

[MAC0439] Laboratório de Bancos de Dados
Aula 16
Stored Procedures

Kelly Rosa Braghetto

DCC-IME-USP

9 de maio de 2018

Persistent Stored Modules (SQL/PSM)

- ▶ Cada SGBD oferece um modo diferente para o usuário manter **junto ao esquema do BD** funções ou procedimentos que podem ser usados nas consultas SQL ou em outros comandos SQL
- ▶ Essas funções e procedimentos são escritos em linguagens simples, mas que nos permitem executar dentro do BD operações que não podem ser expressas em SQL
- ▶ O padrão PSM captura os principais conceitos existentes nessas linguagens simples implementadas nos SGBDs

Funções e procedimentos em PSM

Estrutura geral da criação:

```
CREATE PROCEDURE <nome> (<parâmetros>)  
<declarações locais>  
<corpo do procedimento> ;
```

```
CREATE FUNCTION <nome> (<parâmetros>) RETURNS <tipo>  
<declarações locais>  
<corpo da função> ;
```

Funções e procedimentos em PSM

Parâmetros de um procedimento

- ▶ São triplas contendo modo–nome–tipo
- ▶ Modos:
 - ▶ IN – define um parâmetro de entrada
 - ▶ OUT – define um parâmetro de saída
 - ▶ INOUT – define um parâmetro de entrada e saída

Parâmetros de uma função

- ▶ São triplas contendo nome–tipo
- ▶ Um parâmetro de uma função é sempre do tipo “IN”
- ▶ A única forma de obter informações de uma função é por meio de seu valor de retorno

Funções e procedimentos em PSM

BD de exemplo – Filmes

```
CREATE TABLE ExecutivoDeCinema(  
    num_registro    INTEGER PRIMARY KEY,  
    nome            VARCHAR(50),  
    patrimonio      NUMERIC(10,2)  
);  
  
CREATE TABLE Estudio(  
    nome            VARCHAR(30) PRIMARY KEY,  
    endereco        VARCHAR(70),  
    num_reg_presidente INTEGER  
        REFERENCES ExecutivoDeCinema(num_registro)  
);
```

Funções e procedimentos em PSM

BD de exemplo – Filmes (Continuação)

```
CREATE TABLE Filme(  
    titulo          VARCHAR(50),  
    ano             INTEGER,  
    duracao         INTEGER,  
    colorido        BOOLEAN,  
    genero          VARCHAR(20),  
    nome_estudio    VARCHAR(30) REFERENCES Estudio(nome),  
    num_reg_produto INTEGER  
        REFERENCES ExecutivoDeCinema(num_registro),  
    PRIMARY KEY (titulo,ano)  
);
```

```
CREATE TABLE EstrelaDeCinema(  
    nome            VARCHAR(50) PRIMARY KEY,  
    endereco        VARCHAR(70),  
    sexo            CHAR,  
    dataNascimento DATE  
);
```

Funções e procedimentos em PSM

Exemplo

```
CREATE PROCEDURE Mudanca(  
    IN nome_estrela VARCHAR(30)  
    IN endereco_novo VARCHAR(255) )  
UPDATE EstrelaDeCinema  
SET     endereco = endereco_novo  
WHERE  nome = nome_estrela;
```

- Um procedimento para mudar o endereço de uma estrela de cinema

Funções e procedimentos em PSM

Alguns comandos simples de PSM

- ▶ Declaração de variáveis locais:
`DECLARE <nome variável> <tipo>;`
- ▶ Atribuição de valores:
`SET <variável> = <expressão>;`
- ▶ Definição de blocos:
`BEGIN ... END;`
- ▶ Devolução do valor de retorno:
`RETURN <expressão>;`

Funções e procedimentos em PSM

Comandos para desvio condicional de fluxo

- Estrutura:

```
IF <condição> THEN
    <lista de comandos>
{[ ELSEIF <condição> THEN
    <lista de comandos>
  ]}
[ ELSE
    <lista de comandos>
]
END IF;
```

Funções e procedimentos em PSM

Exemplo

- ▶ A função só devolve verdadeiro se o estúdio *e*, no ano *a*, não produziu filme nenhum ou produziu ao menos uma comédia

```
CREATE FUNCTION ProdComedia(a INT, e VARCHAR(30)) RETURNS BOOLEAN
BEGIN
    IF NOT EXISTS (SELECT * FROM Filme WHERE ano = a AND nome_estudio = e)
        THEN RETURN TRUE;
    ELSEIF 1 <= (SELECT COUNT(*) FROM Filme WHERE ano = a AND
                nome_estudio = e AND genero = 'comedia')
        THEN RETURN TRUE;
    ELSE
        RETURN FALSE;
    END IF;
END;
```

Consultas em PSM

Há várias maneiras de se usar consultas
SELECT-FROM-WHERE em PSM:

- ▶ Subconsultas podem ser usadas em condições ou, de forma geral, em qualquer lugar onde são aceitas em SQL
- ▶ Consultas que devolvem um único valor podem ser usadas no lado direito de comandos de atribuição (SET ...)
- ▶ Um comando de seleção que retorna uma única tupla pode ser usado para atribuir valores a variáveis
- ▶ Consultas podem ser usadas na declaração de cursores

Funções e procedimentos em PSM

Exemplo

- ▶ Uma consulta com uma única linha de resultado em PSM
- ▶ A cláusula INTO no SELECT faz uma atribuição a uma variável

```
CREATE PROCEDURE AlgumProc(IN nome_estudio VARCHAR(30))
DECLARE patrimonio_pres NUMERIC(10,2);
BEGIN
    SELECT patrimonio
    INTO patrimonio_pres
    FROM Estudo, ExecutivoDeCinema
    WHERE num_reg_presidente = num_registro AND
          Estudo.nome = nome_estudio; ...
END;
```

- ▶ Comando equivalente ao SELECT ... INTO acima:

```
SET patrimonio_pres = (SELECT patrimonio
FROM Estudo, ExecutivoDeCinema
WHERE num_reg_presidente = num_registro AND
      Estudo.nome = nome_estudio);
```

Funções e procedimentos em PSM

Laços

- ▶ Estrutura geral:

```
<rótulo do laço>: LOOP  
    <lista de comandos>  
END LOOP;
```

- ▶ Para sair do laço:

```
LEAVE <rótulo do laço>;
```

Funções e procedimentos em PSM

Outros tipos comuns de laços

```
WHILE <condição> DO  
    <lista de comandos>  
END WHILE;
```

```
REPEAT  
    <lista de comandos>  
UNTIL <condição>  
END REPEAT;
```

Funções e procedimentos em PSM

Cursores

- ▶ Com frequência, laços são usados conjuntamente com cursores
- ▶ Cursor é uma estrutura de controle que permite percorrer tuplas em um BD
- ▶ Um cursor é definido por meio de uma consulta, que determina as tuplas que ele controlará
- ▶ Com o cursor, apenas uma tupla é acessada por vez
- ▶ Assim, é possível realizar processamentos sobre linhas do BD de forma sequencial (algo que nem sempre é possível de se fazer em consultas SELECT-FROM-WHERE “puras”)

Funções e procedimentos em PSM

Exemplo – calcula a média e a variância das durações dos filmes de um estúdio

```
1) CREATE PROCEDURE MediaVariancia(  
2)   IN e VARCHAR(30),  
3)   OUT media REAL,  
4)   OUT variancia REAL  
5) )  
6) DECLARE Not_Found CONDITION FOR SQLSTATE '02000';  
7) DECLARE CursorFilme CURSOR FOR  
8)   SELECT duracao FROM Filme WHERE nome_estudio = e;  
9) DECLARE novaDuracao INTEGER;  
10) DECLARE contFilme INTEGER;
```


Funções e procedimentos em PSM

Exemplo – calcula a média e a variância das durações dos filmes de um estúdio (continuação)

```
BEGIN
```

```
9) SET media = 0.0;
```

```
10) SET variancia = 0.0;
```

```
11) SET contFilme = 0;
```

```
12) OPEN CursorFilme;
```

```
13) loopFilme: LOOP
```

```
14)     FETCH FROM CursorFilme INTO novaDuracao;
```

```
15)     IF Not_Found THEN LEAVE loopFilme END IF;
```

```
16)     SET contFilme = contFilme + 1;
```

```
17)     SET media = media + novaDuracao;
```

```
18)     SET variancia = variancia + novaDuracao * novaDuracao;
```

```
19) END LOOP;
```

```
20) SET media = media/contFilme;
```

```
21) SET variancia = variancia/contFilme - media * media;
```

```
22) CLOSE CursorFilme;
```

```
END;
```

Funções e procedimentos em PSM

Para se usar um cursor em uma *stored procedure*, é preciso:

1. Declarar o cursor, associando a ele uma consulta
(linha 6 do exemplo)
2. Abrir o cursor, para que o resultado da consulta seja obtido
(linha 12 do exemplo)
3. Em um laço, usar o cursor para percorrer o resultado **uma linha por vez**, carregando os dados em variáveis locais
(conforme a necessidade)
(linhas 13 e 14 do exemplo)
4. Fechar o cursor quando terminar de usá-lo
(linha 22 do exemplo)

Funções e procedimentos em PSM

Laços do tipo FOR

- ▶ São usados somente para percorrer cursores
- ▶ Estrutura geral:

```
FOR <nome do laço> AS <nome do cursor> CURSOR FOR  
    <consulta>  
DO  
    <lista de comandos>  
END FOR;
```

- ▶ O FOR facilita a manipulação de cursores, pois elimina a necessidade de se abrir e fechar o cursor, recuperar tuplas e verificar o erro gerado quando o final do curso é alcançado

Funções e procedimentos em PSM

Laços do tipo FOR – Exemplo

```
CREATE PROCEDURE MediaVariancia(  
    IN e VARCHAR(20), OUT media REAL, OUT variancia REAL)  
DECLARE contFilme INTEGER;  
BEGIN  
    SET media = 0.0; SET variancia = 0.0; SET contFilme = 0;  
    FOR loopFilme AS CursorFilme CURSOR FOR  
        SELECT duracao FROM Filme WHERE nome_estudio = e;  
    DO  
        SET contFilme = contFilme + 1;  
        SET media = media + duracao;  
        SET variancia = variancia + duracao * duracao;  
    END FOR;  
    SET media = media/contFilme;  
    SET variancia = variancia/contFilme - media * media  
END;
```

Funções e procedimentos em PSM

Exceções em PSM

- ▶ Um sistema SQL indica condições de erro setando um código (de 5 caracteres) à variável SQLSTATE
- ▶ Exemplos de códigos de erros:
 - ▶ '02000' – nenhuma tupla encontrada (fim de cursor)
 - ▶ '21000' – um SELECT para o qual se esperava apenas uma linha de retorno devolveu mais de uma linha
- ▶ PSM permite a declaração de *exception handlers*, cada um deles associado a um bloco de código
- ▶ Componentes de um *handler*:
 - ▶ Uma lista de condições de exceção (que invocam o *handler* quando geradas)
 - ▶ O código a ser executado quando uma das exceções é gerada
 - ▶ Uma indicação do lugar aonde ir depois que o tratamento tiver sido concluído. Opções: CONTINUE, EXIT, UNDO

Funções e procedimentos em PSM

Exceções em PSM – Exemplo

```
CREATE FUNCTION ObtemAno(t VARCHAR(255)) RETURNS INTEGER
  DECLARE Not_Found CONDITION FOR SQLSTATE '02000' ;
  DECLARE Too_Many CONDITION FOR SQLSTATE '21000' ;
BEGIN
  DECLARE EXIT HANDLER FOR Not_Found, Too_Many
    RETURN NULL;
  RETURN (SELECT ano FROM Filme WHERE titulo = t ) ;
END;
```

Stored Procedures no PostgreSQL

- ▶ O PostgreSQL não diferencia *procedures* de *functions*
 - ▶ Só existe o comando `CREATE FUNCTION`
 - ▶ Para criar uma *procedure*, basta criar uma *function* com valor de retorno do tipo `VOID`
- ▶ Funções são executadas por meio de comandos SQL comuns. Exemplos envolvendo a chamada de uma função `func1` que tem um único parâmetro de entrada:
 - ▶ Na cláusula `SELECT`:
`SELECT func1(atributo1) FROM tabela1;`
 - ▶ Na cláusula `FROM`:
`SELECT * FROM func1(valor1);`
 - ▶ Na cláusula `WHERE`:
`SELECT * FROM tabela1 WHERE func1(atributo1) = 42;`

Funções no PostgreSQL

Há 4 tipos de funções no PostgreSQL:

- ▶ Funções escritas puramente em SQL
- ▶ Funções em linguagens procedurais (PL/pgSQL, PL/Tcl, PL/php, PL/Java, etc)
- ▶ Funções internas (round(), now(), abs(), count(), etc).
- ▶ Funções na linguagem C

Veremos alguns exemplos de funções em SQL puro e PL/pgSQL.

PostgreSQL: Funções em SQL “puro”

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION olamundo() RETURNS INT AS
$$
    SELECT 1;
$$ LANGUAGE sql;
```

```
SELECT olamundo();      -- ex. de chamada
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION soma_numeros(IN nr1 INT, IN nr2 INT)
RETURNS INT AS
$$
    SELECT $1 + $2;
$$ LANGUAGE sql;
```

```
SELECT soma_numeros(300, 700) AS resposta;      -- ex. de chamada
```

PostgreSQL: Funções em SQL “puro”

- ▶ Usa-se os tipos da SQL para os parâmetros e para o valor de retorno (int, varchar, char, time, etc.)
- ▶ Parâmetros podem ser de entrada (IN), saída (OUT) ou entrada e saída (INOUT)
- ▶ Atribuir nomes a parâmetros é opcional; é possível referenciar um parâmetro no corpo da função usando as variáveis posicionais \$1, \$2, ...

PostgreSQL: Funções em SQL “puro”

- ▶ Podemos passar como parâmetro uma tupla de uma tabela; nesse caso, o tipo do parâmetro é o próprio nome da tabela
- ▶ É possível gerar tuplas por meio da cláusula **ROW**

```
CREATE TABLE Empregado (  
    nome TEXT, salario NUMERIC, idade INTEGER);
```

```
INSERT INTO Empregado VALUES('João',2200,21);
```

```
INSERT INTO Empregado VALUES('José',4200,30);
```

```
CREATE FUNCTION dobrar_salario(emp Empregado) RETURNS NUMERIC AS $$  
    SELECT emp.salario * 2 AS salario;  
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT nome, dobrar_salario(Empregado.*) AS salario_sonhado  
FROM Empregado WHERE nome = 'João';
```

```
-- ou
```

```
SELECT nome, dobrar_salario(ROW(nome, salario*1.1, idade))  
    AS salario_sonhado FROM Empregado;
```

PostgreSQL: Funções em SQL “puro”

- Uma função também pode retornar um tipo composto (tupla)

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION novo_empregado()
RETURNS Empregado AS $$
    SELECT TEXT 'Nenhum' AS nome, 1000.0 AS salario,
           25 AS idade;
$$ LANGUAGE SQL;

-- ou
CREATE OR REPLACE FUNCTION novo_empregado()
RETURNS Empregado AS $$
    SELECT ROW('Nenhum', 1000.0, 25)::Empregado;
$$ LANGUAGE SQL;

-- Chamar assim:
SELECT novo_empregado();

-- ou
SELECT * FROM novo_empregado();
```

PostgreSQL: Funções em SQL “puro”

```
CREATE TEMP TABLE teste (testeid INT, testesubid INT,  
                           testename text);
```

```
INSERT INTO teste VALUES (1, 1, 'João');
```

```
INSERT INTO teste VALUES (1, 2, 'José');
```

```
INSERT INTO teste VALUES (2, 1, 'Maria');
```

```
CREATE FUNCTION getteste(INT) RETURNS teste AS $$
```

```
    SELECT * FROM teste WHERE testeid = $1;
```

```
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT *, UPPER(testename) FROM getteste(1) AS t1;
```

- ▶ Tabelas temporárias (TEMP) são removidas pelo SGBD quando a conexão com o BD é encerrada
- ▶ A chamada à função pode aparecer na cláusula FROM de uma consulta
- ▶ É importante ressaltar que getteste devolve uma só tupla!

PostgreSQL: Funções em SQL “puro”

```
CREATE FUNCTION getteste(INT) RETURNS SETOF teste AS $$  
    SELECT * FROM teste WHERE testeid = $1;  
$$ LANGUAGE SQL;  
  
SELECT * FROM getteste(1) AS t1;
```

- ▶ O construtor **SETOF** permite definir um tipo de dado que é um conjunto de tuplas
- ▶ Essa nova implementação de `getteste` pode devolver mais de uma tupla!

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

- ▶ Em funções da PL/pgSQL, é possível criar variáveis e blocos que definem diferentes escopos para as variáveis

```
CREATE FUNCTION func_escopo() RETURNS INTEGER AS $$  
DECLARE  
    quantidade INTEGER := 30;  
BEGIN  
    RAISE NOTICE 'Aqui a quantidade é %', quantidade; -- qtde = 30  
    quantidade := 50;  
    -- Criar um sub-bloco  
    DECLARE  
        quantidade INTEGER := 80;  
    BEGIN  
        RAISE NOTICE 'Aqui a quantidade é %', quantidade; -- qtde = 80  
    END;  
    RAISE NOTICE 'Aqui a quantidade é %', quantidade; -- qtde = 50  
    RETURN quantidade;  
END; $$ LANGUAGE plpgsql;  
  
SELECT func_escopo();
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

- ▶ Há diferentes formas de se referenciar a parâmetros

```
CREATE FUNCTION func1(VARCHAR, INT) RETURNS INT AS $$  
DECLARE  
    param1 ALIAS FOR $1;    param2 ALIAS FOR $2;  
BEGIN  
    RETURN length(param1) + param2;  
END; $$ LANGUAGE plpgsql;
```

```
CREATE FUNCTION func2(param1 VARCHAR, param2 INT) RETURNS INT AS $$  
BEGIN  
    RETURN length(param1) + param2;  
END; $$ LANGUAGE plpgsql;
```

```
CREATE FUNCTION func3(VARCHAR, INT) RETURNS INT AS $$  
BEGIN  
    RETURN length($1) + $2;  
END; $$ LANGUAGE plpgsql;
```


PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

- ▶ Exemplo de uso do operador de concatenação de valores – ||

```
CREATE FUNCTION concat_atrib_selecionados(tupla nome_da_tabela)
RETURNS text AS $$
BEGIN
    RETURN tupla.a1 || tupla.a3 || tupla.a5 || tupla.a7;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

- ▶ nome_tabela%ROWTYPE – permite criar uma variável do tipo tupla, com a estrutura de uma tupla da tabela nome_tabela
- ▶ Também pode-se usar nome_tabela.nome_coluna.%TYPE, para pegar o tipo de uma coluna

```
CREATE FUNCTION mesclar_campos(t_linha nome_tabela)
RETURNS text AS $$
DECLARE
    t2_linha nome_tabela2%ROWTYPE;
BEGIN
    SELECT * INTO t2_linha FROM nome_tabela2 WHERE ... ;
    RETURN t_linha.f1 || t2_linha.f3 || t_linha.f5 || t2_linha.f7;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT mesclar_campos(t.*) FROM nome_tabela t WHERE ... ;
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

- ▶ FOR ... LOOP – manipulação de cursores (semelhante à PSM)
- ▶ RECORD – tipo de dado que pode armazenar uma tupla sem estrutura definida

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION selecionaEmpregadoPorSalario(NUMERIC)
RETURNS SETOF TEXT AS $$
DECLARE
    registro RECORD;
    sal ALIAS FOR $1;
BEGIN
    FOR registro IN SELECT * FROM empregados
                    WHERE salario >= sal LOOP
        RETURN NEXT registro.nome;
    END LOOP;
    RETURN;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
SELECT * FROM nome_empregado (2200);
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

- ▶ SETOF de um tipo composto – para retornar conjuntos de registros

```
CREATE TYPE salario_por_idade AS (idade INT, salario NUMERIC);
```

```
CREATE FUNCTION obtem_salarios()  
RETURNS SETOF salario_por_idade AS $$  
DECLARE  
    registro RECORD;  
BEGIN  
    FOR registro IN SELECT idade, AVG(salario)  
                    FROM empregados GROUP BY idade LOOP  
        RETURN NEXT registro;  
    END LOOP;  
    RETURN;  
END $$ LANGUAGE plpgsql;  
  
select * from obtem_salarios();
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

- ▶ É possível usar RETURN QUERY para devolver conjuntos de registros sem usar cursores

```
CREATE TYPE salario_por_idade AS (idade INT, salario NUMERIC);
```

```
CREATE FUNCTION obtem_salarios2()  
RETURNS SETOF salario_por_idade AS $$  
BEGIN  
    RETURN QUERY  
        SELECT idade, AVG(salario)  
        FROM empregados GROUP BY idade;  
END  
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

```
select * from obtem_salarios2();
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

Exemplo 1 de uso de laços sem cursores

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION ContaAteDez() RETURNS SETOF INT AS $$  
DECLARE  
    contador INT := 0;  
BEGIN  
    LOOP  
        IF contador < 10 THEN  
            contador := contador + 1;  
            RETURN NEXT contador;  
        ELSE  
            EXIT; -- sai do laco  
        END IF;  
    END LOOP;  
    RETURN;  
END;  
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

Exemplo 2 de uso de laços sem cursores

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION ContaAteDez2()  
RETURNS SETOF INT AS $$  
DECLARE  
    contador INT := 0;  
BEGIN  
    LOOP  
        contador := contador + 1;  
        RETURN NEXT contador;  
  
        EXIT WHEN contador = 10; -- sai do laço  
    END LOOP;  
    RETURN;  
END;  
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

PostgreSQL: Funções em PL/pgSQL

Exemplo de tratamento de exceções

```
CREATE TABLE Departamento(cod INT PRIMARY KEY, nome VARCHAR(20));
CREATE TABLE Funcionario(nome VARCHAR(30) PRIMARY KEY,
                           cod_dept INT REFERENCES Departamento(cod));

CREATE OR REPLACE FUNCTION insereFunc(nome_func VARCHAR(30), cod_dept INT)
RETURNS VOID AS $$
BEGIN
    BEGIN    -- Começa bloco de tratamento de excecoes
        INSERT INTO Funcionario VALUES (nome_func, cod_dept);

        EXCEPTION WHEN SQLSTATE '23503' THEN
            BEGIN
                RAISE NOTICE '0 departamento informado para o func. nao existe!';
                RETURN;    -- encerra a execucao da funcao
            END;
        END;
    RAISE NOTICE '0 func. foi inserido com sucesso!';
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```


Referências Bibliográficas

- ▶ Exemplos de funções em PostgreSQL extraídos de:
PostgreSQL Prático –
http://pt.wikibooks.org/wiki/PostgreSQL_Prático
- ▶ Documentação do PL/PgSQL – <http://www.postgresql.org/docs/9.5/static/plpgsql.html>
- ▶ Estruturas de controle da PL/pgSQL em:
<https://www.postgresql.org/docs/9.1/static/plpgsql-control-structures.html>
- ▶ Lista de códigos de erro para SQLSTATE no PostgreSQL:
<http://www.postgresql.org/docs/9.5/static/errcodes-appendix.html>
- ▶ *Database Systems – A Complete Book* (2ª edição), Garcia-Molina, Ullman e Widom, 2002. – Capítulo 8