Banco de Dados 2

04 – Transações, WAL e MVCC.

Mecanismos de Recuperação de Paradas e Falhas

- Um **sistema de computação**, como qualquer outro dispositivo elétrico ou mecânico, está **sujeito a falhas**.
- Possíveis causas de falhas:
  - Quebra do disco,
  - Queda de força,
  - Erros de Software,
  - Incêndio,
  - Sabotagem etc.

Mecanismos de Recuperação de Paradas e Falhas

- **Falhas levam o banco de dados a perder informações.**
- Uma parte essencial do sistema de banco de dados é um **esquema de recuperação** responsável pela **detecção de falhas** e pela **restauração do banco de dados** para um **estado consistente** que existia antes da ocorrência da falha.

Mecanismos de Recuperação de Paradas e Falhas

- Frequentemente, diversas **operações do banco de dados** (**BD**) formam uma **única unidade lógica de trabalho**.
- Exemplo: a **transferência de fundos**, na qual uma **conta** é **debitada** e a outra é **creditada**.
- É essencial à **consistência** do **BD** que o **crédito** e o **débito** **ocorram**, **ou** que **nenhum** dos dois **ocorra**.

Atomicidade

- **A transferência de fundos deve ocorrer por inteiro ou não deve ocorrer.**
- Este **requerimento** “**tudo ou nada**” é chamado **atomicidade**.
- Uma **transação** é uma **coleção de operações que executa uma única função lógica** numa aplicação de **BD**.

Transação

- Cada **transação** é uma **unidade de atomicidade**.
- Independentemente da **possibilidade de falhas** **uma transação preserva a atomicidade**.

Tipos de Falhas

- **[1] – Erros Lógicos.**
  - A **transação** não pode mais continuar com sua execução normal devido a alguma **condição interna**, como uma entrada com erro, dado não encontrado, *overflow* ou limite de reservas excedido.
- **[2] – Erros do Sistema.**
  - O sistema entrou num estado indesejável (por exemplo, travamento mútuo [“*dead lock*”]). A transação deve ser interrompida, mas pode ser reexecutada mais tarde.

Tipos de Falhas

- **[3] – Queda do Sistema.**
  - Disfunções do *hardware* causam a perda de conteúdo do armazenamento volátil.
- **[4] – Falha no Disco.**
  - Um bloco do disco perde seu conteúdo como resultado de uma falha durante a transferência de dados.

Modelo de Transação

- Uma **transação** é uma **unidade de programa** que faz o **acesso** e **possivelmente atualiza** **vários itens de dados**.
- **As transações não devem violar qualquer restrição de consistência do BD**.
- Se era **consistente** quando uma **transação iniciou**, o **BD** precisa ser **consistente** quando a **transação terminar com sucesso**.

Modelo de Transação

- Entretanto, durante a execução de uma **transação**, pode ser necessário temporariamente permitir a inconsistência.
- Essa **inconsistência temporária**, ainda que necessária, pode levar a dificuldades se ocorrer uma **falha**.

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- Considere um **sistema bancário** um pouco **simplificado** com diversas **contas** e um **conjunto de transações** que faça o **acesso** àquelas **contas** e as **atualize**.

- Seja **T** uma **transação** que **transfira $50** da **conta A** para a **conta B**.

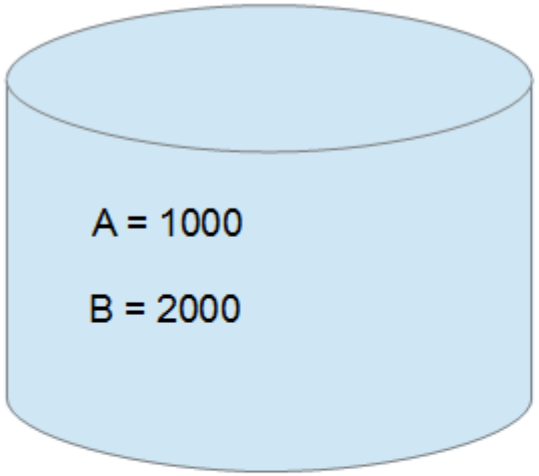
Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- Esta transação pode ser definida como:
  - **T**: **read**(A, saldoA)
  - saldoA = saldoA – 50
  - **write**(A,saldoA)
  - **read**(B, saldoB)
  - saldoB = saldoB + 50
  - **write**(B, saldoB)

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- A **restrição de consistência** é que **a soma de A e B não deve mudar com a execução de uma transação**.
- Suponha que logo **antes da transação** T, os valores das **contas A e B** sejam **$ 1.000** e **$ 2.000**, respectivamente.

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

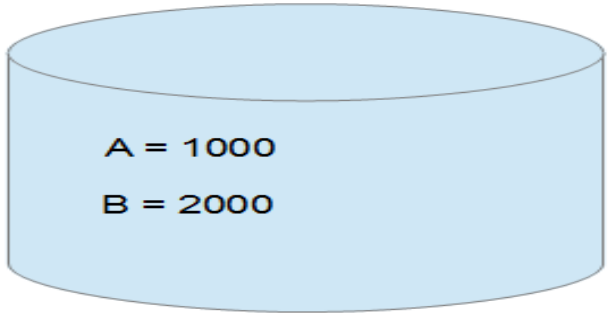


Disco

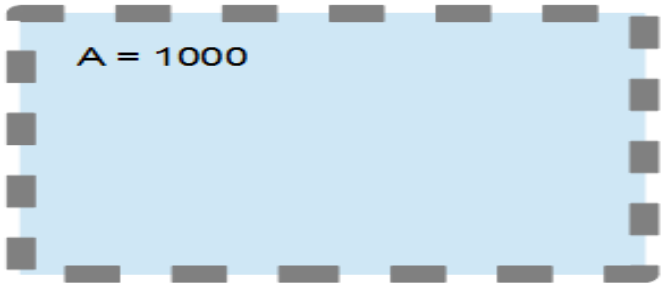
Memória Principal

Situação antes da execução da Transação T.

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado



Disco



Memória Principal

T: **read**(A, saldoA)

saldoA = saldoA – 50

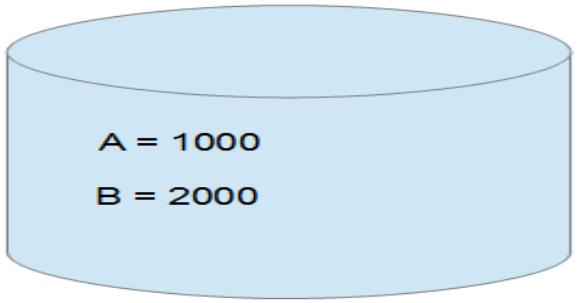
write(A,saldoA)

read(B, saldoB)

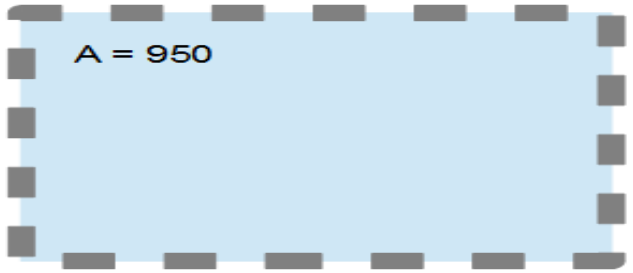
saldoB = saldoB + 50

write(B, saldoB)

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado



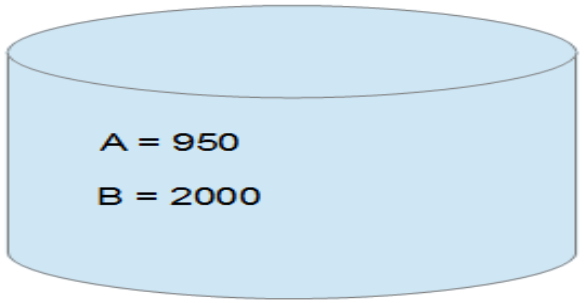
Disco

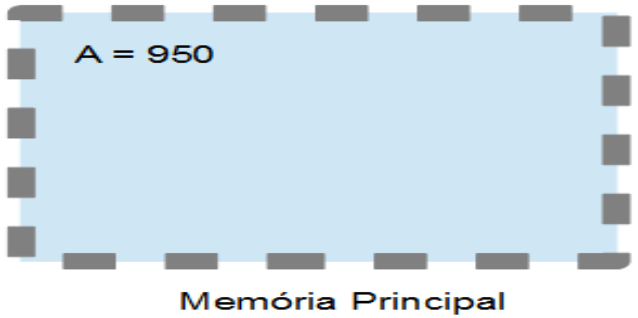


Memória Principal

```
T: read(A, saldoA)
saldoA = saldoA – 50
write(A,saldoA)
read(B, saldoB)
saldoB = saldoB + 50
 write(B, saldoB)
```

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado





T: **read**(A, saldoA)
saldoA = saldoA – 50
write(A,saldoA)
read(B, saldoB)
saldoB = saldoB + 50
write(B, saldoB)

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- **Nesse ponto** uma **falha** resultaria em um **estado de inconsistência** para nosso banco de dados (BD).

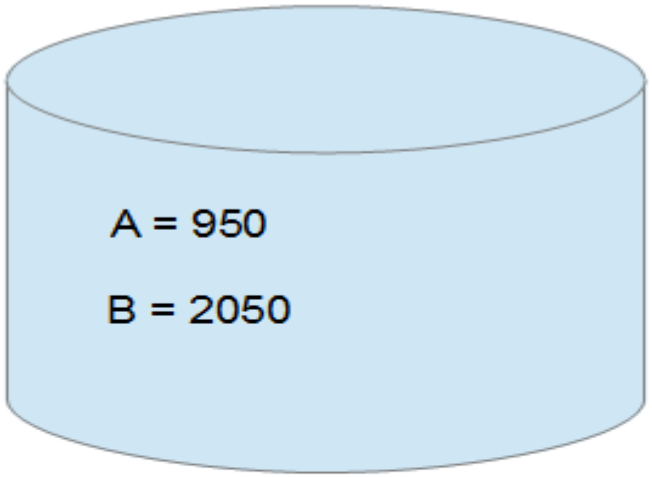
- **A soma dos saldos das contas A e B antes da Transação T** era **$ 3.000** ($ 1.000 + $ 2.000), mas **após T** passa a ser **$ 2.950** ($ 950 + $ 2.000).

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- O **estado de inconsistência** decorre da **violação da atomicidade** de nossa **transação**: **ocorreu um débito na conta A, mas não houve o crédito na conta B.**

- Em uma **transação** deve ocorrer tudo (débito e crédito no caso de nosso exemplo) e não apenas uma parte (somente o débito).

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado



Disco

Memória Principal

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- **Caso nenhuma falha ocorresse** durante a execução da transação T, o slide anterior seria o resultado final de T.
- Um **estado consistente do BD**:
  - **Antes de T:** saldoA + saldoB = 1.000 + 2.000 = 3.000.
  - **Depois de T:** saldoA + saldoB = 950 + 2.050 = 3.000.

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- Dois importantes requerimentos que usamos em **transações**:
  - "**Corretude**" ("***Correctness***"): Cada transação precisa ser um programa que preserva a consistência do banco de dados.
  - "**Atomicidade**": Todas as operações associadas a uma transação precisam ser executadas até o final, ou nenhuma deve ser executada.

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- Assegurar a “**corretude**” é **responsabilidade** do **programador** que codifica uma transação.
- Assegurar a **atomicidade** é **responsabilidade** do próprio **sistema de banco de dados**.

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- Na **ausência de falhas**, todas as **transações são completadas com sucesso** e a **atomicidade** é respeitada facilmente.
- Nem sempre uma transação pode completar sua execução com sucesso. Tal **transação** é chamada **abortada**.
- Uma **transação abortada** não deve ter efeito sobre o **estado** do **banco de dados (BD)**.

Exemplo do Sistema Bancário Simplificado

- Em caso de **transação abortada**, o **BD precisa ser restaurado ao estado que se encontrava logo antes da transação** em questão ter se iniciado.
- Dizemos que tal **transação foi desfeita** (“***rolled back***”).
- Uma **transação** que complete sua execução com **sucesso** é chamada de **compromissada** (***committed***).

ACID

- A sigla **ACID** significa:
- - *Atomicity*,
- - *Consistency*,
- - *Isolation* e
- - *Durability*.

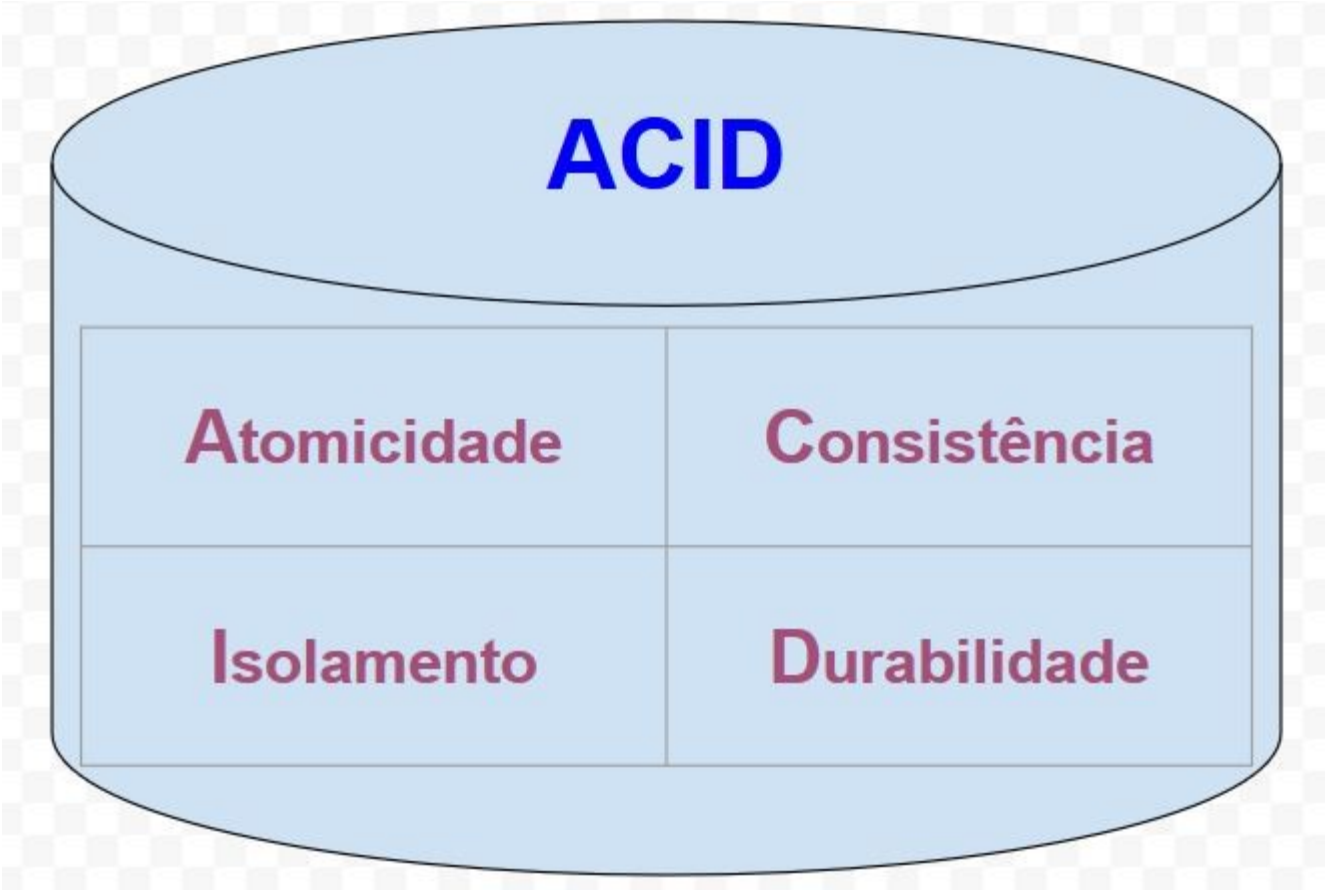
ACID

- Em português:
- - Atomicidade,
- - Consistência,
- - Isolamento e
- - Durabilidade.

ACID

- **ACID** diz respeito a um **conjunto de propriedades em transações de bancos de dados** que são importantes para **garantir a validade dos dados** mesmo quando ocorrem erros ou falhas.

ACID



ACID

- **Atomicidade**:
- - As transações são, geralmente, compostas de várias declarações (comandos / operações).
- - A atomicidade é uma propriedade que garante que cada transação seja tratada como uma entidade única, a qual deve ser executada por completo ou falhar completamente.

Atomicidade (Novamente)

- Desta forma, todas as operações da transação devem ser executadas com sucesso para que a transação tenha sucesso.
- Se uma única operação que seja do bloco da transação falhar, toda a transação deverá ser cancelada – as transações são aplicadas de uma forma “tudo ou nada”.

Consistência

- **Consistência**: A propriedade da consistência permite assegurar que uma transação somente leve o banco de dados de um estado válido a outro também válido, mantendo a estabilidade do banco.
- Os dados que são gravados devem sempre ser válidos.

Isolamento

- **Isolamento**: É muito comum que **transações** sejam **executadas de forma concorrente**, ou seja, de forma que várias tabelas sejam lidas ou alteradas por vários usuários simultaneamente.
- Com a propriedade do **isolamento** a **execução concorrente** permite deixar o **banco de dados** no mesmo estado em que ele estaria caso as **transações** fossem executadas em sequência.

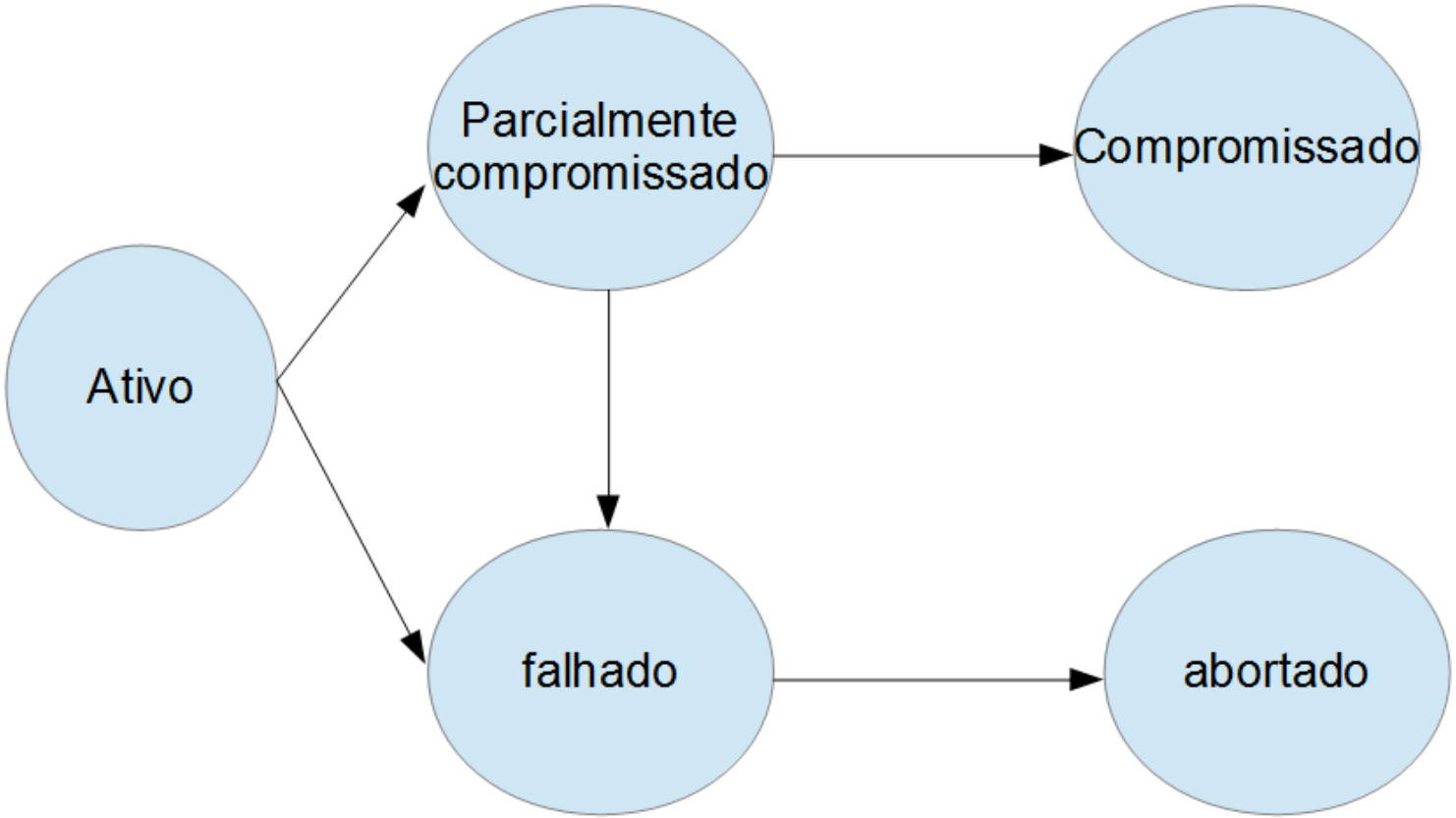
Durabilidade

- **Durabilidade**: A propriedade da **durabilidade** garante que uma **transação**, uma vez executada (efetivada), **permanecerá neste estado mesmo que haja um problema grave no sistema**, como **travamento de sistema** ou **falta de energia elétrica** no **servidor**.
- Para isso, as **transações finalizadas** são **gravadas** em **dispositivos de memória permanente (não-volátil)**, como **discos rígidos**, de modo que os dados estejam **sempre disponíveis**, mesmo que a **instância** do **BD** seja **reiniciada**.

Estados de uma Transação

- Uma transação precisa estar em um dos seguintes estados:
  - **Ativo:** estado inicial.
  - **Parcialmente Compromissado:** depois que a última instrução foi executada.
  - **Falhado:** depois da descoberta de que uma execução normal não pode mais prosseguir.
  - **Abortado:** depois que a transação foi desfeita e o BD foi restaurado ao seu estado anterior ao início da transação.
  - **Compromissado:** depois de a transação ser completada “com sucesso”.

Diagrama de Estados de uma Transação



Recuperação Baseada em LOG

- Considere novamente nosso **sistema bancário simplificado** e a **transação T** que **transfere $50 da conta A para a conta B** com os **valores iniciais $1.000 e $2.000** para A e B, respectivamente.

Recuperação Baseada em LOG

- A fim de atingir nossa **meta de atomicidade**, precisamos primeiro **gravar informações descrevendo as modificações no armazenamento estável** sem modificar o banco de dados em si.

- A estrutura mais largamente usada para registrar modificações no BD é o **log**.

O LOG do Banco de Dados

- Cada registro do log descreve uma única gravação no banco de dados e tem os seguintes campos:
  - **Nome da transação**: nome único da transação que executou a operação write.
  - **Nome do item de dado**: o nome único do item de dado gravado.
  - **Valor antigo**: o valor do item de dado anterior à gravação.
  - **Novo Valor**: o valor que o item de dado terá depois da gravação.

O LOG do Banco de Dados

- Representamos os vários tipos de registros de log como se segue:
  - **<Ti start>**. A transação Ti iniciou.
  - **<Ti, Xj, V1, V2>**. A transação Ti executou uma gravação num item de dado Xj. Xj tinha o valor V1 antes da gravação e terá o valor V2 depois.
  - **<Ti commit>**. A transação Ti foi compromissada.

O LOG do Banco de Dados

- Toda vez que uma **transação** executa uma **gravação**, é essencial que o **registro de log** para essa gravação seja **criado antes que o BD seja modificado**.

Modificação de Banco de Dados Adiada

- A técnica de **adiar a modificação** assegura a **atomicidade** da **transação** **gravando todas as modificações do BD no log**, mas **adiando a execução de todas as operações write** de uma transação até que a **transação** seja **parcialmente compromissada**.

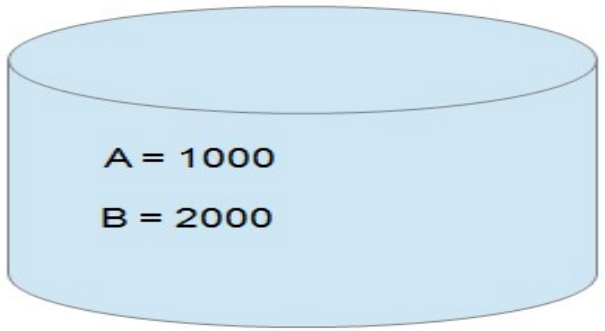
Modificação de BD Adiada

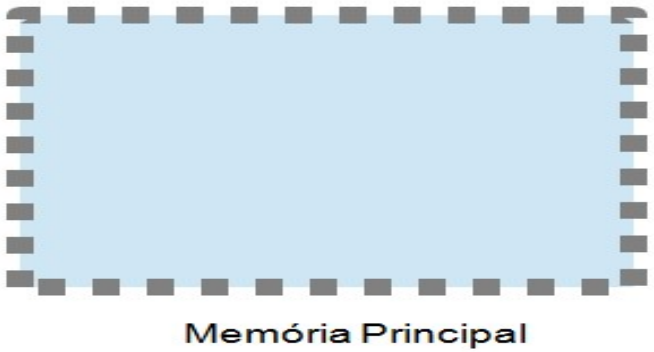
- Quando uma **transação** torna-se **parcialmente comprometida**, a **informação no log** associada à **transação** é usada na **execução de gravações adiadas**.

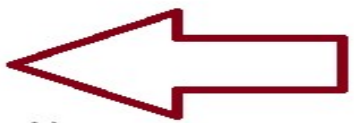
Modificação de BD Adiada

- A execução da transação T0 procede da seguinte maneira:
  - Um registro **<T0 start>** é escrito no **log**.
  - Uma operação **write** executada por **T0** resulta na gravação de um novo registro no **log**.
  - Quando T0 torna-se parcialmente compromissada, um registro **<T0 commit>** é escrito no **log**.

Modificação de BD Adiada





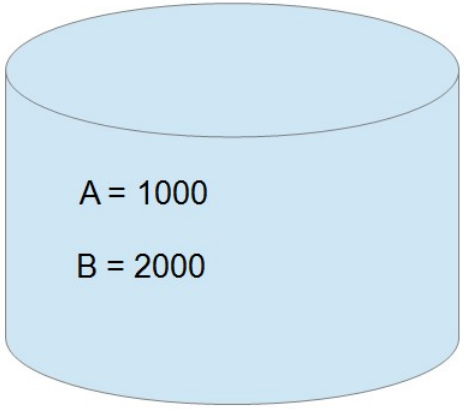


T: **read**(A, saldoA)
saldoA = saldoA – 50
write(A,saldoA)
read(B, saldoB)
saldoB = saldoB + 50
write(B, saldoB)

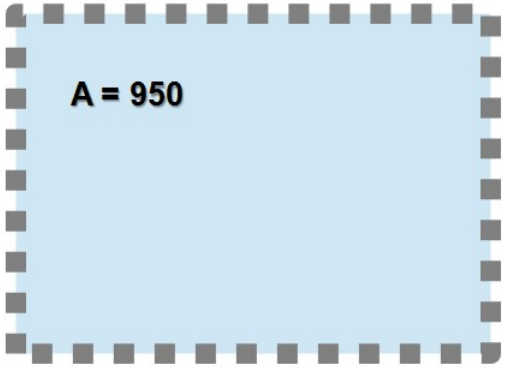
Log:

<T0 start>

Modificação de BD Adiada



Disco



Memória Principal

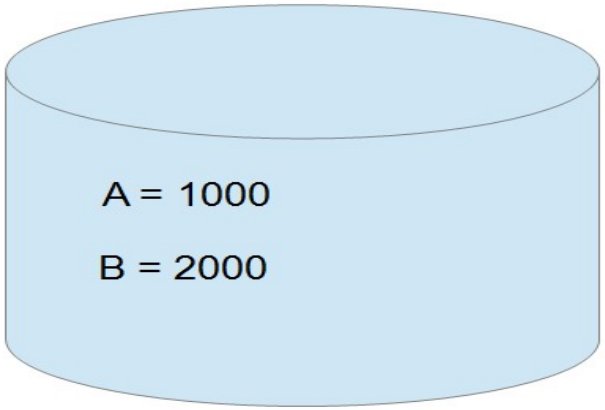
T: **read**(A, saldoA)
saldoA = saldoA – 50
write(A,saldoA)
read(B, saldoB)
saldoB = saldoB + 50
write(B, saldoB)

Log:

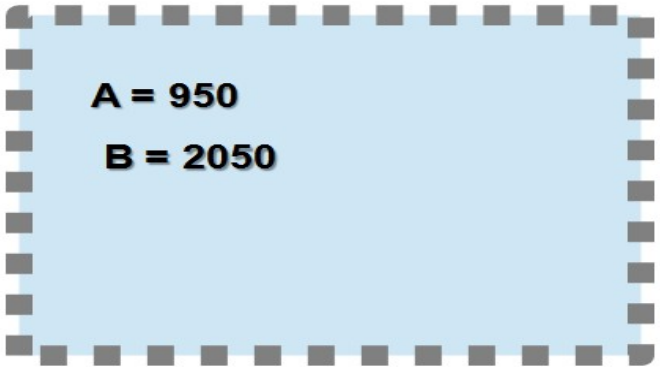
<T0 start>

<T0, A, 950>

Modificação de BD Adiada



Disco



Memória Principal

T: **read**(A, saldoA)
saldoA = saldoA – 50
write(A,saldoA)
read(B, saldoB)
saldoB = saldoB + 50
write(B, saldoB)

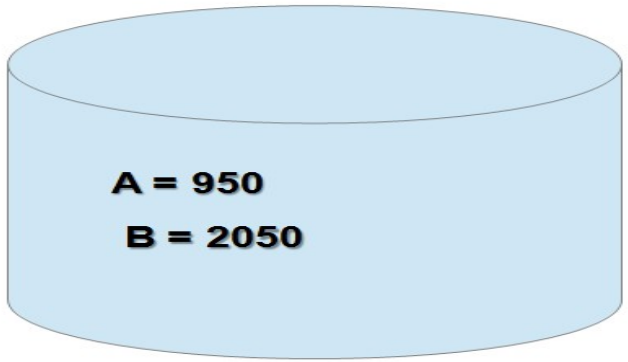
Log:

<T0 start>

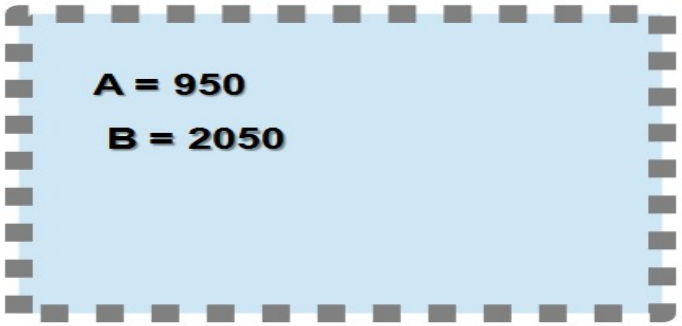
<T0, A, 950>

<T0, B, 2050>

Modificação de BD Adiada



Disco



Memória Principal

T: **read**(A, saldoA)
saldoA = saldoA – 50
write(A,saldoA)
read(B, saldoB)
saldoB = saldoB + 50
write(B, saldoB)

Log:

<T0 start>

<T0, A, 950>

<T0, B, 2050>

<T0 commit>

Modificação de BD Adiada

- Quando a transação T0 torna-se parcialmente compromissada, os registros associados a ela no log são usados na execução de gravações adiadas.
- Falhas podem acontecer enquanto essa atualização estiver ocorrendo.
- Os registros do log estão gravados em dispositivo de armazenamento estável.

Modificações de BD Adiada

- Observe que apenas o novo valor do item de dado é requerido pela técnica de modificação adiada.
- Usando o log, o sistema pode manipular qualquer falha que resultar na perda de informações em dispositivo de armazenamento volátil.

Modificação de BD Adiada

- O **esquema de recuperação** usa o seguinte procedimento de recuperação: **redo(T0)**.
- Ele **ajusta o valor de todos os itens de dados atualizados pela transação T0 para os novos valores**.
- A operação **redo** precisa ser **idempotente**: **executá-la diversas vezes precisa ser equivalente a executá-la apenas uma vez**.

Modificação de BD Adiada

- Depois que uma falha tenha ocorrido:
  - O **subsistema de recuperação** consulta o **log** para determinar que transações precisam ser refeitas.
  - A **transação** precisa ser **refeita** se e somente se o **log** contiver o registro **<Ti start>** e o registro **<Ti commit>**.
  - Se **o sistema cair depois** que a **transação completar sua execução**, a informação no **log** será usada para restaurar o sistema para um estado consistente anterior.

Modificação de BD Adiada

Cenário 1: conteúdo do log no momento de falha do sistema:

<T0 start>

<T0,A,950>

<T0,B,2050>

O sistema caiu **antes** que a **transação T0** tenha sido **completamente executada**. Assuma que a queda logo depois que o registro de log para **write(B,b1)** da transação **T0** tenha sido **gravado em meio estável**.

Modificação de BD Adiada

- **Quando o sistema volta, nenhuma ação de recuperação precisa ser feita.**
- Afinal, nenhum registro executado aparece no **log**.
- Os valores das **contas A e B** permanecem **$1.000** e **$2.000**, respectivamente.

Modificação de BD Adiada

Cenário 2: conteúdo do log no momento de falha do sistema:

<T0 start>

<T0, A, 950>

<T0, B, 2050>

<T0 commit>

<T1 start>

<T1, C, 600>

Modificação de BD Adiada

- Agora assumimos que a queda ocorreu logo após o passo **write(C,c1)** da **transação T1** ter sido **gravado no meio estável**.
- A transação **T0** transfere $50 da conta A para a conta B.
- A transação **T1** saca $100 da conta C.

Modificação de BD Adiada

- Quando o sistema voltar, a **operação redo(T0)** será executada uma vez que o **registro <T0 commit>** aparece no **log do disco**.
- Depois desta operação, os valores das contas A e B serão $950 e $2.050, respectivamente.
- O valor da conta C permanecerá $700.

Modificação de BD Adiada

Cenário 3: conteúdo do log no momento de falha do sistema:

<T0 start>

<T0, A, 950>

<T0, B, 2050>

<T0 commit>

<T1 start>

<T1, C, 600>

<T1 commit>

Modificação de BD Adiada

- Assuma que a **queda** ocorreu logo após o **registro de log <T1 commit> ser gravado no meio estável**.
- **Quando o sistema voltar**, a existência de **<T1 commit>** e **<T0 commit>** tornarão **necessária a execução das operações redo(T0)** e **redo(T1)**.

Modificação de BD Adiada

- Com isso, as **contas A**, **B** e **C** terão como saldo $**950**, $**2.050** e $**600**, respectivamente.
- **Caso ocorra uma segunda queda do sistema – durante a recuperação da primeira queda** – algumas mudanças podem ter sido feitas no **BD** como resultado das operações **redo()**, mas talvez nem todas as mudanças tenham sido realizadas.

Modificação de BD Adiada

- Quando o sistema voltar depois da segunda queda, a recuperação procederá exatamente como nos exemplos anteriores.
- As ações de recuperação serão reiniciadas desde o início.

Modificação de BD Imediata

- A técnica da **atualização imediata** permite a **gravação de modificações no BD** enquanto a **transação** está ainda no **estado ativo**.
- As modificações gravadas por transações ativas são chamadas **modificações descompromissadas** (***uncommitted***).

Modificação de BD Imediata

- Se ocorrer uma **queda** ou **falha** da **transação**, o **campo** com **valor antigo** dos registros do **log** deve ser usado para **restaurar os itens de dados modificados** com **os valores que tinham antes do início da transação**.
- Isto é feito por meio da **operação undo**.

Modificação de BD Imediata

- **Antes** que uma **transação Ti** inicie sua execução, o **registro <Ti start>** é gravado no **log**.
- **Durante a execução**, qualquer **operação write(X, xi)** de **Ti** é **precedida pela gravação** do novo registro apropriado no **log**.
- Quando torna-se **parcialmente compromissada**, o registro **<Ti commit>** é escrito no **log**.

Modificação de BD Imediata

- Uma vez que a informação no log é usada na reconstrução do estado do banco de dados (BD), **não podemos permitir a atualização do BD antes do registro do log correspondente ser escrito no armazenamento estável**.

Modificação de BD Imediata

- <T0 start>
- <T0, A, 1.000, 950>
- <T0, B, 2.000, 2.050>
- <T0 commit>
- <T1 start>
- <T1, C, 700, 600>
- <T1 commit>

Modificação de BD Imediata

- O esquema de recuperação utiliza dois procedimentos:
  - **Undo(Ti)**, que restaura o valor de todos os itens de dados atualizados pela transação Ti aos **valores antigos**.
  - **Redo(Ti)**, que ajusta o valor de todos os itens de dados atualizados pela transação Ti aos **novos valores**.

Modificação de BD Imediata

LOG	Banco de Dados
<T0 start>	
<T0, A, 1.000, 950>	
	A = 950
<T0, B, 2.000, 2.050>	
	B = 2.050
<T0 commit>	
<T1 start>	
<T1, C, 700, 600>	
	C = 600
<T1 commit>	

Transações no PostgreSQL

- No **PostgreSQL** existem três comandos de suma importância para **iniciar (begin) e finalizar (commit e rollback)** uma **transação**.
- O comando **BEGIN** **inicia** uma **transação**.
- Em seguida promovemos uma **atualização** no **BD** por meio de um **INSERT**.

Transações no PostgreSQL

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Query Editor

```
1  CREATE TABLE CLIENTE (
2     NR_CLIENTE INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
3     NOME VARCHAR(40) NOT NULL,
4     SEXO CHAR(1) NOT NULL
5  );
6
7  INSERT INTO CLIENTE VALUES (1035,'JAMBIRA ETELVINA SOUZA','F'),
8                             (1040,'ASDRUBAL SOARES','M'),
9                             (1086,'DESIDÉRIO RIVIERA','M');
10
11 SELECT * FROM CLIENTE;
12
13
14
```

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Data Output

	nr_cliente [PK] integer	nome character varying (40)	sexo character (1)
1	1035	JAMBIRA ETELVINA SOUZA	F
2	1040	ASDRUBAL SOARES	M
3	1086	DESIDÉRIO RIVIERA	M

Transações no PostgreSQL

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Query Editor

```
12
13  BEGIN; -- INÍCIO DA TRANSAÇÃO
14     INSERT INTO CLIENTE VALUES (1099,'URRACA SANCHES','F');
15
16     SELECT * FROM CLIENTE; -- NOTE QUE A CLIENTE 'URRACA' FOI INSERIDA NA TABELA
17                            -- ANTES MESMO DA FINALIZAÇÃO DA TRANSAÇÃO
18                            -- MODIFICAÇÃO IMEDIATA DO BD ???
19
20
21
```

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Data Output

	nr_cliente [PK] integer	nome character varying (40)	sexo character (1)
1	1035	JAMBIRA ETELVINA SOUZA	F
2	1040	ASDRUBAL SOARES	M
3	1086	DESIDÉRIO RIVIERA	M
4	1099	URRACA SANCHES	F

Transações no PostgreSQL

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Query Editor

```
12
13  BEGIN; -- INÍCIO DA TRANSAÇÃO
14     INSERT INTO CLIENTE VALUES (1099,'URRACA SANCHES','F');
15
16     SELECT * FROM CLIENTE; -- NOTE QUE A CLIENTE 'URRACA' FOI INSERIDA NA TABELA
17                            -- ANTES MESMO DA FINALIZAÇÃO DA TRANSAÇÃO
18                            -- MODIFICAÇÃO IMEDIATA DO BD ???
19
20  ROLLBACK; -- FIM DA TRANSAÇÃO (A MESMA NÃO FOI COMPROMISSADA. TUDO FOIDESFEITO).
21
22  SELECT * FROM CLIENTE;  -- OBSERVE QUE URRACA DESAPARECEU.
23
24
```

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Data Output

	nr_cliente [PK] integer	nome character varying (40)	sexo character (1)
1	1035	JAMBIRA ETELVINA SOUZA	F
2	1040	ASDRUBAL SOARES	M
3	1086	DESIDÉRIO RIVIERA	M

Transações no PostgreSQL

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Query Editor

```
23
24  BEGIN;  -- INÍCIO DA TRANSAÇÃO
25     INSERT INTO CLIENTE VALUES (1099,'URRACA SANCHES','F'); -- REINSERÇÃO DE URRACA
26  COMMIT; -- FIM DA TRANSAÇÃO (COMPROMISSADA. URRACA FOI CONFIRMADA).
27
28  SELECT * FROM CLIENTE;
29
```

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Data Output

	nr_cliente [PK] integer	nome character varying (40)	sexo character (1)
1	1035	JAMBIRA ETELVINA SOUZA	F
2	1040	ASDRUBAL SOARES	M
3	1086	DESIDÉRIO RIVIERA	M
4	1099	URRACA SANCHES	F

Transações no PostgreSQL

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Query Editor

```
29
30  CREATE TABLE CONTA (
31     NR_CONTA INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
32     NR_CLIENTE INTEGER NOT NULL,
33     SALDO NUMERIC(11,2) NOT NULL,
34
35     FOREIGN KEY (NR_CLIENTE) REFERENCES CLIENTE (NR_CLIENTE) ON DELETE RESTRICT
36  );
37
38  INSERT INTO CONTA VALUES (12650, 1099,2000), (25099, 1099, 150), (37000, 1086, 4000);
39
40  SELECT * FROM CONTA;
41
42
```

Banco/postgres@PostgreSQL 12

Data Output

	nr_conta [PK] integer	nr_cliente integer	saldo numeric (11,2)
1	12650	1099	2000.00
2	25099	1099	150.00
3	37000	1086	4000.00

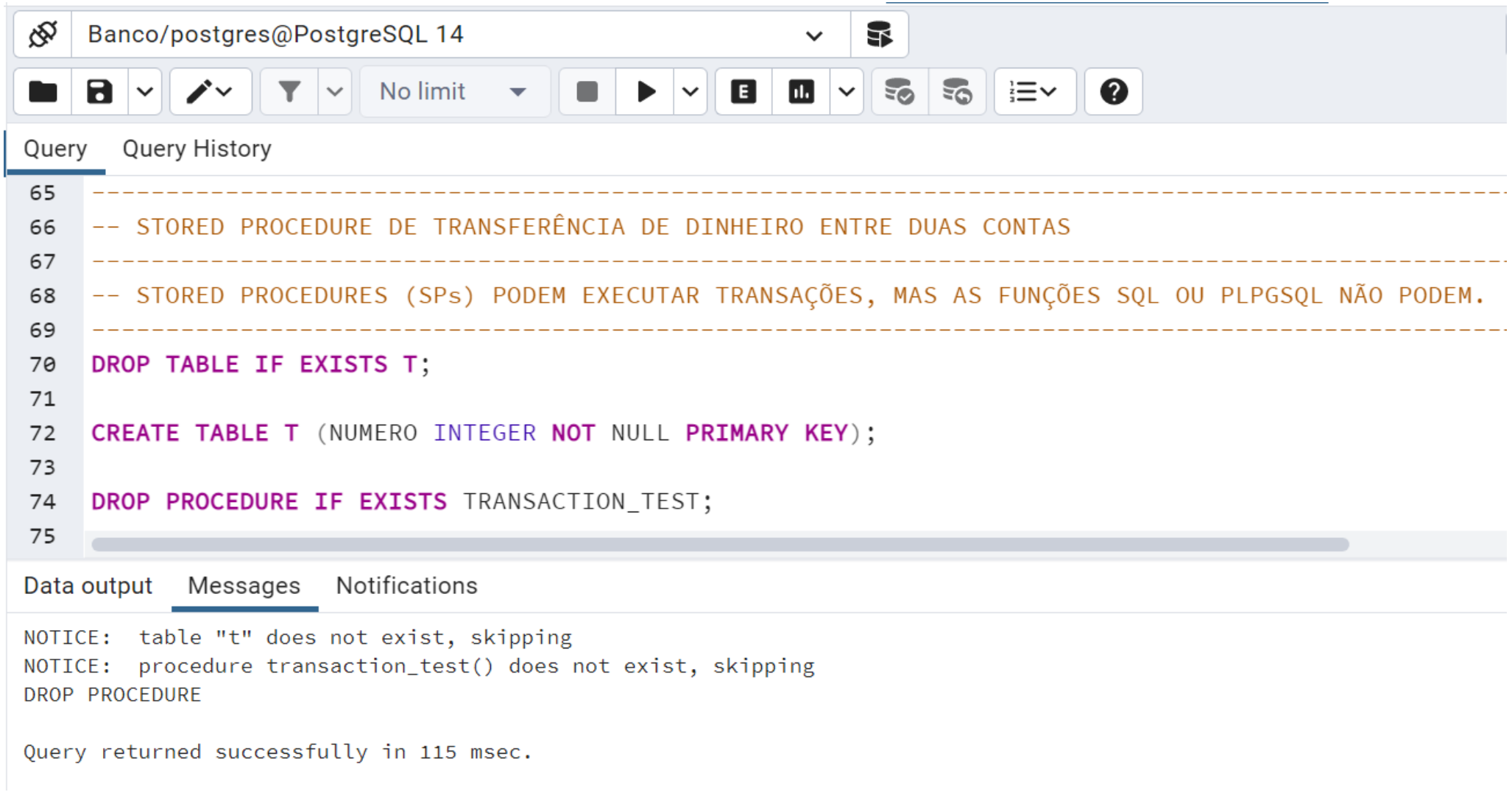
Transações no PostgreSQL

Banco/postgres@PostgreSQL 12

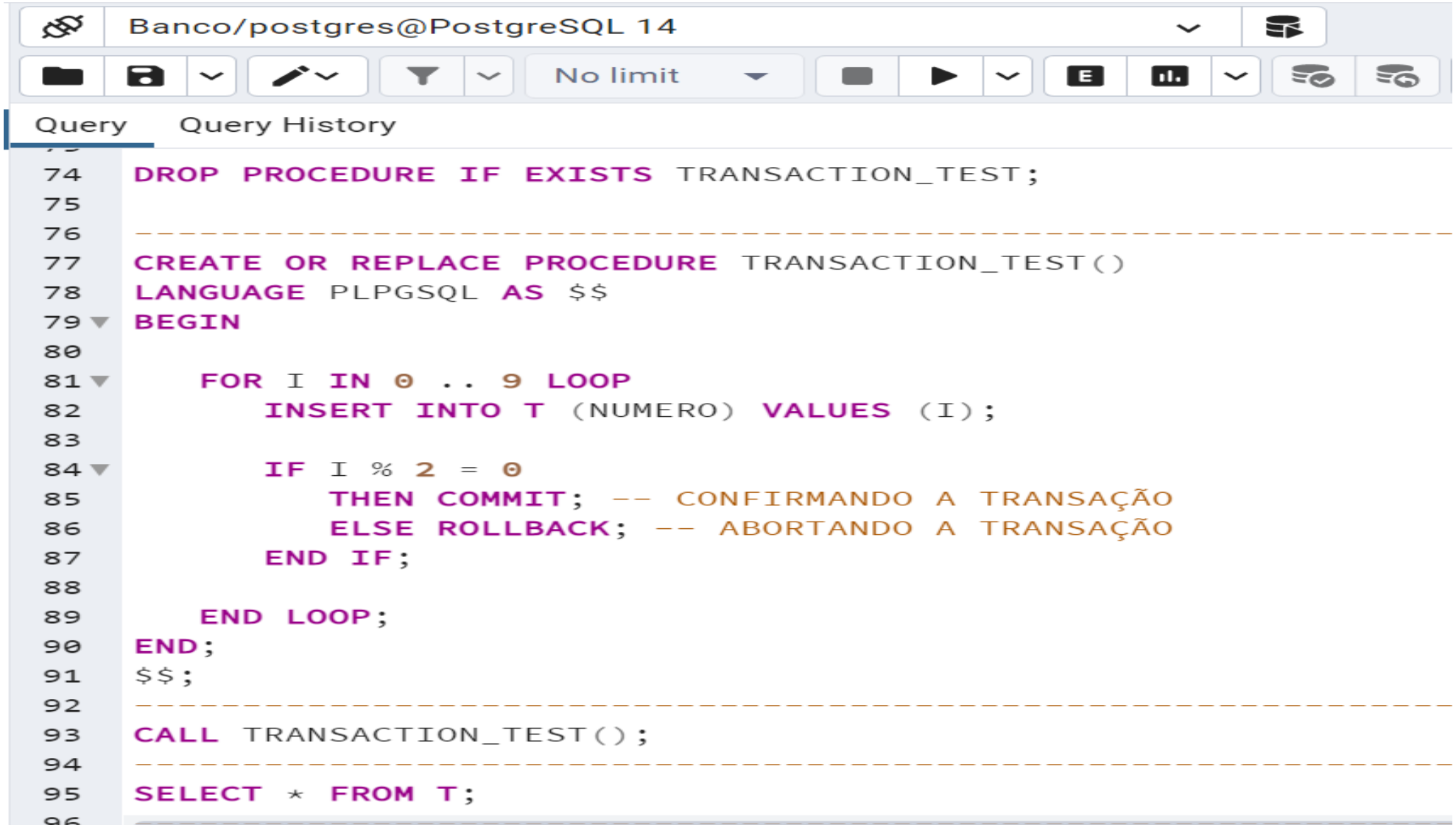
Query Editor

```
42  DROP TABLE IF EXISTS MOVIMENTACAO;
43
44  CREATE TABLE MOVIMENTACAO (
45     NR_MOVIMENTACAO SERIAL NOT NULL PRIMARY KEY,
46     NR_CONTA INTEGER NOT NULL,
47     DT_MOVIMENTACAO DATE NOT NULL CHECK (DT_MOVIMENTACAO = CURRENT_DATE),
48     OPERACAO CHAR(1) NOT NULL CHECK (OPERACAO = 'D' OR OPERACAO = 'C'),
49     VALOR NUMERIC(11,2) NOT NULL,
50     LOCAL VARCHAR(50) NOT NULL,
51
52     FOREIGN KEY (NR_CONTA) REFERENCES CONTA (NR_CONTA) ON DELETE CASCADE
53  );
54
55
```

Transações no PostgreSQL

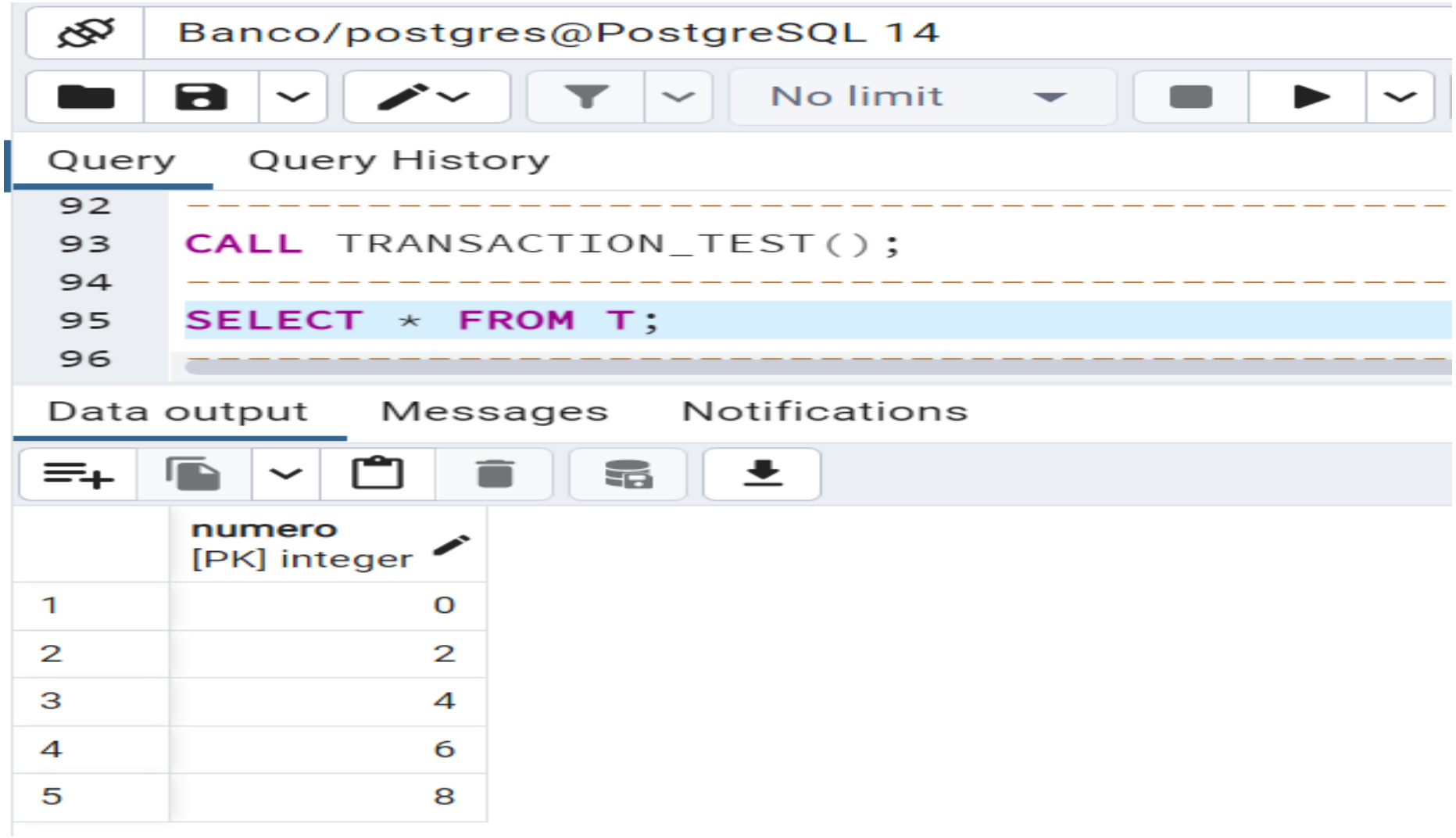


Transações no PostgreSQL

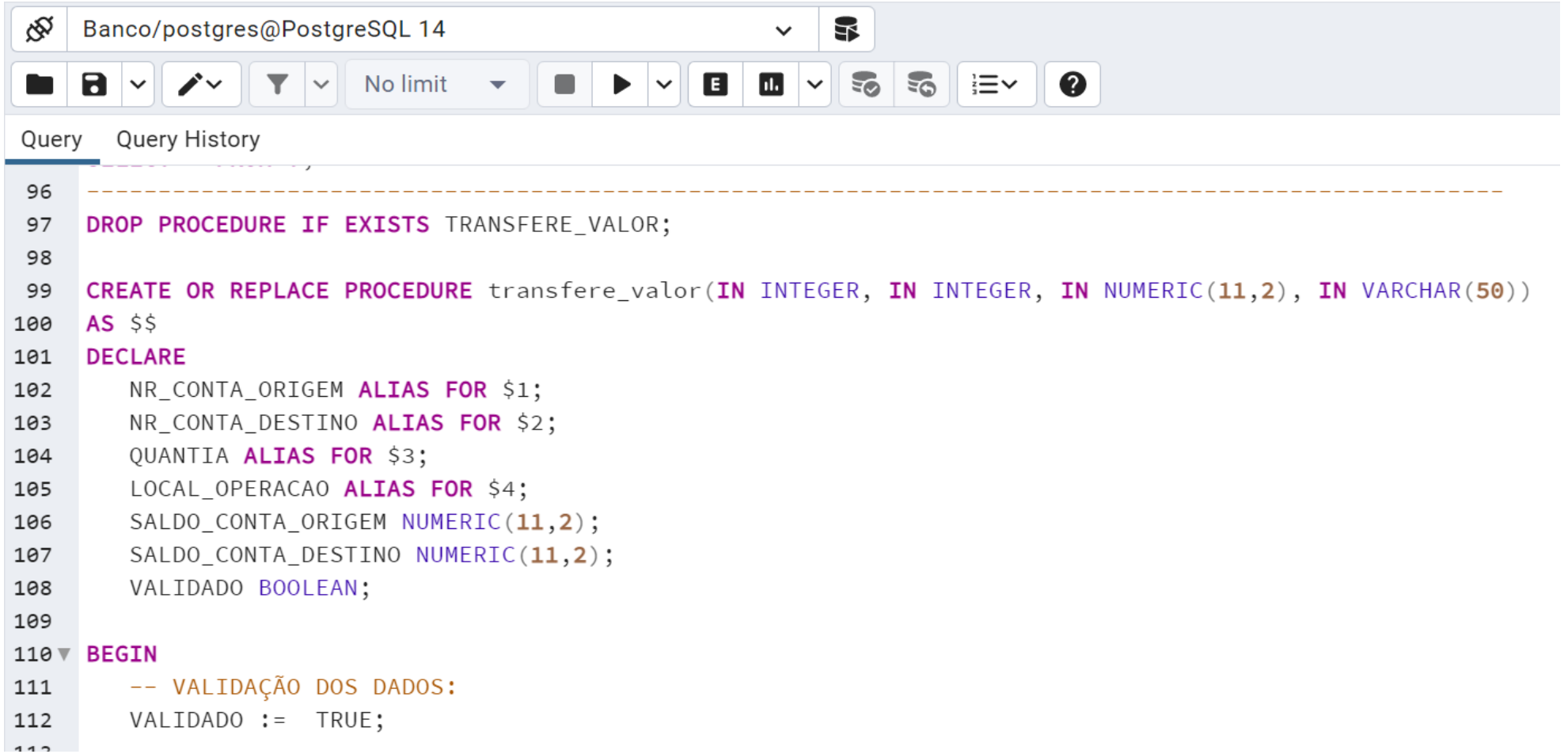



```
74  DROP PROCEDURE IF EXISTS TRANSACTION_TEST;
75
76  ------------------------------------------------------------
77  CREATE OR REPLACE PROCEDURE TRANSACTION_TEST()
78  LANGUAGE PLPGSQL AS $$
79  BEGIN
80
81      FOR I IN 0 .. 9 LOOP
82          INSERT INTO T (NUMERO) VALUES (I);
83
84          IF I % 2 = 0
85              THEN COMMIT; -- CONFIRMANDO A TRANSAÇÃO
86              ELSE ROLLBACK; -- ABORTANDO A TRANSAÇÃO
87          END IF;
88
89      END LOOP;
90  END;
91  $$;
92  ------------------------------------------------------------
93  CALL TRANSACTION_TEST();
94  ------------------------------------------------------------
95  SELECT * FROM T;
```

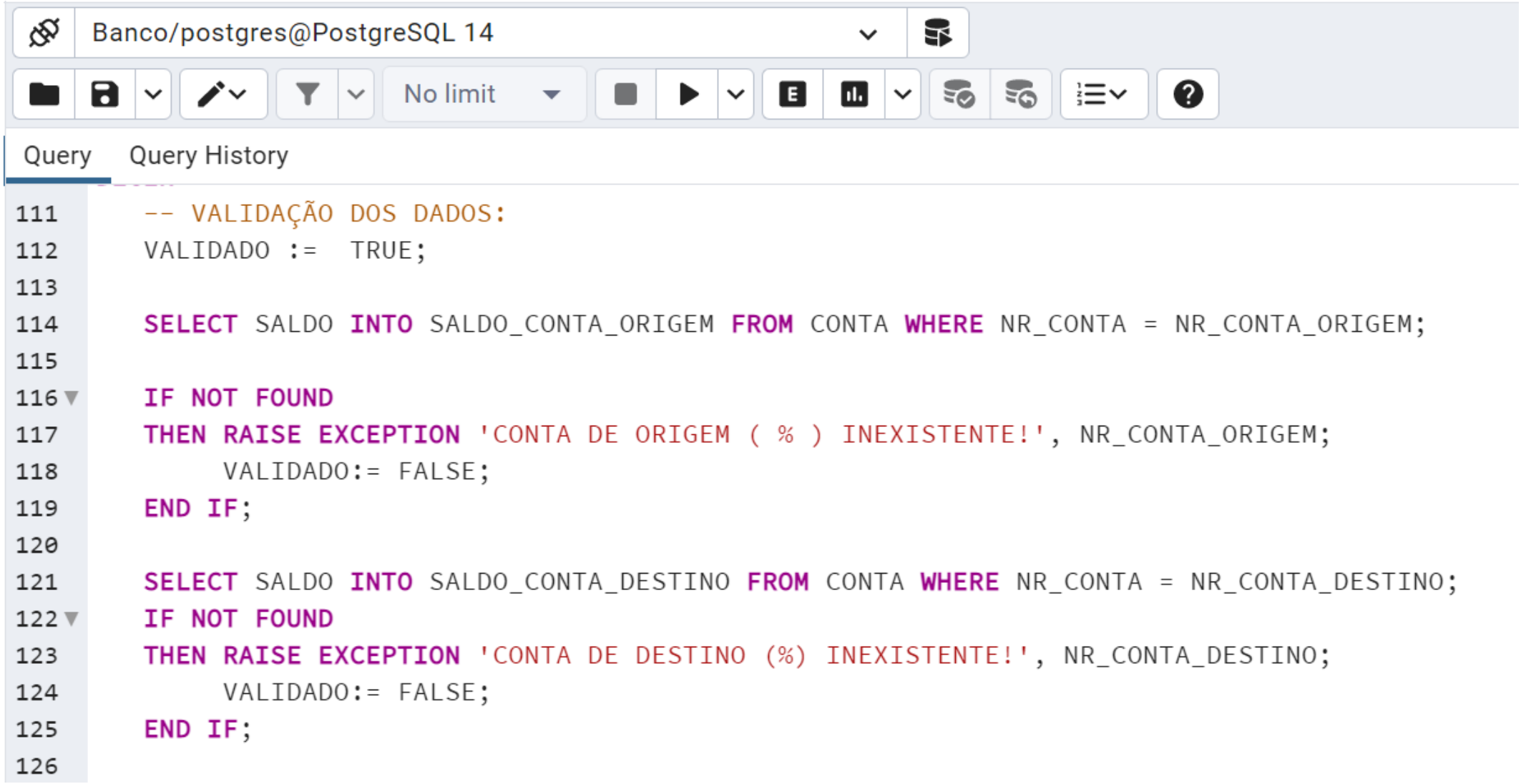
Transações no PostgreSQL



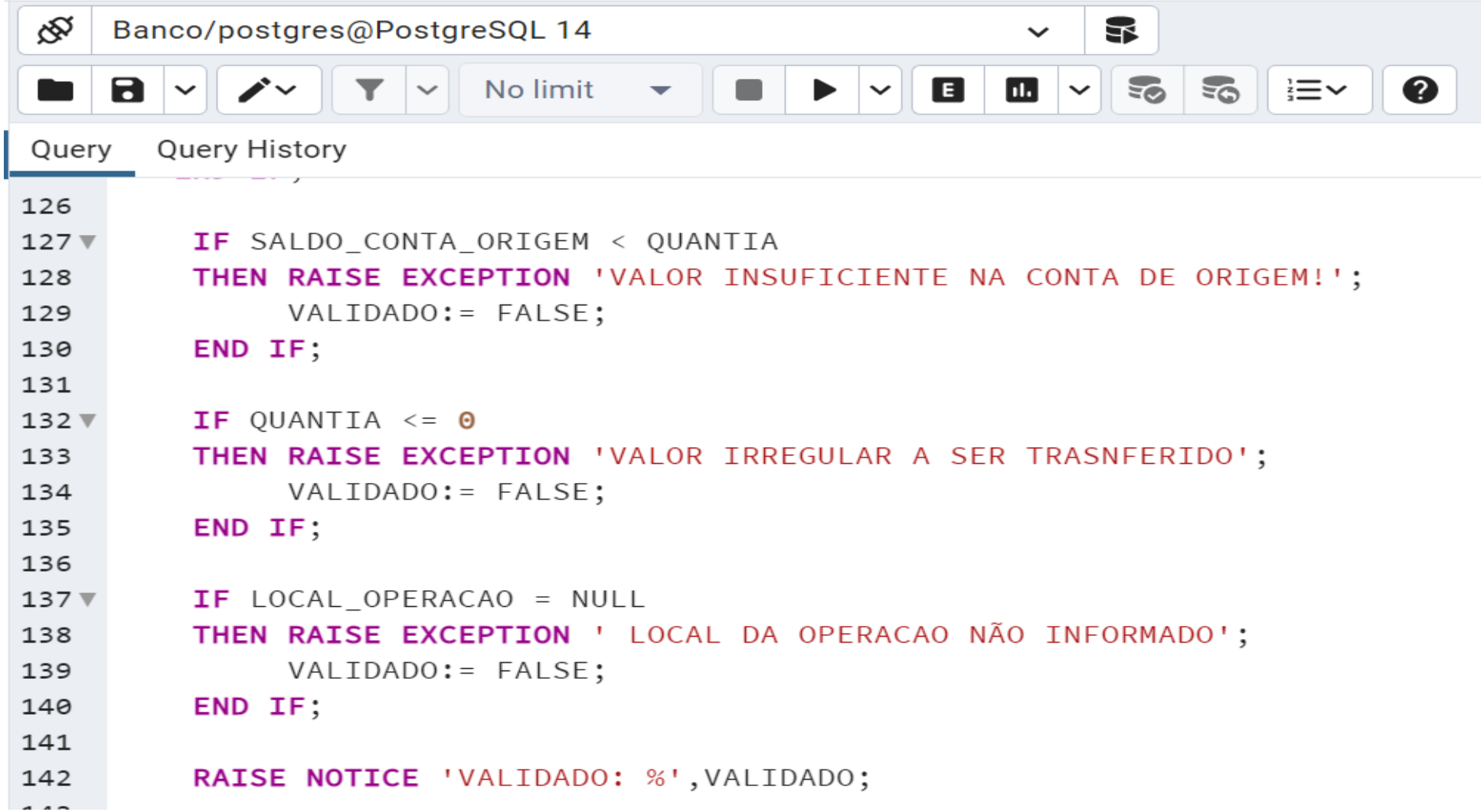
Transações no PostgreSQL



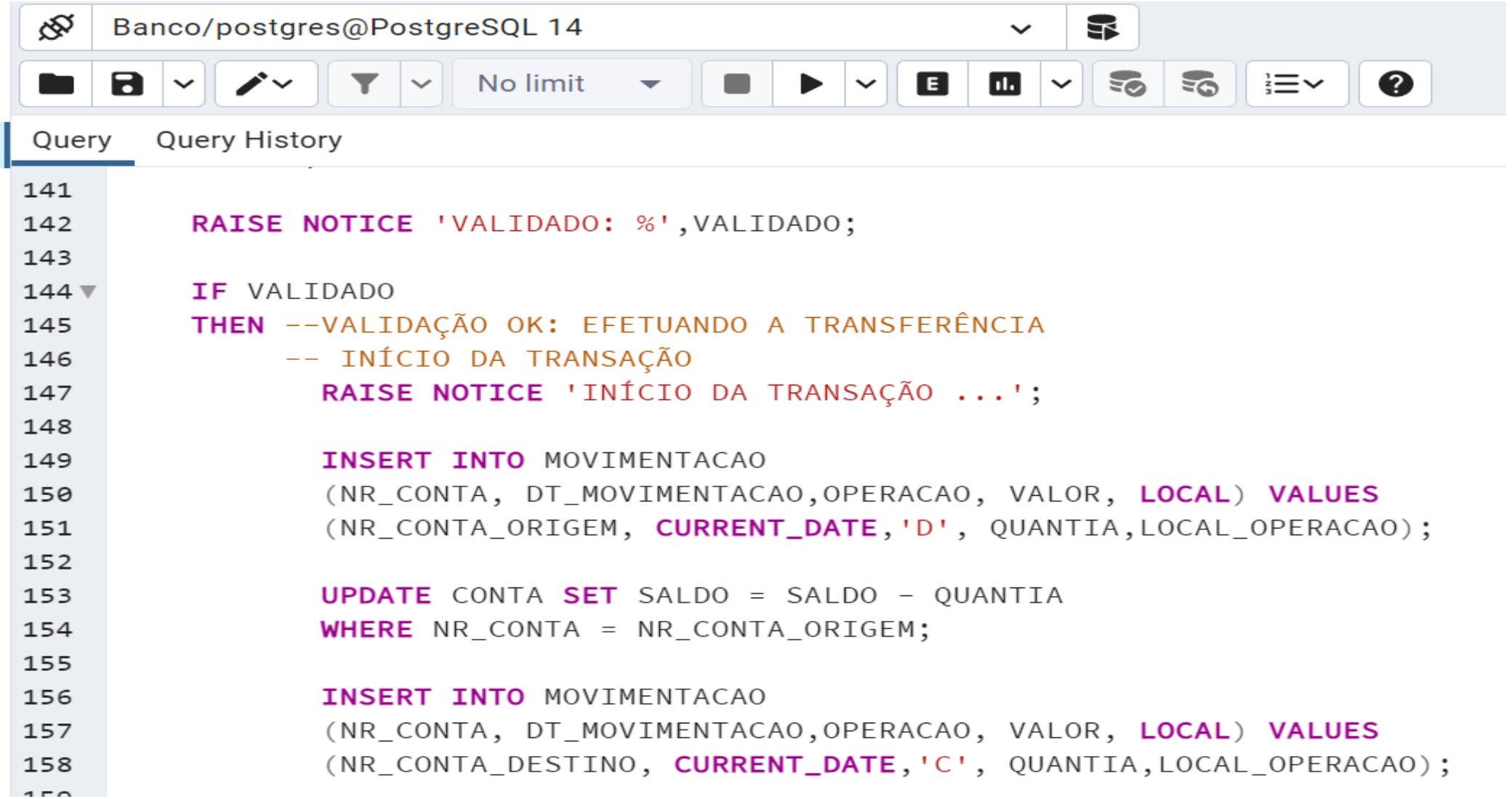
Transações no PostgreSQL



Transações no PostgreSQL

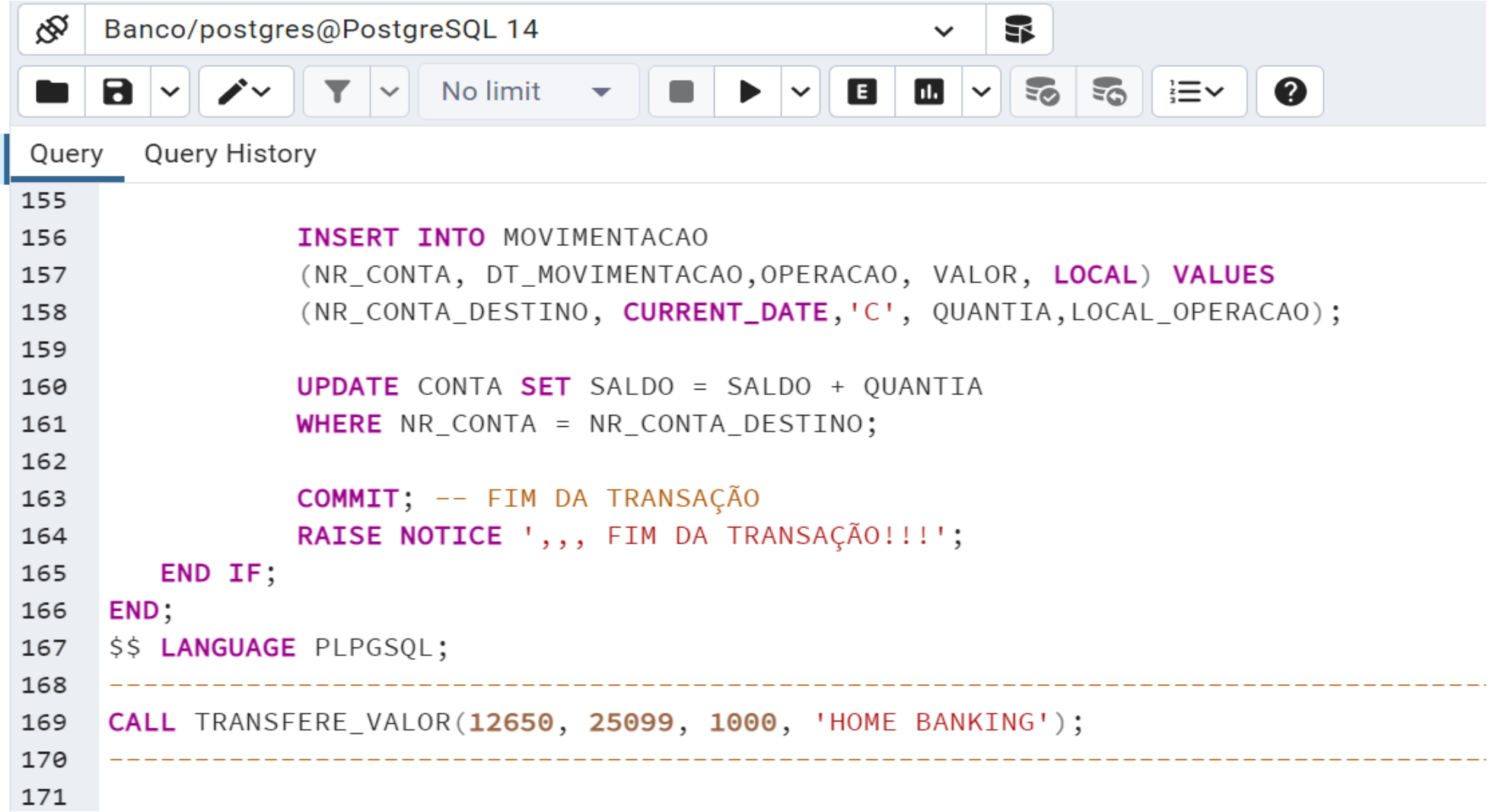


Transações no PostgreSQL



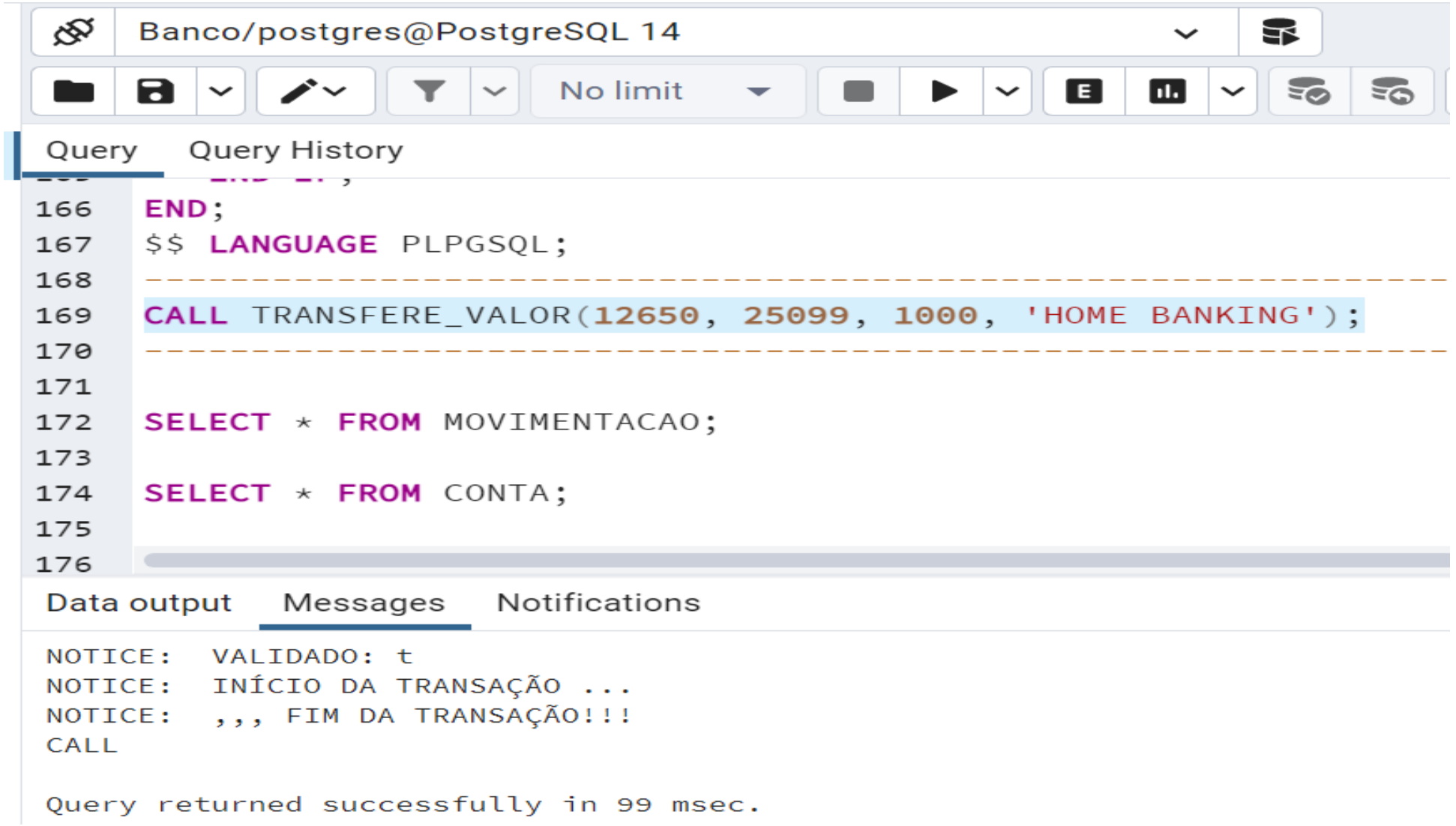

```
141
142     RAISE NOTICE 'VALIDADO: %',VALIDADO;
143
144     IF VALIDADO
145     THEN --VALIDAÇÃO OK: EFETUANDO A TRANSFERÊNCIA
146          -- INÍCIO DA TRANSAÇÃO
147            RAISE NOTICE 'INÍCIO DA TRANSAÇÃO ...';
148
149            INSERT INTO MOVIMENTACAO
150            (NR_CONTA, DT_MOVIMENTACAO,OPERACAO, VALOR, LOCAL) VALUES
151            (NR_CONTA_ORIGEM, CURRENT_DATE,'D', QUANTIA,LOCAL_OPERACAO);
152
153            UPDATE CONTA SET SALDO = SALDO - QUANTIA
154            WHERE NR_CONTA = NR_CONTA_ORIGEM;
155
156            INSERT INTO MOVIMENTACAO
157            (NR_CONTA, DT_MOVIMENTACAO,OPERACAO, VALOR, LOCAL) VALUES
158            (NR_CONTA_DESTINO, CURRENT_DATE,'C', QUANTIA,LOCAL_OPERACAO);
```

Transações no PostgreSQL

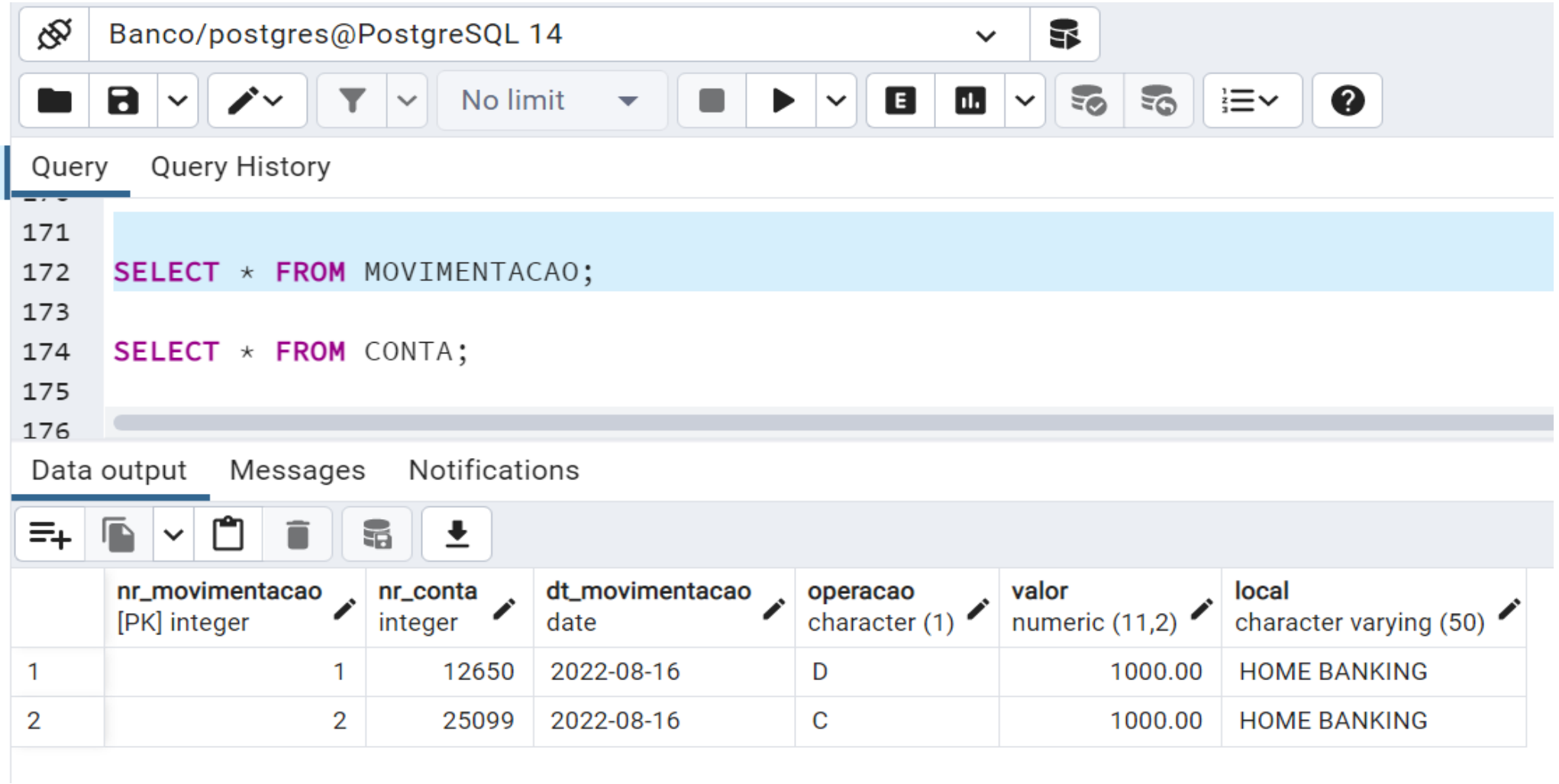



```
155
156             INSERT INTO MOVIMENTACAO
157             (NR_CONTA, DT_MOVIMENTACAO,OPERACAO, VALOR, LOCAL) VALUES
158             (NR_CONTA_DESTINO, CURRENT_DATE,'C', QUANTIA,LOCAL_OPERACAO);
159
160             UPDATE CONTA SET SALDO = SALDO + QUANTIA
161             WHERE NR_CONTA = NR_CONTA_DESTINO;
162
163             COMMIT; -- FIM DA TRANSAÇÃO
164             RAISE NOTICE ',,, FIM DA TRANSAÇÃO!!!';
165     END IF;
166 END;
167 $$ LANGUAGE PLPGSQL;
168 ------------------------------------------------------------------------------
169 CALL TRANSFERE_VALOR(12650, 25099, 1000, 'HOME BANKING');
170 ------------------------------------------------------------------------------
171
```

Transações no PostgreSQL

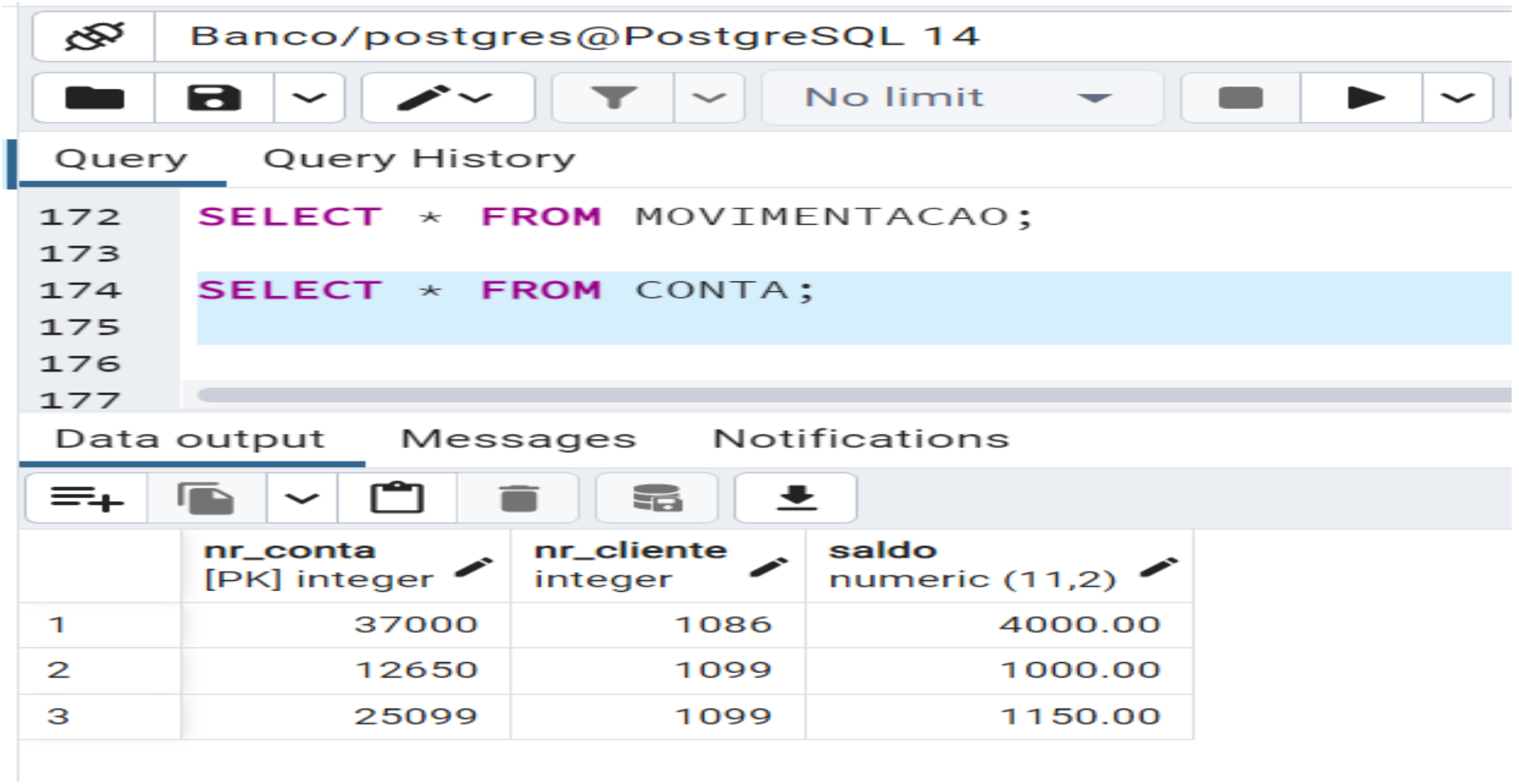


Transações no PostgreSQL



	nr_movimentacao [PK] integer	nr_conta integer	dt_movimentacao date	operacao character (1)	valor numeric (11,2)	local character varying (50)
1	1	12650	2022-08-16	D	1000.00	HOME BANKING
2	2	25099	2022-08-16	C	1000.00	HOME BANKING

Transações no PostgreSQL



	nr_conta [PK] integer	nr_cliente integer	saldo numeric (11,2)
1	37000	1086	4000.00
2	12650	1099	1000.00
3	25099	1099	1150.00

WAL

- No **PostgreSQL**, o **WAL (Write-Ahead Log, ou Registro de Gravação Antecipada)** é um **mecanismo fundamental de integridade e recuperação de dados**.

- É um **log sequencial** em disco que registra todas as alterações feitas nos dados do banco de dados **antes** de elas serem efetivamente gravadas nas tabelas.

- Em vez de gravar diretamente cada modificação nas páginas de dados do banco, o PostgreSQL primeiro grava no **WAL** um registro descrevendo a operação. Só depois, em segundo plano, os dados são efetivamente aplicados nos arquivos de tabelas.

WAL

Para que serve?
Garantir consistência: Se o servidor cair (pane elétrica, crash do SO, etc.), o PostgreSQL pode **reconstruir o estado exato** dos dados a partir do último checkpoint e dos WALs.

Recuperação de falhas (Crash Recovery): Após uma falha, o banco lê o WAL e "reaplica" as operações pendentes até deixar os dados consistentes.

Replicação: O WAL é usado na **replicação física** entre servidores (streaming replication). O nó primário envia os registros de WAL para os nós secundários, que os aplicam localmente.

Ponto no tempo (PITR - Point In Time Recovery): Com os WALs, é possível restaurar um backup até um momento exato (por exemplo, antes de uma exclusão acidental de dados).

MVCC

- **MVCC (Multiversion Concurrency Control)** é o **mecanismo de controle de concorrência** usado pelo PostgreSQL para permitir que **várias transações leiam e escrevam dados ao mesmo tempo**, **sem bloqueios desnecessários** e mantendo a **consistência**.

- Em vez de sobrescrever um registro quando ele é atualizado, o PostgreSQL **cria uma nova versão** dele e marca a antiga como obsoleta, mas ainda visível para transações que começaram antes da mudança.

MVCC

- **Para que serve o MVCC?**

Leituras consistentes sem bloqueio

Cada **transação** "**enxerga**" o banco de dados como estava no momento em que ela começou, mesmo que outras transações estejam modificando os mesmos dados ao mesmo tempo.

Ou seja: um **SELECT** nunca fica travado esperando que outro **UPDATE** ou **INSERT**.

Exceção:

Se o **SELECT** utiliza um **FOR UPDATE** ou **FOR SHARE**, ele **vai esperar** pelo fim da **transação** que possui o **bloqueio**, porque nesse caso a consulta está pedindo explicitamente um **bloqueio** (***lock***).

MVCC

O **DELETE** **pode sim ficar bloqueado**, porque ele precisa **marcar a linha como removida** e isso só pode acontecer se não houver outra transação **segurando lock de escrita** nessa linha.

EXEMPLO:

Transação A faz:

```
BEGIN;
UPDATE cliente SET nome = 'Maria' WHERE id = 1;
```

(mas ainda não concluiu a transação com um COMMIT ou ROLLBACK)

Transação B tenta:

```
DELETE FROM cliente WHERE id = 1;
```

(Aqui a transação B vai ficar esperando até a A liberar o lock.)

MVCC

UPDATE

Um **UPDATE** também pode esperar se outro **UPDATE** ou **DELETE** estiverem mexendo na mesma linha.

Isso ocorre porque só uma **transação** pode atualizar/remover uma linha por vez — senão haveria conflito sobre qual versão é a “válida”.

MVCC

Em resumo

SELECT comum → **nunca trava em razão de um UPDATE/INSERT (MVCC garante leitura da versão correta).**

SELECT ... FOR UPDATE/SHARE → pode esperar, pois exige lock.

DELETE → pode esperar se outro UPDATE ou DELETE estiver mexendo na mesma linha.

UPDATE → pode esperar pelos mesmos motivos do DELETE.