

UFSC-CTC-INE

Curso de Sistemas de Informação

INE 5600 – Bancos de Dados III

**BDT:**

**Principais conceitos e  
Manipulação de Dados**

UFSC-CTC-INE

Curso de Sistemas de Informação

INE 5600 – Bancos de Dados III

**BDT:**

**Principais Conceitos**

# Banco de Dados Temporal (BDT)

- Mantém a evolução de um dado no tempo
  - manutenção de todos os estados de um dado
    - passado, presente e futuro
- Exemplos de aplicações
  - Área médica
    - quadro clínico de pacientes, diagnósticos, ...
  - Sistemas de informação geográfica
    - crescimento demográfico, desmatamento, ...
  - Área empresarial
    - evolução de vendas, ...

# BD Convencional X BDT

- BD Convencional

- mantém apenas o estado corrente do dado
- gerenciamento temporal deve ser realizado pela aplicação
  - definição explícita de propriedades temporais, consultas temporais devem ser previstas, ...

- BD Temporal

- representação de estados passados, presente e futuros de um dado
- gerenciamento temporal é controlado pelo BD
  - definição implícita de propriedades temporais, linguagens de consulta estendidas, ...

# Conceitos Principais

- BDs quanto ao tipo de tempo
- Granularidade
- Rótulos temporais
- Restrições de integridade temporais

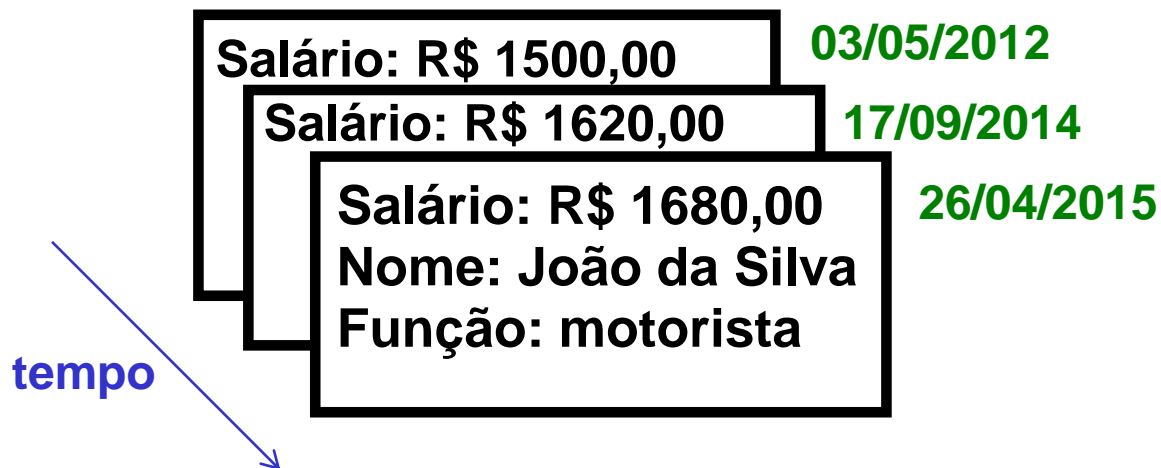
# Tipos de Tempo

- Classificação
  - instantâneo, transação, validade, bitemporal
- Tempo instantâneo
  - característico de BD convencional (BD instantâneo)
  - registra apenas o dado válido no momento atual



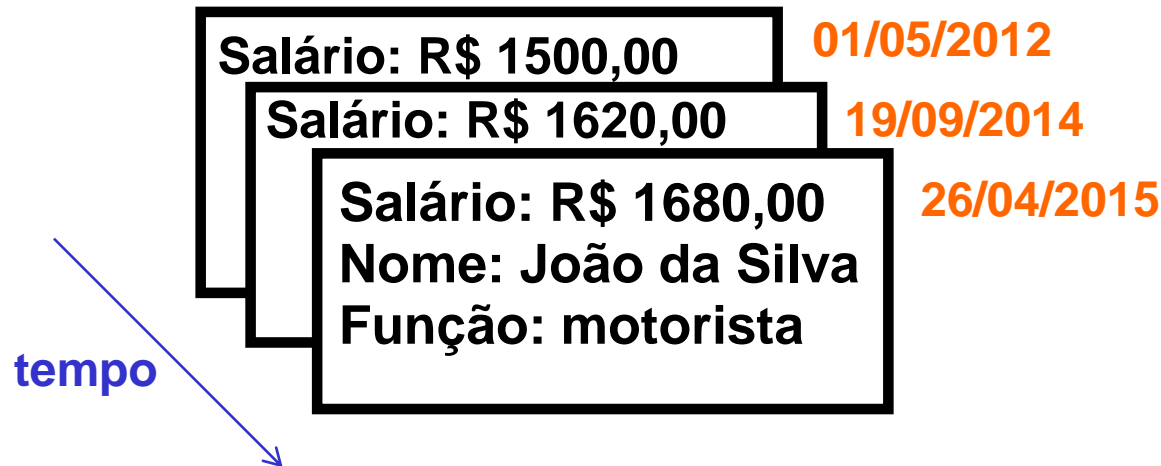
# Tempo de Transação

- Tempo de definição de um dado no BD por uma transação
  - tempo fornecido pelo SGBD (*timestamp*)
  - característico de **BD de Tempo de Transação** ou **BD Rollback**



# Tempo de Validade

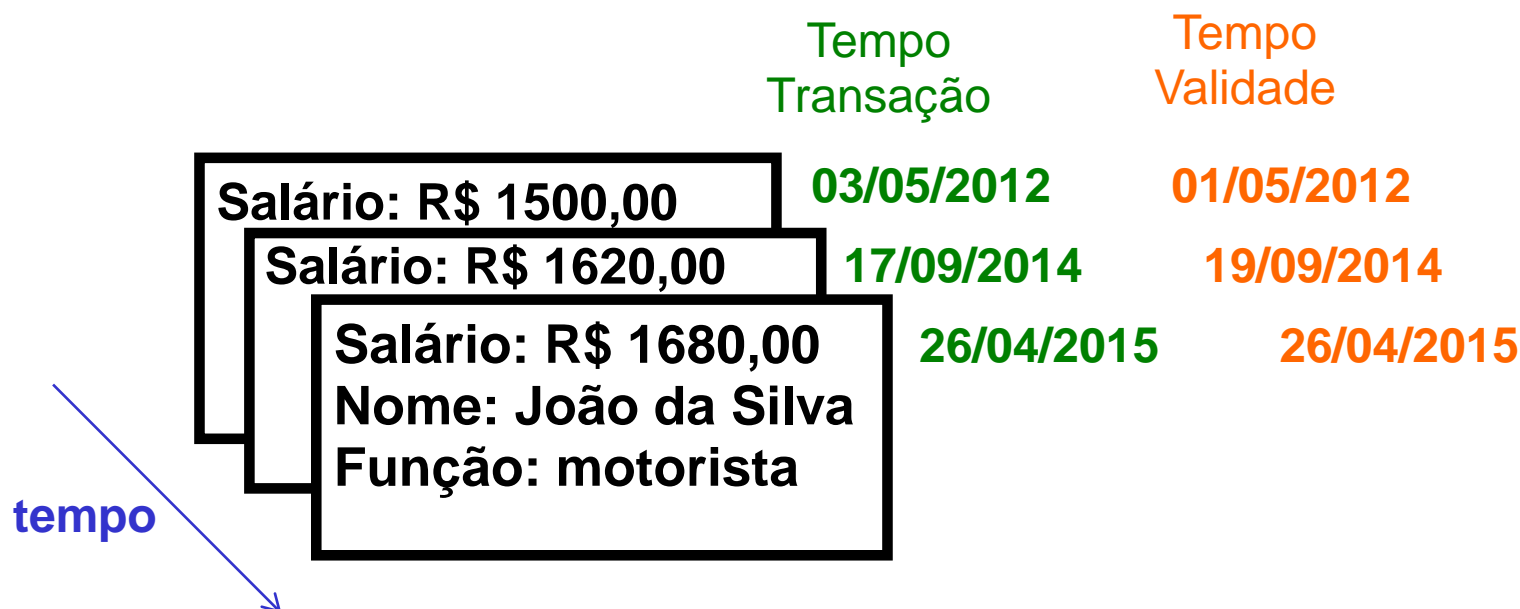
- Tempo em que dado é válido no mundo real
  - tempo fornecido pelo usuário
  - característico de **BD de Tempo de Validade** ou **BD Histórico**





# Tempo Bitemporal

- Manutenção conjunta do tempo de transação e do tempo de validade
  - não necessariamente ambos coincidem
  - característico de **BD Bitemporal**



# Conceitos Principais

- BDs quanto ao tipo de tempo
- Granularidade
- Rótulos temporais
- Restrições de integridade temporais

# Granularidade

- Dois aspectos a considerar em modelagens
  - granularidade temporal
  - granularidade do fato do mundo real
- Granularidade temporal (discretização)
  - duração do período de tempo (*chronon*)
    - ano, mês, dia, hora, ...
    - pode variar de dado para dado
- Granularidade do fato do mundo real
  - para qual porção do fato se deve registrar a evolução temporal
    - fato completo, alguns atributos, alguns dos seus relacionamentos, ...

# Granularidade - Exemplo

## QuadroClinicoPacientes

<u>ID</u>	temperatura	pressão	batimento cardíaco
-----------	-------------	---------	--------------------

- manter evolução de todos os atributos (fato como um todo)
- granularidade temporal (*chronon*): *hora*

## Empregados

<u>ID</u>	nome	salário	função	CPF
-----------	------	---------	--------	-----

- manter evolução dos atributos salário e função
- *chronon* para salário: *mês*
- *chronon* para função: *ano*

# Conceitos Principais

- BDs quanto ao tipo de tempo
- Granularidade
- Rótulos temporais
- Restrições de integridade temporais

# Rótulos Temporais

- Formas de representação de atributos temporais
  - instante
  - intervalo
  - elemento temporal
- Constante *now*
  - indica o momento presente e separa o passado do futuro

# Instante Temporal

- Representação de um **ponto** no tempo
  - relacionado à ocorrência de um evento
- Exemplos

## Infrações Rodoviárias

Infrator	Local	Rodovia	Instante
João	Fpolis	SC 401	14/3/2015
Pedro	Palhoça	BR 101	18/1/2016
...	...	...	...

## Publicações

Autor	Conferência	Instante
João	SBBD	2012
João	VLDB	2013
Ana	SBBD	2013
...	...	...

# Intervalo

- Tempo decorrido **entre dois instantes**
  - composto por um conjunto finito de *chronons*
  - representado por um intervalo  $[t1, t2]$ 
    - $t1 \leq t2$
    - $t1$  ou  $t2$  podem ser *now* (intervalo com tamanho variável)
    - $t1 = \ll$  (início da contagem temporal:  $-\infty$  ou um tempo predefinido)
    - $t2 = \gg$  (final da contagem temporal:  $+\infty$  ou um tempo predefinido)



# Intervalo – Exemplos

## Empregados

<u>ID</u>	nome	salário	Início	Fim
1	João	500.00	Mai/11	Ago/12
1	João	620.00	Set/12	Mar/13
1	João	680.00	Abr/13	<i>now</i>
2	Maria	600.00	«	Mar/13
2	Maria	650.00	Abr/13	<i>now</i>
...	...	...	...	...

## EscalaLimpeza

CPF	andar	Início	Fim
101	3	10/05/13	12/05/13
101	térreo	22/05/13	27/05/13
222	2	13/05/13	16/05/13
...	...	...	...

# Elemento Temporal

- União finita de eventos ou de intervalos
  - representação mais expressiva
    - evita a fragmentação de um dado em várias tuplas, uma para cada evento ou intervalo
  - útil para modelar um fato que pode apresentar os mesmos valores em momentos distintos no tempo
  - exemplo

## Publicações

Autor	Conferência	Anos
João	SBBD	2012 $\cup$ 2014
João	VLDB	2013
Ana	SBBD	2013 $\cup$ 2014 $\cup$ 2015
...	...	...

# Conceitos Principais

- BDs quanto ao tipo de tempo
- Granularidade
- Rótulos temporais
- Restrições de integridade temporais

# Restrições Temporais (RIT)

- Restrições aplicadas a rótulos temporais
- Exemplos
  - RIT aplicada a **instantes de tempo**
    - aumentos de salário só ocorrem em FEV, JUN ou NOV
  - RIT aplicada a um **intervalo de tempo**
    - o término de uma partida de futebol só pode ocorrer 90 minutos após o seu início
  - RIT que considera **instante e intervalo de tempo**
    - o histórico do salário de um empregado (intervalos de tempo) só começa a ser registrado quando ele passar do status de *estagiário* para *efetivo* (evento)

# BDT – Gerências Necessárias

- Definição de esquemas temporais
  - flexibilidade para a modelagem de conceitos temporais
    - tipo de tempo, granularidade, rótulo, ...
- Linguagem de consulta temporal
  - consultas bitemporais em qualquer tempo
- Especificação de RIs temporais
- Geração de dados históricos
  - geração automática
    - modificação de salário
  - inserção manual
    - previsões futuras

# Suporte a Dados Temporais na Prática

- Suporte parcial por SGBDs tradicionais
  - exemplo1: Oracle 12c suporta tempo de validade para colunas definidas pelo usuário e consultas por tempo de validade
  - exemplo2: IBM DB2 10 suporta tempo de transação e de validade, tabelas históricas definidas pelo usuário e consultas por ambos os tempos
- Alguns protótipos acadêmicos
  - TimeDB
  - Tiger
- Importante aplicação
  - *Data Warehouse (DW)*

UFSC-CTC-INE

Curso de Sistemas de Informação

INE 5600 – Bancos de Dados III

**BDT:**

**Manipulação de Dados**

# Atualização de Dados Temporais

- Modificação da história dos dados do BDT
- Premissa básica
  - atualizações preservam dados históricos
- nada é excluído! (a princípio...)
- Execução das operações depende basicamente
  - do tipo de BD
    - histórico, transação, bitemporal
  - do tipo de rótulo temporal
    - instante, intervalo ou elemento temporal



# Atualização de Dados Temporais

- Não há uma política única e consolidada para gerenciamento de atualizações
- Algumas classificações de critérios
  - passado imutável ou mutável
    - pode-se modificar somente o presente ou previsões futuras OU pode-se modificar também o passado
  - conflitos de validade permitidos ou proibidos
    - se são permitidos, deve-se ajustar as validades dos dados históricos envolvidos para resolver o conflito

# Exclusão de Dados

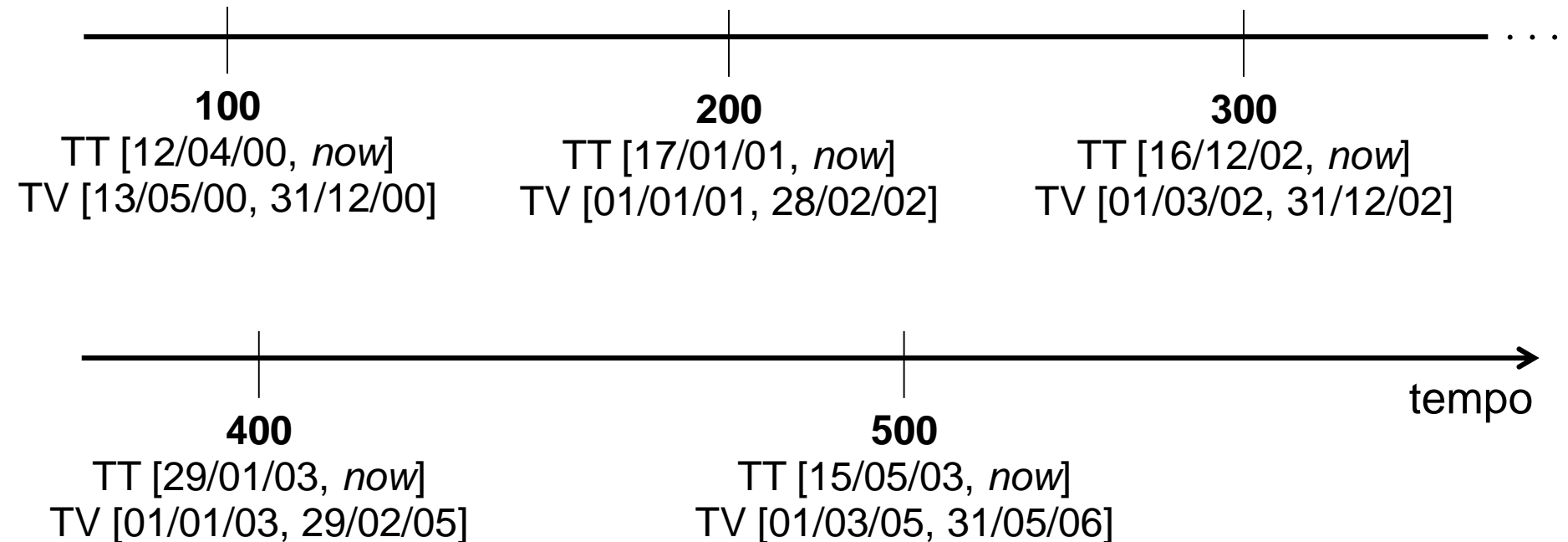
- Não remove fisicamente o dado
  - significa apenas o fim da sua validade
- Exclusão física
  - conhecida por *vacuuming*
  - executada (raramente)
    - quando a história do dado não é mais relevante para a aplicação
    - para diminuir o volume de dados

# Execução de Atualizações

- Para fins de exemplo, consideraremos
  - um **BDT Bitemporal** (TT e TV)
    - tempo de validade informado pelo usuário
    - tempo de transação controlado pelo SGBDT
  - rótulo temporal do tipo **intervalo**
  - critério de atualização mais liberal
    - **passado mutável**
    - **conflitos de atualização permitidos**
  - analisaremos dois tipos de atualizações
    - **convencional** (atualiza dados válidos no presente)
    - **temporal** (atualiza dados em outros tempos)

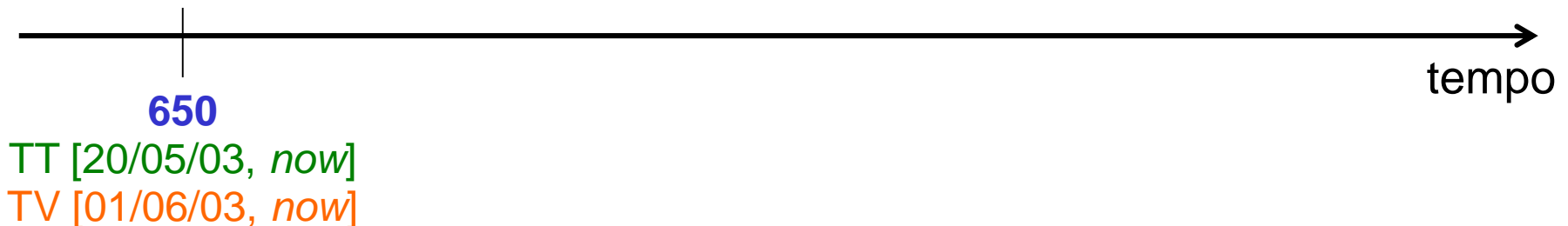
# Exemplo de Contexto Temporal

- Evolução dos salários do empregado João



# Inclusão Convencional

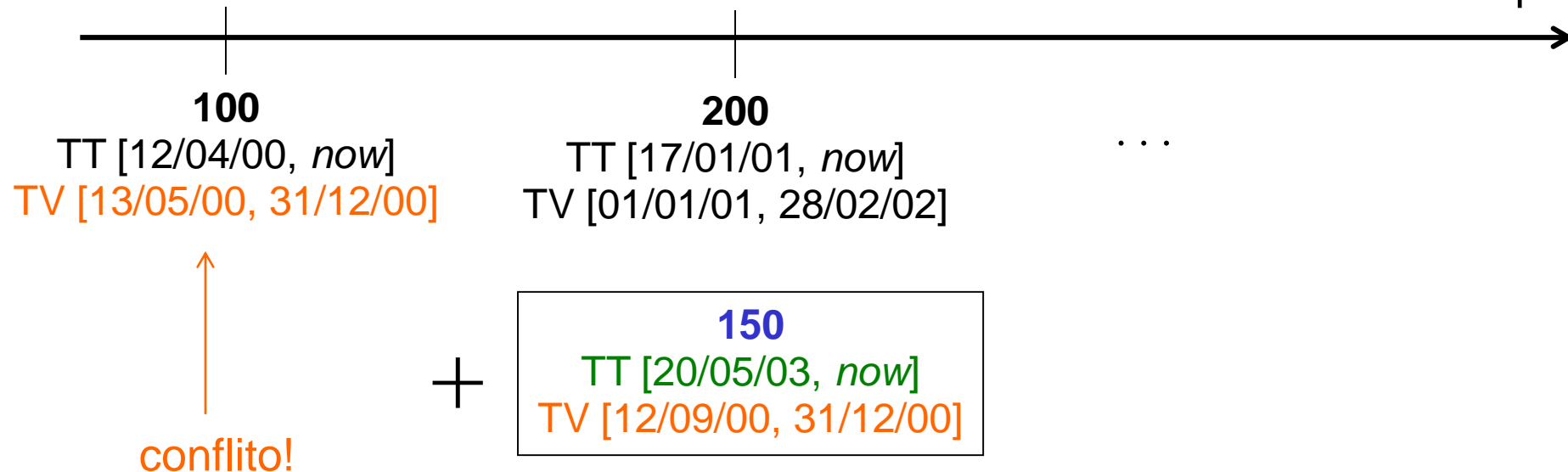
- Considerada a primeira ocorrência de um dado (no presente)
- Exemplo
  - Maria foi admitida e passa a trabalhar na empresa no próximo mês com salário de R\$ 650.00
  - observação: assuma *hoje* como 20/05/03



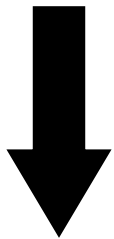
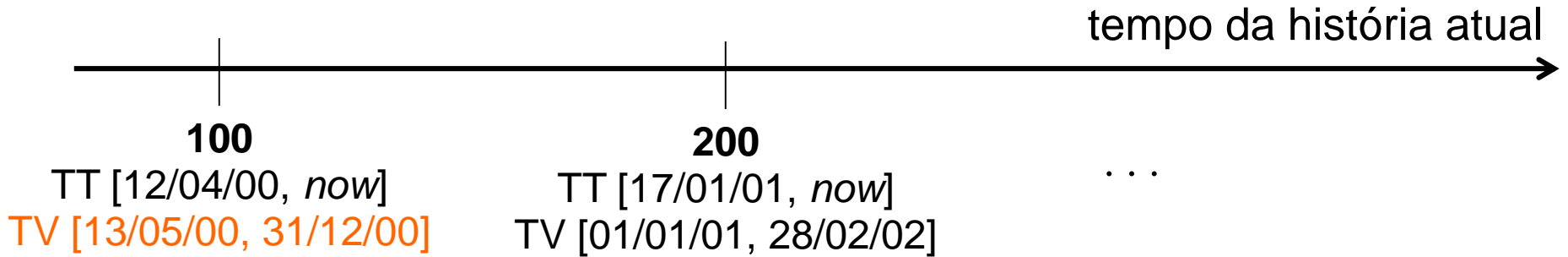
# Inclusão Temporal

- Insere informações históricas sobre um dado
  - correções ou detalhamentos na história atual
- Exemplo 1
  - João recebia R\$ 150.00 no período de 12/09/00 a 31/12/00

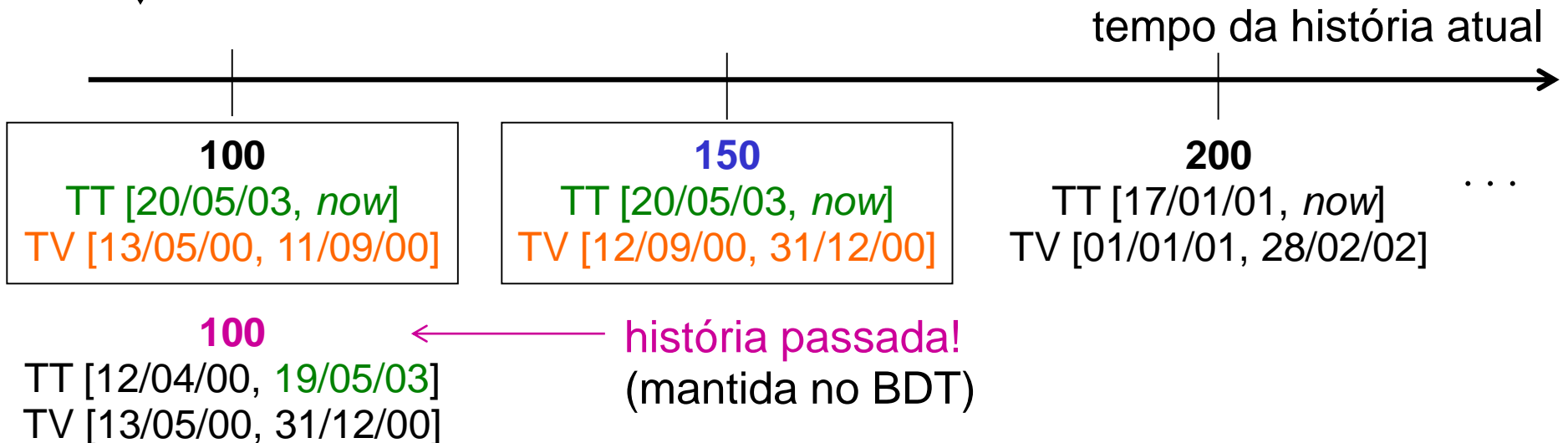
tempo



# Inclusão Temporal



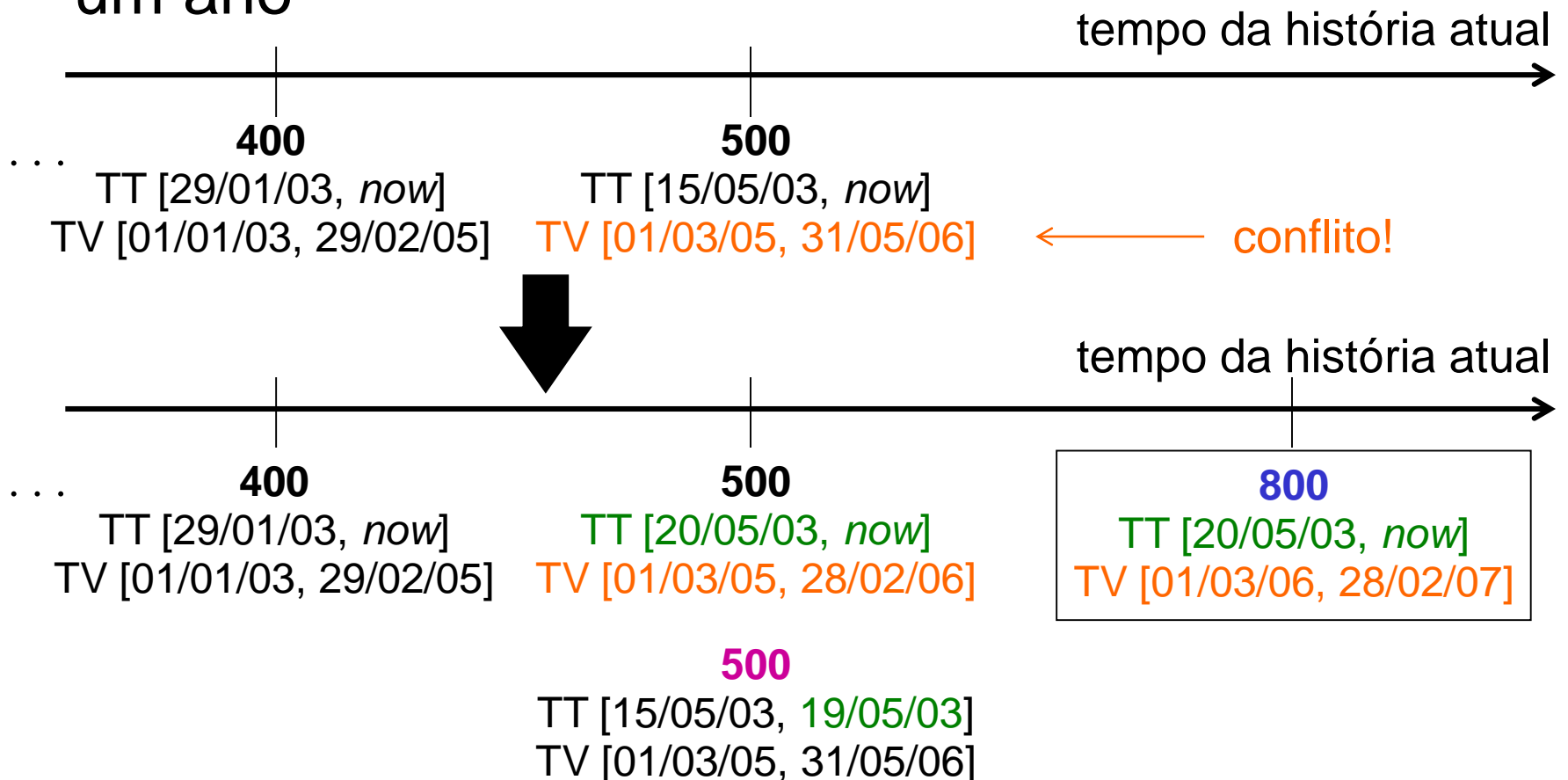
- o fato de João receber R\$ 100.00 no período [13/05/00, 31/12/00] não é mais válido na história atual (fim da transação!)
- a validade dos dados é corrigida na história atual (ajuste dos tempos de validade)



# Inclusão Temporal

- Exemplo 2

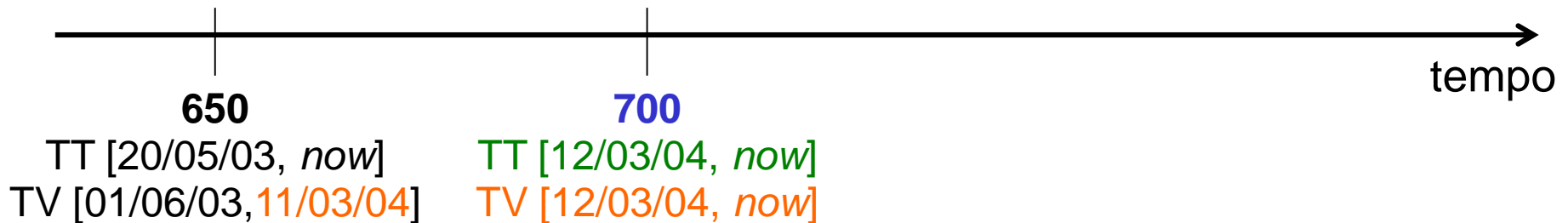
- João receberá R\$ 800.00 a partir de 03/2006, por um ano





# Alteração Convencional

- Estende o história atual do dado
  - significa final da validade dos valores correntes do dado
- Exemplo
  - Maria teve um aumento de R\$ 50.00 no salário, válido a partir de hoje (supor que hoje é 12/03/04)

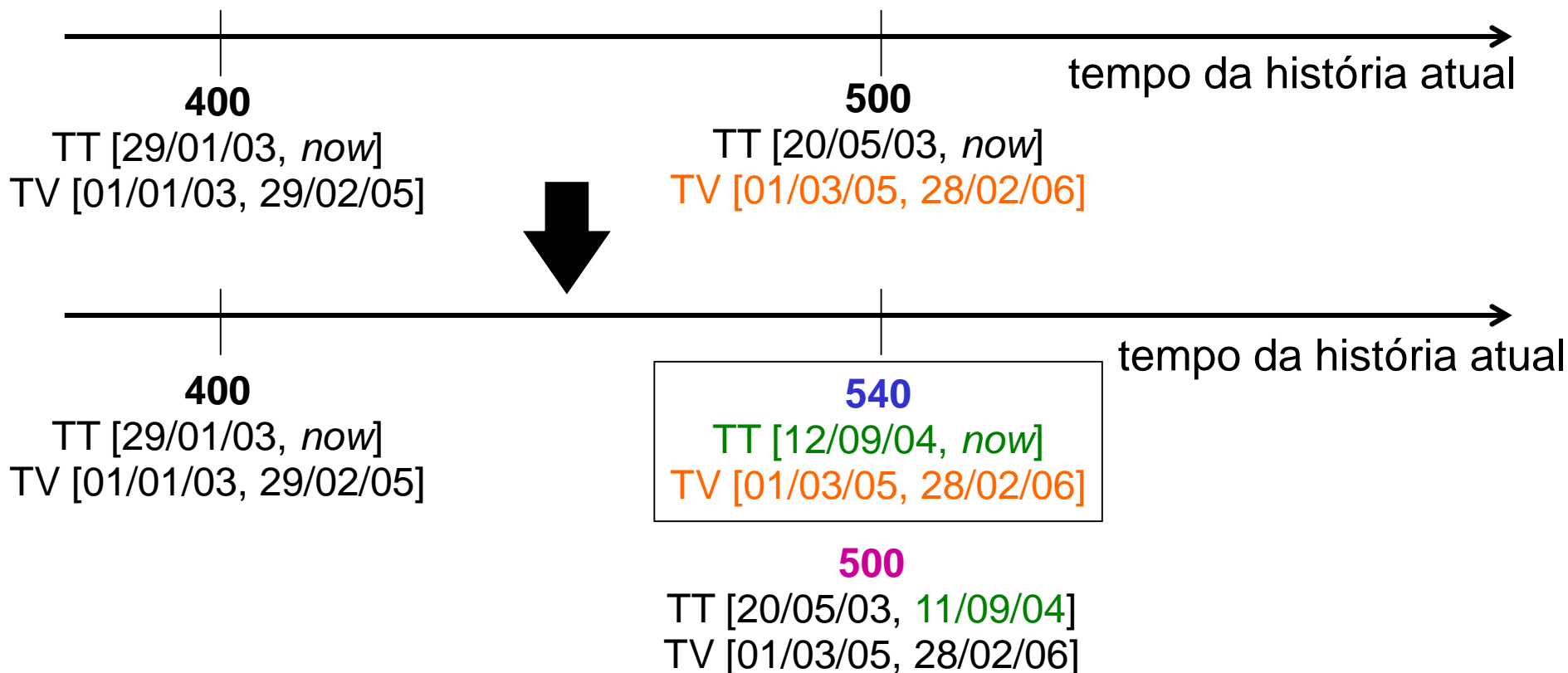


# Alteração Temporal

- Preserva o história atual e a passada
- Exemplo 1

– o salário de João a partir de 01/03/05 será na verdade R\$ 540.00 (supor que hoje é 12/09/04)

- alteração do valor do dado

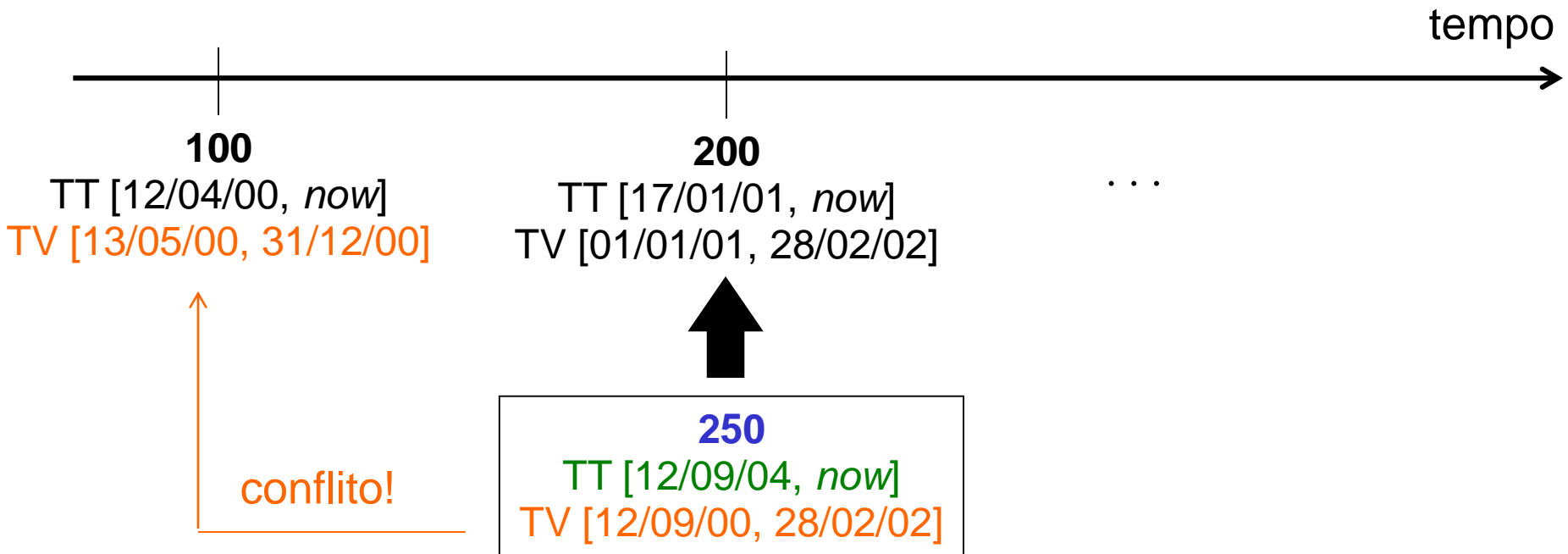


# Alteração Temporal

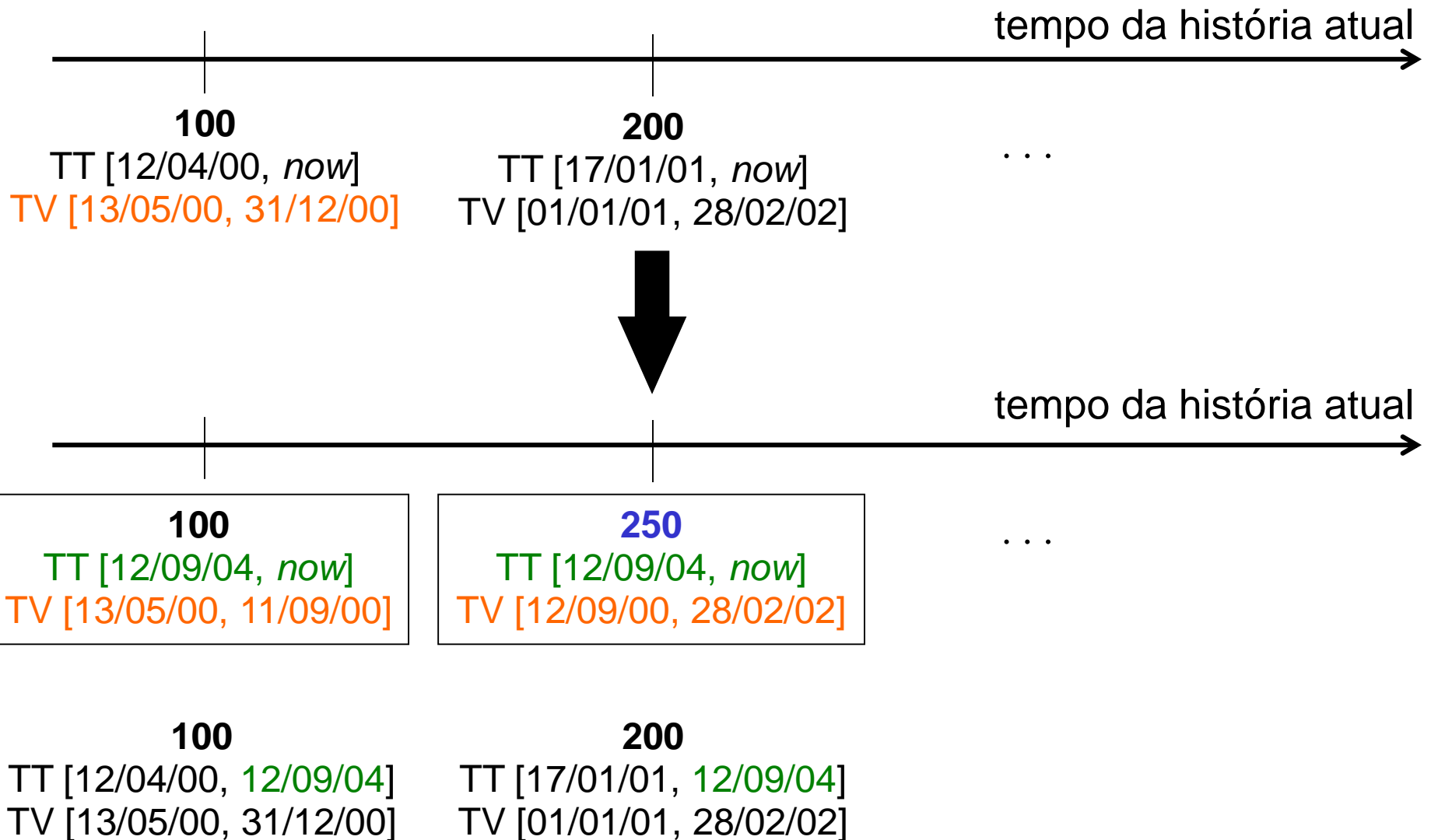
- Exemplo2

- ao invés de R\$ 200.00, João recebia R\$ 250.00 e no período de 12/09/00 à 28/02/02

- alteração do valor do dado e da validade

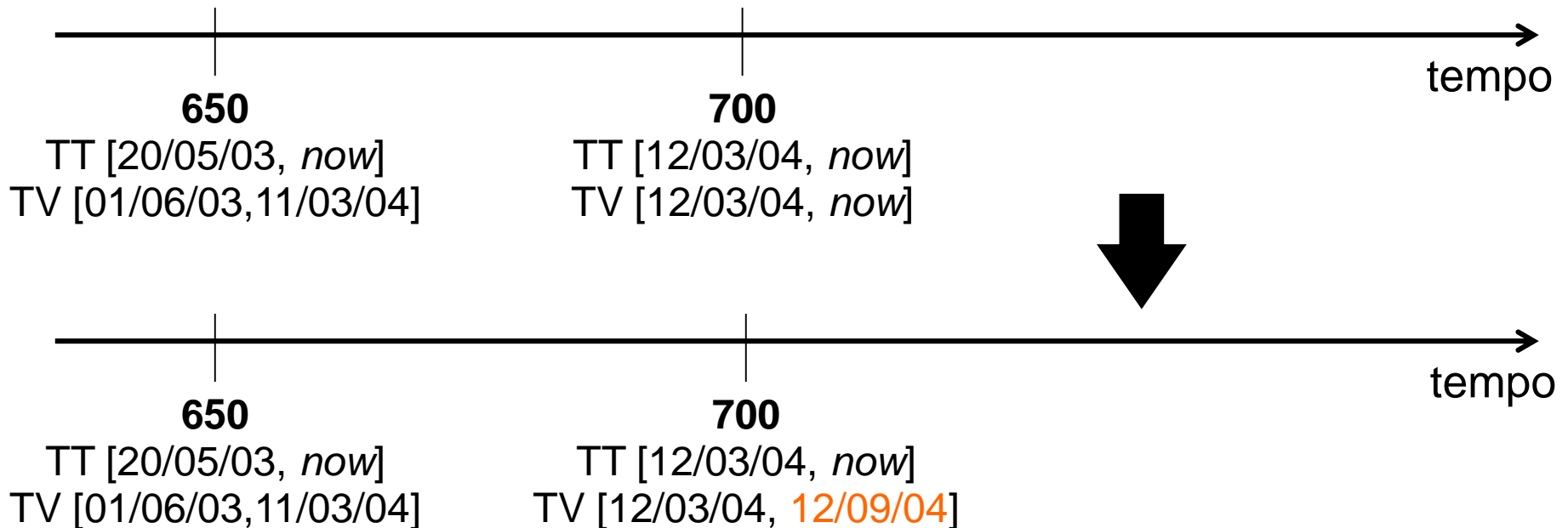


# Alteração Temporal



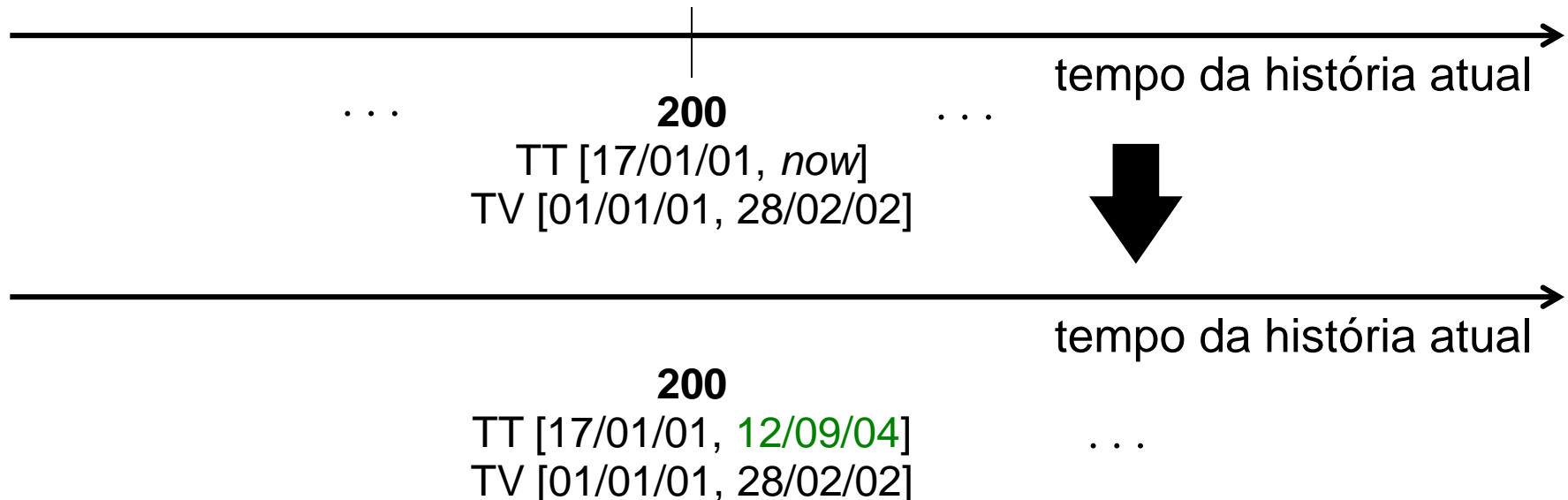
# Exclusão Convencional

- Encerra o história atual do dado
  - significa final da validade do dado corrente
- Exemplo
  - Maria foi demitida hoje! (supor que hoje é 12/09/04)



# Exclusão Temporal

- O dado torna-se história passada
  - significa encerrar a transação que o criou
  - geralmente deixa histórias incompletas
    - períodos em que não há valor para o dado
- Exemplo 1
  - João nunca recebeu salário de R\$ 200.00

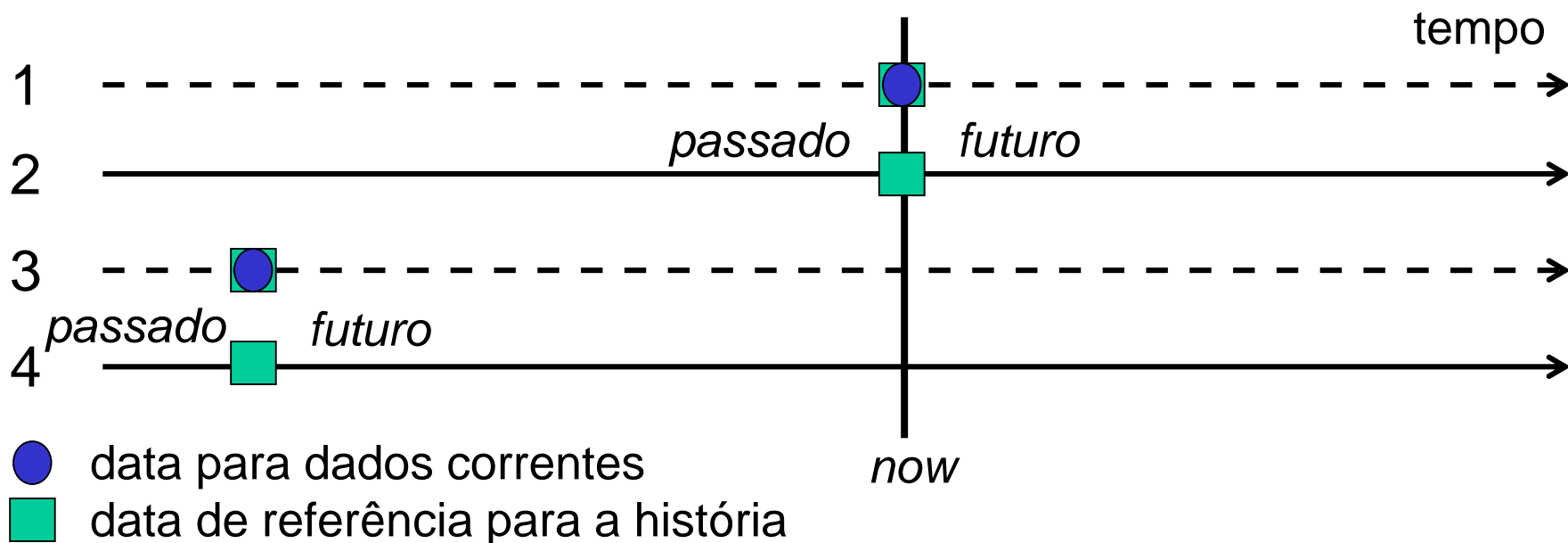


# Consultas em BDT

- BDs convencionais
  - consultas a dados correntes
- BDs temporais
  - maior amplitude de consulta
    - consultas a dados em qualquer tempo
- Linguagem de Consulta temporal
  - extensão de uma linguagem convencional
    - consultas em diferentes histórias
    - manipulação de atributos e rótulos temporais

# Consultas em BDTs

- Quatro possibilidades de consulta
  1. a dados correntes
  2. a dados históricos (passado e futuro)
  3. a dados correntes de uma história passada
  4. a dados históricos de uma história passada





# Exemplos de Consultas

## 1. A dados correntes

- qual é o salário de João?

## 2. A dados históricos

- qual era o salário de João em 01/01/2001?

## 3. A dados correntes de uma história passada

- qual era o salário de João, considerando o que se acreditava como verdadeiro em 20/05/2001?

## 4. A dados históricos de uma história passada

- qual era o salário de João em 01/01/2001, considerando o que se acreditava como verdadeiro em 20/05/2001?

# Definição de Consultas

- Resultados de consultas
  - atributos convencionais (saída de dados)
  - rótulos de tempo (saída temporal)
  - ambos (saída mista)
- Filtragem (seleção) de dados
  - exige operadores temporais adicionais
    - ordem (antes, depois), agora, no intervalo, no instante, ...
  - filtragens podem considerar um período de tempo desejado (TV) e/ou um deslocamento no tempo (TT)

# Exemplos de Consultas

- Saída de dados + filtragem por instante de tempo
  - qual o salário de João em 01/01/2000?
- Saída temporal + filtragem com ordem
  - quais os períodos de validade dos salários dos empregados que foram contratados depois de João?
- Saída mista + filtragem por período de tempo
  - quais os salários que João já recebeu e seus períodos de validade, para os anos de 2001 a 2003?

# Linguagem TSQL2

- Linguagem temporal de maior consenso
  - proposta em 1995 por uma equipe internacional de pesquisadores
  - extensão da linguagem SQL2
- modelo relacional estendido com rótulos temporais
  - URL: <http://www.cs.arizona.edu/people/rts/tsql2.html>
- Características principais
  - adequada à BD bitemporal (TT e TV)
  - suporta rótulos instante e intervalo temporal

# Definição de Tabelas

- Possibilidade de criação de tabelas não-temporais e temporais
- Sintaxe
  - o *chronon* do tempo de transação é definido pelo SGBDT

```
CREATE TABLE nome_tabela  
(definição_atributos)
```

```
[AS [VALID [EVENT] granularidade]  
    [[AND] TRANSACTION]]
```

# Exemplos

```
CREATE TABLE Departamentos  
(nome char(20), orçamento integer)
```

```
CREATE TABLE Empregados  
(CPF numeric(11), nome char(40), salário float,  
    cargo char(30))
```

```
AS VALID DAY AND TRANSACTION
```

```
CREATE TABLE ParticipaçõesEventos  
(CPF numeric(11), evento char(40))
```

```
AS VALID EVENT MONTH
```

# Inclusão de Dados

- Sintaxe

```
INSERT INTO nome_tabela
```

```
VALUES (valores)
```

```
[VALID {PERIOD|INSTANT} constante_tempo]
```

- *Defaults*

- intervalo

- [data\_corrente, *now*]

- evento

- data\_corrente

# Exemplos

```
INSERT INTO Empregados  ← inclusão no presente  
VALUES (10100, 'Joao Silva', 500.00, 'analista')
```

```
INSERT INTO Empregados  
VALUES (11101, 'Maria Souza', 300.00, 'secretária')  
VALID PERIOD '[01-01-2000 - 12-31-2001]'
```

```
INSERT INTO ParticipaçõesEventos  
VALUES (10100, 'SBBD 2002')  
VALID INSTANT '01-05-2002'
```



# Exclusão de Dados

- Sintaxe

```
DELETE FROM nome_tabela
```

```
[WHERE condição]
```

```
[VALID {PERIOD|INSTANT} constante_tempo]
```

- Quando a cláusula **VALID** é usada

- deseja-se remover dados históricos que se encontram dentro do período ou casam com o instante de tempo declarado

# Exemplos

```
DELETE FROM Departamentos ← exclusão de dados correntes  
WHERE nome = 'marketing'
```

```
DELETE FROM Empregados  
WHERE cargo = 'analista'  
VALID PERIOD '[01-01-2000 - 12-31-2001]'
```

```
DELETE FROM ParticipaçõesEventos  
VALID INSTANT '01-05-2000'
```

# Alteração de Dados

- Sintaxe

```
UPDATE nome_tabela
```

```
SET alterações
```

```
[VALID {PERIOD|INSTANT} constante_tempo]
```

```
[WHERE condição]
```

- Uso da cláusula VALID

- modificação da validade do dado

# Exemplos

- João recebeu R\$ 380.00 entre 16/05/01 e 31/12/02  
– atualização de validade

```
UPDATE Empregados  
SET VALID PERIOD '[05-16-2001 - 12-31-2002]'  
WHERE salário = 380.00  
AND nome = 'João da Silva'
```

- No período de 16/05/01 a 31/12/02, João recebia R\$ 350.00  
– atualização de dado

```
UPDATE Empregados E  
SET E.salário = 350.00  
WHERE E.nome = 'João da Silva'  
AND BEGIN(VALID(E)) MEETS DATE '05-16-2001'  
AND END(VALID(E)) MEETS DATE '12-31-2002'
```

# Consultas Conconvencionais

- Consultas sobre dados correntes
  - válidos no presente

exibe atributos temporais por *default*

SELECT \*  
FROM Empregados

não exibe atributos temporais

SELECT **SNAPSHOT** CPF, nome  
FROM Empregados  
WHERE salário > = 2000.00

# Busca de Atributos Temporais

```
SELECT INSTANT (P) ← instante
FROM ParticipaçõesEventos P
WHERE P.CPF = 10100
```

início de validade



```
SELECT SNAPSHOT E.salário, BEGIN (VALID (E))
FROM Empregados E
WHERE E.nome = 'João da Silva'
```

# Cláusulas Temporais

- INTERSECT

- intersecção no tempo

- OVERLAPS

- sobreposição no tempo

- PRECEDS / BEFORE

- precede no tempo

- FOLLOWS / AFTER

- sucede no tempo

- MEETS

- “casa” (encontro no tempo)

- ... (para todos, exige-se *chronons* iguais)

# Exemplos

- Nomes de empregados que trabalhavam na empresa no ano 2001

```
SELECT SNAPSHOT E.nome  
FROM Empregados E  
WHERE VALID(E) OVERLAPS PERIOD '[01-01-2001 -  
12-31-2001]'
```

- CPFs de empregados que publicaram antes das publicações no SBBD 2002

```
SELECT SNAPSHOT P.CPF  
FROM PublicaçõesEventos P, P1  
WHERE P1.evento = 'SBBD2002'  
WHERE INSTANT(P) PRECEDES INSTANT(P1)
```



# Retorno a Histórias Passadas

- Consultas envolvendo tempo de transação
  - qual era o salário de João de Silva que se acreditava como válido em 20/05/1995?

```
SELECT SNAPSHOT salário
FROM Empregados E
WHERE E.nome = 'João da Silva'
AND TRANSACTION(E) OVERLAPS DATE '05-20-1995'
AND VALID(E) OVERLAPS DATE '05-20-1995'
```

# Vacuuming

```
VACUUM Empregados E  
WHERE BEGIN (TRANSACTION (E) )  
PRECEDES DATE '01-01-1990'
```