

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

Recuperação de Falhas

- Garantia de **atomicidade** e **durabilidade** de Transações
 - requer um SGBD **tolerante a falhas**
- Tolerância a falhas em BDs
 - capacidade de conduzir o BD a um **estado passado consistente**, após a ocorrência de uma falha que o deixou em um estado inconsistente
 - baseia-se em **redundância** de dados
 - não é um mecanismo 100% seguro
 - responsabilidade do **subsistema de *recovery*** do SGBD

Subsistema de *Recovery*

- Controles
 - durante o funcionamento normal do SGBD
 - manter informações sobre o que foi atualizado no BD pelas transações
 - realizar cópias periódicas do BD
 - após a ocorrência de uma falha
 - executar ações para retornar o BD a um estado consistente
 - ações básicas
 - **UNDO**: desfazer uma atualização no BD
 - **REDO**: refazer uma atualização no BD
- Considerações sobre o seu projeto
 - tipos de falhas a tratar
 - técnica de *recovery* a aplicar

Ações Básicas de *Recovery*

- Transaction UNDO
 - uma transação não concluiu suas operações
 - as modificações realizadas por esta transação no BD são desfeitas
- Global UNDO
 - uma ou mais transações não concluíram as suas operações
 - as modificações realizadas por todas estas transações no BD são desfeitas
- Partial REDO
 - na ocorrência de uma falha, algumas transações podem ter concluído suas operações (*committed*), mas suas ações podem não ter se refletido no BD
 - as modificações realizadas por estas transações são refeitas no BD
- Global REDO
 - no caso de um comprometimento do BD, todas as transações *committed* no BD são perdidas
 - as modificações realizadas por todas estas transações no BD são refeitas

Tipos de Falhas

- Falha de Transação

- uma transação ativa termina de forma anormal
- causas
 - violação de RI, lógica da transação mal definida, *deadlock*, cancelamento pelo usuário, ...
- não compromete a memória principal e a memória secundária (disco, em geral)
- falha com maior probabilidade de ocorrência
- seu tempo de recuperação é pequeno
 - ação: Transaction UNDO

Tipos de Falhas

- Falha de sistema

- o SGBD encerra a sua execução de forma anormal
- causas
 - interrupção de energia, falha no SO, erro interno no SW do SGBD, ...
- compromete a memória principal e não compromete o disco
- falha com média probabilidade de ocorrência
- seu tempo de recuperação é médio
 - ações: Global UNDO e Partial REDO

Tipos de Falhas

- Falha de meio de armazenamento
 - o BD torna-se total ou parcialmente inacessível
 - causas
 - setores corrompidos no disco, falha no cabeçote de leitura/gravação, ...
 - não compromete a memória principal e compromete o disco
 - falha com menor probabilidade de ocorrência
 - seu tempo de recuperação é grande
 - ação: Global REDO

Técnicas de *Recovery*

- Baseadas em *Log*

- modificação imediata do BD

- técnica UNDO/REDO
 - técnica UNDO/NO-REDO

- modificação postergada do BD

- técnica NO-UNDO/REDO

- recuperação de meio de armazenamento

- técnica ARCHIVE/DUMP/REDO

- Baseadas em *Shadow Pages*

- técnica NO-UNDO/NO-REDO

recuperação de
falhas de transação
e de sistema

recuperação de
falhas de transação
e de sistema

Técnicas Baseadas em *Log*

- Técnicas mais comuns de *recovery*
- Utilizam um *arquivo de Log* (ou *Journal*)
 - registra seqüencialmente as atualizações feitas por transações no BD
 - é consultado em caso de falhas para a realização de UNDO e/ou REDO de transações
 - mantido em uma ou mais cópias em memória secundária (disco, fita, ...)
 - tipos de *log*
 - *log de UNDO*
 - mantém apenas o valor antigo do dado (*before image*)
 - *log de REDO*
 - mantém apenas o valor atualizado do dado (*after image*)
 - *log de UNDO/REDO* (mais comum)
 - mantém os valores antigo e atualizado do dado

Tipos de Registro no *Log*

- Supõe-se que toda transação possui um identificador único gerado pelo SGBD
- Para fins de recuperação de falhas, operações *read* não precisam ser gravadas
 - úteis apenas para outros fins (auditoria, estatísticas, ...)
- Principais tipos de registro

– início de transação: `<start Tx>`

– *commit* de transação: `<commit Tx>`

– atualização: `<write Tx, X, beforeImage, afterImage>`

não é necessário em log REDO ←

não é necessário em log UNDO ←

Exemplo de *Log*

Log

```
<start T3>  
<write T3, B, 15, 12>  
<start T1>  
<write T1, D, 20, 25>  
<commit T1>  
<start T2>  
<write T2, B, 12, 18>  
<write T3, A, 10, 19>  
<write T2, D, 25, 26>  
<commit T3>  
<commit T2>  
...
```

T₁

```
read(A)  
read(D)  
write(D)
```

T₂

```
read(B)  
write(B)  
read(D)  
write(D)
```

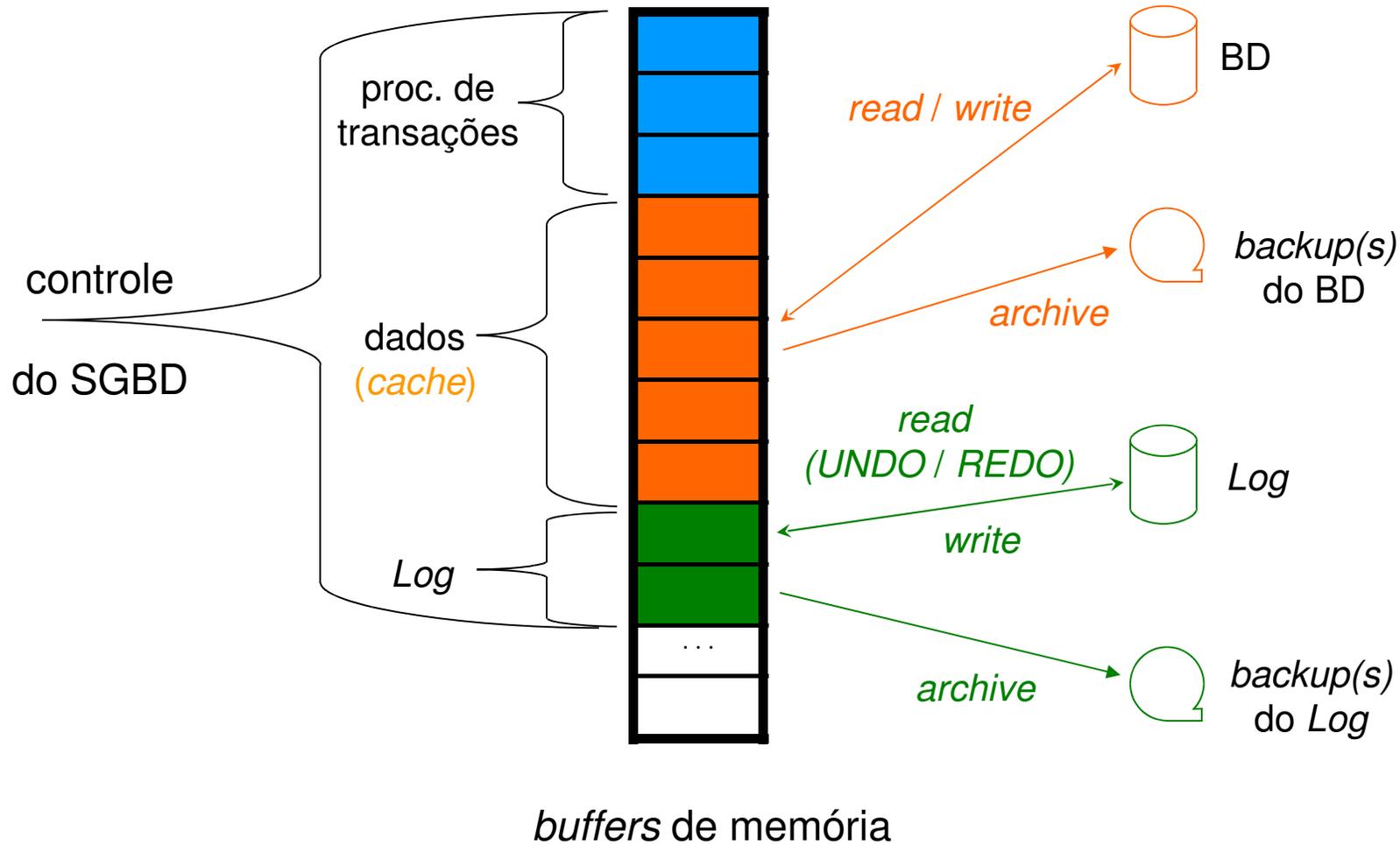
T₃

```
read(C)  
write(B)  
read(A)  
write(A)
```

Gerenciamento de *Buffer*

- *Buffer*
 - conjunto de blocos da memória principal
 - considera-se **bloco** e **página** conceitos sinônimos
- O SGBD é responsável pela gerência de alguns *buffers*
 - *buffers* para dados, para processamento de transações e para o *Log*
 - ele assume o controle desses *buffers*, ao invés do SO, requisitando apenas serviços de leitura/escrita de blocos ao SO

Gerenciamento de *Buffer*



Gerenciamento de *Buffer*

- Técnicas de *recovery* devem sincronizar os *buffers* de *log* e de dados
 - princípio básico
 - um bloco atualizado na *cache* só pode ser gravado no BD após o histórico dos dados atualizados neste bloco ter sido gravado no *Log* em disco
 - *Write-Ahead-Log (WAL)*
 - uma transação T_x só pode passar para o estado *efetivada (committed)* após todas as suas atualizações terem sido gravadas no BD segundo o princípio *WAL*
- O SGBD aplica técnicas de gerenciamento de *buffer*
 - estas técnicas influenciam as técnicas de *recovery*

Técnicas de Gerência de *Buffer*

- *NOT-STEAL*

- um bloco na *cache* utilizado por uma transação T_x **não pode** ser gravado antes do *commit* de T_x
 - bloco possui um *bit de status* indicando se foi (1) ou não (0) modificado
 - vantagem: processo de *recovery* mais simples - evita dados de transações inacabadas sendo gravadas no BD

- *STEAL*

- um bloco na *cache* utilizado por uma transação T_x **pode** ser gravado antes do *commit* de T_x
 - necessário se algum dado é requisitado do BD por outra transação e não há blocos disponíveis na *cache*
 - o bloco “vítima” é escolhido através de alguma técnica de SO
 - LRU, FIFO, ...
 - vantagem: não há necessidade de manter blocos bloqueados por transações

Técnicas de Gerência de *Buffer*

- **FORCE**
 - os blocos que mantêm dados atualizados por uma transação T_x **são** imediatamente gravados no BD quando T_x alcança o *commit*
 - deve-se saber quais os blocos que T_x *atualizou dados*
 - **vantagem**: garante a durabilidade de T_x o mais cedo possível (garante mais o REDO de T_x em caso de falha)
- **NOT-FORCE**
 - os blocos que mantêm dados atualizados por T_x **não são** imediatamente gravados no BD quando T_x alcança o *commit*
 - **vantagem**: blocos atualizados podem permanecer na *cache* e serem utilizados por outras transações, após o *commit* de T_x (reduz custo de acesso a disco)

Exercício 1

- a) Considere o *Log* abaixo após a ocorrência de uma falha de sistema. Apresente os valores resultantes dos dados X e Y para cada alternativa de execução de operações UNDO e REDO proposta abaixo. Qual das alternativas mantém o BD consistente?

```
<start T1>
<start T2>
<write T1, X, 1, 7>
<start T3>
<write T2, X, 7, 70>
<commit T1>
<start T4>
<write T3, X, 70, 700>
<write T3, Y, 10, 100>
<write T4, Y, 100, 55>
<commit T4>
<write T2, Y, 55, 550>
```

- 1) UNDO de T₂ e T₃ + REDO de T₁ e T₄ ↓
- 2) UNDO de T₂ e T₃ + REDO de T₁ e T₄ ↑
- 3) 1ª passada: UNDO de T₂ e T₃ ↑;
2ª passada: REDO de T₁ e T₄ ↓
- 4) 1ª passada: REDO de T₁ e T₄ ↓;
2ª passada: UNDO de T₂ e T₃ ↑

Observações:

- 1) ↓ significa varredura *forward* do *Log*
- 2) ↑ significa varredura *backward* do *Log*

- b) Qual das seguintes combinações de técnicas de gerenciamento de *buffer* requer um gerenciamento mais complexo por parte do SGBD? Por quê?

- a) STEAL + NOT-FORCE
- b) NOT-STEAL + FORCE

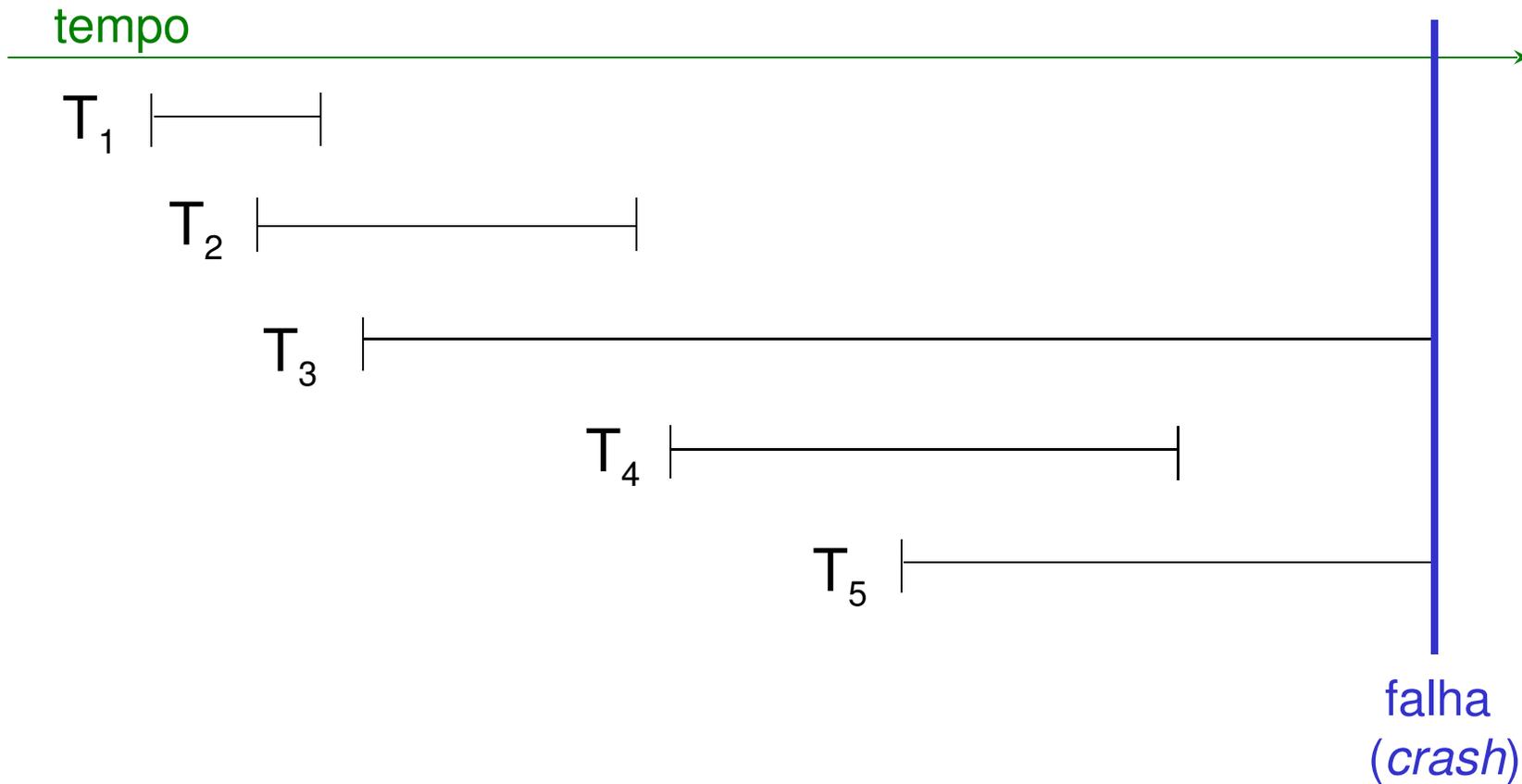
Modificação Imediata do BD

- Abordagem na qual dados atualizados por uma transação T_x podem ser gravados no BD antes do *commit* de T_x
- Abordagem mais comum de *recovery*
 - gerenciamento de *buffer* mais simples
 - utiliza técnica STEAL
- Duas técnicas
 - UNDO/REDO
 - técnica mais comum de *recovery*
 - UNDO/NO-REDO

Técnica UNDO/REDO

- Grava o *commit* de T_x no *Log* depois de todas as atualizações de T_x terem sido gravadas no *Log*, e antes destas atualizações serem gravadas no BD
 - requer um *Log de UNDO/REDO*
- Utiliza 2 listas de transações
 - *lista-REDO*: IDs de transações *committed*
 - possuem *commit* gravado no *Log*
 - *lista-UNDO*: IDs de transações ativas
- Procedimento (em caso de falha)
 1. faz uma varredura *backward do Log*, realizando **UNDO** das transações na lista-UNDO
 2. faz uma varredura *forward do Log*, realizando **REDO** das transações na lista-REDO

Técnica UNDO/REDO - Exemplo



lista-UNDO: T_3 , T_5 (devem sofrer UNDO)

lista-REDO: T_1 , T_2 , T_4 (devem sofrer REDO)

Técnica UNDO/REDO

- A propriedade de **idempotência** de operações UNDO e REDO é válida
 - fazer UNDO ou REDO uma vez ou várias vezes produz o mesmo resultado
 - situações em que ocorrem falhas durante o processo de *recovery*
- Técnica mais trabalhosa de *recovery*
 - tanto UNDO quanto REDO devem ser realizados
 - porém, o gerenciamento de *buffer* é mais simples

Exercício 2

- a) Na técnica UNDO/REDO, suponha que uma varredura inicial seja feita no *Log* para montar a lista-UNDO e a lista-REDO, antes da realização das varreduras *backward* e *forward*. Proponha algoritmos de alto nível para definir essas listas através de:
- i. Uma varredura *backward* do *Log*;
 - ii. Uma varredura *forward* do *Log*.
- Qual algoritmo é mais simples?
- b) No item anterior, o algoritmo UNDO/REDO realiza 3 varreduras no *Log*. Proponha um algoritmo mais eficiente, que resolva o problema realizando apenas 2 varreduras no *Log* (uma *backward* e outra *forward*)