
3	2×128^1	$2 \times 128^1 \times 127$	256^2	$256^2 \times 255$
4	2×128^2	$2 \times 128^2 \times 127$	256^3	$256^3 \times 255$
5	2×128^3	$2 \times 128^3 \times 127$	256^4	$256^4 \times 255$
Total	4.227.331	536.870.911	4.311.810.305	1.099.511.627.775

Variantes de árvores B

- ▶ Árvores B*: o número de registros ocupados de um nó é no mínimo $\frac{2}{3}$ da sua capacidade.
- ▶ Árvores B⁺:
 - ▶ nós internos com chaves apenas para orientar o percurso
 - ▶ pares (*chave, valor*) apenas nas folhas
 - ▶ regra de descida:
 - ▶ subárvore esquerda: menor
 - ▶ subárvore direita: maior ou igual
 - ▶ apontadores em lugar de valores tornando mais eficiente a movimentação dos registros durante inserções e remoções
 - ▶ ligações facilitando percurso em ordem de chaves

Variantes de árvores B (cont.)

Exemplo de árvore B⁺ de ordem 3:



Setas tracejadas indicam apontadores para os valores da informação. A lista ligada das folhas permite percurso simples e eficiente em ordem de chaves.

Índice Mapa de Bits
quando o foco é a análise

OLTP x OLAP

■ OLTP

- Online Transaction Processing
- Bancos de dados “tradicionais”
- Operações de inserção, atualização e exclusão em pequenas partes do banco

■ OLAP

- Online Analytical Processing
- Operações de extração, recuperação e análise de dados

Data Warehouse

Comparada aos Bancos de Dados Tradicionais

- Igual
 - Coleção de dados relacionados
 - Suportado por um sistema de gerenciamento
- Diferente
 - Orientada a aplicações de suporte a decisão
 - Otimizada para recuperação de dados - não OLTP

Índice Mapa de Bits

- Facilita consultas sobre chaves múltiplas
- Cada índice baseado em uma chave
- Mapa de bits sobre atributo **A** e relação **r**
 - mapa de bits = array de bits
 - tamanho do array = número registros de **r**
 - um mapa de bits (array) para cada valor de **A**

(Silberschatz et al., 2006)

Mapa de Bits

S

S#	SNAME	STATUS	CITY
S1	SMITH	20	London
S2	JONES	10	Paris
S3	BLAKE	30	Paris
S4	CLARK	20	London
S5	ADAMS	30	Athens

P

P#	PNAME	COLOR	WEIGHT	CITY
P1	NUT	RED	12	London
P2	BOLT	GREEN	17	Paris
P3	SCREW	BLUE	17	Rome
P4	SCREW	RED	14	London
P5	CAM	BLUE	12	Paris
P6	COG	RED	19	London

SP

S#	P#	QTY
S1	P1	300
S1	P2	200
S1	P3	400
S1	P4	200
S1	P5	100
S1	P6	100
S2	P1	300
S2	P2	400
S3	P2	200
S4	P2	200
S4	P4	300
S4	P5	400

S_b

	STATUS				CITY			
	10	20	30	40	London	Paris	Athens	Rome
S1	0	1	0	0	1	0	0	0
S2	1	0	0	0	0	1	0	0
S3	0	0	1	0	0	1	0	0
S4	0	1	0	0	1	0	0	0
S5	0	0	1	0	0	0	0	0

P_b

	COLOR				WEIGHT					CITY				
	RED	GREEN	BLACK	BLUE	10	12	14	17	18	19	London	Paris	Athens	Rome
P1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
P2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
P3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
P5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
P6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Fig. 1. (a,b) Binary representation of supplier—part data. (a) Supplier part data base (Date, 1982). (b) Binary representation.*

* Supplier and part names and SP relation are not shown to simplify the exposition.

(Spiegler & Maayan, 1985)

Índice Mapa de Bits

Otimizações

- Codificação
 - exemplo: codificação binária de possíveis valores
- Compressão
 - exigem descompressão para operações
 - participam de operações sem descompressão

Compressão de Mapa de Bits

A	1	2	3	4	5	6	7
2	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0

(a)



A	{1}	{2,3}	{4,5,6,7}
2	0	1	0
4	0	0	1
1	1	0	0
3	0	1	0
2	0	1	0
1	1	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
4	0	0	1
5	0	0	1
6	0	0	1
7	0	0	1
1	1	0	0

(b)

(Koudas, 2000)

Exercício para Casa 1

- Considere a relação Aluno(ra, curso, idade) que armazene estes dados para todos os alunos da Unicamp. Para cada uma das questões a seguir, defina qual o tipo de índice mais indicado.
 - a) `select * from Aluno where ra=5.`
 - b) `select * from Aluno where idade<70.`
 - c) `select * from Aluno where idade>27 and B<30.`
 - d) `select avg(idade) from Aluno.`
 - e) `select idade, count(*) from aluno
where curso="Computação"
group by idade`

Referências

- Almeida, Charles Ornelas , Guerra, Israel; Ziviani, Nivio (2010) **Projeto de Algoritmos** (transparências aula).
- Demaine, Erik. 6.897: Advanced Data Structures - Lecture 2 (notas de aula). Fevereiro, 2003.
- Elmasri, Ramez; Navathe, Shamkant B. (2005) **Sistemas de Bancos de Dados**. Addison-Wesley, 4^a edição em português.
- Elmasri, Ramez; Navathe, Shamkant B. (2011) **Sistemas de Bancos de Dados**. Addison-Wesley, 6^a edição em português.

Referências

- Ramakrishnan, Raghuram; Gehrke, Johannes (2003) **Database Management Systems**. McGraw-Hill, 3rd edition.
- Sedgwick, Robert; Wayne, Kevin (2008) Princeton University: **Algorithms**. Maio, 2008.
- Silberschatz, Abraham; Korth, Henry F.; Sudarshan, S. (2006) **Sistema de Banco de Dados**. Elsevier, Tradução da 5a edição.

Referências

- N. Koudas (2000). "Space efficient bitmap indexing". Proceedings of the ninth international conference on Information and knowledge management (CIKM '00). New York, NY, USA: ACM. pp. 194-201. doi:10.1145/354756.354819
- Spiegler I; Maayan R (1985). "Storage and retrieval considerations of binary data bases". Information Processing and Management: an International Journal 21 (3): 233-54. doi:10.1016/0306-4573(85)90108-6

Agradecimentos

- Luiz Celso Gomes Jr (professor desta disciplina em 2014) pela contribuição na disciplina e nos slides. Página do Celso: <http://dainf.ct.utfpr.edu.br/~gomesjr/>
- Patrícia Cavoto (professora desta disciplina em 2015) pela contribuição na disciplina e nos slides.
- Luana Loubet Borges pelos exercícios.

André Santanchè

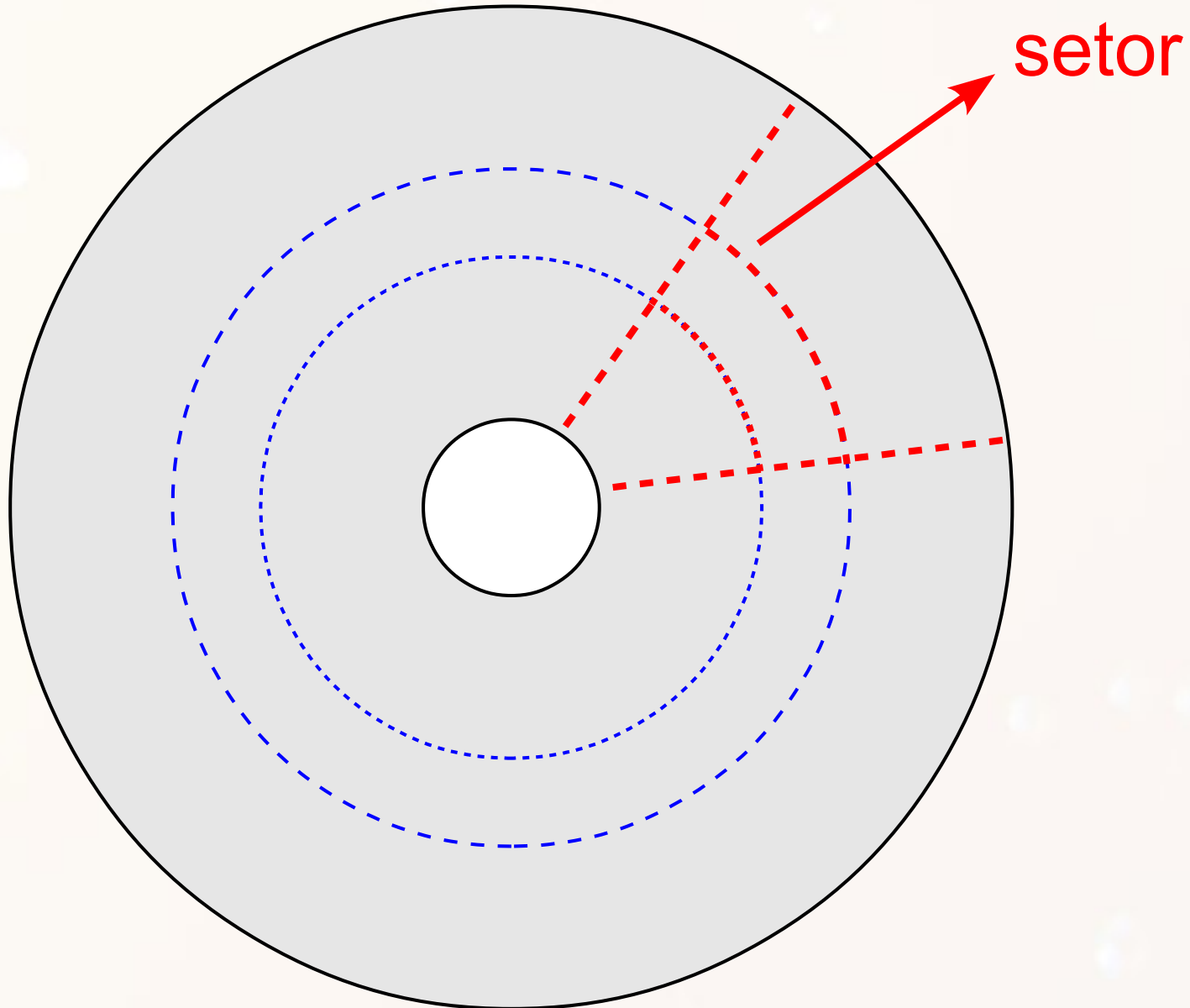
`http://www.ic.unicamp.br/~santanche`

Licença

- Estes slides são concedidos sob uma Licença Creative Commons. Sob as seguintes condições: Atribuição, Uso Não-Comercial e Compartilhamento pela mesma Licença.
- Mais detalhes sobre a referida licença Creative Commons veja no link:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Fotografia da capa e fundo por
<http://www.flickr.com/photos/fdecomite/>
Ver licença específica em
<http://www.flickr.com/photos/fdecomite/1457493536/>

Setor

Divisão por Ângulo Fixo



Setor

Divisão por Densidade Constante

