

COMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA

INTRODUÇÃO

Carlos Ferraz <cagf@cin.ufpe.br>

MOTIVAÇÃO

Computação em evolução

Antes disso...



Antes disso...

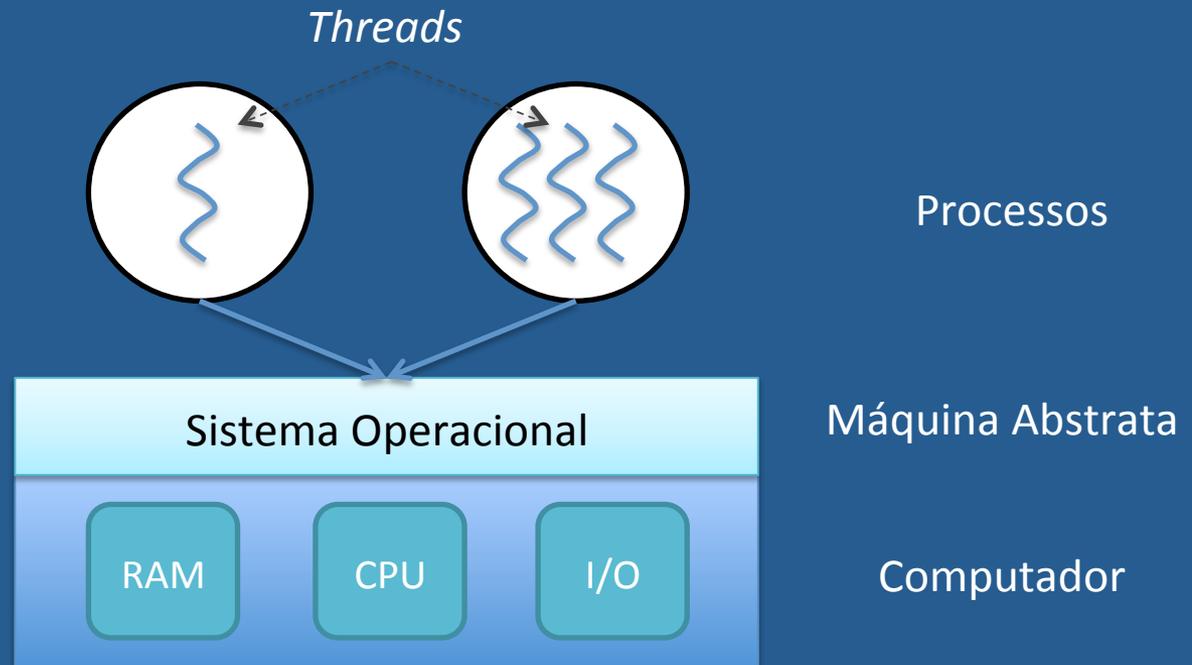


Evolução



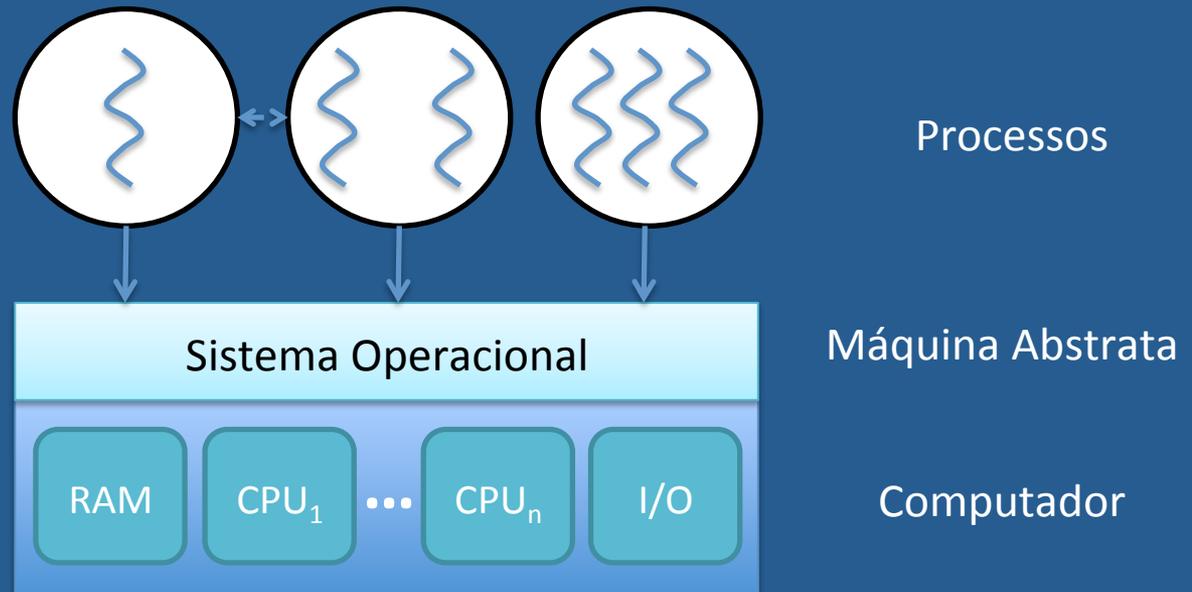
Computação Centralizada

Evolução



Concorrência

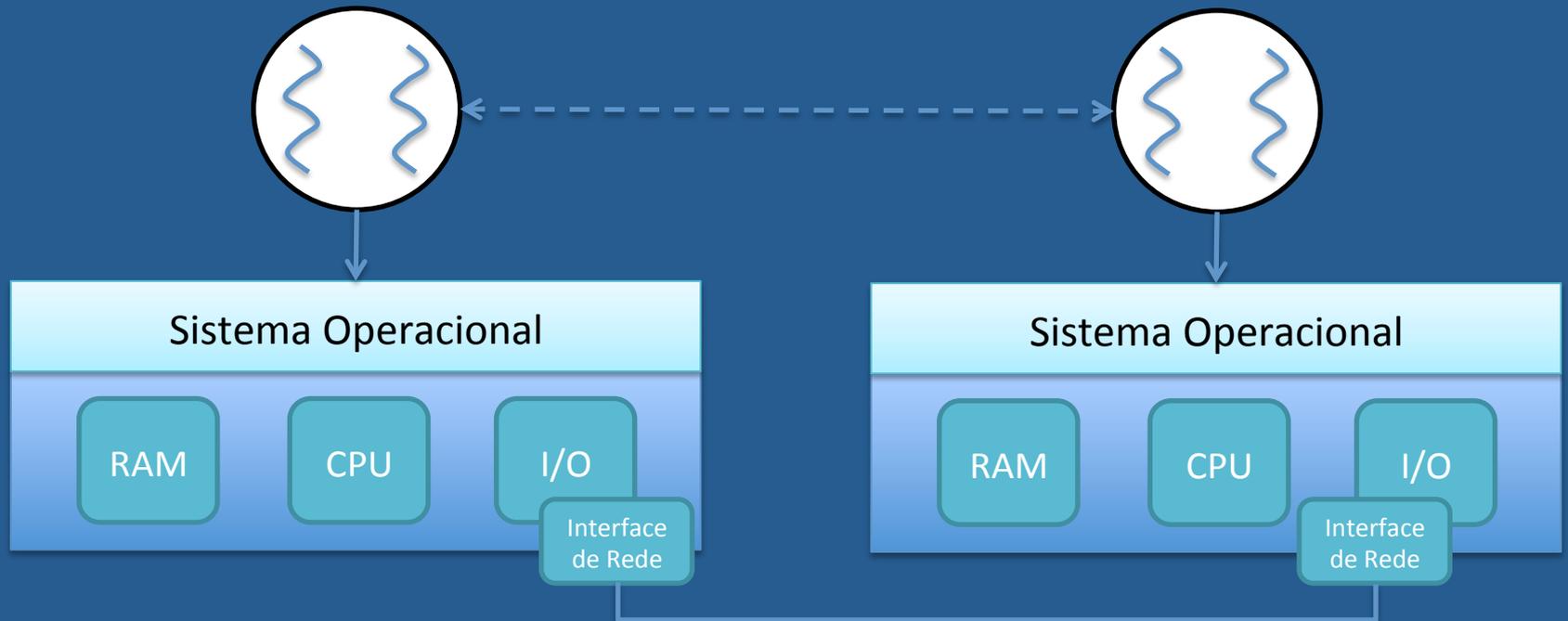
Evolução



Computação Paralela

(e comunicação entre processos (IPC) concorrentes/paralelos)

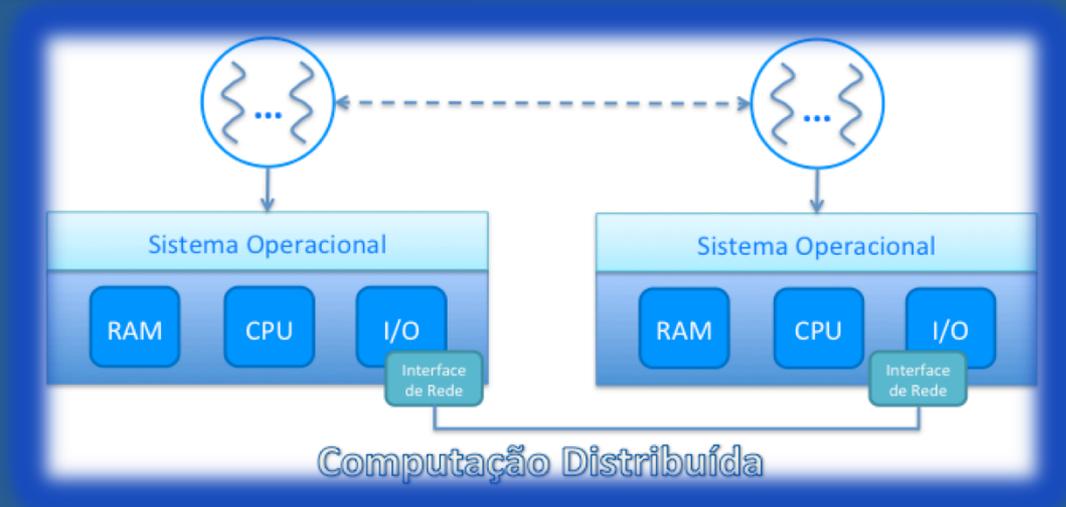
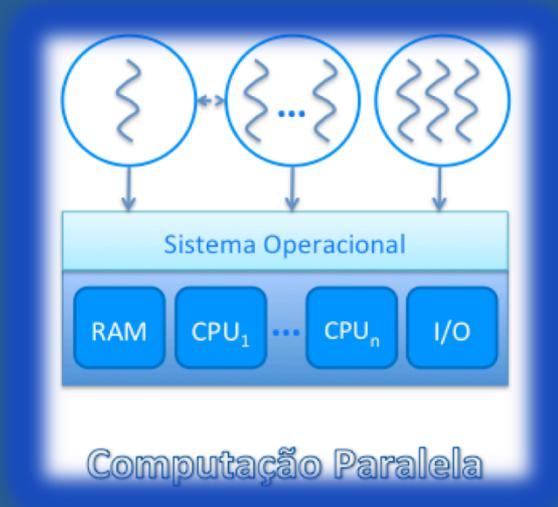
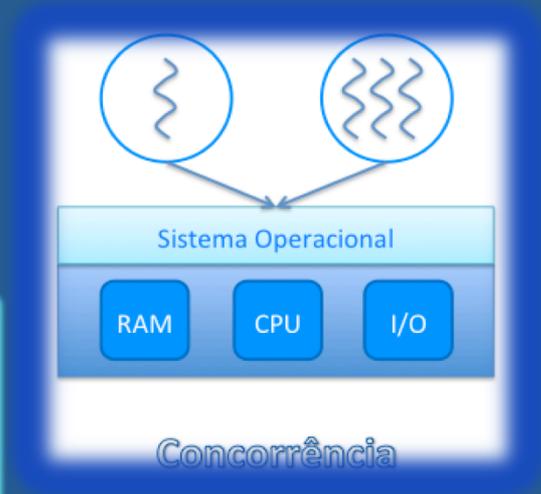
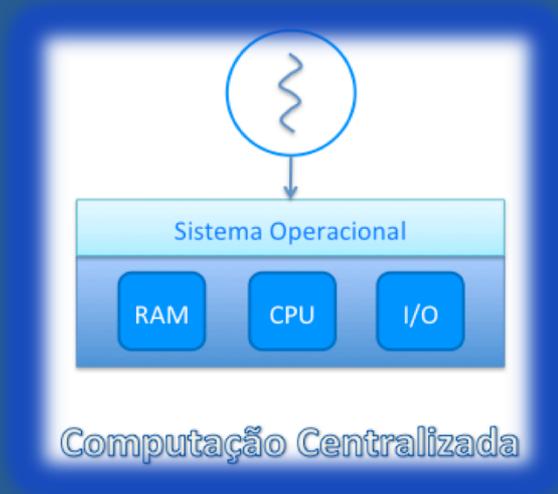
Evolução



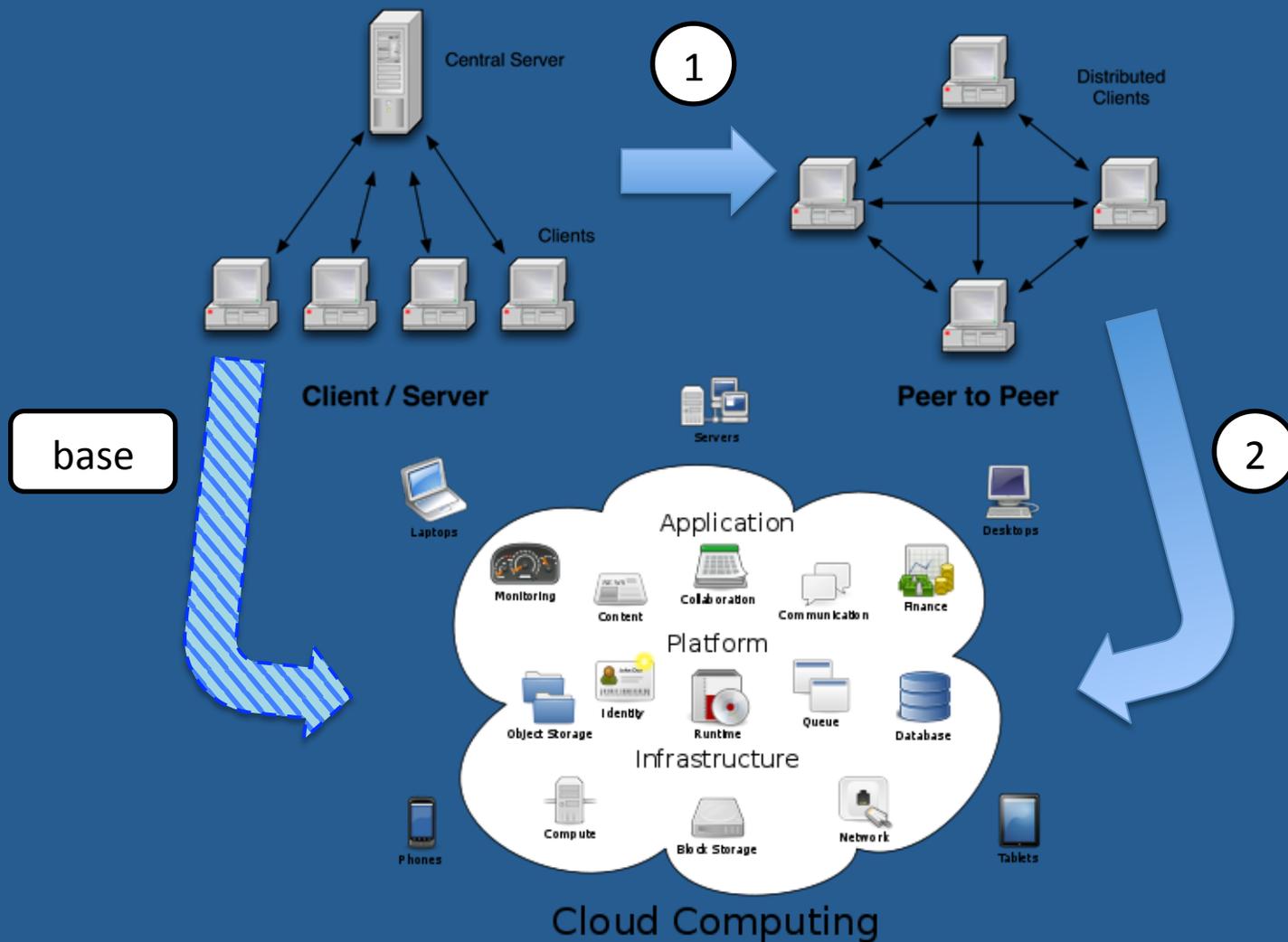
Computação Distribuída

Evolução da Computação

**Ou qualquer
combinação
entre elas !!!**



Uma história acelerada da evolução da Computação Distribuída

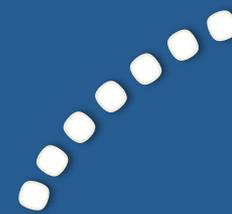


Computação Móvel

Computação Multimídia

Computação na Nuvem

Computação Ubíqua



Atenção!!!
Você fará parte do
desenvolvimento
disso

Computação Distribuída

INTRODUÇÃO

Dividir para Conquistar

Definição

*Um **sistema distribuído** é aquele no qual componentes localizados em uma rede de computadores **se comunicam e coordenam suas ações** através da passagem (troca) de mensagens*

Coulouris et al., 2012

Características marcantes

Concorrência de componentes

Falta de um relógio global

Componentes falham de forma independente –

falha parcial

Tendências-chave

O que move os Sistemas Distribuídos hoje?

Pervasividade das redes

Computação móvel e ubíqua

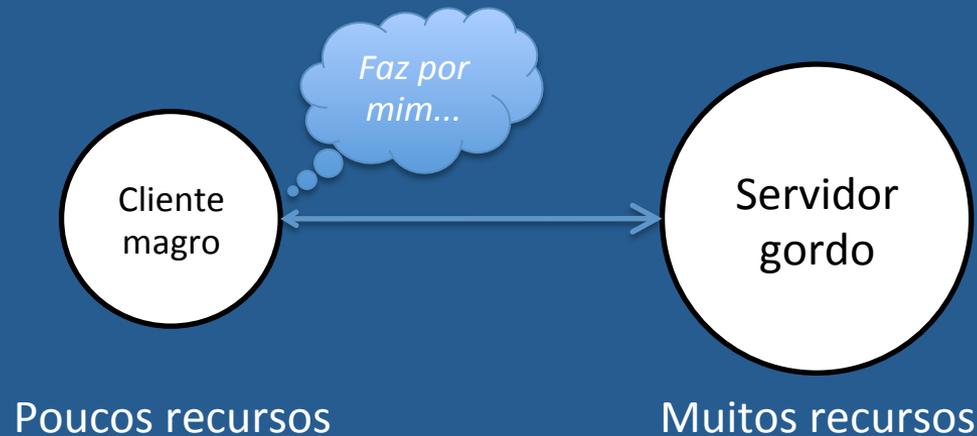
Importância crescente de sistemas multimídia
(distribuídos)

Sistemas distribuídos como utilidade (serviço) – *Cloud Computing* e seus modelos (IaaS, PaaS, SaaS)

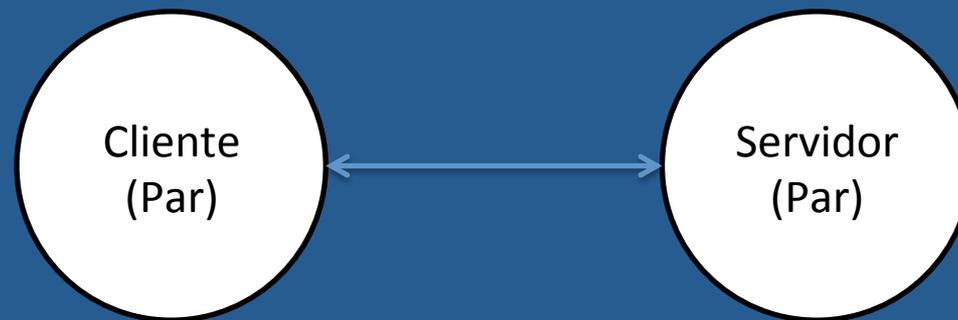
Principal motivação: **compartilhamento de recursos**

Compartilhamento de recursos

Passado



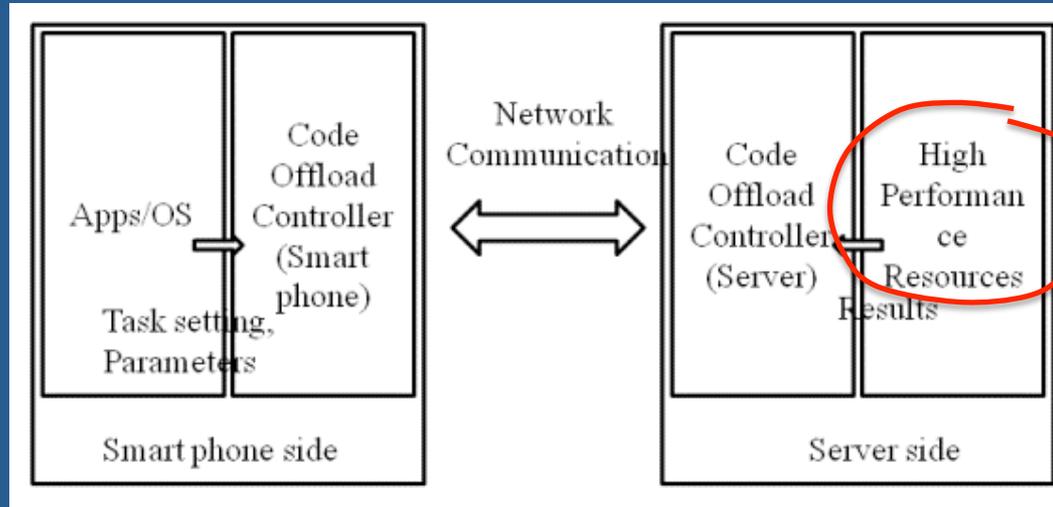
Presente



“Equilíbrio” de recursos (compartilhamento mais “verdadeiro” e justo)

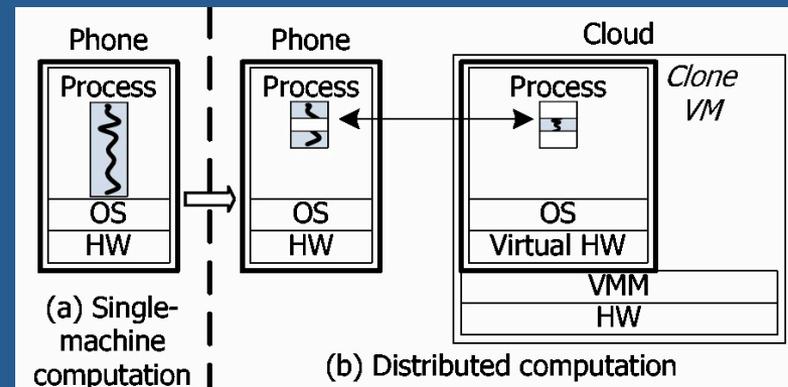
Abundância, mas...

Computation Offloading



MOBILE CLOUD COMPUTING

Como se faz?



Objetivos de um projeto de SD

Eficiência – desempenho produtivo

Robustez – resistência a falha

Disponibilidade: o sistema está no ar quando preciso (*instante de tempo*)

Confiabilidade: o sistema não falha por um longo *período de tempo*

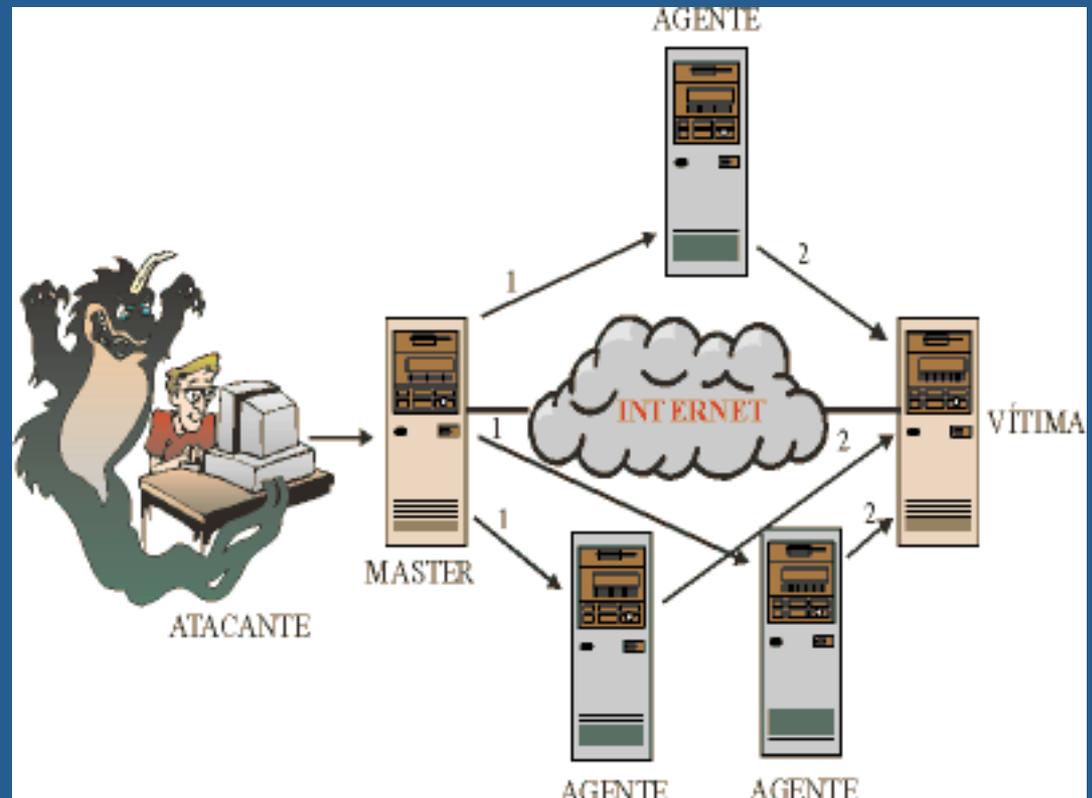
E quando falha, a falha não provoca uma “catástrofe”

Consistência – mesma visão de dados

Objetivo: Eficiência

Para o bem, baseado em paralelismo

Para o mal, DDoS...



Desafios

Heterogeneidade

Abertura

Segurança

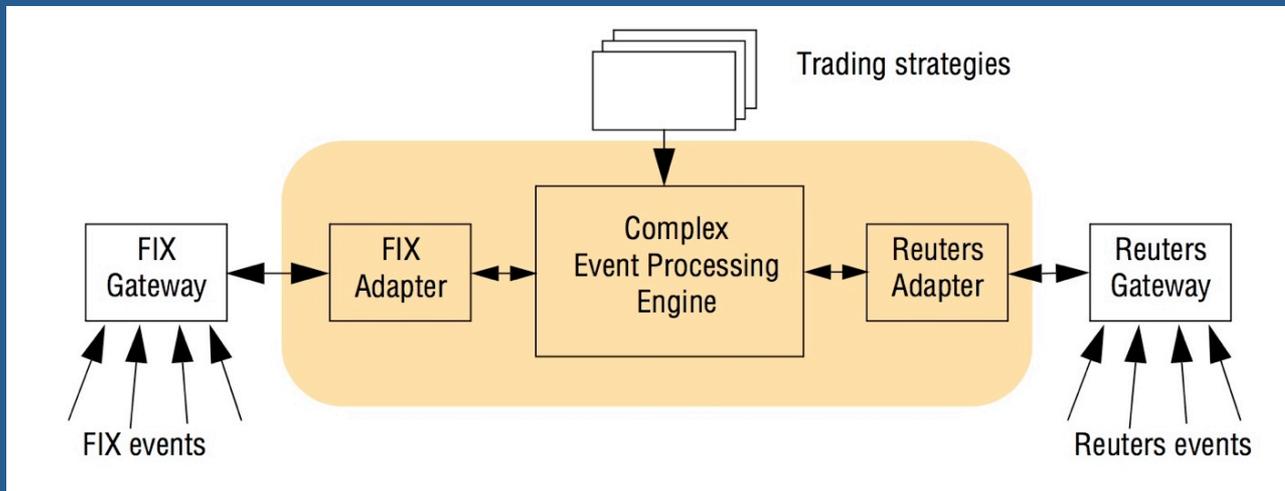
Escalabilidade

Tratamento de falha

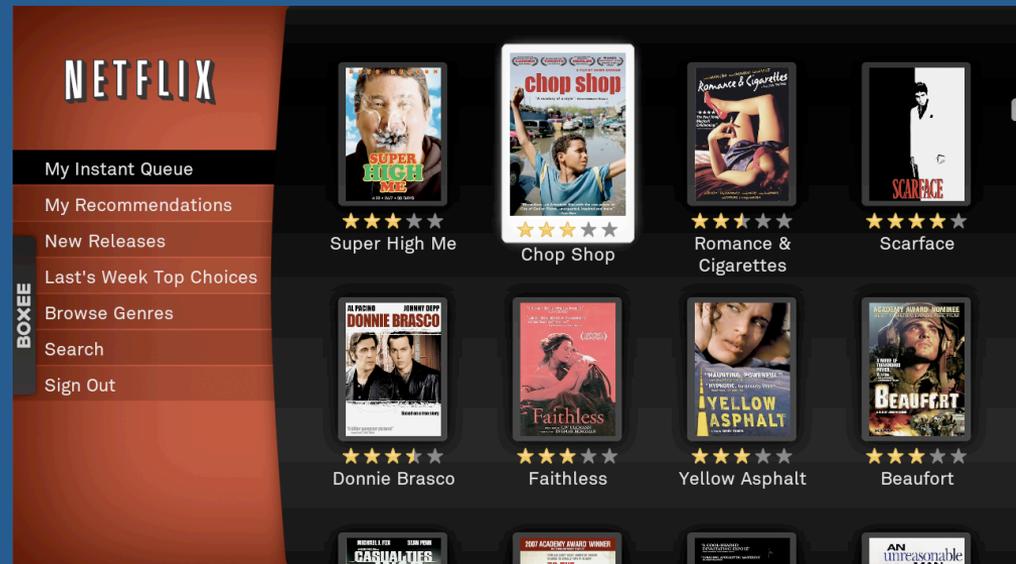
Concorrência

Transparência

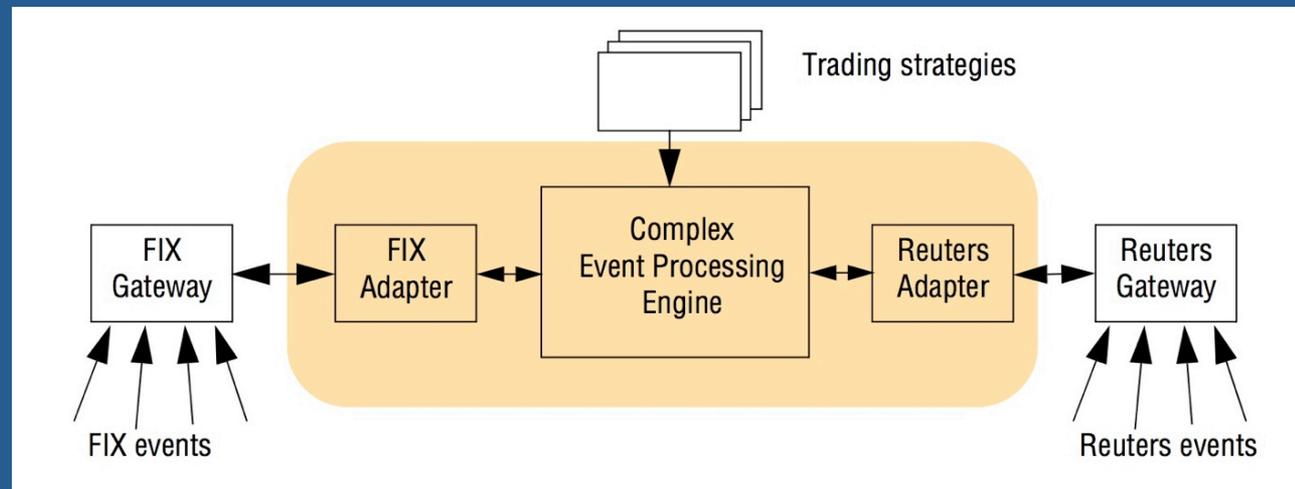
Dois exemplos de sistemas distribuídos



Sistema de Negociação Financeira [Coulouris, Dollimore, Kindberg and Blair, Distributed Systems: Concepts and Design. Edn. 5 © Pearson Education 2012]



EVENTOS



Acesso em tempo real a **muitas fontes de informação** (ex. Reuters, FIX – Financial Information eXchange), interessantes para **muitos clientes**

Comunicação e processamento de itens de interesse – **eventos**



Sistemas distribuídos baseados em eventos

Fontes de informação em diferentes formatos – **heterogeneidade** → adaptadores para traduzir para formato comum (ex. XDR/RPC)

Diversos fluxos de eventos, chegando a taxas rápidas, muitas vezes requerendo processamento em tempo real – **Complex Event Processing (CEP)**: composição de eventos baseada em padrões lógicos, temporais ou espaciais

Transparência de distribuição

WHEN

MSFT price moves outside 2% of MSFT Moving Average

FOLLOWED-BY (

MyBasket moves up by 0.5%

AND

HPQ's price moves up by 5%

OR

MSFT's price moves down by 2%

)

)

ALL WITHIN

any 2 minute time period

THEN

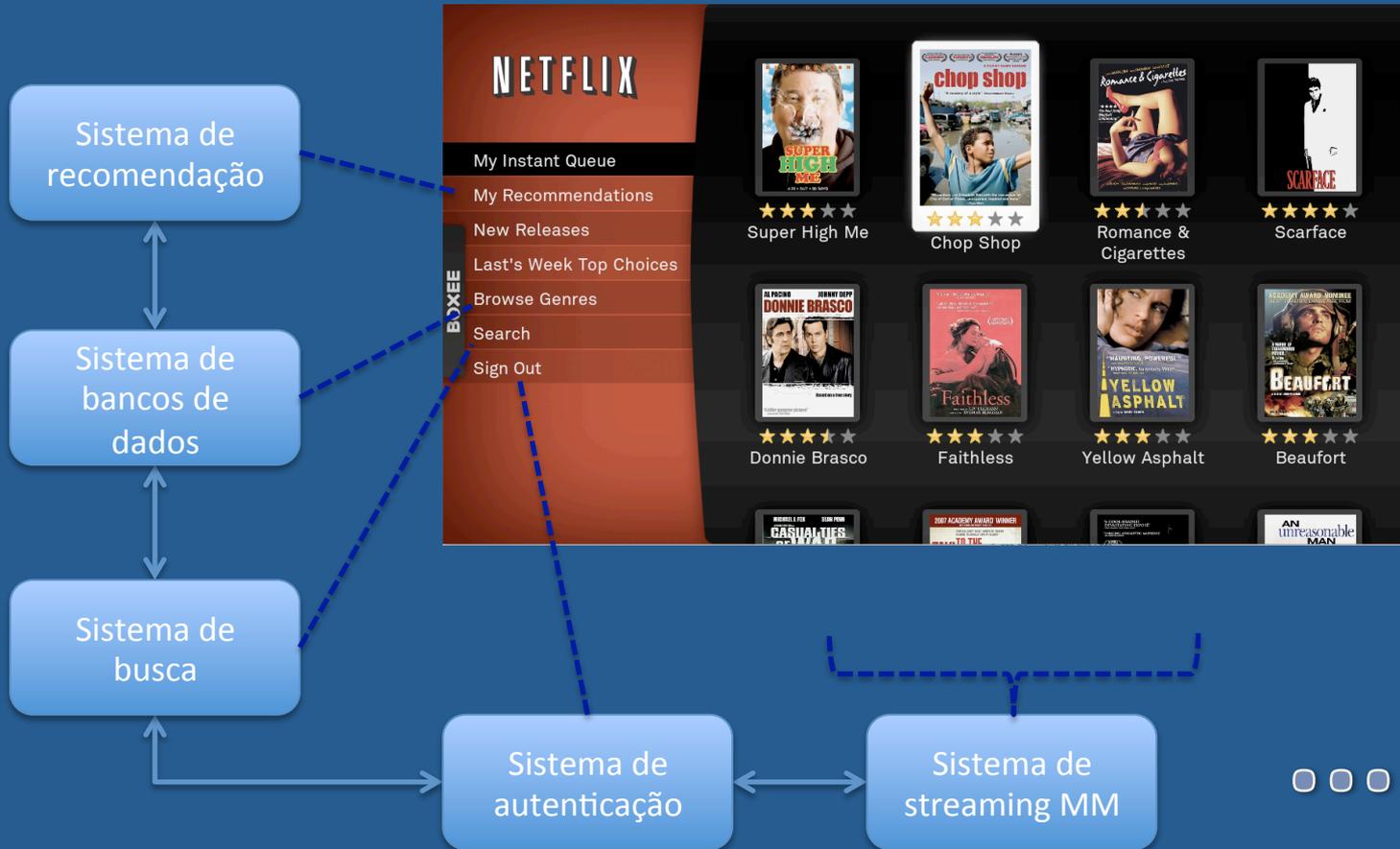
BUY MSFT

SELL HPQ

O usuário que escreveu este *script* não precisa ter noção da ocorrência distribuída de eventos

Dados e processamento distribuídos

Sistemas multimídia distribuídos



Conceito-chave

Distribuição

Comunicação

Complexidade

Heterogeneidade



Transparência

Tipos de Transparência

Localização: esconde onde o recurso está localizado

Acesso: operações idênticas para acesso local e remoto

Migração: esconde que um recurso pode se mover para outra localização

Relocação: esconde que um recurso pode ser movido para outra localização enquanto está em uso

Concorrência: compartilhamento de recursos sem interferência entre processos concorrentes

Falha: esconde a falha e recuperação de um recurso

Replicação: esconde de usuários ou programadores de aplicação a existência de réplicas de recursos

Localização + acesso = transparência de rede

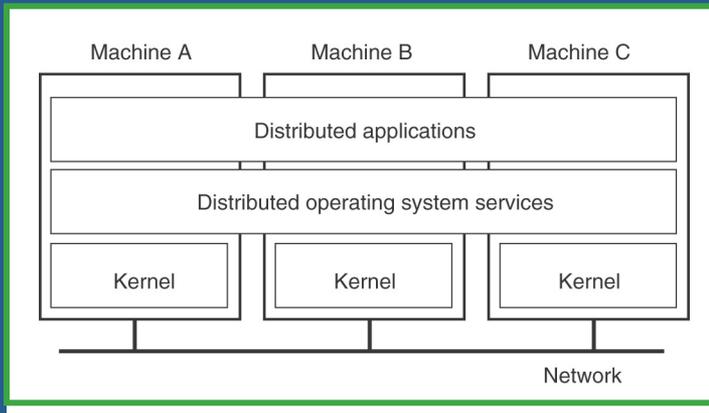
Infra-estruturas de software para Sistemas Distribuídos

Sistemas Operacionais Distribuídos

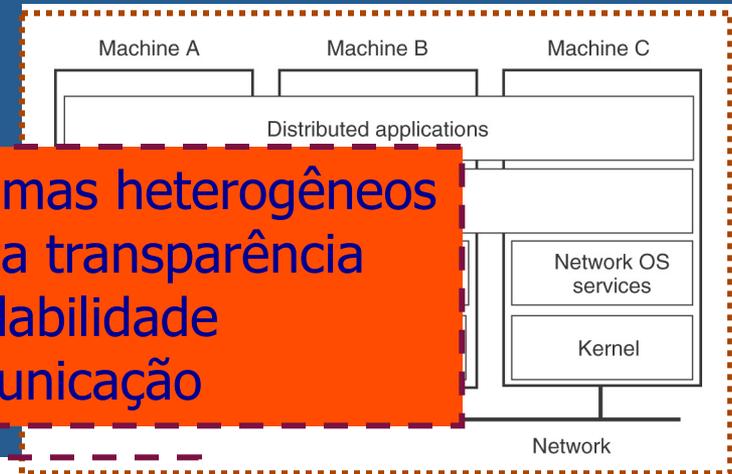
Sistemas Operacionais de Rede

Middleware

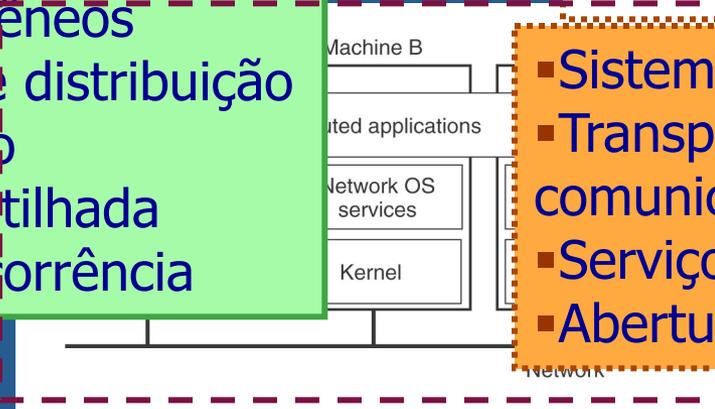
Infra-estruturas para SDs: diferenças de objetivos e abstrações



- Sistemas homogêneos
- Transparência de distribuição
- Alto desempenho
- Memória compartilhada
- Controle de concorrência



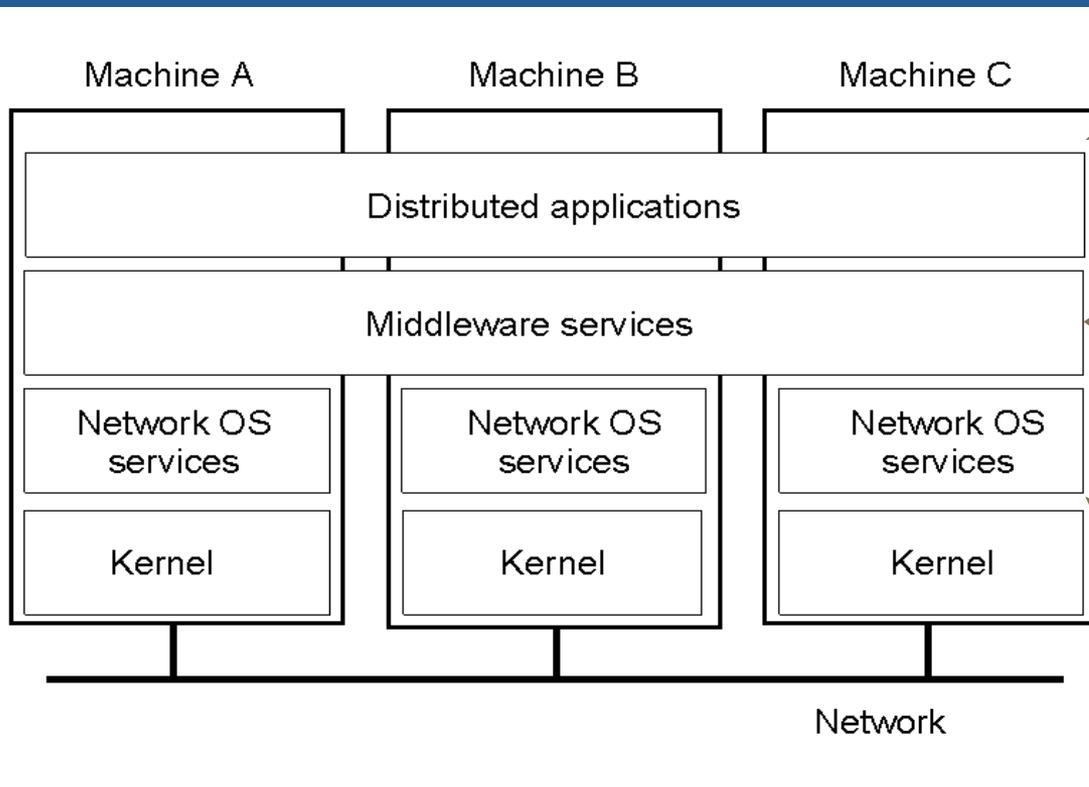
- Sistemas heterogêneos
- Pouca transparência
- Escalabilidade
- Comunicação



- Sistemas heterogêneos
- Transparência de distribuição e comunicação
- Serviços
- Abertura

MIDDLEWARE

Necessidades: quem atende o quê?



■ Lógica do negócio

Integração de Sistemas Heterogêneos

Interoperabilidade destes sistemas
Portabilidade

■ Comunicação

Uso e gerência de recursos de hardware:

CPU
Memória
I/O

Definição

Middleware pode ser visto como...

*um conjunto reusável, expansível de **serviços e funções** ...
que são comumente **necessários por parte de várias
aplicações distribuídas** ...
para funcionarem bem em um **ambiente de rede***

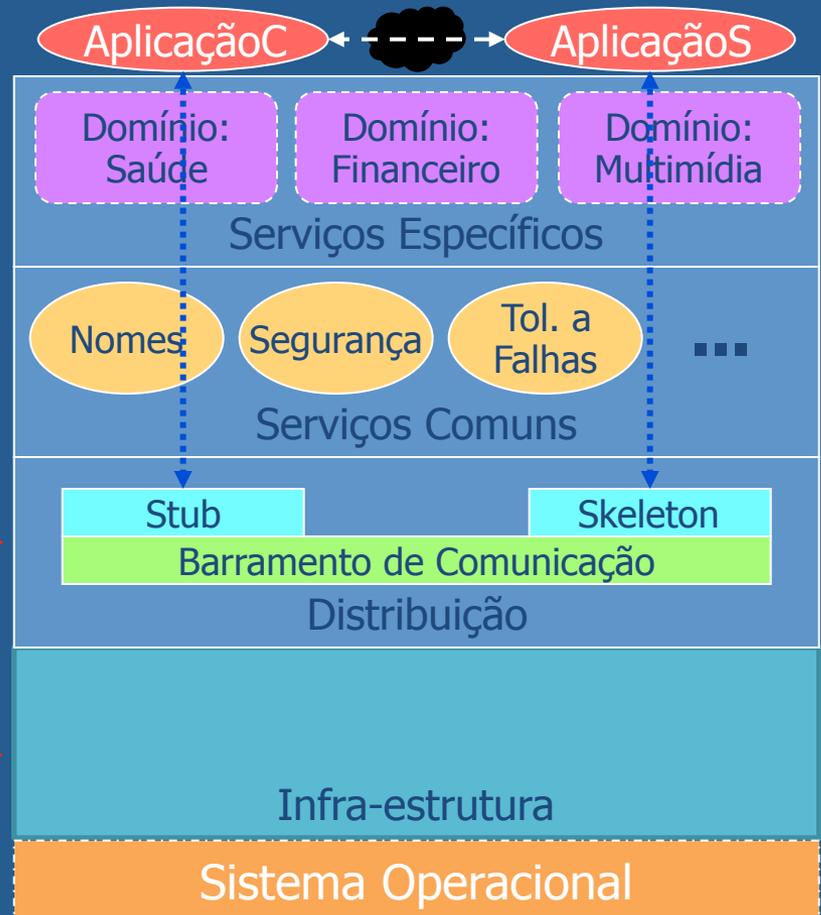
Infra-Estrutura de SW para SDs

Middleware: Arquitetura Básica em Camadas

Middleware: coleção de serviços (**serviços de middleware**) fornecidos através de interfaces padrões (**APIs**) – **visão “unificada” de redes e engenharia de software, respectivamente** + formado sobre camadas de infra-estrutura

modelos de programação, onde a comunicação é abstraída, por ex. – ORB CORBA, incluindo RPC

abstrai as peculiaridades dos sistemas operacionais, encapsulando e melhorando os mecanismos de concorrência, por ex. – ex. JVM



Middleware “Tradicional”

Message-Oriented Middleware (MOM)

Transaction Processing Monitors (TPMON)

Forte associação com acesso distribuído a BD

Propriedades “ACID”

Remote Procedure Calls (RPC)

Object-Oriented Middleware (ORB, ...)

INVOCACÃO REMOTA E COMUNICAÇÃO INDIRETA

RPC, RMI

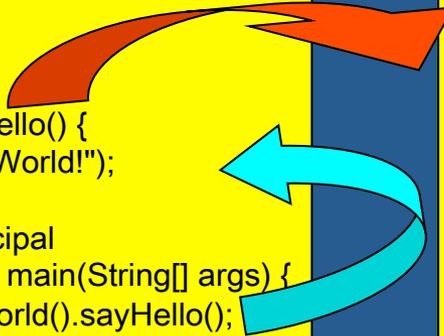
PUB-SUB, FILAS DE MENSAGENS

```
// quase Java....
class HelloWorld {
    // método local
    public void sayHello() {
        print("Hello World!");
    }
    // programa principal
    public static void main(String[] args) {
        new HelloWorld().sayHello();
    }
}
```

```
public class HelloWorld {
    public HelloWorld ( String name ) {
        Naming.rebind( name, this );
    }
    // método remoto
    public String sayHello () {
        return "Hello World!";
    }
}
public class HelloWorldServer {
    public static void main(String[] args) {
        HelloWorld object = new HelloWorld( "Hello" );
    }
}
```

```
public class HelloWorldClient {

    public static void main(String[] args) {
        // conexão
        HelloWorld hello_server = (HelloWorld)Naming.lookup("rmi://hostB/Hello");
        // chamada remota
        print( hello_server.sayHello() );
    }
}
```



Camadas

Aplicações e serviços

RMI e RPC

Protocolo Request-Reply
Marshalling e eXternal Data Representation

TCP e UDP (sockets)

Middleware
(camada de
sessão/
apresentação
[OSI])

Transmissão de dados

Dados em programas são **estruturados**

Enquanto isso, mensagens carregam informação **sequencial**:

Linearização/Restauração de dados

Heterogeneidade na representação de dados em computadores

Uso de um **formato externo comum**

Inclusão de uma identificação de arquitetura na mensagem

Marshalling/Unmarshalling

Marshalling:

Linearização de uma coleção de itens de dados estruturados

Tradução dos dados em formato externo (ex: **XDR** – eXternal Data Representation)

Unmarshalling:

Tradução do formato externo para o local

Restauração dos itens de dados de acordo com sua estrutura

Chamada de Procedimentos Remotos

Remote Procedure Call (RPC)

Ideal: programar um sistema distribuído como se fosse centralizado

RPC objetiva permitir chamada de procedimento remoto como se fosse local, ocultando entrada/saída de mensagens

RPC: considerações em função da distribuição

evitar passagem de endereço e variáveis globais

novos tipos de erros

Ex.: tratamento de exceções

Se atraso de comunicação ➡ *timeout*

RPC: processamento de interface

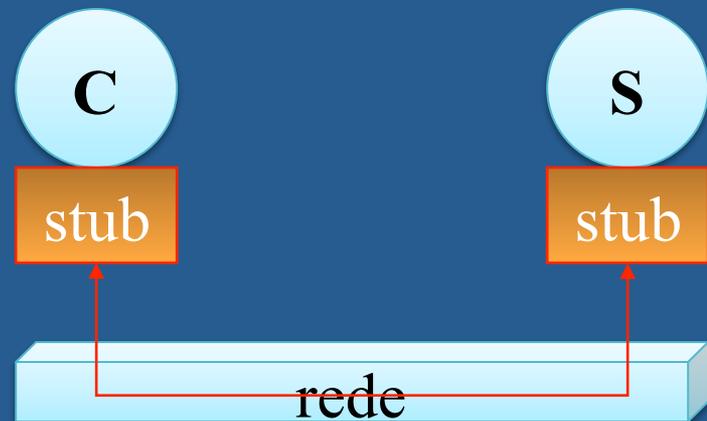
Objetivo: integração dos mecanismos de RPC com os programas cliente e servidor escritos em uma linguagem de programação convencional

Stubs (no cliente e no servidor): **transparência de acesso**

tratamento de algumas exceções no local

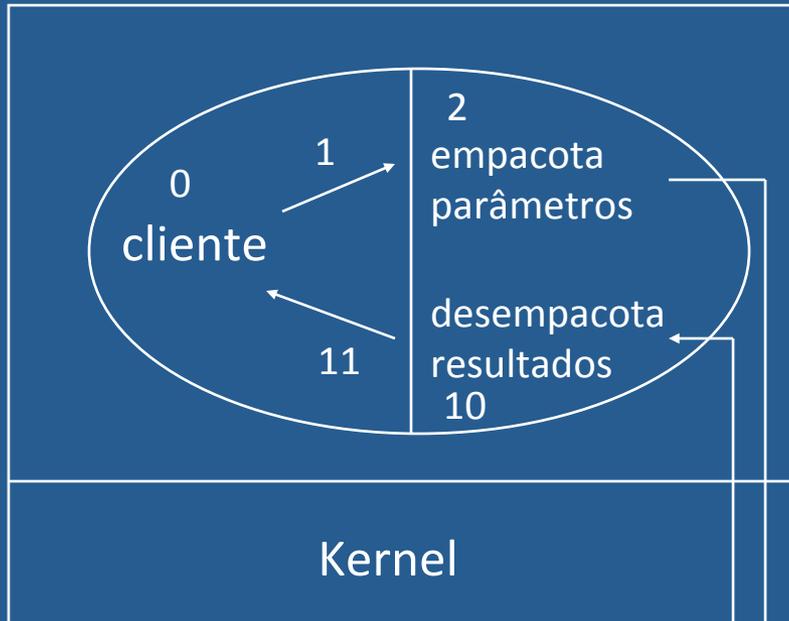
marshalling

unmarshalling

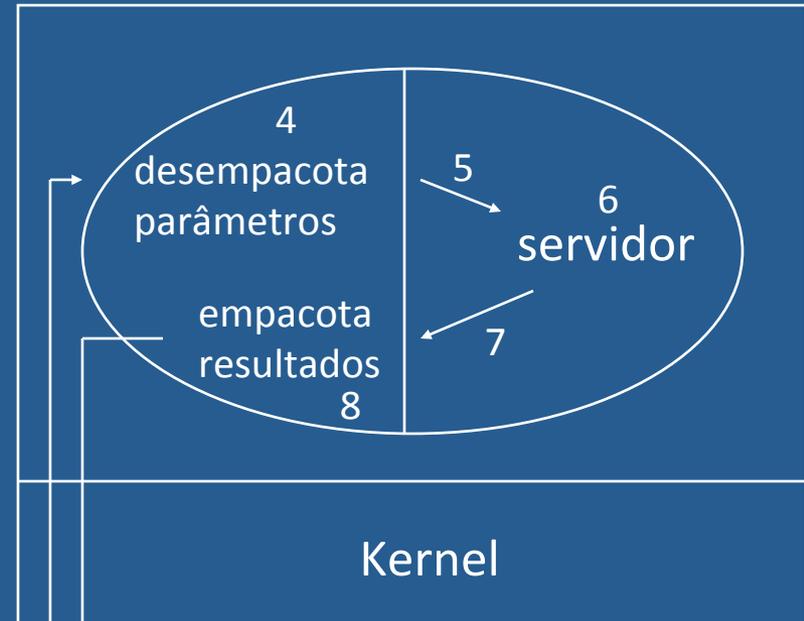


Chamadas e mensagens em RPC

Máquina do Cliente



Máquina do Servidor



3

9

transporte de mensagens
via rede

Funções dos Stubs

Client stub

1. intercepta a chamada
2. empacota os parâmetros (marshalling)
3. envia mensagem de request ao servidor (através do núcleo)

Server stub

4. recebe a mensagem de request (através do núcleo)
5. desempacota os parâmetros (unmarshalling)
6. chama o procedimento, passando os parâmetros
7. empacota o resultado
8. envia mensagem de reply ao cliente (através do núcleo)

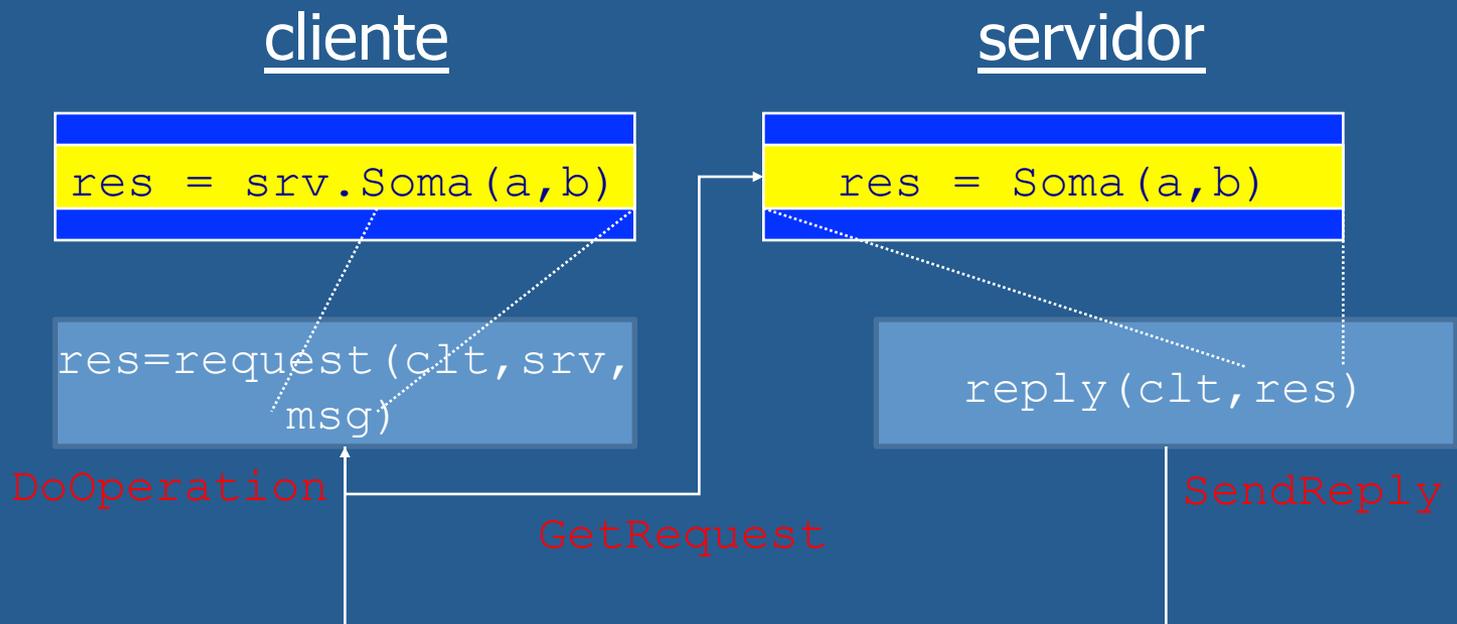
Client stub

9. recebe a mensagem de reply (através do núcleo)
10. desempacota o resultado
11. passa o resultado para o cliente

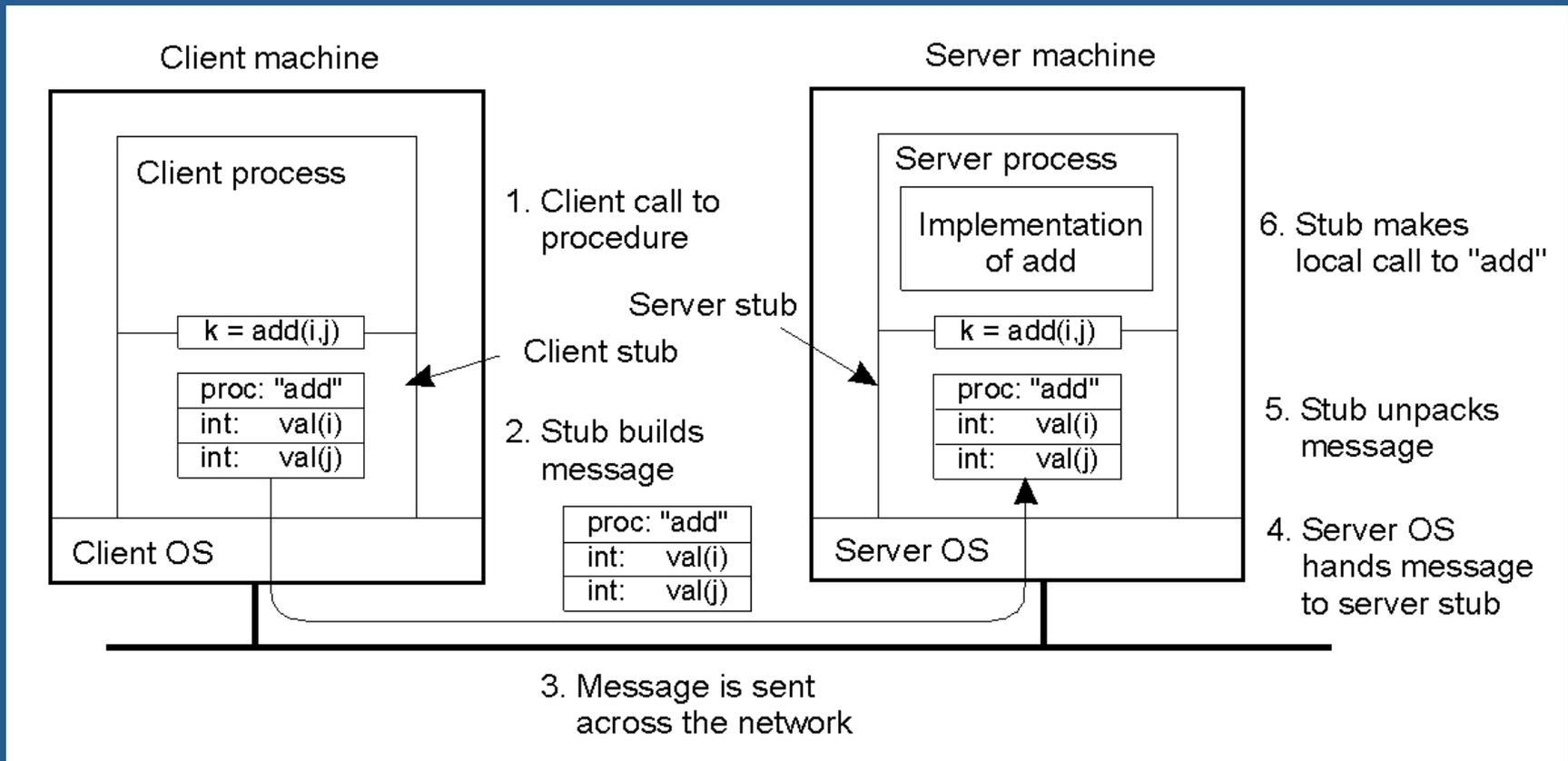
RPC: tratamento da comunicação

Módulo de comunicação usa protocolo *pedido-resposta* / *request-reply* para troca de mensagens entre cliente e servidor

Mensagem de aplicação encapsulada em um request/reply



RPC: Passagem de Parâmetros



RPC: ligação

(antes da comunicação...)

O mecanismo possui um *binder* para resolução de nomes, permitindo

Ligação dinâmica

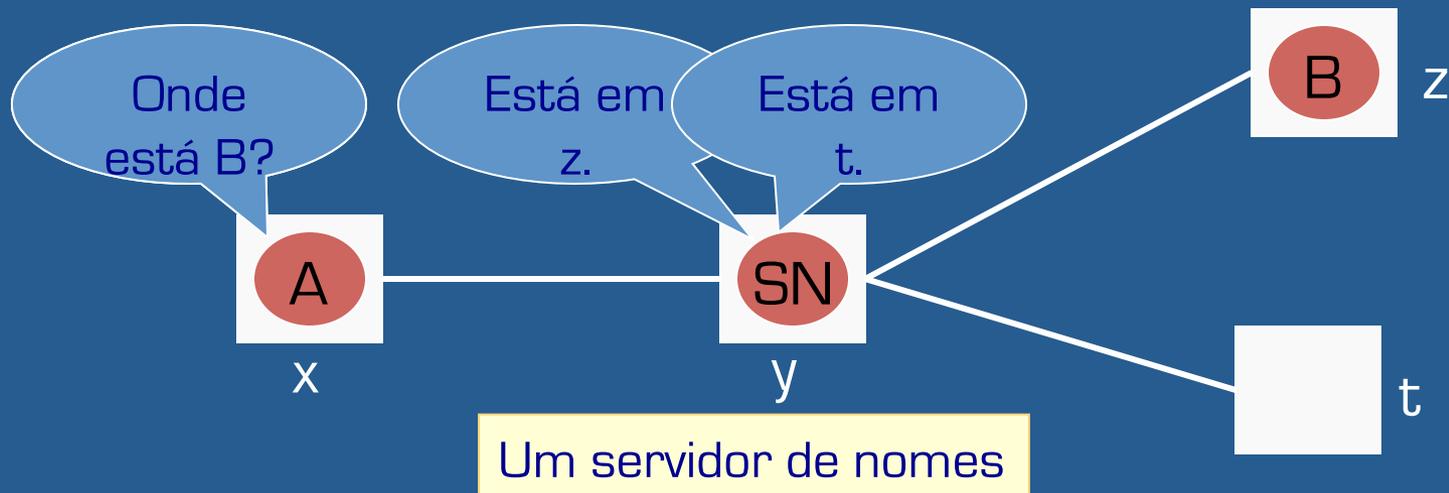
Transparência de localização

Nomes

Nomes podem ser a solução, mas na realidade os endereços físicos é que são necessários...

Daí, faz-se necessário mapear nomes em endereços... como **serviço**

Geralmente, algum agente intermediário tem este papel específico de *resolvedor de nomes*



Servidores de Nomes

Os servidores de nomes, com este papel de mapeamento de nomes para endereços, contribuem para implementar a

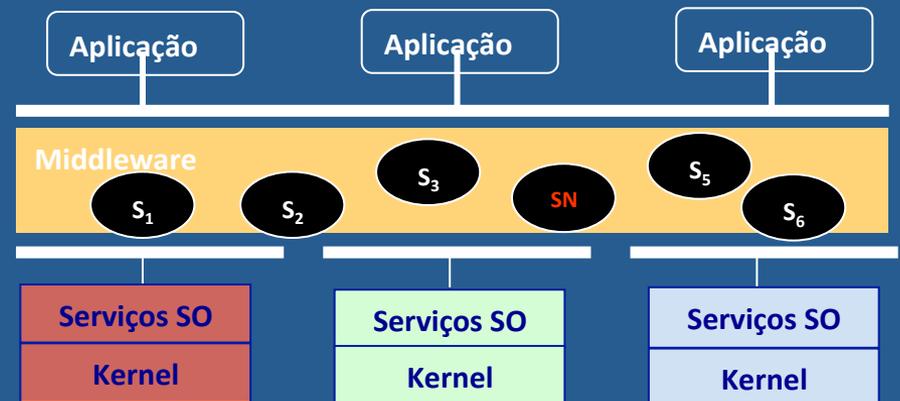
Transparência de localização

Os servidores de nomes são serviços executados no ambiente de suporte a aplicações distribuídas

Exs:

Rmiregistry: JavaRMI

tnameserv: CORBA (JDK)



Exemplo: Servidor

```
import java.rmi.Naming;  
public class CalculatorServer {  
  
    public CalculatorServer() {  
        try {  
            Calculator c = new CalculatorImpl();  
            Naming.rebind("rmi://localhost:1099/CalculatorService", c);  
        } catch (Exception e) {  
            System.out.println("Trouble: " + e);  
        }  
    }  
  
    public static void main(String args[]) {  
        new CalculatorServer();  
    }  
}
```

2 Cria referência do serviço a oferecer;

Registra (exporta) referência "c" com nome "...CalculatorService" no servidor de nomes.

Exemplo: Cliente

```
import java.rmi.Naming;
```

```
...
```

```
public class CalculatorClient {  
    public static void main(String[] args) {
```

```
        try {
```

```
            Calculator c = (Calculator) Naming.lookup( "rmi://localhost  
                                                    /CalculatorService");
```

```
            System.out.println( c.sub(4, 3) );
```

```
            System.out.println( c.add(4, 5) );
```

```
            System.out.println( c.mul(3, 6) );
```

```
            System.out.println( c.div(9, 3) );
```

```
        }
```

```
        catch ...
```

Procura (importa) no servidor de nomes o endereço do servidor usando o seu nome.

3

4

Obtido o endereço, o cliente está ligado (conectado) ao servidor e passa a chamar as operações do serviço.

Objetivos de serviços de nomes

Ser **escalável**

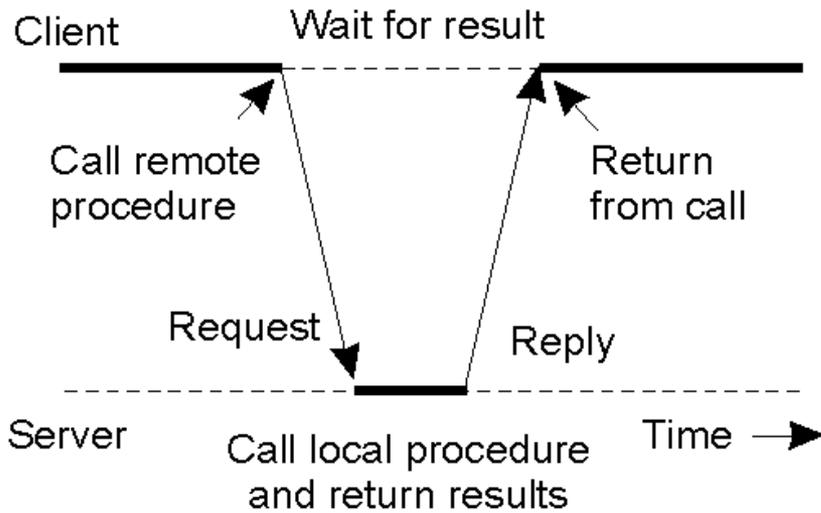
Ter um **longo tempo de vida**

Ser altamente **disponível**

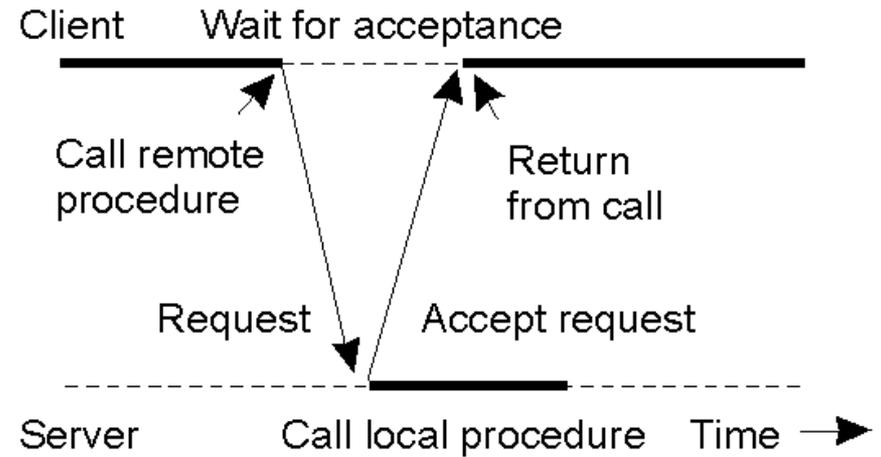
Ter **isolamento de falhas**

Tolerar **desconfiança**

RPC Assíncrono



(a)



(b)

- a) Interação cliente-servidor em um RPC tradicional
- b) Interação usando RPC assíncrono

COMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA

CONCLUSÕES

Características marcantes

Concorrência de componentes – possibilidade de
paralelismo

Compartilhamento de recursos

Componentes falham de forma independente –
falha parcial

Motivações para Sistemas Distribuídos

Atuais

Pervasividade das redes
Computação móvel e ubíqua

Importância crescente de sistemas multimídia
(distribuídos)

Sistemas distribuídos como utilidade (serviço) – *Cloud Computing*

Principal motivação

Compartilhamento de recursos

The Computer for the 21st Century

Mark Weiser

The most profound technologies are those that disappear

They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it

Such a **disappearance** is a fundamental consequence not of technology, but of human psychology

Whenever people learn something sufficiently well, they cease to be **aware** of it

only when things disappear in this way are we freed to **use them without thinking** and so to **focus beyond** them on new goals

Passando a ser tarefa do computador ::
context-aware computing

The Computer for the 21st Century

Mark Weiser

The most profound technologies are those that disappear

They weave themselves into the fabric of everyday life

Sistemas Distribuídos

Such a disappearance is a fundamental consequence

são a base disso tudo!!!

Whenever people learn something sufficiently well, they cease to be aware of it

only when things disappear in this way are we freed to use them without thinking and so to focus beyond them on new goals

Passando a ser tarefa do computador ::
context-aware computing