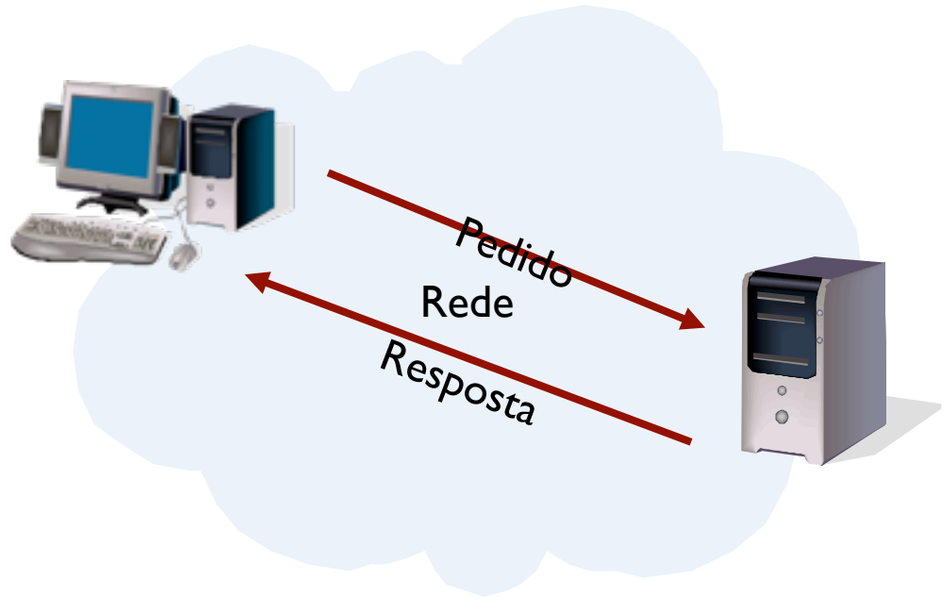
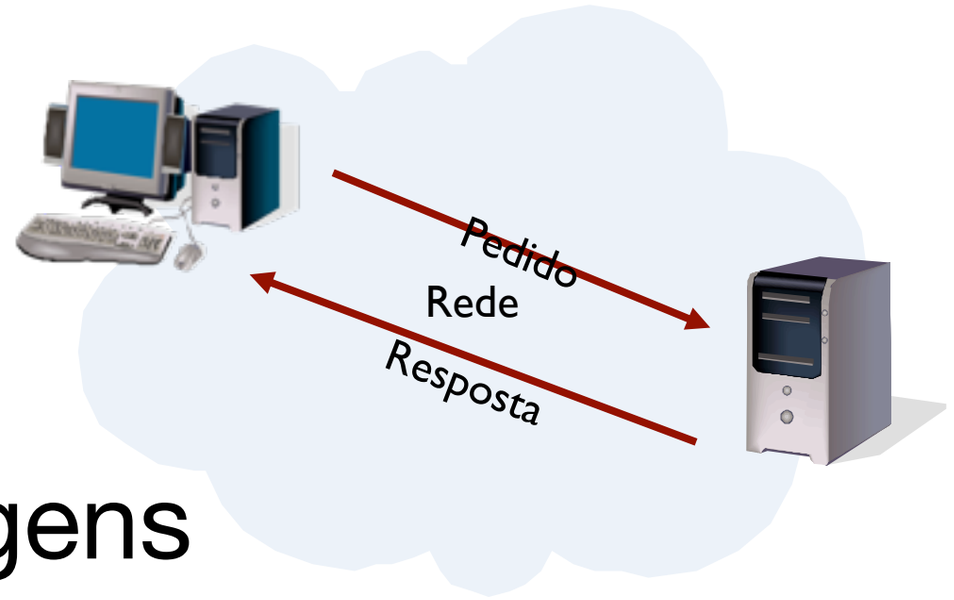
Remote Procedure Calls

Cliente/Servidor



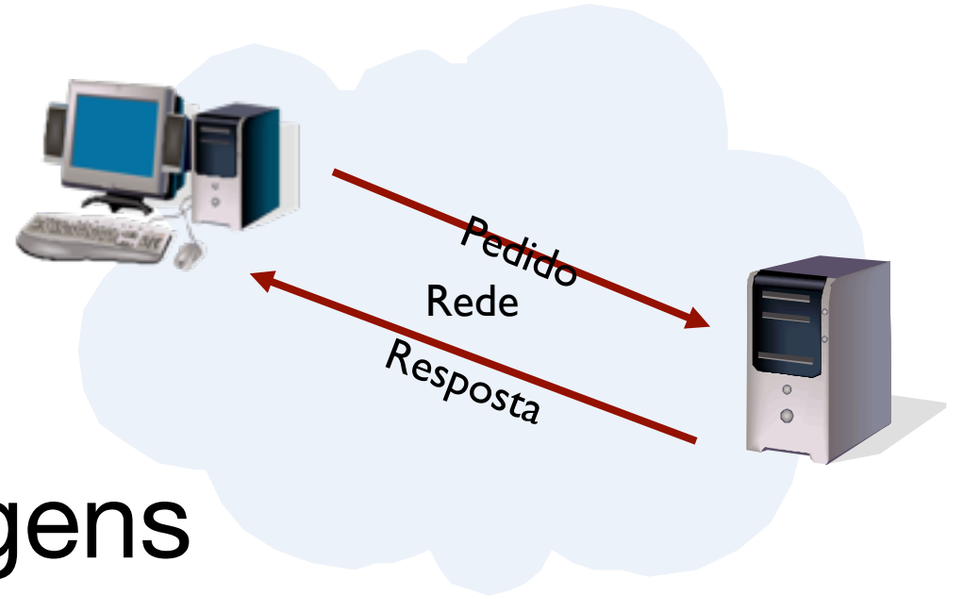
Cliente/Servidor

- Mecanismos:
  - Comunicação
  - Formatação das mensagens



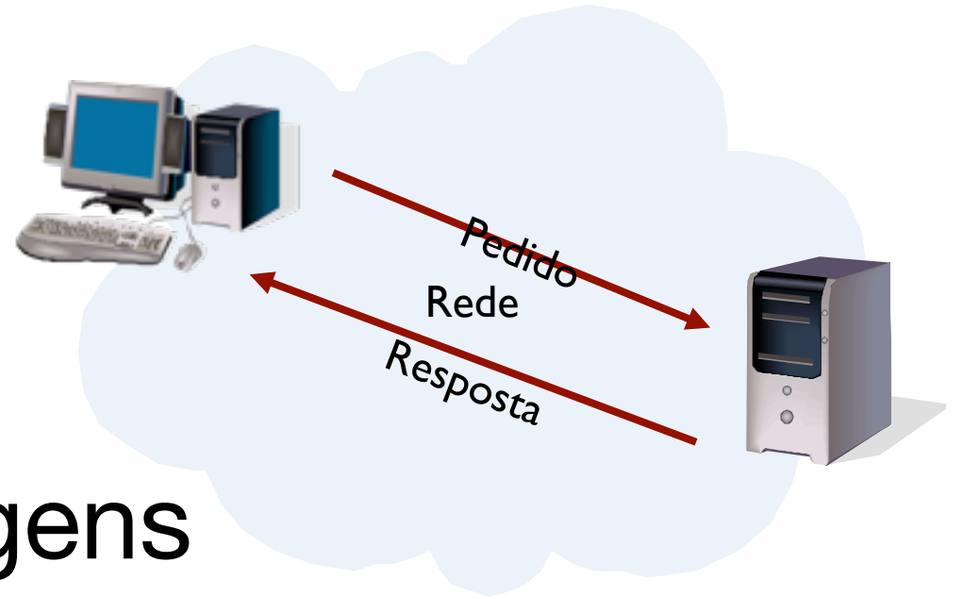
Cliente/Servidor

- Mecanismos:
  - Comunicação
  - Formatação das mensagens



- Transparência para o programador:
  - Acesso
  - Localização
  - Falha

Cliente/Servidor



- Mecanismos:
  - Comunicação
  - Formatação das mensagens
- Transparência para o programador:
  - Acesso
  - Localização
  - Falha
- Caso de estudo: Java RMI

Representação de Inteiros

Representação de Inteiros

1234

Representação de Inteiros

1234

00000000 00000000 00000100 11010010

Representação de Inteiros

1234

00000000 00000000 00000100 11010010

n+0: 00000000
n+1: 00000000
n+2: 00000100
n+3: 11010010

Representação de Inteiros

1234

00000000 00000000 00000100 11010010

escrito em
big endian

escrito
little endian

n+0: 00000000
n+1: 00000000
n+2: 00000100
n+3: 11010010

n+0: 11010010
n+1: 00000100
n+2: 00000000
n+3: 00000000

Representação de Inteiros

1234

00000000 00000000 00000100 11010010

escrito em
big endian

escrito
little endian

n+0: 00000000
n+1: 00000000
n+2: 00000100
n+3: 11010010

n+0: 11010010
n+1: 00000100
n+2: 00000000
n+3: 00000000

lido em big endian

lido em big endian

lido em
little endian

$0x256^3+0x256^2$
+4x256+210
=1234

OK!

Representação de Inteiros

1234

00000000 00000000 00000100 11010010

escrito em
big endian

escrito
little endian

n+0: 00000000
n+1: 00000000
n+2: 00000100
n+3: 11010010

n+0: 11010010
n+1: 00000100
n+2: 00000000
n+3: 00000000

lido em big endian

lido em little endian

lido em
little endian

lido em big endian

$0x256^3+0x256^2+4x256+210=1234$

OK!

$210x256^3+4x256^2+0x256+0=3523477504$

Erro!

Representação de Inteiros

Representação de Inteiros

1234

Representação de Inteiros

1234

00000000 00000000 00000100 11010010

escrito em
big endian

n+0: 00000000
n+1: 00000000
n+2: 00000100
n+3: 11010010

Copiado na rede

n+0: 00000000
n+1: 00000000
n+2: 00000100
n+3: 11010010

lido em litte endian

$$210x256^3+4x256^2+0x256+0=3523477504$$

Erro!

Representação de Dados

Representação de Dados

- A solução é a conversão durante a transmissão

Representação de Dados

- A solução é a conversão durante a transmissão
- Duas alternativas:
  - Conversão pelo emissor para um formato obrigatório
  - Conversão pelo receptor para o seu próprio formato

Representação de Dados

- A solução é a conversão durante a transmissão
- Duas alternativas:
  - Conversão pelo emissor para um formato obrigatório
  - Conversão pelo receptor para o seu próprio formato
- Chama-se marshalling/unmarshalling

Representação de Dados

- A solução é a conversão durante a transmissão
- Duas alternativas:
  - Conversão pelo emissor para um formato obrigatório
  - Conversão pelo receptor para o seu próprio formato
- Chama-se marshalling/unmarshalling
- Problemas semelhantes surgem com texto (e.g. caracteres acentuados) e outros tipos de dados

Objectos

- O marshalling de objectos implica:
  - Representar a classe do objecto
  - Representar os dados contidos no objecto

- Basta saber qual a classe para saber qual a informação esperada:
  - Explícito ou implícito

ContactoTel:
Nome: Sra. A
Profissão: massagista
Número: 51723564

"ContactoTel" "Sra. A" "massagista"
517235564

Objectos

Objectos

- Cada um dos elementos é então convertido individualmente

Objectos

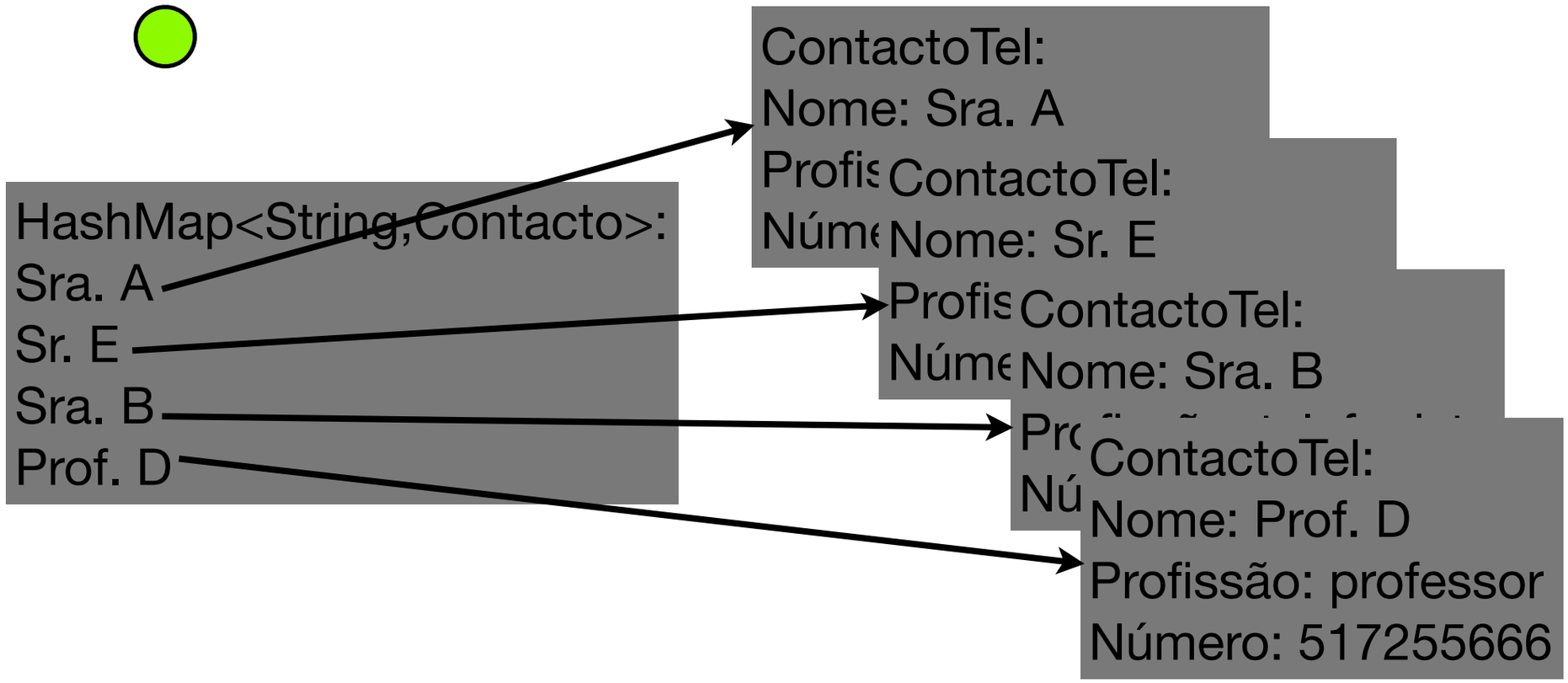
- Cada um dos elementos é então convertido individualmente
- Algumas linguagens de programação conseguem enumerar o conteúdo de um objecto:
- Java

Objectos

- Cada um dos elementos é então convertido individualmente
- Algumas linguagens de programação conseguem enumerar o conteúdo de um objecto:
  - Java
- Noutras linguagens é necessário que o programador escreva filtros, que para cada tipo de dados enumeram os seus componentes

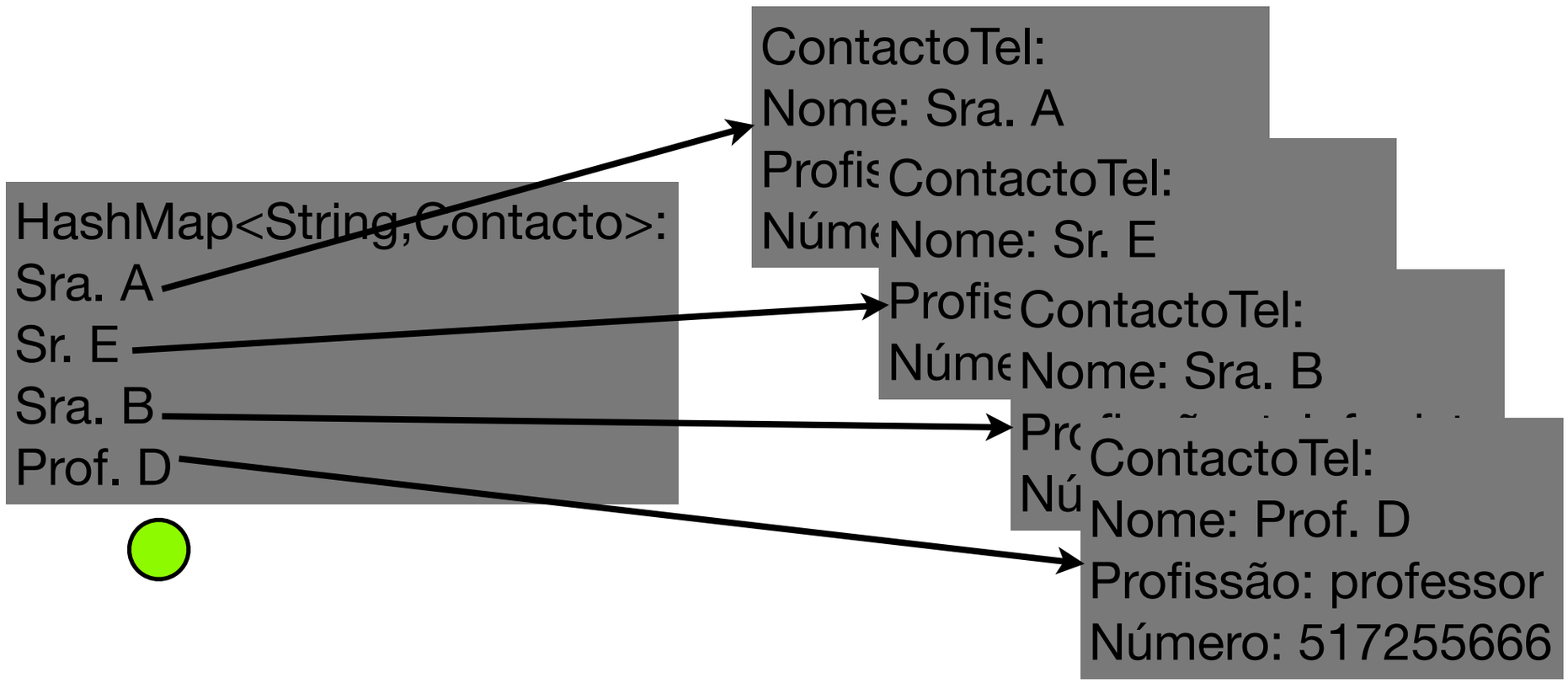
Referências para Objectos

- Normalmente os objectos fazem referência a outros objectos
- É necessário fazer uma **travessia**:



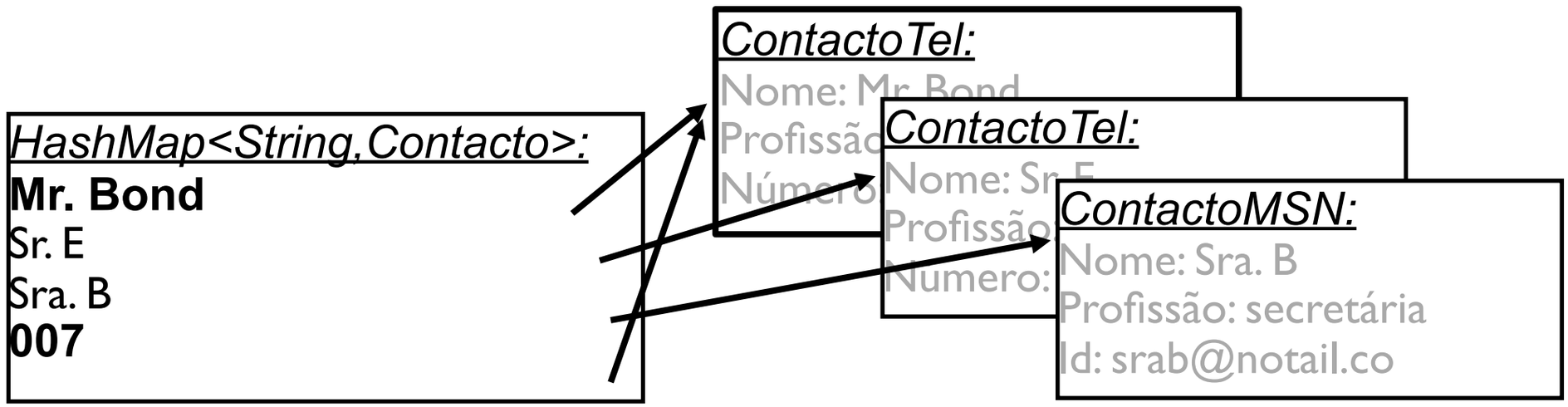
Referências para Objectos

- Normalmente os objectos fazem referência a outros objectos
- É necessário fazer uma **travessia**:



Referências para Objectos

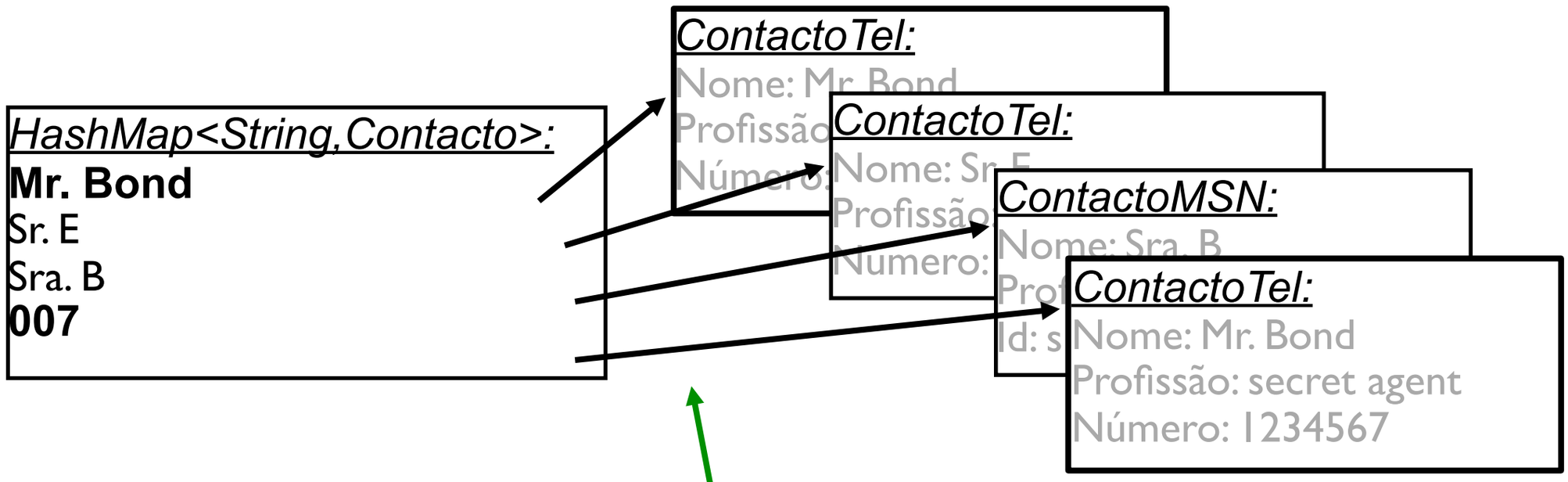
- Durante uma travessia pode ser encontrado o mesmo objecto várias vezes:



"HashMap<String,Contacto>" "Mr. Bond" "ContactoTel" "Mr. Bond" "secret agent" 1234567 ..."007" "ContactoTel" "Mr. Bond" "secret agent" 1234567

Referências para Objectos

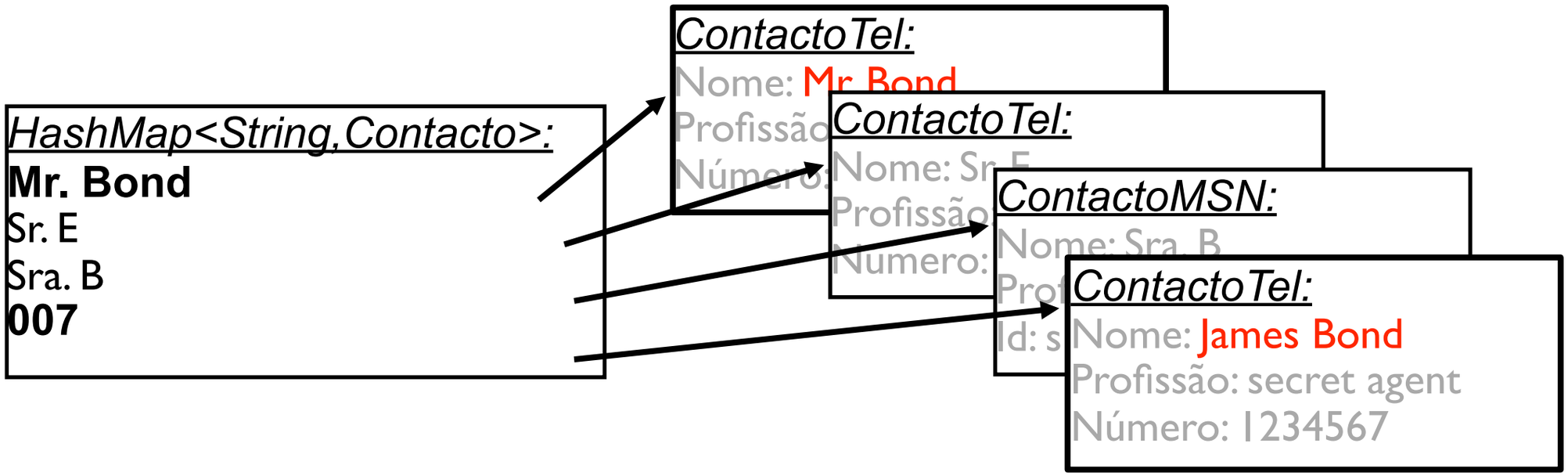
- Depois de unmarshalled, temos duas cópias do mesmo objecto:



"HashMap<String,Contacto>" "Mr. Bond" "ContactoTel" "Mr. Bond" "secret agent" 1234567 ..."007" "ContactoTel" "Mr. Bond" "secret agent" 1234567

Referências para Objectos

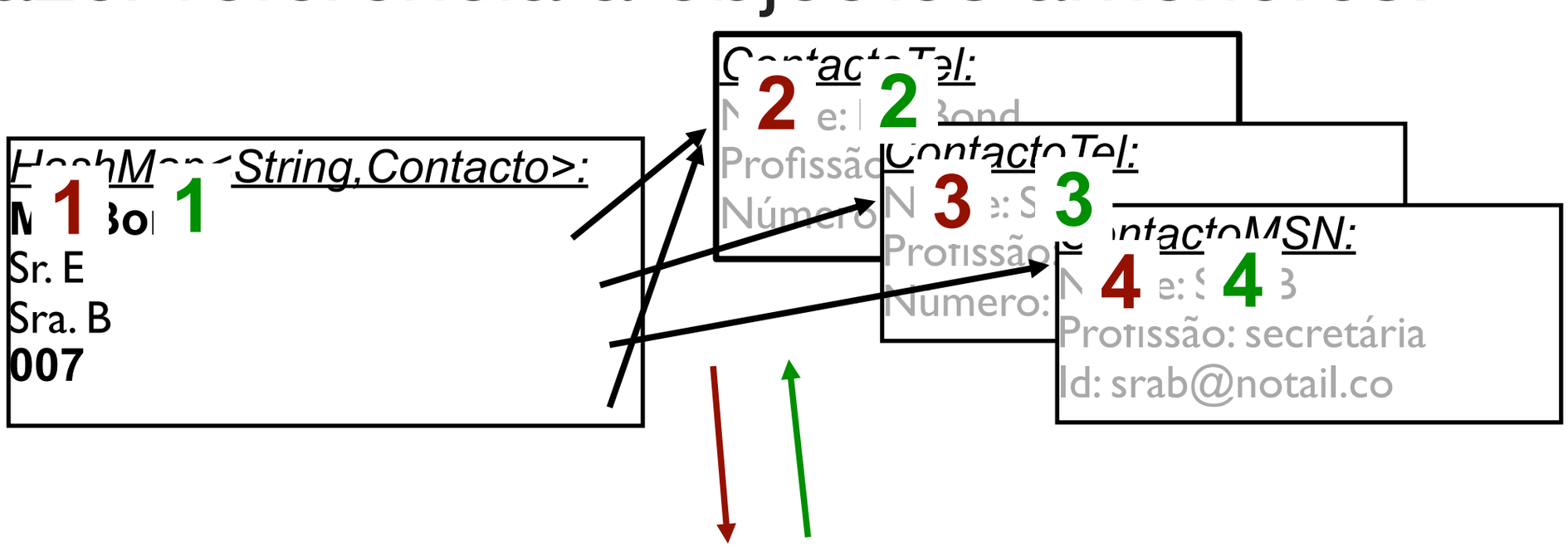
- Se modificarmos o estado de uma das cópias do objecto a outra fica inalterada:



- Se a estrutura continha ciclos, as consequências eram ainda mais graves!

Referências para Objectos

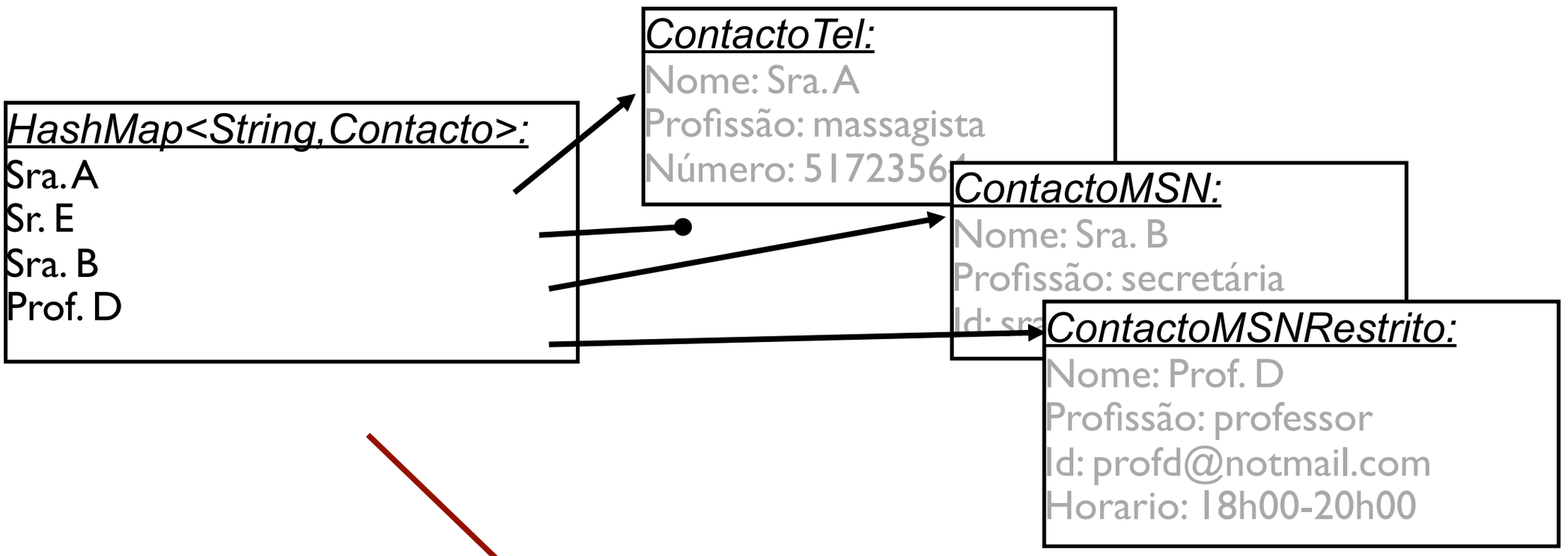
- A solução é:
  - Assinalar o início de cada objecto
  - Reconhecer objectos já visitados
  - Fazer referência a objectos anteriores:



OBJ "HashMap<String,Contacto>" "Mr. Bond" **OBJ** ..."Sr. E" **OBJ** ..."Sra. B" **OBJ** ..."007" **REF(2)**

Referências para Objectos

- Um mecanismo semelhante pode ser usado para referências nulas:



OBJ "HashMap<String,Contacto>" "Sra. A"
OBJ "ContactoTel" "Sra. A" "massagista"
517235564 "Sr. E" **NULL** "Prof. D" **OBJ** "Sra. B"....

Representação como Texto

- Todos os dados são convertidos para um formato inteligível
- Exemplo:
  - XML

```
<map>
        <entrada>
                <chave>Sra. A</chave><valor> ... </valor>
        </entrada>
        ...
</mapa>
```

- Tolera representações ligeiramente diferentes

Compromissos

- Velocidade de conversão:
  - Prejudicada pela detecção de alias
  - Prejudicada pelos formatos de texto
- Tamanho da representação:
  - Prejudicada pela anotação explícita de classes
  - Prejudicada pelos formatos de texto
- Robustez em sistemas heterogéneos:
  - Favorecida pela anotação explícita de classes
  - Favorecida pelos formatos de texto

Exemplo de Aplicação

- Máquina de somar:

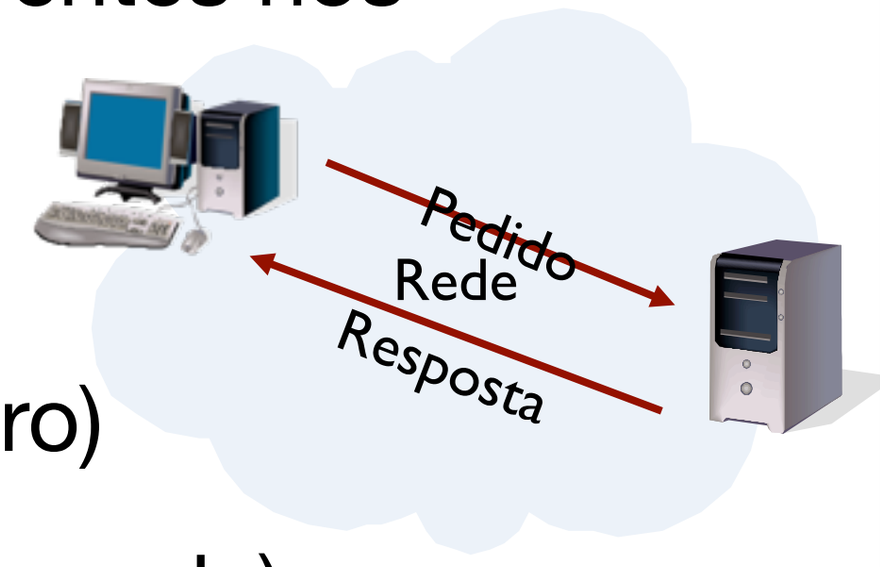
```
public interface Somador {
        public int soma(int valor);
        public void zero();
}
```

```
public class Local {
        public static void main(String[] args) {
                Somador s=new Calculadora();

                int total=s.soma(123);

                System.out.println(total);
        }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
   public class Registadora implements Somador {
        private int total=0;
        private List<Integer> registo=new LinkedList<Integer>();

        public int soma(int valor) {
                total=total+valor;
                return total;
        }

        public void zero() {
                registo.add(total);
                total=0;
        }
   }
}
```

Aplicação Distribuída

- Objectivos:
- Guardar o total num servidor central
- Utilizar o somador a partir de diferentes nós da rede
- Cada pedido contém:
  - nome da operação (soma ou zero)
  - dados para a operação (valor ou nada)
- Cada resposta contém:
  - total ou nada



Aplicação em Cliente/Servidor

```
try {
        Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

        ObjectOutputStream oos=new
           ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
                ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        oos.writeObject("soma");
        oos.writeObject(123);

        int total=(Integer) ois.readObject();

        System.out.println(total);

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

```
try {
        int total=0;

        ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
        while(true) {
                Socket sock=ssock.accept();
                ObjectOutputStream oos=new
                  ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
                ObjectInputStream ois=new
                   ObjectInputStream(sock.getInputStream());

                String op=(String) ois.readObject();
                if (op.equals("soma")) {
                        int valor=(Integer) ois.readObject();
                        total=total+valor;
                        oos.writeObject(total);
                } else if (op.equals("zero")) {
                        total=0;
                }

                oos.close();
                ois.close();
                sock.close();
        }
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

Transparência de Acesso?

- O código necessário para invocar a operação local e remota é diferente:

```
public class Local {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Calculadora();

            int total=s.soma(123);

            System.out.println(total);
    }
}
```

```
try {
    Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

    ObjectOutputStream oos=new
    ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
    ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

    oos.writeObject("soma");
    oos.writeObject(123);

    int total=(Integer) ois.readObject();

    oos.close();
    ois.close();
    sock.close();

    System.out.println(total);
} catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
}
```

Proxy (implementa a mesma interface Somador)

Solução: Classe Proxy

```
public class Cliente {
        public static void main(String[] args) {
                Somador s=new Proxy();

                int total=s.soma(123);

                System.out.println(total);
        }
}
```

```
public class Proxy implements Somador {

public int soma(int valor) {
    int total=-1;
    try {
        Socket sock=new Socket("localhost", 12345);
        ObjectOutputStream oos=new
                ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
                ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        oos.writeObject("soma");
        oos.writeObject(123);

        total=(Integer) ois.readObject();

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    } catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return total;
}

...
```

Transparência de Acesso?

- O código para concretizar um serviço local e remoto é diferente:

```
public class Calculadora implements Somador {
        private int total=0;

        public int soma(int valor) {
                total=total+valor;
                return total;
        }

        public void zero() {
                total=0;
        }
}
```

```
try {
   int total=0;

   ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
   while(true) {
      Socket sock=ssock.accept();
      ObjectOutputStream oos=new
         ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
      ObjectInputStream ois=new
         ObjectInputStream(sock.getInputStream());

      String op=(String) ois.readObject();
      if (op.equals("soma")) {
         int valor=(Integer) ois.readObject();

         total=total+valor;

         oos.writeObject(total);
      } else if (op.equals("zero")) {

         total=0;
      }

      oos.close();
      ois.close();
      sock.close();
   }
} catch(Exception e) {
         e.printStackTrace();
}
```

Transparência de Acesso?

- O código para concretizar um serviço local e remoto é diferente:

```
public class Calculadora implements Somador {
        private int total=0;

        public int soma(int valor) {
                total=total+valor;
                return total;
        }

        public void zero() {
                total=0;
        }
}
```

```
try {
    int total=0;

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String)ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer)ois.readObject();

            total=total+valor;

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {

            total=0;
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

Skeleton (usa qualquer implementação de Somador)

Solução: Classe Skeleton

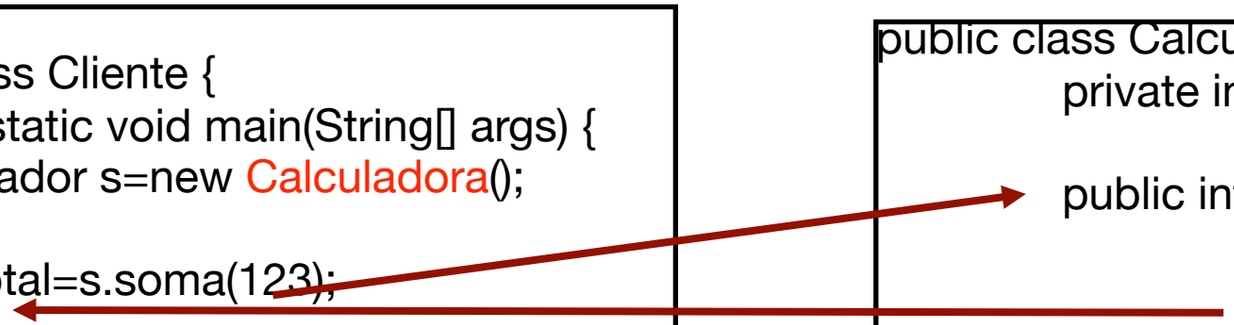
```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new

ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
              ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();
            int total=s.soma(valor);
            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
              s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
    e.printStackTrace();
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
        total=total+valor;
        return total;
    }

    public void zero() {
        total=0;
    }
}
```

Invocação Local

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Calculadora();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
        private int total=0;

        public int soma(int valor) {
                total=total+valor;
                return total;
        }

        ...
```



Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

Rede

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
}
```

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

Rede

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
}
```

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

Rede

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

Rede

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
}
```

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

Rede

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

Rede

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

Rede

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=new Proxy();

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
            total=total+valor;
            return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket("localhost", 12345);

            ObjectOutputStream oos=new
            ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
            ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            oos.writeObject("soma");
            oos.writeObject(123);

            total=(Integer) ois.readObject();

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        } catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return total;
    }

...
```

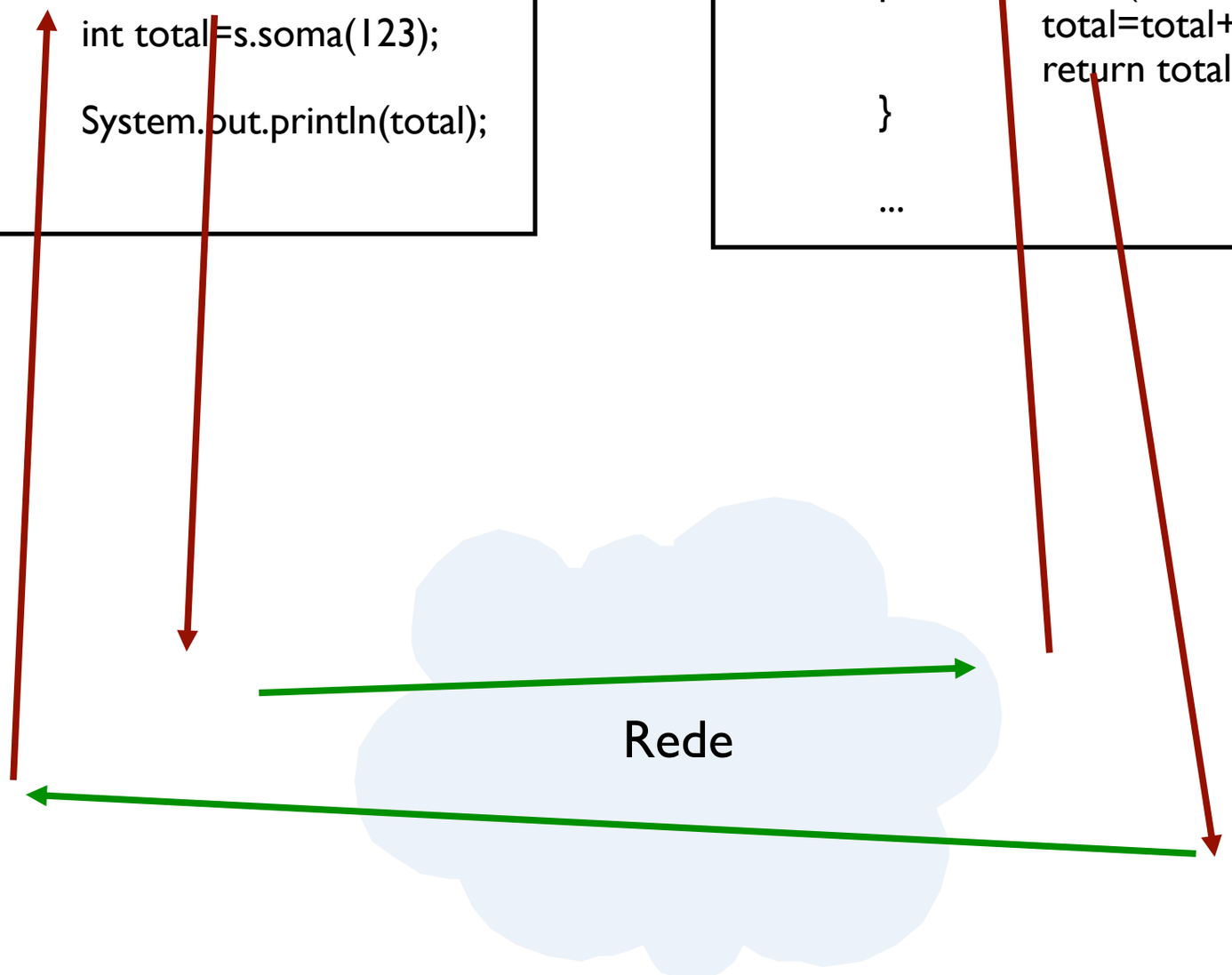
Rede

```
try {
    Somador s=new Calculadora();

    ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
    while(true) {
        Socket sock=ssock.accept();
        ObjectOutputStream oos=new
        ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        ObjectInputStream ois=new
        ObjectInputStream(sock.getInputStream());

        String op=(String) ois.readObject();
        if (op.equals("soma")) {
            int valor=(Integer) ois.readObject();

            int total=s.soma(valor);

            oos.writeObject(total);
        } else if (op.equals("zero")) {
            s.zero();
        }

        oos.close();
        ois.close();
        sock.close();
    }
} catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
}
```

Middleware de Invocação Remota

```
public class Cliente {
        public static void main(String[] args) {
                Somador s=new Proxy();

                int total=s.soma(123);

                System.out.println(total);
        }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
        private int total=0;

        public int soma(int valor) {
                total=total+valor;
                return total;
        }

        ...
```



Stub e Skeleton:
Gerados automáticamente a partir da interface!

Protocolo de Invocação Remota

liga (new Socket(...))

nome da operação

parametro 1

parametro 2

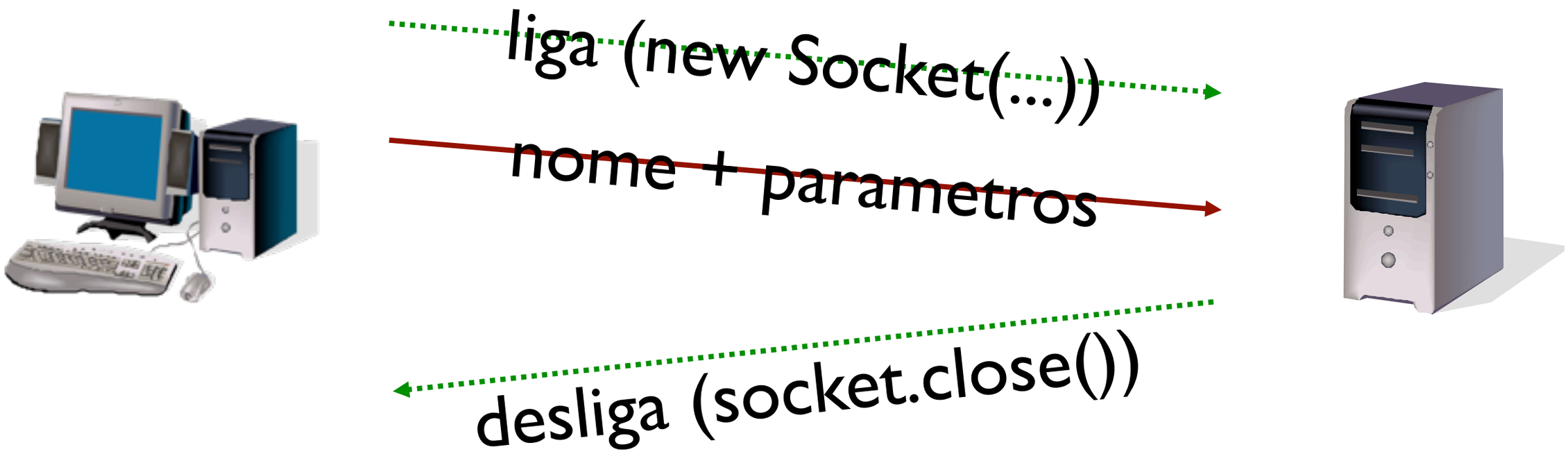
parametro n

resultado

desliga (socket.close())

Variante “One-Way”

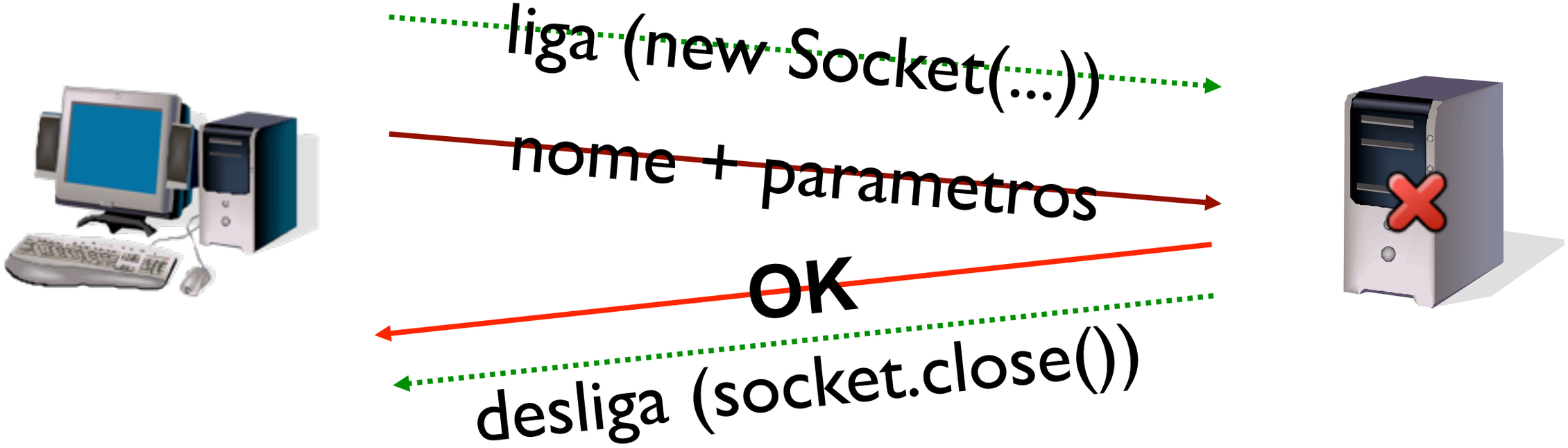
- Para operações sem resultados:



- O proxy não perde tempo à espera de resposta

Pedido+Resposta

- Em caso de falha do servidor, como saber se a operação foi de facto executada?



- O que fazer quando o OK não é recebido?

Semântica de Falha

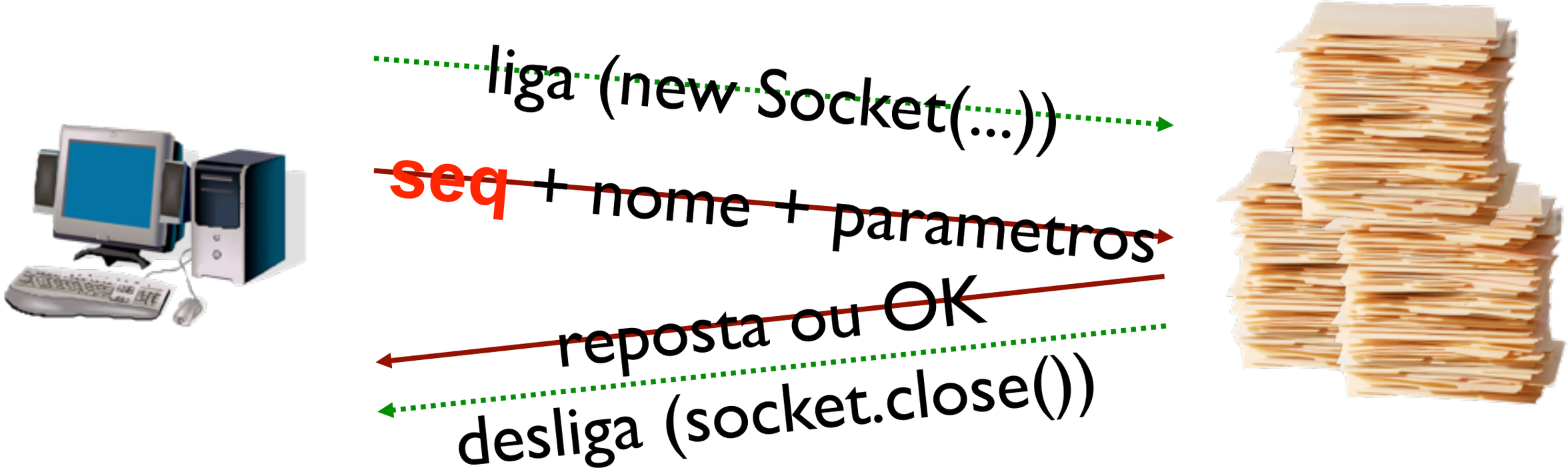
- Estratégia 1: Não fazer nada
  - A operação é executada no máximo uma vez
- Estratégia 2: Repetir a invocação
  - A operação é executada pelo menos uma vez
- O desejável seria uma estratégia que garantisse que a operação é executada **exactamente uma vez**

Idempotência

- Operação idempotente:
  - O efeito da operação efectuada várias vezes é o mesmo da operação efectuada apenas uma vez
- Exemplo:
  - escrita de um valor num ficheiro
- A estratégia 2 em operações idempotentes garante o desejado “exactamente uma vez”

Retransmissão de Respostas

- Podemos numerar os pedidos para encontrar os duplicados e armazenar as respostas para retransmissão:



- Até quando temos que guardar as respostas?

Pedido+Resposta+Confirmação

- A confirmação pelo cliente permite eliminar respostas pendentes
  - O protocolo fica mais demorado

liga (new Socket(...))

seq + nome + parametros

reposta ou OK

seq

desliga (socket.close())

- O que acontece em caso de falha do cliente?

Transparência de Falha

- Não é possível proporcionar transparência de falha total
- O que fazer perante uma falha é mais facilmente resolvido:
  - Pela aplicação (e.g. pedidos idempotentes)
  - Pelo utilizador (e.g. verificando se o pedido foi efectuado)
- Transacções distribuídas ajudam, ao garantir que o pedido foi completamente executado ou completamente ignorado

Invocação Remota

```
public class Cliente {
    public static void main(String[] args) {
        Somador s=
              new Proxy("localhost", 12345);

        int total=s.soma(123);

        System.out.println(total);
    }
}
```

```
public class Calculadora implements Somador {
    private int total=0;

    public int soma(int valor) {
        total=total+valor;
        return total;
    }

...
```

```
public class Proxy implements Somador {

    private String host;
    private int port;

    public Proxy(String host, int port) {
        this.host=host;
        this.port=port;
    }

    public int soma(int valor) {
        int total = -1;
        try {
            Socket sock=new Socket(host, port);


                ...
```

Rede

```
try {
        Somador s=new Calculadora();

        ServerSocket ssock=new ServerSocket(12345);
        while(true) {
            Socket sock=ssock.accept();
                    ObjectOutputStream oos=new
             ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
            ObjectInputStream ois=new
                     ObjectInputStream(sock.getInputStream());

            String op=(String) ois.readObject();
            if (op.equals("soma")) {
                int valor=(Integer) ois.readObject();
                int total=s.soma(valor);
                oos.writeObject(total);
            } else if (op.equals("zero")) {
                s.zero();

            }

            oos.close();
            ois.close();
            sock.close();
        }
} catch(Exception e) {
                    e.printStackTrace();
}
```

Referências a Objectos

```
public class Proxy implements Somador, Serializable {
        ...
}
```

- Quais as implicações de fazer marshalling de um proxy?
  - Podemos passar um proxy como parâmetro numa invocação remota
- Como resultado obtemos um sistema de **objectos distribuídos**:
  - Qualquer nó do sistema pode alojar objectos
  - Qualquer nó pode invocar objectos

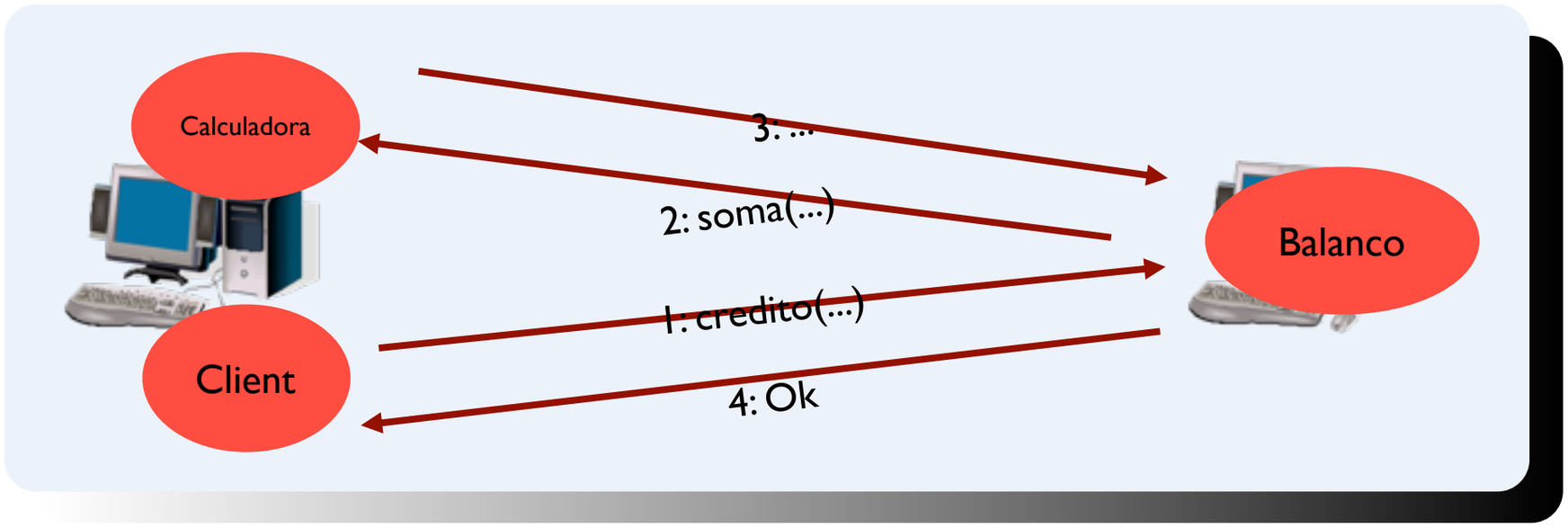
Referências a Objectos

- Exemplo de passagem de uma referência como parâmetro:

```
public interface Balanco {
        public void debito(Somador soma);
        public void cretido(Somador soma);
};
```

```
Somador s=new ProxySomador("localhost", 12345);
Balanco b=new ProxyBalanco("outro", 12346);

b.credito(s);
```

```
public class ImplBalanco implements Balanco {

   ...

   public void credito(Somador s) {
        for(int i: creditos)
                s.soma(i);
   }
};
```



Referências a Objectos

- Se não há mais referências para o objecto, ele deve ser eliminado para não desperdiçar recursos
- Se o objecto é eliminado enquanto ainda há referências, os clientes receberão um erro
- Novo problema:
  - Quantas referências existem num determinado momento para um objecto?

Garbage Collection

- Cada servidor mantém uma lista de proxies:
  - Cada vez que um proxy é criado, o servidor é contactado para o adicionar à lista
  - Quando um proxy é eliminado o servidor é contactado para o eliminar também
- Quando a lista fica vazia, o skeleton e o objecto são eliminados
- Opções de tolerância a faltas:
  - As operações de actualização da lista do servidor são idempotentes
  - Os clientes têm que avisar periodicamente o servidor que ainda têm um proxy

Serviços de Directoria

- Considere:
  - Um servidor de uma mapa entre nomes e objectos (i.e. implementação, skeleton e dispatcher) colocado numa localização bem conhecida
  - Um proxy correspondente que saiba encontrar o servidor
- O resultado é uma **directoria** de objectos que pode ser usado para obter transparência de localização

Transparência de Localização

- Acesso a um objecto remoto:

```
Directoria dir=new ProxyDirectoria();

Somador s=(Somador)dir.get("o meu somador");

int v=s.soma(123);

System.out.println(v);
```

```
Somador s=new Calculadora();
Directoria dir=new ProxyDirectoria();
dir.put("o meu somador",
            new Proxy("host.uminho.pt", 12345));
...
```

Este servidor corre em host.uminho.pt

- Note que o cliente não tem conhecimento do nome da máquina onde está o objecto

Transparência de Localização

- Acesso a um objecto local:

```
Directoria dir=new ProxyDirectoria();



Somador s=(Somador)dir.get("o meu somador");

int v=s.soma(123);

System.out.println(v);
```

```
Somador s=new Calculadora();
Directoria dir=new ProxyDirectoria();
dir.put("o meu somador", s);

...
```

- O cliente continua inalterado

Transparência de Migração

- Acesso a um objecto que migrou:

```
Directoria dir=new ProxyDirectoria();



Somador s=(Somador)dir.get("o meu somador");

int v=s.soma(123);

System.out.println(v);
```

```
Somador s=new Proxy("outro.uminho.pt", 12345);

...
```

Este servidor corre em host.uminho.pt

```
Somador s=new Calculadora();
Directoria dir=new ProxyDirectoria();
dir.put("o meu somador", s);

...
```

Este servidor corre em outro.uminho.pt

- Os novos clientes não passam pelo host.uminho.pt

Conclusões

- A invocação remota usa:
  - passagem de mensagens
  - marshalling
  - stubs e skeletons, gerados a partir da interface
- Obtém-se:
  - transparência de acesso (stubs)
  - transparência de localização (directoria)
  - transparência de migração (reencaminhamento)
- Não se obtém transparência de falha