

UFSC-CTC-INE

Curso de Sistemas de Informação

INE 5600 – Bancos de Dados III

**BDT:**

**Bancos de Dados Temporais**

# 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, ...
  - *e-commerce*
    - evolução de vendas, ...

# BD Convencional X BDT

- BD Convencional

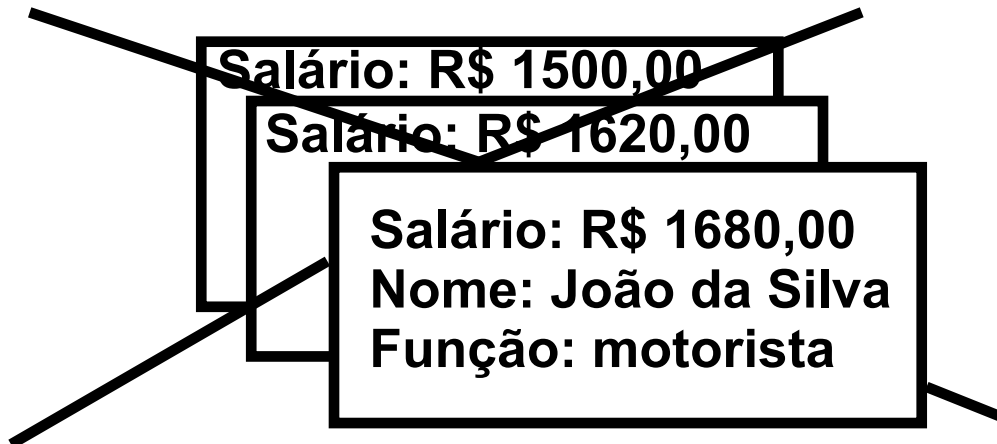
- mantém apenas o estado corrente do dado
- gerenciamento temporal deve ser realizado pela aplicação
  - definição explícita de propriedades temporais, consultas temporais devem ser previstas, ...

- BD Temporal

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

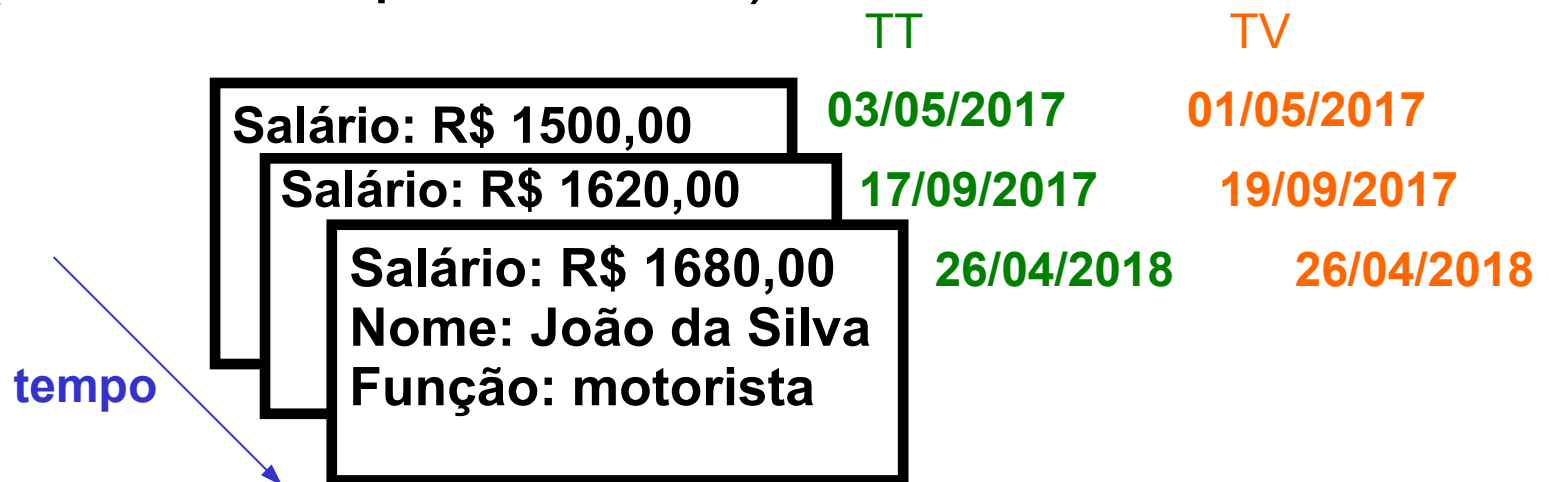
# BD Convencional

- Tempo instantâneo
  - registra apenas o dado válido no momento atual



# BD Temporal

- Possui tempo de validade (**TV**) e, em alguns casos, também o tempo de transação (**TT**)
  - **TV**: validade do dado no mundo real (definido pelo usuário)
  - **TT**: validade da transação que gerou o dado (controlado pelo SGBD)



# Granularidade do Dado Temporal

- Aspectos a considerar em modelagens BDT
- 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
  - porção do fato que 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*

# Rótulo do Dado Temporal

- Formas de representação de atributos temporais
  - instante
  - intervalo
- 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	14/3/2018
Pedro	Palhoça	BR 101	18/1/2019
...	...	...	...

## Publicações

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

# Intervalo de Tempo

- 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 e válido no presente)
    - $t1 = \ll$  (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/17	Ago/17
1	João	620.00	Set/17	Mar/18
1	João	680.00	Abr/18	<i>now</i>
2	Maria	600.00	«	Mar/17
2	Maria	650.00	Abr/18	<i>now</i>
...	...	...	...	...

## EscalaLimpeza

CPF	andar	Início	Fim
101	3	10/05/18	12/05/18
101	térreo	22/05/18	27/05/18
222	2	13/05/18	16/05/18
...	...	...	...

# Suporte a Dados Temporais na Prática

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

# 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
  - do tipo de BDT
    - Somente TV, somente TT ou ambos
  - do tipo de rótulo temporal
    - Instante ou intervalo

# Atualização de Dados Temporais

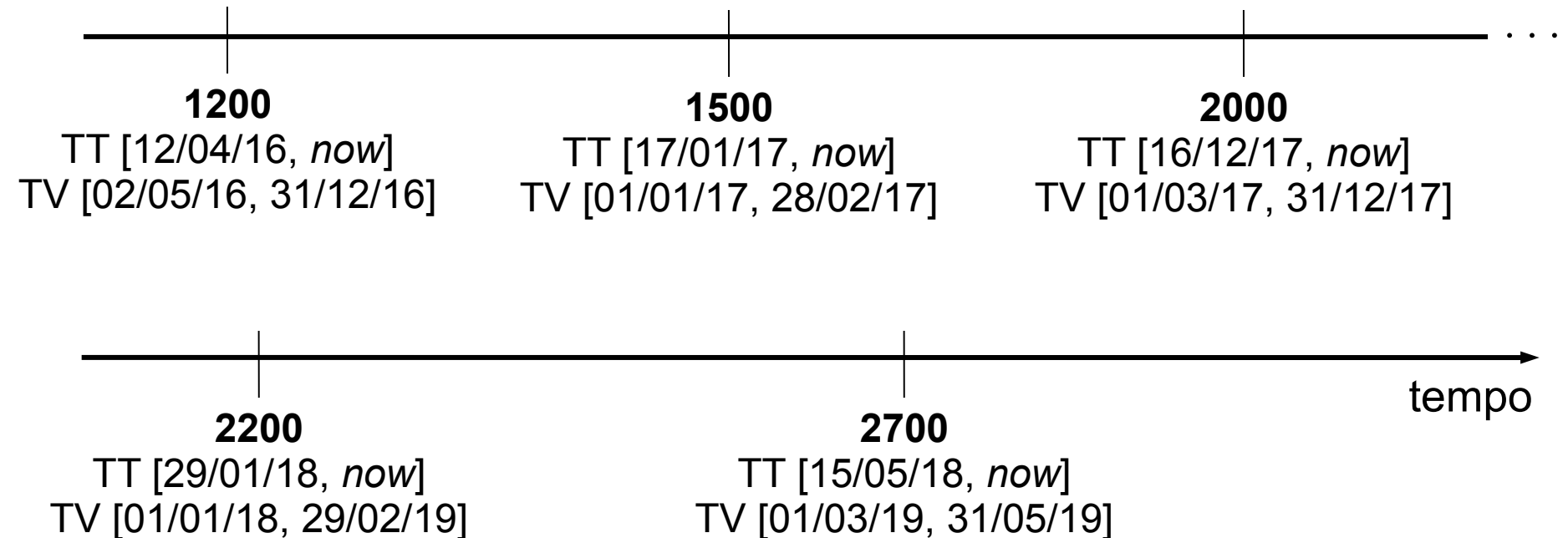
- Não há uma política única e consolidada para gerenciamento de atualizações
- Algumas classificações de critérios
  - passado imutável ou mutável
    - pode-se modificar somente o presente ou previsões futuras **OU** pode-se modificar também o passado
  - conflitos de validade permitidos ou proibidos
    - se 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

# Exemplo de Contexto Temporal

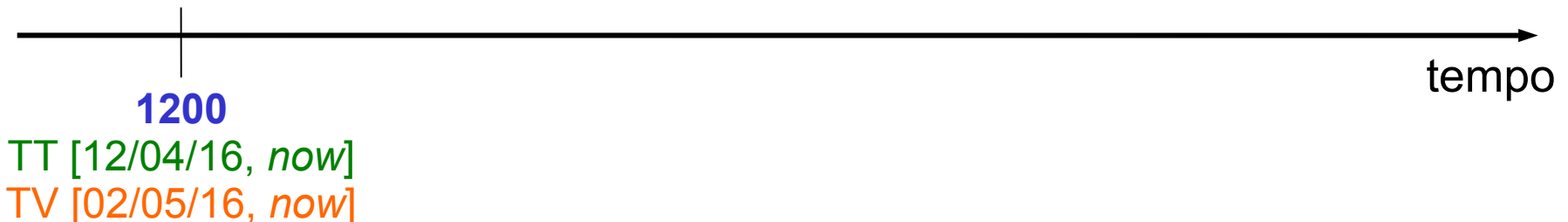
- Evolução dos salários do empregado João





# Exemplo de Atualização: Inclusão Convencional

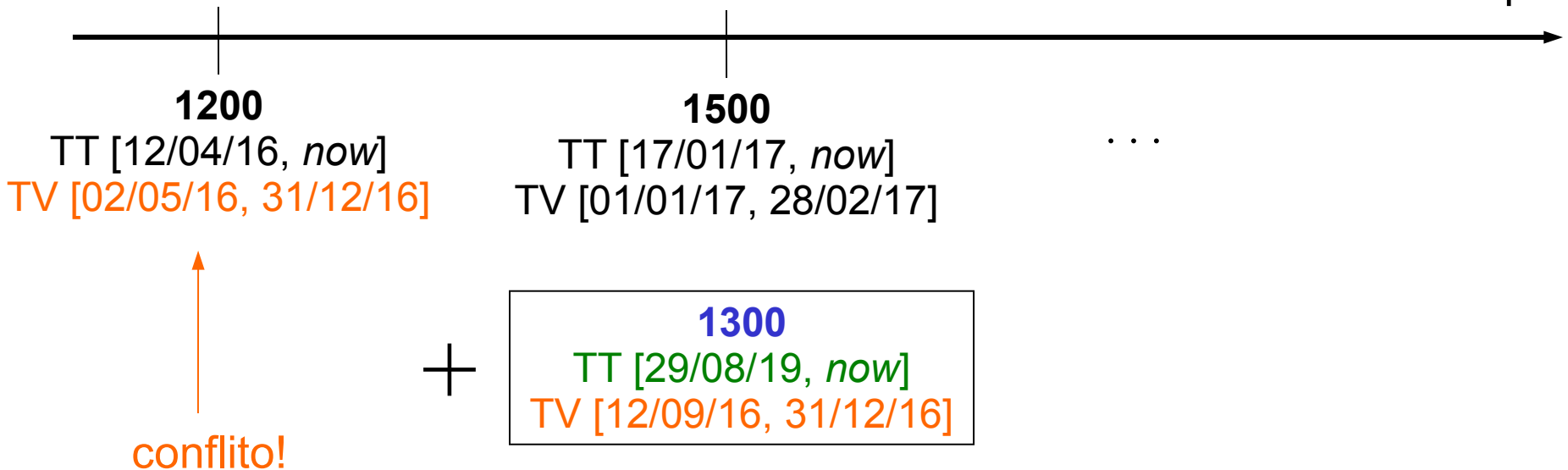
- Considerada a primeira ocorrência de um dado (no presente)
- Exemplo
  - João foi admitido e passa a trabalhar na empresa no próximo mês com salário de R\$ 1200.00
  - observação: assumo *hoje* como 12/04/16



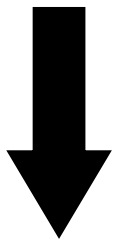
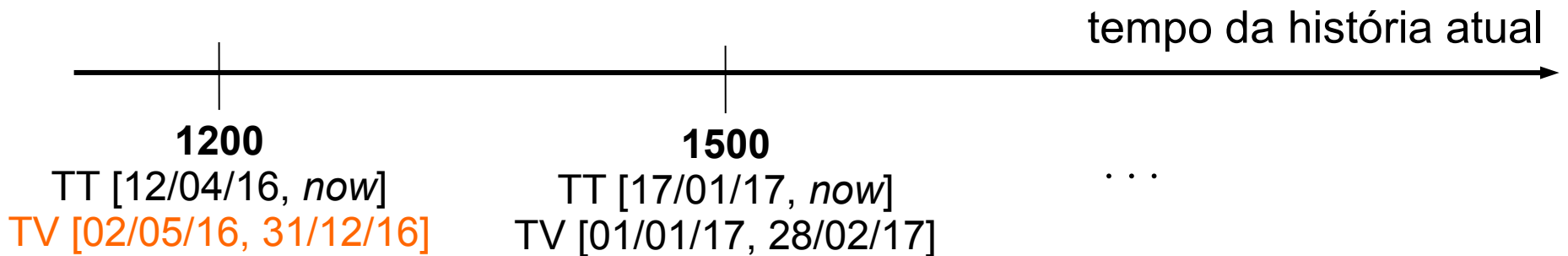
# Inclusão Temporal

- Insere informações históricas sobre um dado
  - correções ou detalhamentos na história atual
- Exemplo 1
  - Hoje se descobriu que João recebia R\$ 1300.00 no período de 12/09/16 a 31/12/16

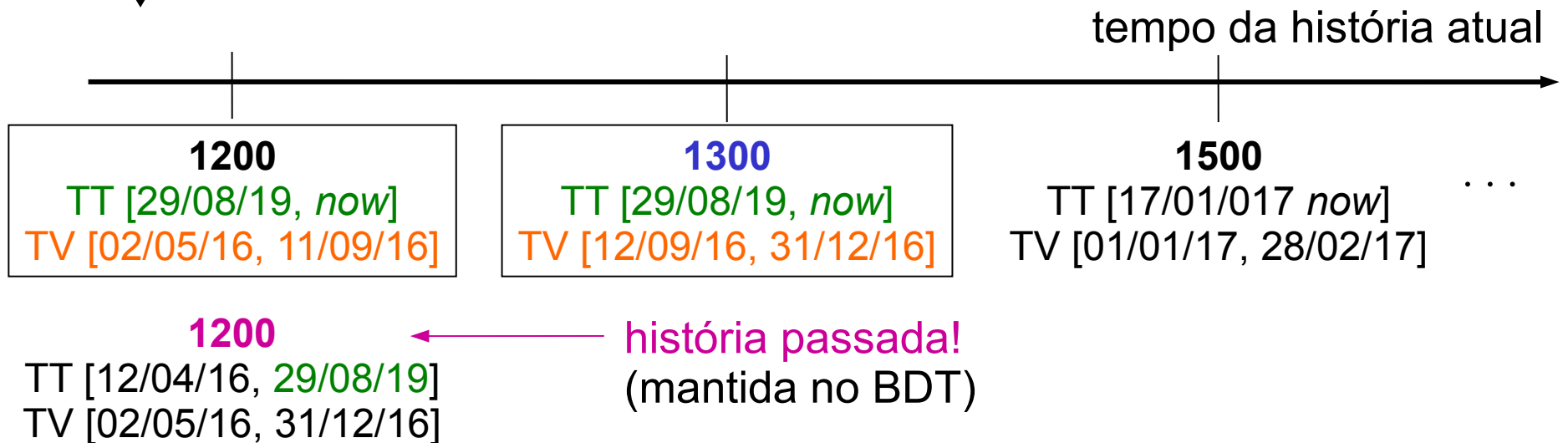
tempo



# Inclusão Temporal



- o fato de João receber R\$ 1200.00 no período [02/05/16, 31/12/16] não é mais válido na história atual (**fim da transação!**)
- a validade dos dados é corrigida na história atual (**ajuste dos tempos de validade**)

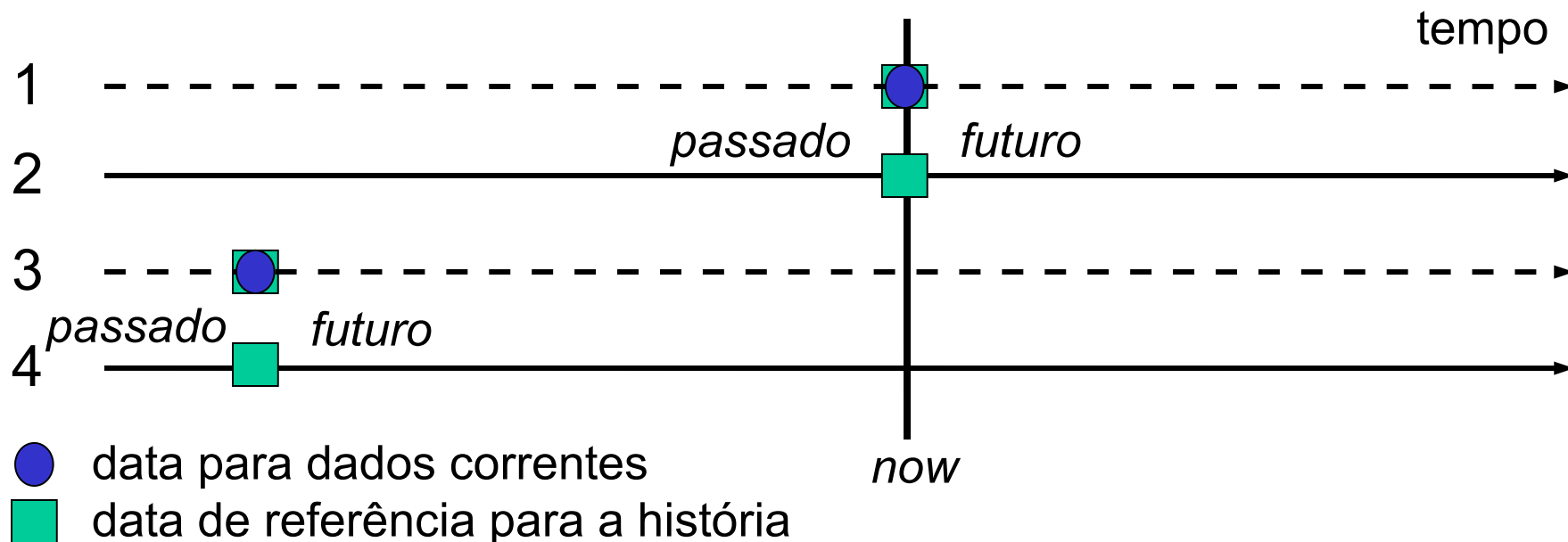


# Consultas em BDT

- 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 01/01/2017?

## 3. A dados correntes de uma história passada

- qual era o salário de João, considerando o que se acreditava como verdadeiro em 20/05/2017?

## 4. A dados históricos de uma história passada

- qual era o salário de João em 01/01/2017, considerando o que se acreditava como verdadeiro em 20/05/2017?

# Linguagem TSQL2

- Linguagem temporal de maior consenso
  - proposta por uma equipe de pesquisadores da *Arizona University*
  - extensão da linguagem SQL2
- Linguagem proposta para um modelo relacional estendido com rótulos temporais
- Suportes principais
  - TT e TV
  - granularidade (*chronons*)
  - 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(40), orçamento integer)
```

```
CREATE TABLE Empregados  
(CPF numeric(11), nome char(100), salário  
float, cargo char(30))
```

**AS VALID DAY AND TRANSACTION**

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

**AS VALID EVENT YEAR**

# 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 (10100111111, 'Joao  
Sá', 2500.00, 'analista')
```

```
INSERT INTO Empregados  
VALUES (11101110111, 'Maria  
Souza', 2300.00, 'secretária')
```

```
VALID PERIOD '[01-01-2019 - 31-12-2019]'
```

```
INSERT INTO ParticipaçõesEventos  
VALUES (10100111111, 'SBBD 2018')
```

```
VALID INSTANT '01-10-2018'
```

# 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 > = 5000.00
```

# Busca de Atributos Temporais

```
SELECT INSTANT (P) ← instante  
FROM ParticipaçõesEventos P  
WHERE P.CPF = 10100011101
```

```
SELECT SNAPSHOT E.salário,  
       BEGIN (VALID (E) ) ← início de validade  
FROM Empregados E  
WHERE E.nome = 'João Sá'
```

# Cláusulas Temporais

- INTERSECT
  - intersecção no tempo
- OVERLAPS
  - sobreposição no tempo
- PRECEDES / BEFORE
  - precede no tempo
- FOLLOWS / AFTER
  - sucede no tempo
- MEETS
  - “casa” (encontro no tempo)
- ...

# Exemplos

- Nomes de empregados que trabalharam na empresa com o mesmo salário e cargo durante todo o 2018

```
SELECT SNAPSHOT E.nome  
FROM Empregados E  
WHERE VALID(E) OVERLAPS PERIOD '[01-01-  
2018 - 12-31-2018]'
```

- CPFs das pessoas que publicaram antes do SBBD 2012

```
SELECT SNAPSHOT P.CPF  
FROM PublicaçõesEventos P, P1  
WHERE P1.evento = 'SBBD2012'  
WHERE INSTANT(P) PRECEDS INSTANT(P1)
```

# Retorno a Histórias Passadas

- Consultas envolvendo tempo de transação
  - qual era o salário de João Sá que se acreditava como válido em 20/05/2017?

```
SELECT SNAPSHOT salário
FROM Empregados E
WHERE E.nome = 'João Sá'
AND TRANSACTION(E) OVERLAPS DATE '20-05-2017'
AND VALID(E) OVERLAPS DATE '20-05-2017'
```



# Vacuuming

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

# Modelagem Temporal em BD Relacional

- Três alternativas mais comuns
  - tabela instantânea/temporal
  - tabela instantânea e tabela temporal
  - tabela temporal delta

# Tabela Instantânea/Temporal

- Mantém dados instantâneos e temporais em uma única tabela

Tab X

<u>ID</u>	$a_1$	...	$a_n$	$T_{\text{início}}$	$T_{\text{fim}}$
-----------	-------	-----	-------	---------------------	------------------

- Vantagem
  - menor número de tabelas
- Desvantagens
  - redundância de dados
  - desempenho ruim para consultas instantâneas

# Tabelas Instantânea e Temporal

- Mantém dados instantâneos e temporais em tabelas separadas

Tab X-Inst

<u>ID</u>	$a_1$	...	$a_n$
-----------	-------	-----	-------

Tab X-Temp

<u>ID</u>	$a_1$	...	$a_n$	$T_{\text{início}}$	$T_{\text{fim}}$
-----------	-------	-----	-------	---------------------	------------------

- Vantagem
  - melhor desempenho para consultas instantâneas
- Desvantagens
  - redundância de dados
  - maior número de tabelas

# Tabela Temporal Delta

- Mantém tabelas temporais separadas para cada atributo

- definidas apenas para atributos temporais

Tab X-Inst

<u>ID</u>	$a_1$	...	$a_n$
-----------	-------	-----	-------

Tab X -  $a_1$ -Temp

<u>ID</u>	$a_1$	$T_{\text{início}}$	$T_{\text{fim}}$
-----------	-------	---------------------	------------------

...

Tab X -  $a_n$ -Temp

<u>ID</u>	$a_n$	$T_{\text{início}}$	$T_{\text{fim}}$
-----------	-------	---------------------	------------------

- Vantagem

- evita redundância

- Desvantagem

- desempenho ruim para consultas temporais
  - maior número de tabelas

## Atividade 2: Apresentar uma modelagem relacional temporal válida o domínio abaixo referente a uma oficina de manutenção de automóveis

Para cada automóvel que permanece na oficina é cadastrado: *placa*, *ano*, *modelo* e *marca*. Todo automóvel pertence a um cliente, cujos dados de interesse são: *CPF*, *nome*, *endereço* e *celular*. Para cada automóvel é gerada uma OS (Ordem de Serviço), que é identificada por um *número* e possui serviços a serem realizados no automóvel. Um serviço possui um *código* e uma *descrição*. Cada serviço a ser realizado em uma OS apresenta um *orçamento*. Na oficina trabalham empregados. Cada empregado possui um *CPF*, *nome*, *salário* e *especialidades* (pintura, chapeação, etc). Um empregado pode estar escalado para a execução de várias OSs. Um valor da *mão de obra* deve ser informado para cada empregado trabalhando em uma OS. Uma OS pode ser executada por diversos empregados.

Tarefas:

- 1) Faça a modelagem ER (modelagem conceitual) a partir do texto acima
- 2) Gere a modelagem relacional (modelagem lógica) a partir da modelagem ER
- 3) Modifique a modelagem relacional para gerar uma modelagem temporal

Você pode usar uma das seguintes ferramentas:

- a) brModelo v.3.2: <http://www.sis4.com/brModelo/download.html>
- b) brModelo versão Web: <https://www.brmodeloweb.com/>



continua

## Atividade 2 (cont.)

- Para cada tabela que você definir como temporal, especificar:
  - a) Se haverá **TV** e/ou **TT**
  - b) Qual o rótulo temporal: **evento** ou **intervalo**;
  - c) Qual a **granularidade** (*chronon*) da tabela (*year, month, day, ...*)



# Atividade 2 (cont.)

- Exemplo hipotético

- Gerei inicialmente uma tabela convencional **Pessoas** (ID, CPF, nome, profissão, cidade) a partir do mapeamento de uma entidade **Pessoas**
- Para a modelagem temporal desta tabela, decido que quero manter o histórico apenas dos atributos **profissão** e **cidade**. Também decido pela alternativa “*tabela instantânea e tabela temporal*” da seguinte forma:

Pessoas (ID, CPF, nome)



continua

**Pessoas\_Temp** (ID, profissão, cidade, T\_início, T\_fim)

- **TV** e **TT**; Rótulo: **intervalo**; Granularidade: *day*



# Atividade 2 (cont.)

- Na ferramenta, você deverá gerar uma nova tabela temporal (Pessoas\_Temp) e alterar a tabela Pessoas:

