

Sumário

- 1 Introdução ao Processamento de Consultas
- 2 Otimização de Consultas
- 3 Plano de Execução de Consultas**
- 4 Introdução a Transações
- 5 Recuperação de Falhas
- 6 Controle de Concorrência
- 7 Fundamentos de BDs Distribuídos
- 8 SQL Embutida

Definição do Plano de Execução

- Analisar alternativas de processamento de operações algébricas
 - escolher a melhor alternativa
- Diversas medidas podem ser consideradas
 - tempo CPU, comunicação, acessos a disco
 - medida mais relevante (“gargalo”): **acessos a disco**
 - **para avaliar o custo de uma alternativa**
 - análise de **estimativas** sobre os dados
 - tamanho das tabelas, existência de índices, seletividade, ...
 - custo dos **algoritmos de processamento**
 - supõe armazenamento clusterizado de dados e índices
 - supõe que o DD mantém localização física de arquivos de dados e índices

Estimativas sobre os Dados

n_R	número de tuplas na tabela R
t_R	tamanho (em bytes) de uma tupla de R
$t_R(a_i)$	tamanho (em bytes) do atributo a_i de R
f_R	fator de bloco de R (quantas tuplas de R cabem em um bloco *) * bloco: unidade de R / W em disco (medida básica de avaliação) $f_R = \lfloor t_{bloco} / t_R \rfloor$
$V_R(a_i)$	número de valores distintos do atributo a_i de R
$C_R(a_i)$	cardinalidade (estimada) do atributo a_i de R (tuplas de R que satisfazem um predicado de igualdade sobre a_i) (estimando distribuição uniforme: $C_R(a_i) = n_R / V_R(a_i)$)
$GS_R(a_i)$	grau de seletividade do do atributo a_i de R (valor entre 0 e 1) (estimando distribuição uniforme : $GS_R(a_i) = 1 / V_R(a_i)$)
b_R	número de blocos necessários para manter tuplas de R $b_R = \lceil n_R / f_R \rceil$

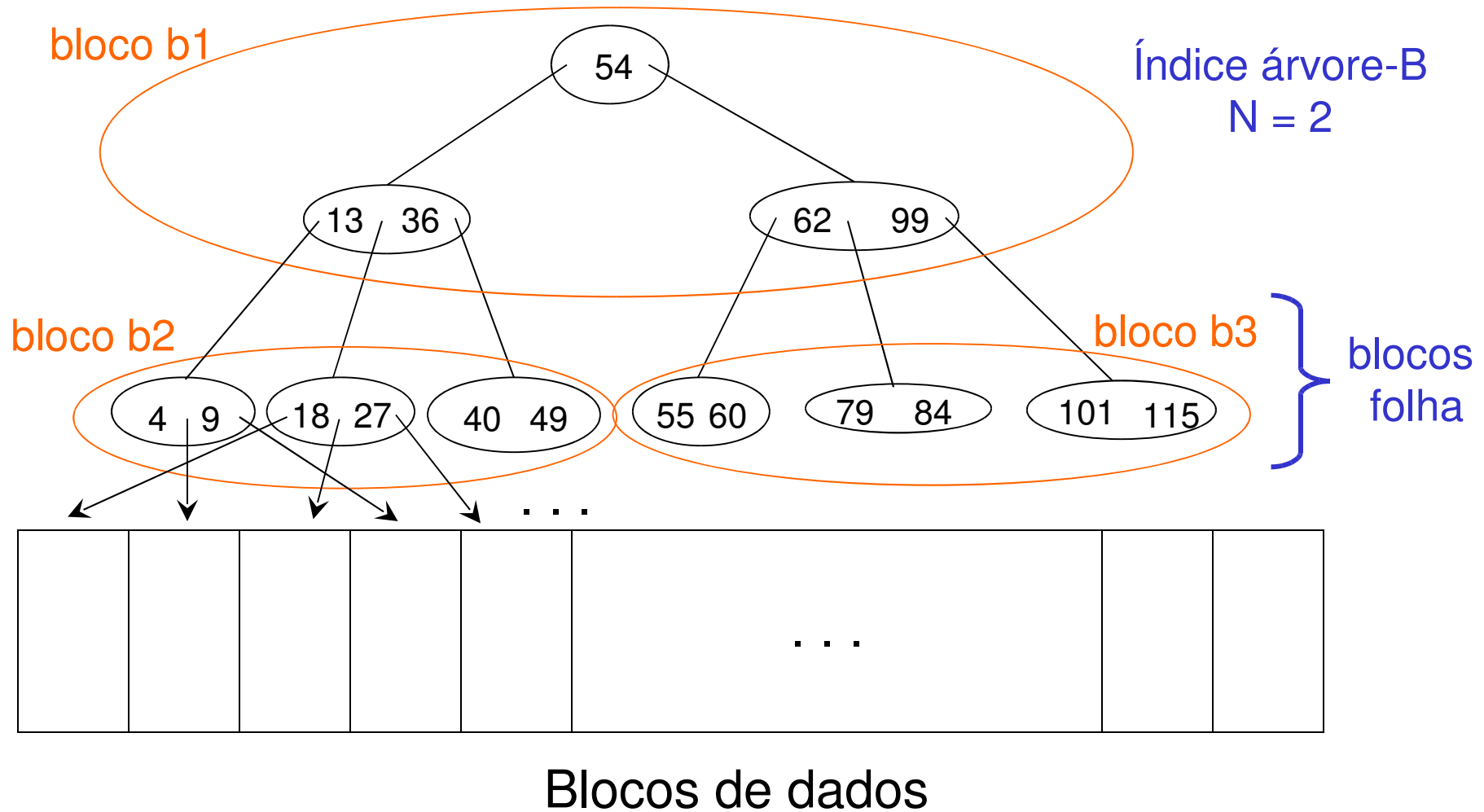
Exemplo de Estimativas de Tabela

- Existem 100 médicos cadastrados na tabela Médicos; cada tupla possui 60 bytes e 1 bloco lê/grava 1 kb
- Estimativas
 - $n_{\text{Médicos}} = 100$ tuplas
 - $t_{\text{Médicos}} = 60$ bytes
 - $f_{\text{Médicos}} = \lfloor 1024 / 60 \rfloor = 17$ tuplas
 - $b_{\text{Médicos}} = \lceil 100 / 17 \rceil = 6$ blocos

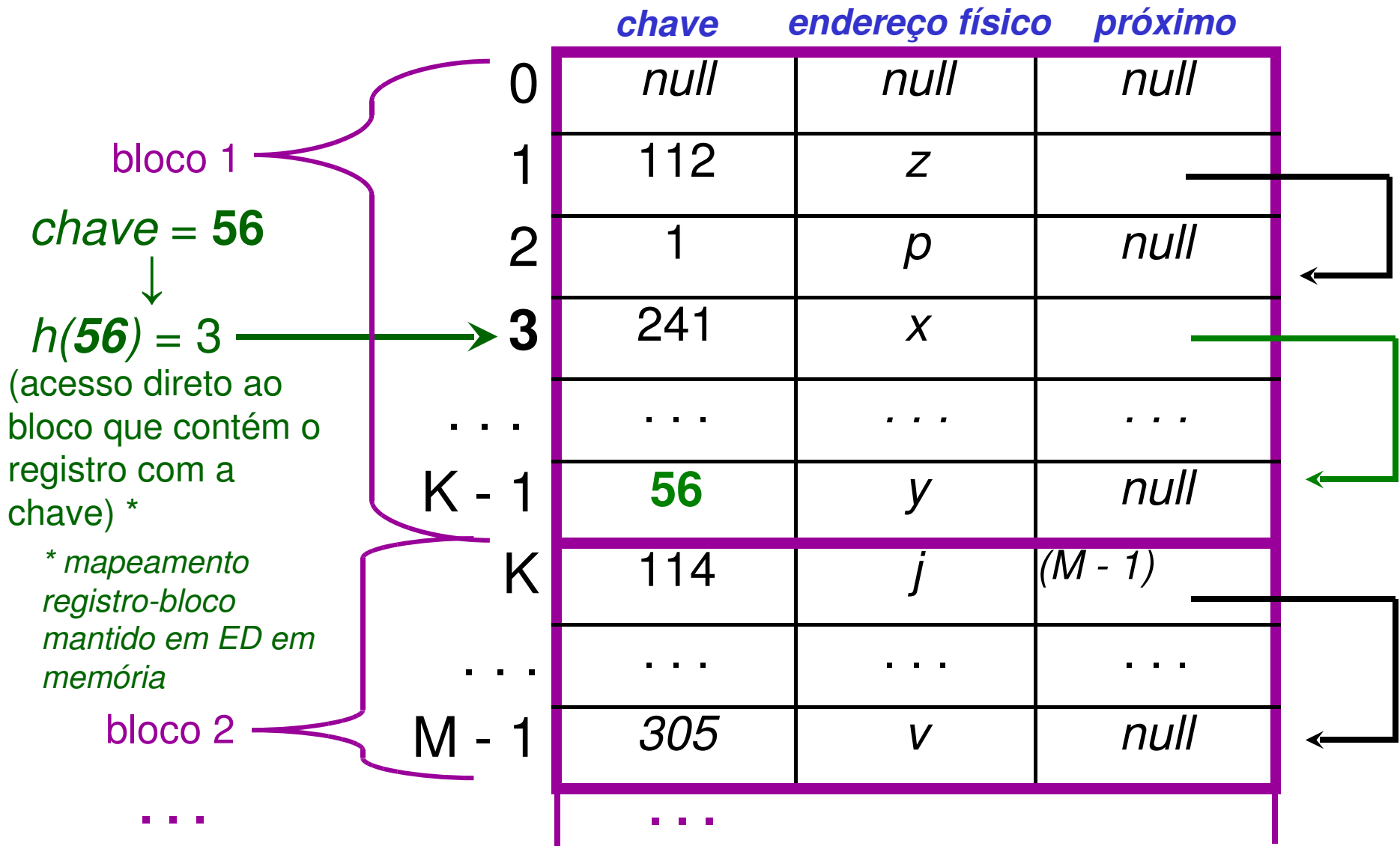
Estimativas sobre os Índices

- Principais estruturas de índice utilizadas por SGBDs
 - **Árvore-B**
 - estrutura em árvore “balanceada”
 - nodos folha têm todos a mesma altura
 - vários nodos estão fisicamente armazenados em um mesmo bloco
 - *Hashing*
 - tabela que mantém valores de chave de tuplas e seus endereços de armazenamento físico
 - várias registros (linhas da tabela hash) estão fisicamente armazenados em um mesmo bloco

Índices Árvore-B - Exemplo



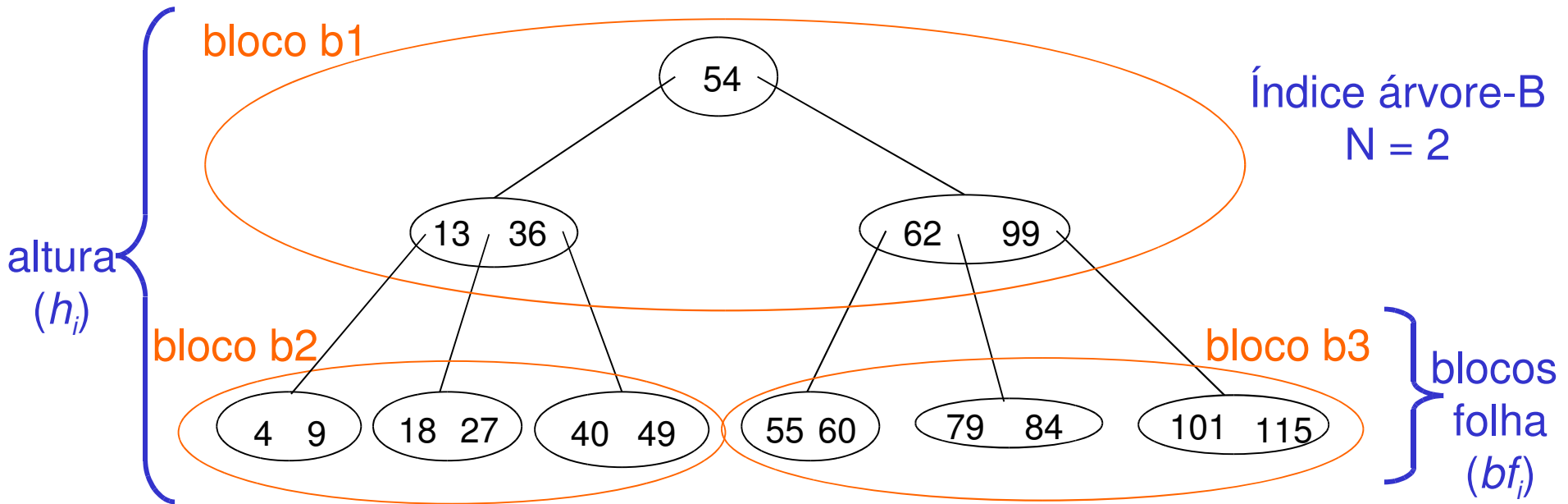
Índices Hash - Exemplo



Estimativas sobre os Índices

f_i	fator de bloco do índice i (quantos nodos de uma árvore-B cabem em um bloco)
h_i	número de níveis (em termos de blocos) do índice para valores de um atributo a_i (“altura” do índice) (assume-se armazenamento clusterizado “em largura”) $h_i = \lceil \log_{f_i} \lceil V_R(a_i) / N \rceil \rceil$ (para índices árvore-B) (N é o número de valores que cabem em um nodo) $h_i \cong 1$ (para índices <i>hash</i>) (chaves são geralmente encontradas no bloco indicado)
bf_i	número de blocos de índice no nível mais baixo do índice árvore-B (número blocos “folha”)

Exemplo de Estimativas de Índice



- Estimativas

- $f_{\text{índice-CRM}} = 3$ nodos

- $h_{\text{índice-CRM}} = \lceil \log_{f_i} \lceil V_R(a_i) / N \rceil \rceil = \log_3 \lceil 17 / 2 \rceil = 2$

- $bf_{\text{índice-CRM}} = 2$

Processamento de Seleções (σ)

- Alternativas e suas estimativas de custo
 - A1: pesquisa linear
 - A2: pesquisa binária
 - A3: índice primário para atributo chave
 - A4: índice primário para atributo não-chave
 - A5: índice secundário para atributo chave
 - A6: índice secundário para atributo não-chave
 - A7: desigualdade ($>$, \geq) com índice primário
 - A8: desigualdade ($<$, $=$) com índice primário
 - A9: desigualdade com índice secundário

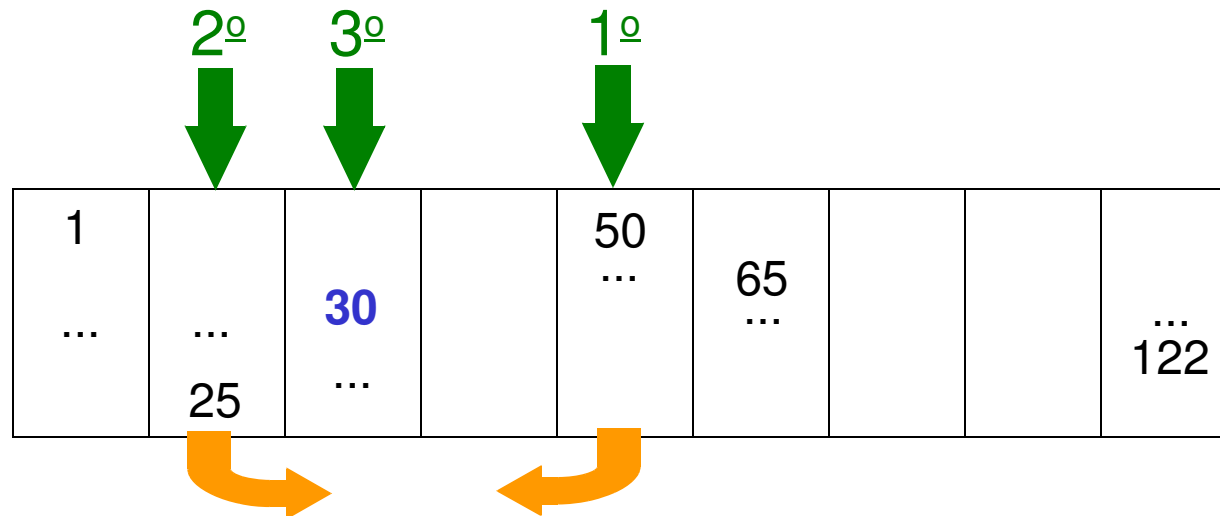
Pesquisa Linear (A1)

- Varre todo o arquivo para buscar os dados desejados
 - acessa todos os blocos do arquivo
- Em alguns casos, é a única alternativa possível
 - sempre pode ser aplicada!
- Custo para uma tabela R
 - custo = b_R

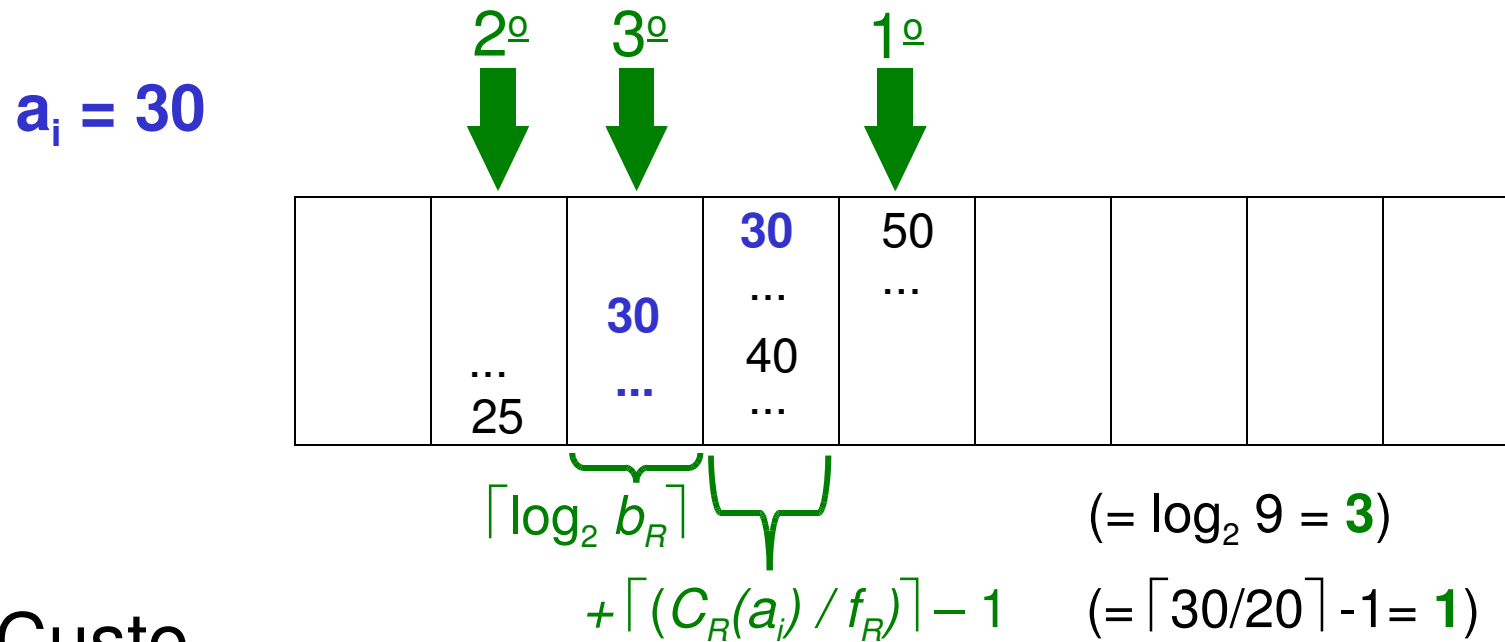
Pesquisa Binária (A2)

- Aplicado sobre uma tabela R quando
 - dados estão ordenados pelo atributo de seleção a_i
 - há uma condição de igualdade sobre a_i

$a_i = 30$



Pesquisa Binária - Custo



- Custo

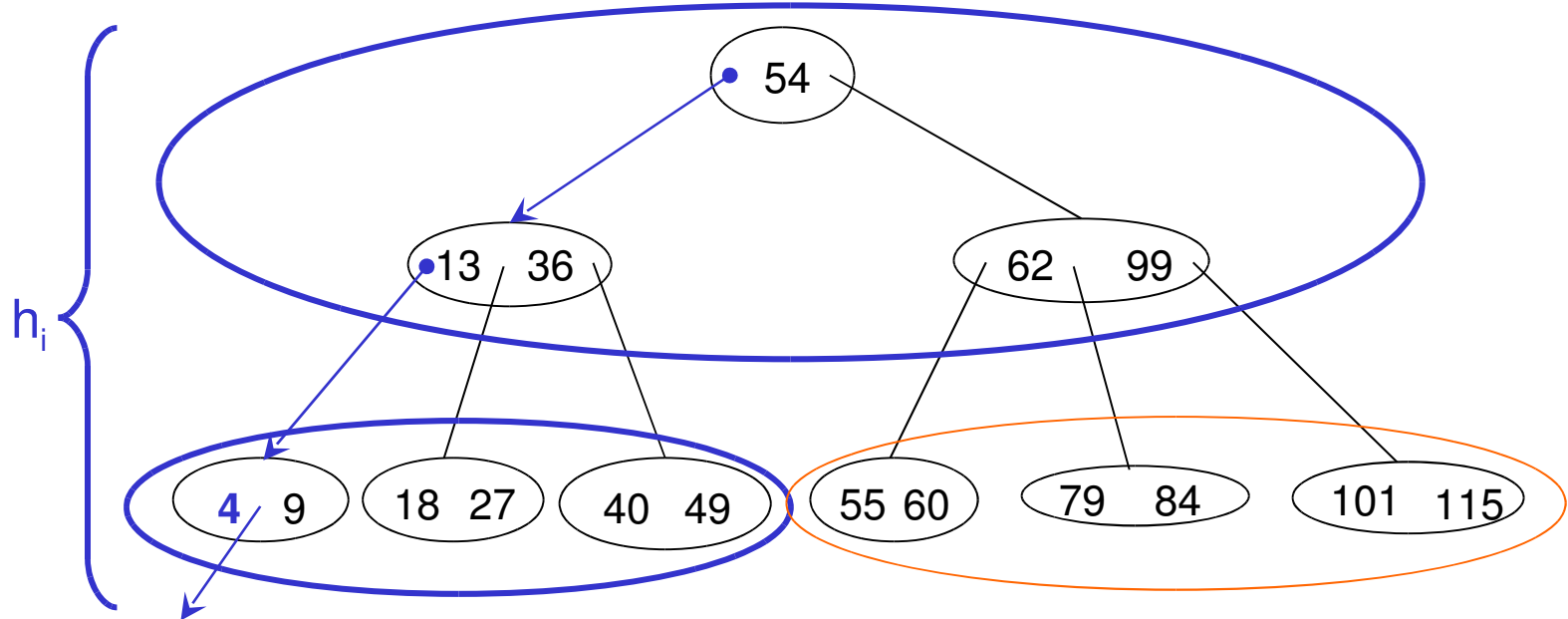
- custo para acessar o bloco da 1ª tupla: $\lceil \log_2 b_R \rceil$
- custo aproximado para acessar os blocos das demais tuplas: $\lceil (C_R(a_i) / f_R) \rceil - 1$ → desconta-se o bloco da primeira tupla (já foi localizada)
- custo = $\lceil \log_2 b_R \rceil + \lceil (C_R(a_i) / f_R) \rceil - 1$
- se a_i é chave: custo = $\lceil \log_2 b_R \rceil$ (valor não se repete)

Seleções Utilizando Índices

- Atributo a_i com índice primário
 - leitura do índice corresponde à leitura na ordem física do arquivo
 - arquivo fisicamente ordenado por valores de a_i
 - se a_i é chave (A3)
 - custo = $h_i + 1$ → acesso ao bloco onde está a tupla com o valor de a_i
 - se a_i é não-chave (A4)
 - custo = $h_i + \lceil (C_R(a_i) / f_R) \rceil$ → número aproximado de blocos contíguos acessados a partir do 1º bloco que contém o valor da chave

Seleções c/ Índices (A3 e A4) - Exemplo

$a_i = 4$



...	4							
...			

$\lceil (C_R(a_i) / f_R) \rceil$

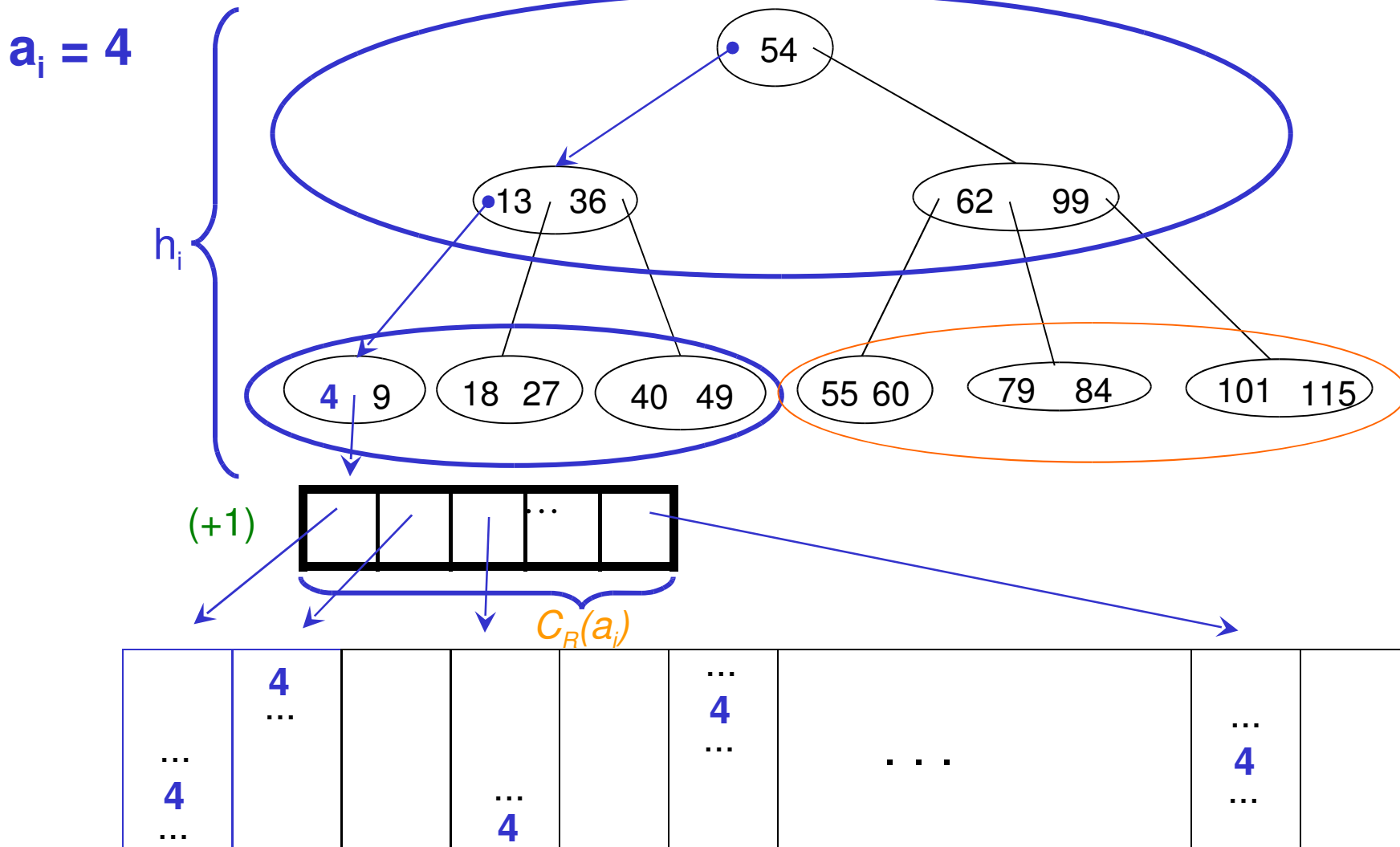
A3: $h_i + 1 = 2 + 1 = 3$

A4: $h_i + \lceil (C_R(a_i) / f_R) \rceil = 2 + \lceil 30/20 \rceil = 2 + 2 = 4$

Seleções Utilizando Índices

- Atributo a_i com índice secundário
 - arquivo não está fisicamente ordenado por valores de a_i
 - se a_i é chave (atributo *unique*, p.ex.) (A5)
 - custo = $h_i + 1$
 - se a_i é não-chave (A6)
 - supor que o bloco folha do índice aponta para uma lista de apontadores para as tuplas desejadas
 - estimar que esta lista cabe em um bloco
 - custo = $h_i + 1 + \lceil C_R(a_i) \rceil$
 - **pior caso:** cada tupla com o valor desejado está em um bloco \neq
- acesso adicional à lista de apontadores

Seleções c/ Índices (A6) - Exemplo



$$A6: h_i + 1 + \lceil (C_R(a_i)) \rceil = 2 + 1 + \lceil 30 \rceil = 33$$

Exercício 1

- Dado $Pac(\underline{codp}, nome, idade, cidade, doença)$ e as seguintes estimativas: $n_{Pac} = 1000$ tuplas; $t_{Pac} = 100$ bytes; $V_{Pac}(codp) = 1000$; $V_{Pac}(doença) = 80$; $V_{Pac}(idade) = 700$; um índice primário árvore-B para $codp$ (I1) com $N = 5$; $f_{I1} = 10$; um índice secundário árvore-B para $doença$ (I2) com $N = 3$; $f_{I2} = 5$; e $1 \text{ bloco} = 2 \text{ kb}$

- Supondo a seguinte consulta:

$$\sigma_{doença = 'câncer'}(Pac)$$

- a) qual a melhor estratégia de processamento para σ ?
- b) se agora $1 \text{ bloco} = 8 \text{ kb}$, a estratégia escolhida no item anterior continua sendo a melhor?

Comparação por Desigualdade

- Supõe-se que aproximadamente metade das tuplas satisfazem a condição
 - $a_i \leq x \Rightarrow$ número de tuplas $\approx \lceil n_R / 2 \rceil$
- DD mantém valores mínimo/máximo de a_i
 - $MIN(a_i) = x$
 - número de tuplas = 0, se $a_i < x$
 - número de tuplas = n_R , se $a_i \geq x$
 - $MAX(a_i) = y$
 - número de tuplas = 0, se $a_i > y$
 - número de tuplas = n_R , se $a_i \leq y$

Desigualdade e Índices

- Atributo a_i com índice primário
 - comparações do tipo $a_i > x$ ou $a_i \geq x$ (A7)
 - custo para buscar $a_i = x$ através do índice: h_i
 - custo (médio) para varredura do arquivo: $\lceil b_R / 2 \rceil$
 - custo = $h_i + \lceil b_R / 2 \rceil$
 - comparações do tipo $a_i < x$ ou $a_i \leq x$ (A8)
 - varre o arquivo até $a_i = x$
 - custo (médio) = $\lceil b_R / 2 \rceil$

Desigualdade e Índices

- Atributo a_i com índice secundário (A9)

- custo para buscar $a_i = x$ através do índice: h_i

- custo para varredura dos blocos folha do arquivo de índice (em média, metade dos blocos é acessado): $\lceil bf_i / 2 \rceil$

- custo para varredura das listas de apontadores em cada bloco folha: $\lceil bf_i / 2 \rceil * f_i * (N+1)$

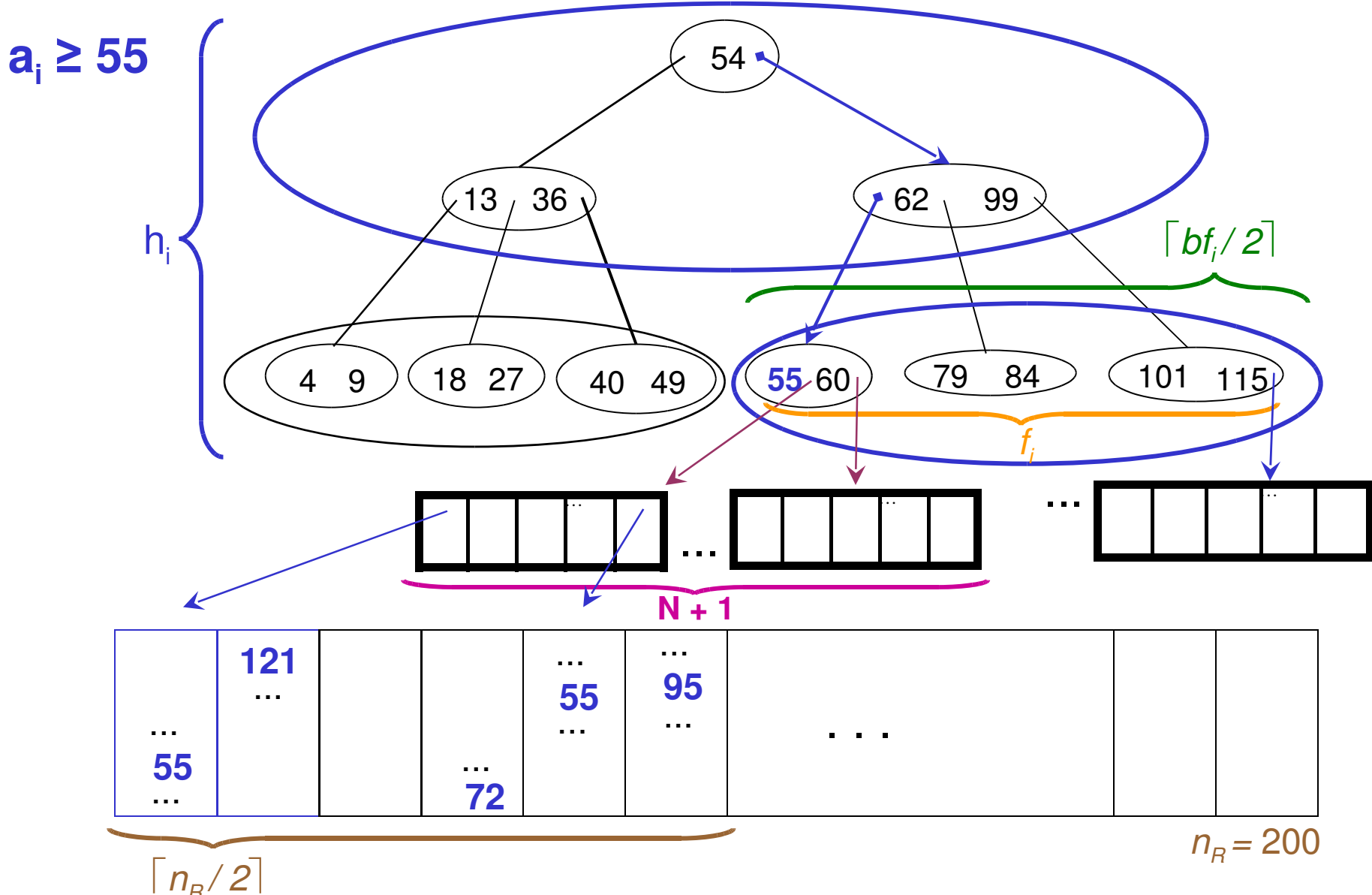
- custo para acesso a blocos de dados: $\lceil n_R / 2 \rceil$

- custo = $h_i + \lceil bf_i / 2 \rceil + \lceil bf_i / 2 \rceil * f_i * (N+1) + \lceil n_R / 2 \rceil$

cada bloco possui f_i nodos e cada nodo com $(N+1)$ listas de apontadores

pior caso: cada tupla em um bloco $\neq e$, em média, metade dos dados atende a condição

Desig. c/ Índices (A9) - Exemplo



$$A9 := h_i + \lceil bf_i / 2 \rceil + \lceil bf_i / 2 \rceil * f_i * (N+1) + \lceil n_R / 2 \rceil = 2 + 1 + 1 * 3 * 3 + 100 = 112$$

Conjunções – Estimativa de Tamanho

- Dada uma seleção $\sigma_{c_1 \wedge c_2 \wedge \dots \wedge c_n}(R)$
 - estima-se a cardinalidade de cada condição c_i
 - $C(c_i)$
 - tamanho da relação resultante é dado por
 $\lceil n_R \cdot (C(c_1) \cdot C(c_2) \cdot \dots \cdot C(c_n)) / (n_R)^n \rceil$

- Exemplo

$R(\underline{a}, b, c)$ $n_R = 100$ tuplas $V_R(a) = 100$ $V_R(b) = 20$

Dado $\sigma_{a > 5 \wedge b = 10}(R)$, temos:

$C(a > 5) = n_R / 2 = 50$ tuplas

$C(b = 10) = n_R / V_R(b) = 5$ tuplas

Estimativa tamanho = $\lceil 100 (50 \cdot 5) / 100^2 \rceil = 3$ tuplas

Disjunções – Estimativa de Tamanho

- Dada uma seleção $\sigma_{c_1 \vee c_2 \vee \dots \vee c_p}(R)$
 - tamanho da relação resultante é dado por $\lceil n_R \cdot (1 - (1 - C(c_1) / n_R) \cdot (1 - C(c_2) / n_R) \cdot \dots \cdot (1 - C(c_p) / n_R)) \rceil$
- Exemplo
 - $R(\underline{a}, b, c)$ $n_R = 100$ tuplas $V_R(a) = 100$ $V_R(b) = 20$
 - Dado $\sigma_{a > 5 \vee b = 10}(R)$, temos:
 - $C(a > 5) = n_R / 2 = 50$ tuplas
 - $C(b = 10) = n_R / V_R(b) = 5$ tuplas
 - Estimativa tamanho = $100 \cdot (1 - (1 - 50/100) \cdot (1 - 5/100))$
= 53 tuplas

Negações – Estimativa de Tamanho

- Dada uma seleção $\sigma_{\neg\theta}(R)$

– tamanho da relação resultante é dado por

$$n_R - \text{estimativaTamanho}(\sigma_{\theta})$$

- Exemplo

$$R(\underline{a}, b, c) \quad n_R = 100 \text{ tuplas} \quad V_R(a) = 100 \quad V_R(b) = 20$$

Dado $\sigma_{\neg(a > 5 \vee b = 10)}(R)$, temos:

$$\text{Estimativa tamanho}(\sigma_{a > 5 \vee b = 10}) = 53 \text{ tuplas}$$

$$\text{Estimativa tamanho}(\sigma_{\neg(a > 5 \vee b = 10)}) = 100 - 53 = 47 \text{ tuplas}$$

Exercício 2

- Considere a relação **Pac** e as estimativas dadas no Exercício 1
- Dada a consulta

$\sigma_{\text{codp} > 10000 \wedge \text{cidade} = \text{'Florianópolis'}} (\text{Pac})$

- a) qual a melhor estratégia de processamento para σ ?
- b) supondo agora a existência de um índice secundário árvore-B para cidade (I3) com $N = 3$, $f_{I3} = 5$, $bf_{I3} = 10$ e $V_{\text{Pac}}(\text{cidade}) = 100$, qual a melhor estratégia de processamento para σ ?

Exercício 3

Estime o tamanho do resultado da execução das operações abaixo sobre a relação *Pac*

a) $\sigma_{\text{codp} > 10000 \wedge \text{doença} = \text{'hepatite'}} (\text{Pac})$

b) $\sigma_{\text{idade} > 60 \wedge \text{cidade} = \text{'Lages'} \vee \text{codp} = 10000} (\text{Pac})$

c) $\sigma_{\text{idade} = 60 \wedge \text{cidade} = \text{'Lages'} \vee \neg (\text{codp} = 10000) \wedge \text{idade} < 20} (\text{Pac})$