Aspect-oriented programming

Paulo Borba
Informatics Center
Federal University of Pernambuco

OO modularity problems and basic AO concepts

Paulo Borba
Informatics Center
Federal University of Pernambuco

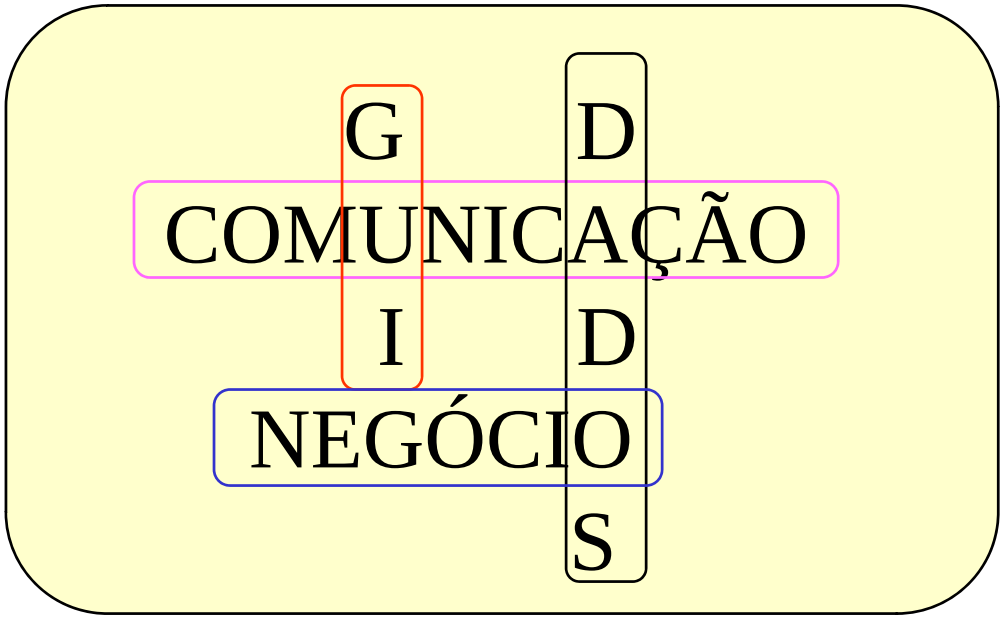
Before understanding what is aspect-oriented programming…

we will look at the

problem

that motivated its development

Projeto OO ruim

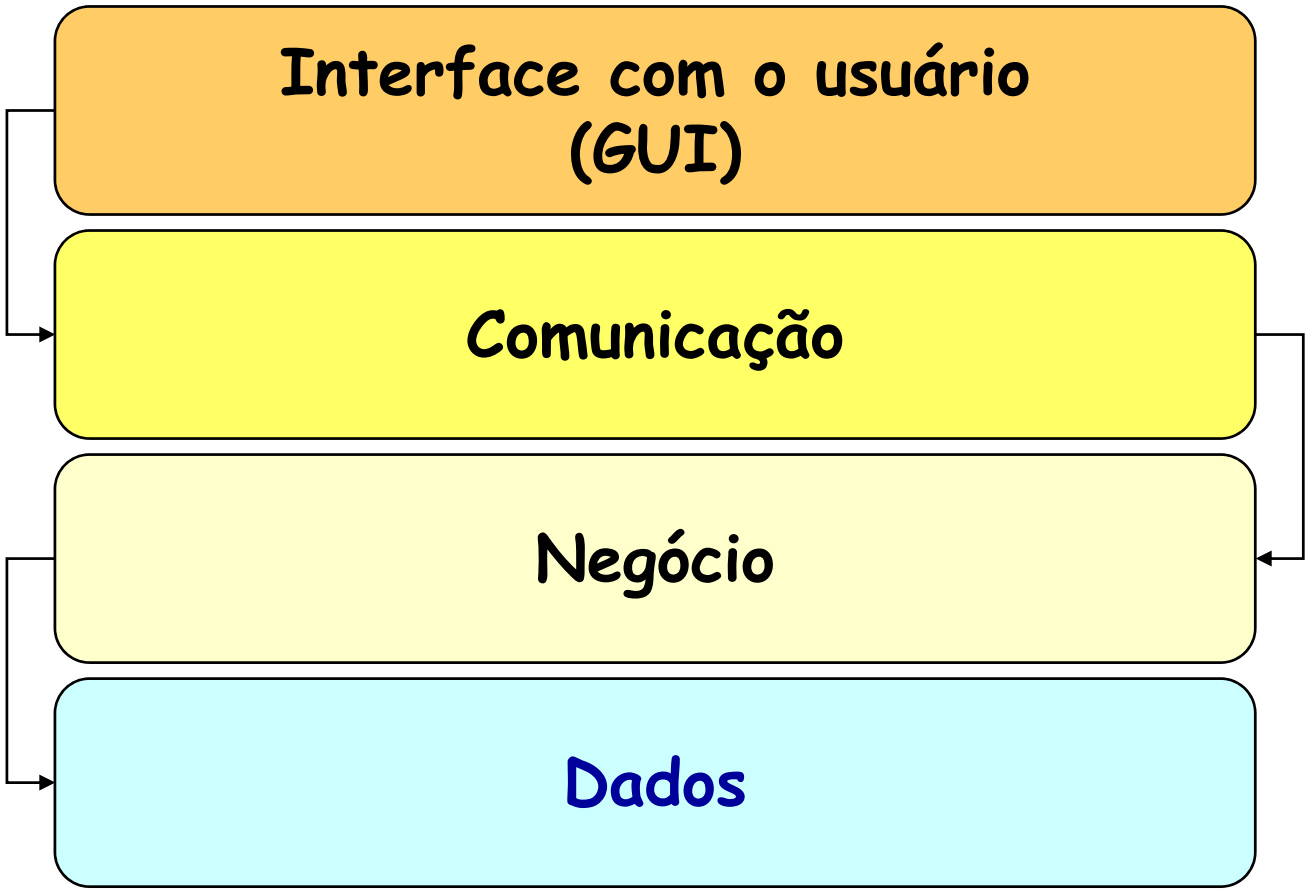


Problema: entrelaçamento de código com diferentes propósitos

Entrelaçamento

```
void cadastrar(Conta conta) {
  if (conta != null &&
      conta.valida() &&
      !this.existe(conta.getNumero())) {
    if (proxima <= maximo-1) {
      contas[proxima] = conta;
      proxima = proxima + 1;
    } else {...Espaço insuficiente...}
  } else {...Conta inválida...}
}
```

Projeto OO bom, em camadas



Arquitetura em camadas

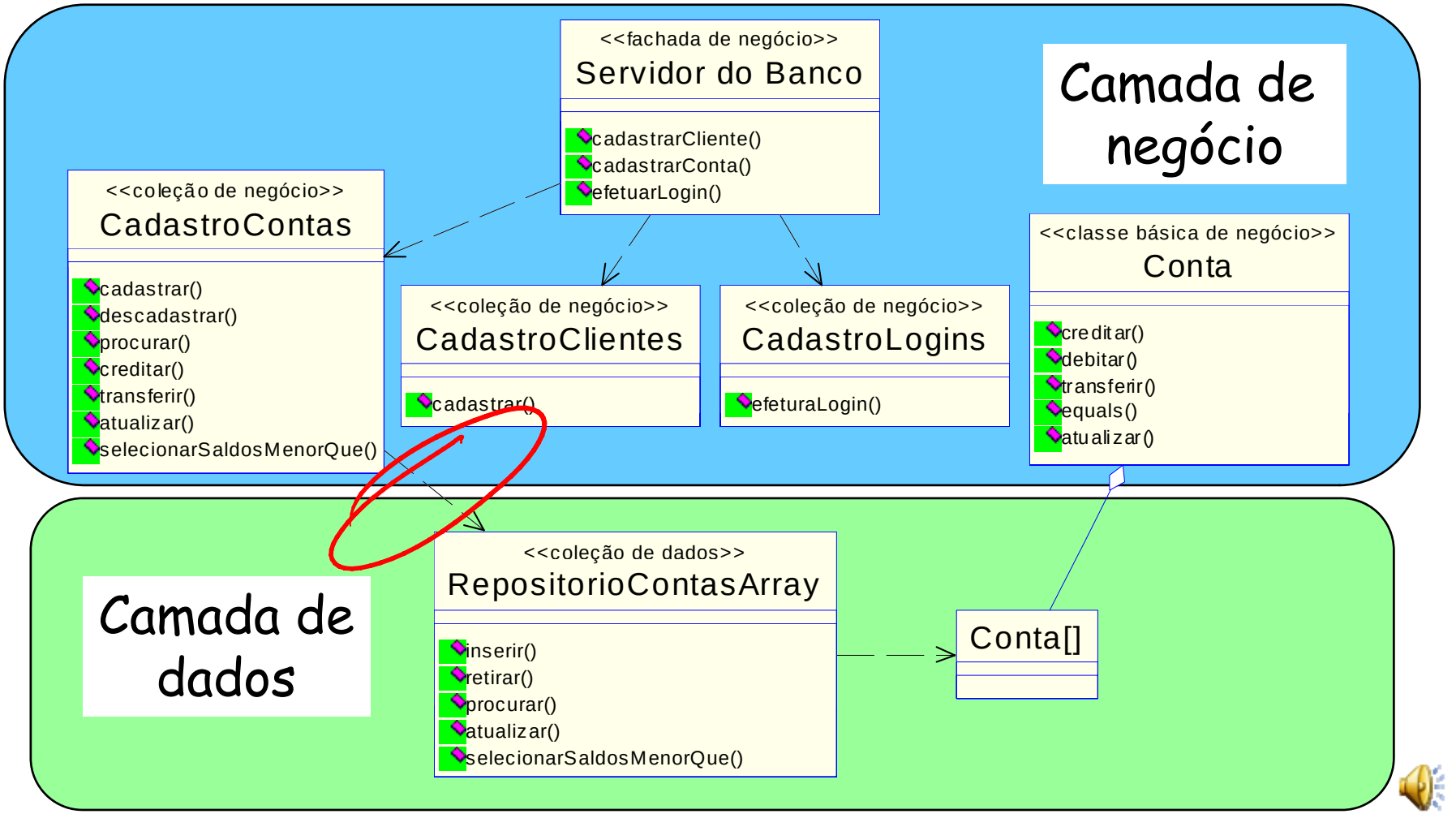
- Os vários tipos de código devem ser escritos separadamente
- Separação de
  - conceitos
  - preocupações
  - tipos de código

separation of concerns

Separation of concerns e modularidade

- Desenvolvimento, entendimento, e manutenção independentes
- Reusabilidade
- Mudanças em uma camada não afetam as outras, desde que as interfaces sejam preservadas

Melhor, em camadas com PDC (sem interfaces)



Boa modularização sem persistência, distribuição, ...

BD

Interface

Negócio

Dados

```
public class Programa {

 [STAThread]
 public static void Main(string[] args) {
  Banco fachada = Banco.GetInstance();
  Programa.menu(fachada);
 }

 public static void  menu(Banco fachada) {
  string numero = null;
  double valor = 0.0;
  Conta conta = null;
  int opcao = 1;
  while (opcao != 0) {
   try {
    System.Console.Out.WriteLine("Aperte <Enter> para continuar");
    Util.Util.waitEnter();
    System.Console.Out.WriteLine("\n\n\n\n\n\n\n");
    System.Console.Out.WriteLine("Escolha uma das alternativas abaixo:");
    System.Console.Out.WriteLine("1 - Cadastrar Conta");
    System.Console.Out.WriteLine("2 - Creditar");
    System.Console.Out.WriteLine("3 - Debitar");
    System.Console.Out.WriteLine("4 - Transferir");
    System.Console.Out.WriteLine("5 - Ver Saldo");
    System.Console.Out.WriteLine("0 - Sair");
    opcao = Util.Util.readInt();
    switch (opcao) {
```

```
public class Banco {

 private CadastroContas contas;

 private Banco() {
  contas = new CadastroConta
   (new RepositorioContasAccess());
 }

public void Cadastrar(Conta conta) {
contas.Cadastrar(conta);
}


 public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
contas.Transferir(numeroDe, numeroPara, valor);
}

}
```

```
public class CadastroContas {

 private RepositorioContas contas;

 public void Debitar(string numero, double valor) {
  Conta c = contas.Procurar(numero);
  c.Debitar(valor);
}

 public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
  Conta de = contas.Procurar(numeroDe);
  Conta para = contas.Procurar(numeroPara);
  de.Debitar(valor);
  para.Creditar(valor);
}

 public double Saldo(string numero) {
  Conta c = contas.Procurar(numero);
  return c.Saldo;
 }
}
}
```

```
public class RepositorioContasArray : RepositorioContas {

 private Conta[] contas;
 private int indice;

 public RepositorioContasArray() {
  contas = new Conta[100];
  indice = 0;
 }

 public void Inserir(Conta conta) {
  contas[indice] = conta;
  indice = indice + 1;
 }

 public void Atualizar(Conta conta) {
  int i = GetIndice(conta.Numero);
  if (i == indice) {
   throw new ContaNaoEncontradaException(conta.Numero);
  } else {
   contas[i].Atualizar(conta);
  }
 }
```

```
public class Conta {
 private string numero;
 private double saldo;
 public void Creditar(double valor) {
  this.saldo = this.saldo + valor;
 }
 public void Debitar(double valor) {
  if (valor > saldo) {
   throw new SaldoInsuficienteException));
  }
  else {
   this.saldo = this.saldo - valor;
  }
 }
 public void Atualizar(Conta c)
 {
  this.numero = c.numero;
  this.saldo = c.saldo;
 }
}
```

if
else

Mas temos problemas com persistência via JDBC

```
public class Banco {

 private CadastroContas contas;

 private Banco() {
  contas = new CadastroConta
  (new RepositorioContasAccess());
 }

public void Cadastrar(Conta conta) {
  Persistence.DBHandler.StartTransaction();
  try {
   contas.Cadastrar(conta);
   Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
  } catch (System.Exception ex){
   Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
   throw ex;
  }
 }



  public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
  Persistence.DBHandler.StartTransaction();
  try {
   contas.Transferir(numeroDe, numeroPara, valor);
   Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
  } catch (System.Exception ex){
   Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
   throw ex;
  }
 }

}
```

```
public class CadastroContas {

 private RepositorioContas contas;

 public void Debitar(string numero, double valor) {
  Conta c = contas.Procurar(numero);
  c.Debitar(valor);
  contas.Atualizar(c);
 }

  public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
  Conta de = contas.Procurar(numeroDe);
  Conta para = contas.Procurar(numeroPara);
  de.Debitar(valor);
  para.Creditar(valor);
  contas.Atualizar(de);
  contas.Atualizar(para);
 }

 public double Saldo(string numero) {
  Conta c = contas.Procurar(numero);
  return c.Saldo;
 }
}
```

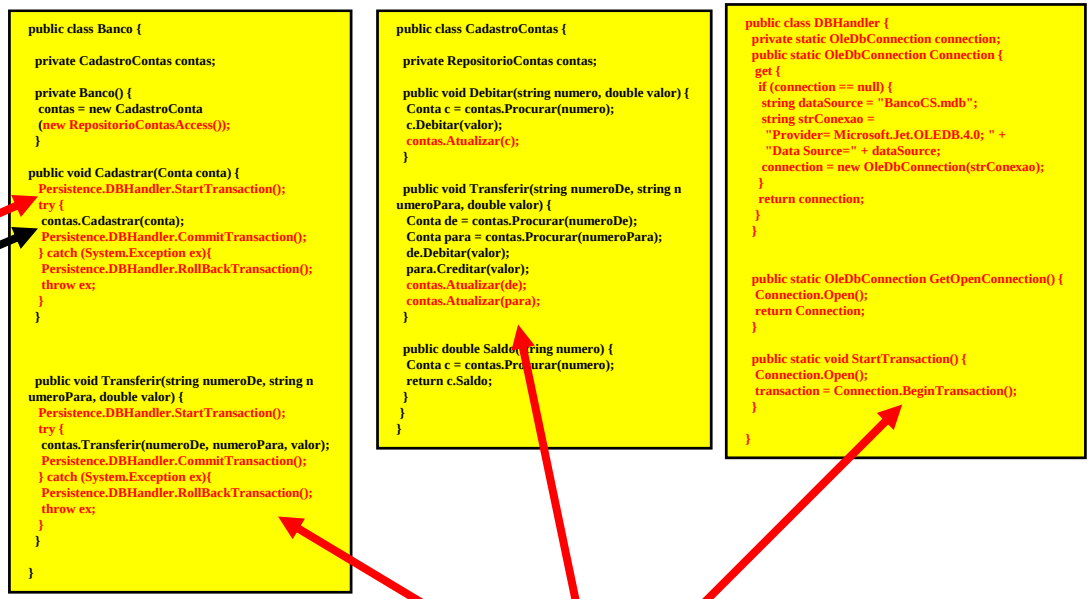
```
public class RepositorioContasAccess : RepositorioContas {

  public void Inserir(Conta conta) {
   string sql = "INSERT INTO Conta (NUMERO,SALDO)
VALUES ('" + conta.Numero + "'," + conta.Saldo + ")";
   OleDbCommand insertCommand = new OleDbCommand
(sql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
   insertCommand.ExecuteNonQuery();
  }

  public void Atualizar(Conta conta) {
   string sql = "UPDATE Conta SET SALDO = (" + conta.As
ldo + ") WHERE NUMERO = '" + conta.Numero + "'";
   OleDbCommand updateCommand = new OleDbCommand(s
ql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
   int linhasAfetadas;
   linhasAfetadas = updateCommand.ExecuteNonQuery();
   if (linhasAfetadas == 0) {
    throw new ContaNaoEncontradaException(conta.Numero);
   }
  }

}
```

```
public class Conta {
 private string numero;
 private double saldo;
 public void Creditar(double valor) {
  this.saldo = this.saldo + valor;
 }
 public void Debitar(double valor) {
  if (valor > saldo) {
   throw new SaldoInsuficienteException));
  }
  else {
   this.saldo = this.saldo - valor;
  }
 }
 public void Atualizar(Conta c)
 {
  this.numero = c.numero;
  this.saldo = c.saldo;
 }
}
```

```
public class DBHandler {
 private static OleDbConnection connection;
 public static OleDbConnection Connection {
  get {
   if (connection == null) {
    string dataSource = "BancoCS.mdb";
    string strConexao =
     "Provider= Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; " +
     "Data Source=" + dataSource;
    connection = new OleDbConnection(strConexao);
   }
   return connection;
  }
 }


 public static OleDbConnection GetOpenConnection() {
  Connection.Open();
  return Connection;
 }

 public static void StartTransaction() {
  Connection.Open();
  transaction = Connection.BeginTransaction();
 }

}
```

Código JDBC em vermelho...

Problemas com implementação OO



```
public class Banco {

  private CadastroContas contas;

  private Banco() {
   contas = new CadastroConta
   (new RepositorioContasAccess());
  }

 public void Cadastrar(Conta conta) {
   Persistence.DBHandler.StartTransaction();
   try {
    contas.Cadastrar(conta);
    Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
   } catch (System.Exception ex){
    Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
    throw ex;
   }
  }


  public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
   Persistence.DBHandler.StartTransaction();
   try {
    contas.Transferir(numeroDe, numeroPara, valor);
    Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
   } catch (System.Exception ex){
    Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
    throw ex;
   }
  }

 }
```

```
public class CadastroContas {

  private RepositorioContas contas;

  public void Debitar(string numero, double valor) {
   Conta c = contas.Procurar(numero);
   c.Debitar(valor);
   contas.Atualizar(c);
  }

  public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
   Conta de = contas.Procurar(numeroDe);
   Conta para = contas.Procurar(numeroPara);
   de.Debitar(valor);
   para.Creditar(valor);
   contas.Atualizar(de);
   contas.Atualizar(para);
  }

  public double Saldo(string numero) {
   Conta c = contas.Procurar(numero);
   return c.Saldo;
  }
 }
}
```

```
public class DBHandler {
 private static OleDbConnection connection;
 public static OleDbConnection Connection {
  get {
   if (connection == null) {
    string dataSource = "BancoCS.mdb";
    string strConexao =
     "Provider= Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; " +
     "Data Source=" + dataSource;
    connection = new OleDbConnection(strConexao);
   }
   return connection;
  }
 }


 public static OleDbConnection GetOpenConnection() {
  Connection.Open();
  return Connection;
 }

 public static void StartTransaction() {
  Connection.Open();
  transaction = Connection.BeginTransaction();
 }

}
```

Entrelaçamento de código (tangling)

Espalhamento de código (scattering)

Persistência na fachada

```
public class Banco {
  private CadastroContas contas;...
  public void cadastrar(Conta conta) {
    try {
      getPM().startTransaction();
      contas.cadastrar(conta); ...
      getPM().commitTransaction();
    } catch (Exception ex){
      getPM().rollBackTransaction();...
    }
  }...
```

Código de negócio misturado com transações (não pode ficar na coleção de dados)

Persistência na coleção de negócio

```
public class CadastroContas {
  private RepositorioContas contas;...
  public void creditar(String numero,
                       double valor) {
    Conta c = contas.procurar(numero);
    c.creditar(valor);
    contas.atualizar(c);
  }...
```

Sincronização de estados entre objetos e tabelas (registros)

Tangling and scattering of...

Concerns, elements from a system specification

Tangling and scattering of...

Concerns

- Persistência
- Controle de concorrência
- Logging
- Segurança
- Eventos
- Conceitos da aplicação (Conta)
- Casos de uso
- Regras de negócio
- Performance

Relative notions

Scattering

- One concern involved
- None if unity is a complete system
- Huge if unity is command

Tangling

- Two or more concerns involved
- None if concern is Java code
- Huge if concern is assignment to variables

The failure of OOP

- Part of the persistence code is tangled (to the business concern) and scattered, cannot be reused
- Business code cannot be reused to work with other persistence APIs
- Business code is invaded by changes to persistence APIs
- Persistence policy cannot be understood in isolation

Persistência é um crosscutting concern

```
public class Banco {

 private CadastroContas contas;

 private Banco() {
  contas = new CadastroConta
  (new RepositorioContasAccess());
 }

public void Cadastrar(Conta conta) {
  Persistence.DBHandler.StartTransaction();
  try {
   contas.Cadastrar(conta);
   Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
  } catch (System.Exception ex){
   Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
   throw ex;
  }
 }

 public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
  Persistence.DBHandler.StartTransaction();
  try {
   contas.Transferir(numeroDe, numeroPara, valor);
   Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
  } catch (System.Exception ex){
   Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
   throw ex;
  }
 }

}
```

```
public class CadastroContas {

 private RepositorioContas contas;

 public void Debitar(string numero, double valor) {
  Conta c = contas.Procurar(numero);
  c.Debitar(valor);
  contas.Atualizar(c);
 }

 public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
  Conta de = contas.Procurar(numeroDe);
  Conta para = contas.Procurar(numeroPara);
  de.Debitar(valor);
  para.Creditar(valor);
  contas.Atualizar(de);
  contas.Atualizar(para);
 }

 public double Saldo(string numero) {
  Conta c = contas.Procurar(numero);
  return c.Saldo;
 }
}
}
```

```
public class RepositorioContasAccess : RepositorioContas {

 public void Inserir(Conta conta) {
  string sql = "INSERT INTO Conta (NUMERO,SALDO)
VALUES ('" + conta.Numero + "'," + conta.Saldo + ")";
  OleDbCommand insertCommand = new OleDbCommand
(sql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
  insertCommand.ExecuteNonQuery();
 }

 public void Atualizar(Conta conta) {
  string sql = "UPDATE Conta SET SALDO = (" + conta.As
ldo + ") WHERE NUMERO = '" + conta.Numero + "'";
  OleDbCommand updateCommand = new OleDbCommand(s
ql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
  int linhasAfetadas;
  linhasAfetadas = updateCommand.ExecuteNonQuery();
  if (linhasAfetadas == 0) {
   throw new ContaNaoEncontradaException(conta.Numero);
  }
 }

}
```

```
public class Conta {
 private string numero;
 private double saldo;
public void Creditar(double valor) {
 this.saldo = this.saldo + valor;
 }
 public void Debitar(double valor) {
  if (valor > saldo) {
   throw new SaldoInsuficienteException));
  }
  else {
   this.saldo = this.saldo - valor;
  }
 }
 public void Atualizar(Conta c)
 {
  this.numero = c.numero;
  this.saldo = c.saldo;
 }
}
```

```
public class DBHandler {
  private static OleDbConnection connection;
  public static OleDbConnection Connection {
   get {
    if (connection == null) {
     string dataSource = "BancoCS.mdb";
     string strConexao =
      "Provider= Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; " +
      "Data Source=" + dataSource;
     connection = new OleDbConnection(strConexao);
    }
    return connection;
   }
  }
  public static OleDbConnection GetOpenConnection() {
   Connection.Open();
   return Connection;
  }

  public static void StartTransaction() {
   Connection.Open();
   transaction = Connection.BeginTransaction();
  }

 }
```

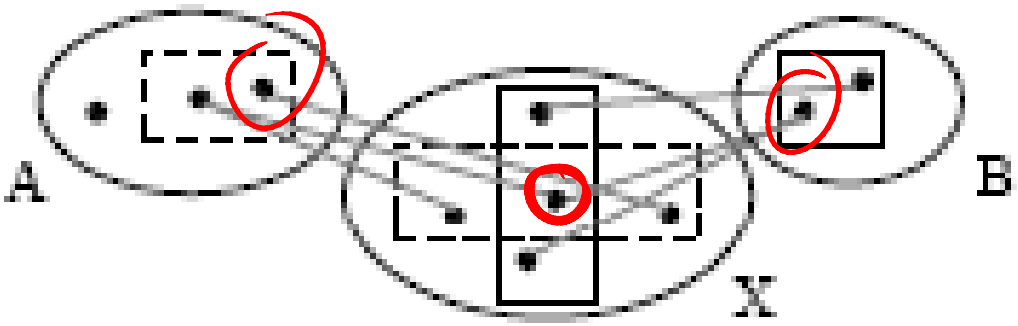
Código de persistência em vermelho… crosscuts business

Crosscutting concerns...

cannot be properly modularized by OO constructs because their realization affects the behavior of several methods, possibly in several classes, cutting across class structures

A crosscuts B with respect to X...

if their projections onto X intersect, and neither of the projections is a subset of the other



From Modeling Crosscutting in Aspect-Oriented Mechanisms, Hidehiko Masuhara and Gregor Kiczales ECOOP 2003

Improper definitions...

- a ***crosscutting concern is a concern that is scattered***

  (Filman, Elrad, Clarke, and Aksit 2005)
- ...

Aspect-oriented programming…

is the

solution

to the illustrated problem

Aspect-oriented languages are quite popular...

due to the **promise** of

modularizing

crosscutting concerns

Há várias técnicas para modularizacao

- Procedimentos
- Classes, herança e subtipos
- Padrões (arquitetura em camadas)
- Aspectos

Foco em modularizar crosscutting concerns

As técnicas de modularização...

São complementares e ajudam a...

- Separar preocupações (separation of concerns)
- Aumentar extensibilidade
- Facilitar reuso

Tudo isso vale para aspectos (crosscutting concerns)

Sem aspectos

```
public class Banco {

  private CadastroContas contas;

  private Banco() {
   contas = new CadastroConta
   (new RepositorioContasAccess());
  }

public void Cadastrar(Conta conta) {
   Persistence.DBHandler.StartTransaction();
   try {
    contas.Cadastrar(conta);
    Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
   } catch (System.Exception ex){
    Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
    throw ex;
   }
  }

  public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
   Persistence.DBHandler.StartTransaction();
   try {
    contas.Transferir(numeroDe, numeroPara, valor);
    Persistence.DBHandler.CommitTransaction();
   } catch (System.Exception ex){
    Persistence.DBHandler.RollBackTransaction();
    throw ex;
   }
  }

}
```

```
public class CadastroContas {

  private RepositorioContas contas;

  public void Debitar(string numero, double valor) {
   Conta c = contas.Procurar(numero);
   c.Debitar(valor);
   contas.Atualizar(c);
  }

  public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
   Conta de = contas.Procurar(numeroDe);
   Conta para = contas.Procurar(numeroPara);
   de.Debitar(valor);
   para.Creditar(valor);
   contas.Atualizar(de);
   contas.Atualizar(para);
  }

  public double Saldo(string numero) {
   Conta c = contas.Procurar(numero);
   return c.Saldo;
  }
 }
}
```

```
public class RepositorioContasAccess : RepositorioContas {

  public void Inserir(Conta conta) {
   string sql = "INSERT INTO Conta (NUMERO,SALDO)
VALUES ('" + conta.Numero + "'," + conta.Saldo + ")";
   OleDbCommand insertCommand = new OleDbCommand
(sql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
   insertCommand.ExecuteNonQuery();
  }

  public void Atualizar(Conta conta) {
   string sql = "UPDATE Conta SET SALDO = (" + conta.As
ldo + ") WHERE NUMERO = '" + conta.Numero + "'";
   OleDbCommand updateCommand = new OleDbCommand(s
ql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
   int linhasAfetadas;
   linhasAfetadas = updateCommand.ExecuteNonQuery();
   if (linhasAfetadas == 0) {
    throw new ContaNaoEncontradaException(conta.Numero);
   }
  }

}
```

```
public class Conta {
  private string numero;
  private double saldo;
 public void Creditar(double valor) {
   this.saldo = this.saldo + valor;
  }
  public void Debitar(double valor) {
   if (valor > saldo) {
    throw new SaldoInsuficienteException));
   }
   else {
    this.saldo = this.saldo - valor;
   }
  }
  public void Atualizar(Conta c)
  {
   this.numero = c.numero;
   this.saldo = c.saldo;
  }
 }
```

```
public class DBHandler {
  private static OleDbConnection connection;
  public static OleDbConnection Connection {
   get {
    if (connection == null) {
     string dataSource = "BancoCS.mdb";
     string strConexao =
      "Provider= Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; " +
      "Data Source=" + dataSource;
     connection = new OleDbConnection(strConexao);
    }
    return connection;
   }
  }
  public static OleDbConnection GetOpenConnection() {
   Connection.Open();
   return Connection;
  }

  public static void StartTransaction() {
   Connection.Open();
   transaction = Connection.BeginTransaction();
  }

 }
```

Com aspectos

```
public class Banco {

  private CadastroContas contas;

  private Banco() {
   contas = new CadastroConta
}

public void Cadastrar(Conta conta) {
contas.Cadastrar(conta);
}

  public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
contas.Transferir(numeroDe, numeroPara, valor);
}

}
```

```
public class CadastroContas {

  private RepositorioContas contas;

  public void Debitar(string numero, double valor) {
   Conta c = contas.Procurar(numero);
   c.Debitar(valor);
}

   public void Transferir(string numeroDe, string n
umeroPara, double valor) {
    Conta de = contas.Procurar(numeroDe);
    Conta para = contas.Procurar(numeroPara);
    de.Debitar(valor);
    para.Creditar(valor);
}

   public double Saldo(string numero) {
    Conta c = contas.Procurar(numero);
    return c.Saldo;
   }
  }
}
```

```
public class Conta {
  private string numero;
  private double saldo;
 public void Creditar(double valor) {
   this.saldo = this.saldo + valor;
  }
  public void Debitar(double valor) {
   if (valor > saldo) {
    throw new SaldoInsuficienteException));
   }
   else {
    this.saldo = this.saldo - valor;
   }
  }
  public void Atualizar(Conta c)
  {
   this.numero = c.numero;
   this.saldo = c.saldo;
  }
 }
```

Código base do sistema

```
public class RepositorioContasAccess : RepositorioContas {

  public void Inserir(Conta conta) {
   string sql = "INSERT INTO Conta (NUMERO,SALDO)
VALUES ('" + conta.Numero + "'," + conta.Saldo + ")";
   OleDbCommand insertCommand = new OleDbCommand
(sql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
   insertCommand.ExecuteNonQuery();
  }

  public void Atualizar(Conta conta) {
   string sql = "UPDATE Conta SET SALDO = (" + conta.As
ldo + ") WHERE NUMERO = '" + conta.Numero + "'";
   OleDbCommand updateCommand = new OleDbCommand(s
ql,DBHandler.Connection,DBHandler.Transaction);
   int linhasAfetadas;
   linhasAfetadas = updateCommand.ExecuteNonQuery();
   if (linhasAfetadas == 0) {
    throw new ContaNaoEncontradaException(conta.Numero);
   }
  }

}
```

```
public class DBHandler {
 private static OleDbConnection connection;
 public static OleDbConnection Connection {
  get {
   if (connection == null) {
    string dataSource = "BancoCS.mdb";
    string strConexao =
     "Provider= Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; " +
     "Data Source=" + dataSource;
    connection = new OleDbConnection(strConexao);
   }
   return connection;
  }
 }
 public static OleDbConnection GetOpenConnection() {
  Connection.Open();
  return Connection;
 }

  public static void StartTransaction() {
   Connection.Open();
   transaction = Connection.BeginTransaction();
  }

 }
```

```
public class Conta {
  private string numero;
  private double saldo;
 public void Creditar(double valor) {
   this.saldo = this.saldo + valor;
  }
  public void Debitar(double valor) {
```

```
public class Conta {
  private string numero;
 ;
  }
  public void Debitar(double valor) {
```

Código do aspecto de persistência

The success of AOP

- Persistence code is **localized**, can be understood in isolation, part of it can be reused
- Business code **can** be reused to work with other persistence APIs
- Business code is **not** invaded by changes to persistence APIs
- Less code, more code units

Weaving é usado para…

- Compor a base do sistema com os aspectos

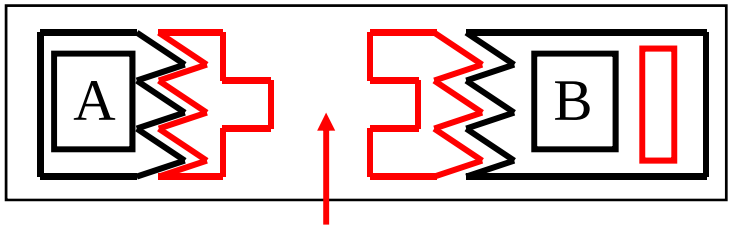
Sistema original
chamadas locais entre A e B

Aspectos de distribuição

Processo de composição

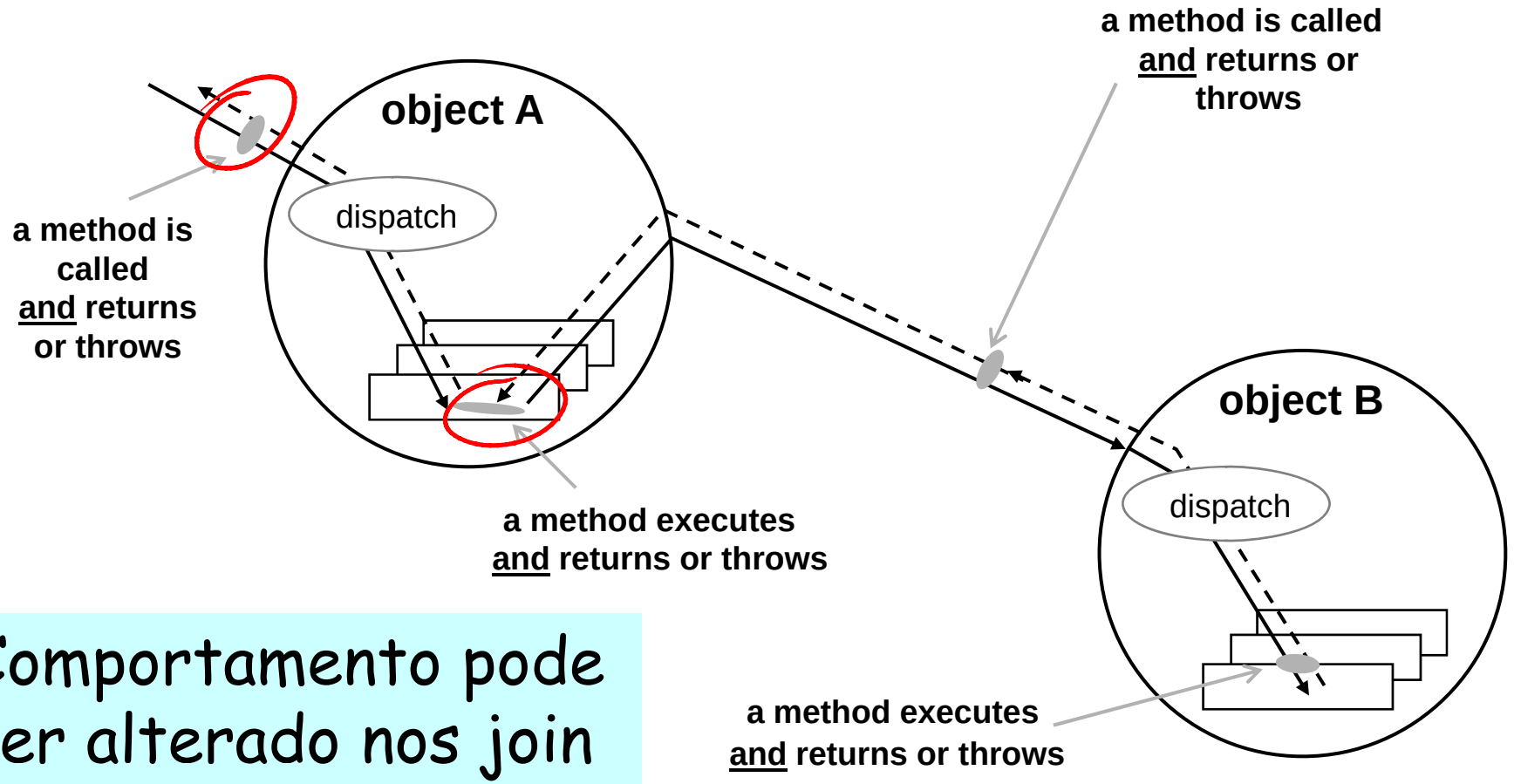
Weaver

Sistema distribuído
chamadas remotas entre A e B



Tecnologia de distribução

Composição nos join points



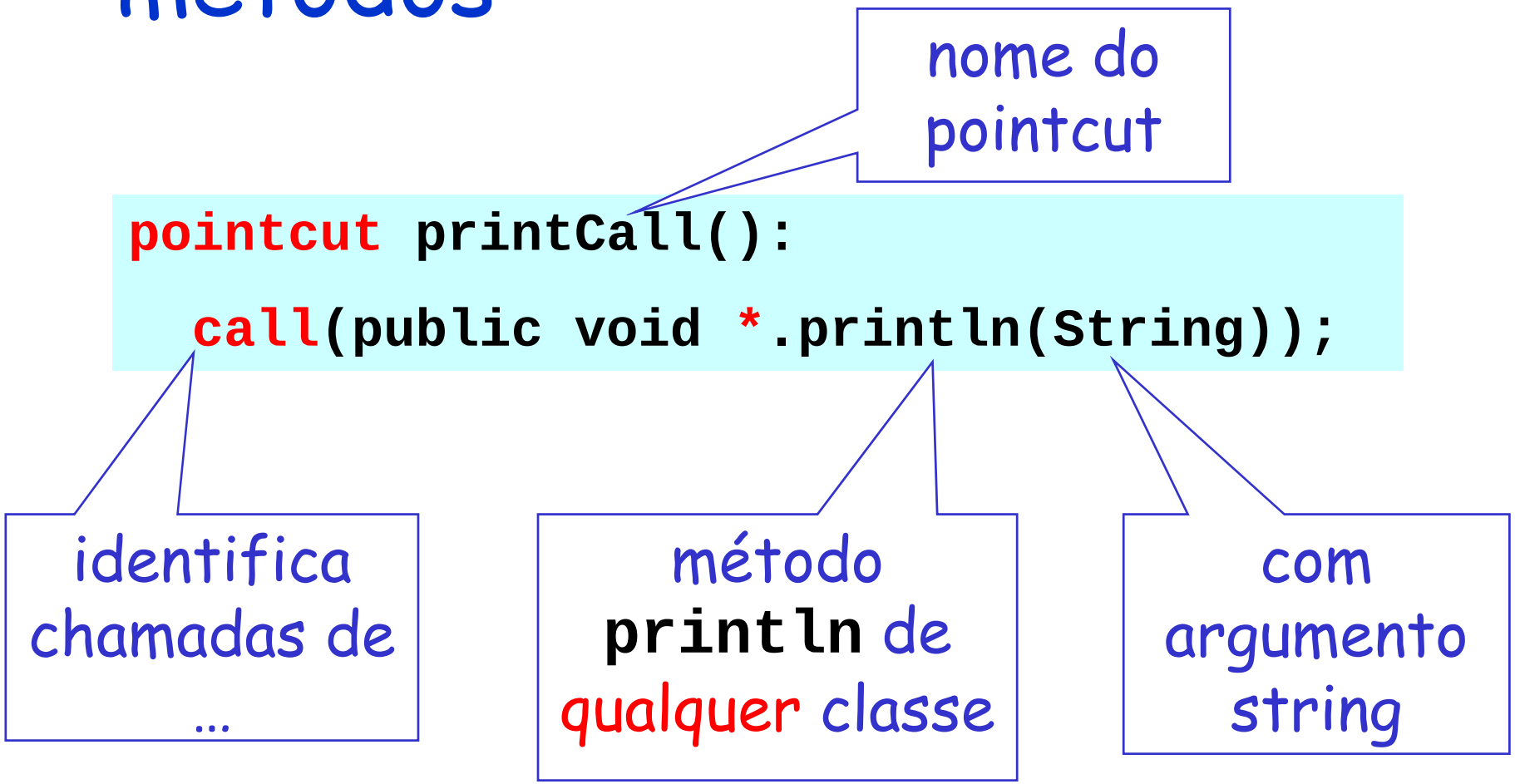
Comportamento pode ser alterado nos join points...

Fonte: AspectJ Programming Guide

Pointcuts especificam join points

- Identificam joint points de um sistema
  - chamadas e execuções de métodos (e construtores)
  - acessos a atributos
  - tratamento de exceções
  - inicialização estática e dinâmica
- Composição de joint points
  - &&, || e !

Identificando chamadas de métodos



Advice especifica comportamento extra nos join points

- Define código adicional que deve ser executado…
  - **`before`**
  - **`after`**
    - **`after returning`**
    - **`after throwing`**
  - **`ou around`**

  join points

Alterando o comportamento de chamadas de métodos

após...

qualquer chamada a **Write** dentro de **HelloWorld**

```
after(): printCall() && within(HelloWorld)
{
  System.out.println(“ AOP World");
}
```

a ação especificada será executada

Aspectos agrupam pointcuts, advices, propriedades, etc.

```
aspect HelloAOPWorld {
  pointcut printCall():
    call(public void *.print(String));
  after():
    printCall() && within(HelloWorld) {
    System.out.println(“ AOP World!");
  }
}
```

Hello AOP World!

```
public class HelloWorld {
   public static void Main(string[] args) {
      System.out.println(“Hello");
   }
}
```

Chamada afetada pelo advice, caso **HelloAOPWorld** tenha sido composto com **HelloWorld**