

Fundamentos de Processamento Paralelo e Distribuído

Classes de Sistemas Concorrentes

Fonte: material próprio

Fernando Luís Dotti

Concorrência

processos (threads, goroutines), estado do processo (local), estado global (concatenação de estados locais), passos atômicos, entrelaçamento arbitrário, espaço de estados, execuções, comportamento, sincronização, canais síncronos e assíncronos, memória compartilhada, justiça, deadlock, progresso, inanição, simetria, composição, ...

Concorrência

- coexistência de processos
- comunicação entre eles
- abstrações para expressar
- fenômenos possíveis

Que tipos ou
classes de sistemas
podem/devem/são
concorrentes ?

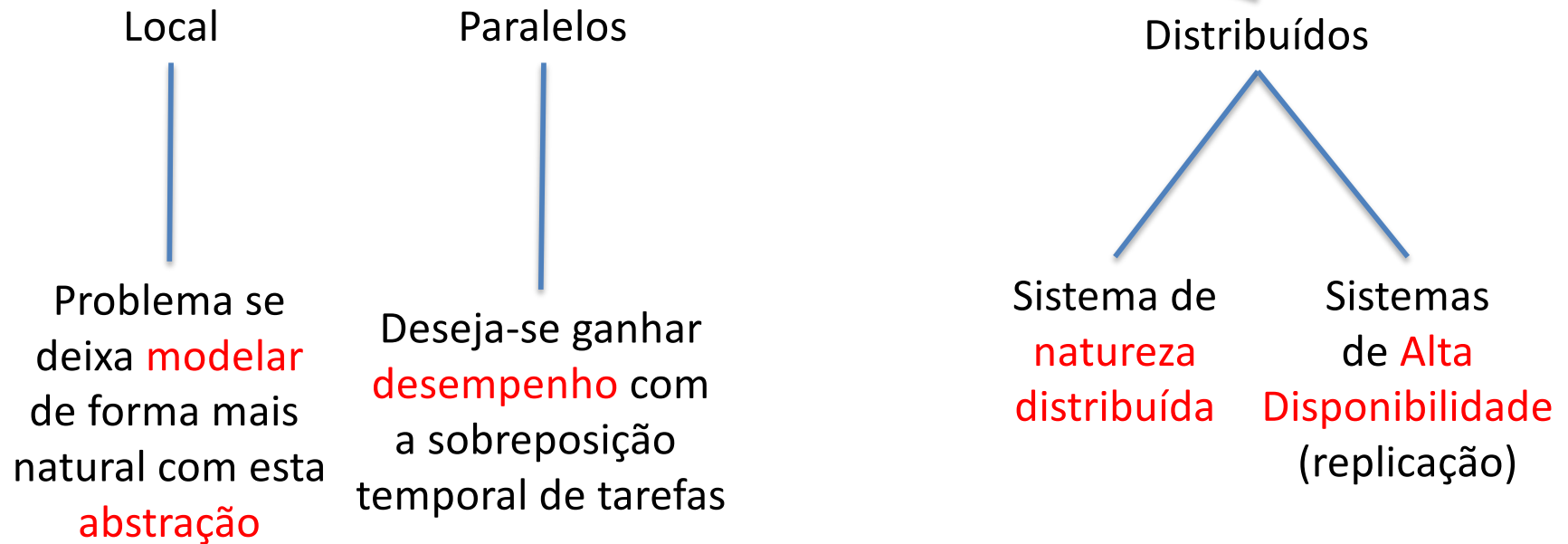
?

Que tipos ou
classes de sistemas
podem/devem/são
concorrentes ?

... todos onde atividades
coexistem no tempo ...

todos compartilham
os mesmos
conceitos fundamentais
vistos anteriormente

Sistemas Concorrentes



diferenças conceituais

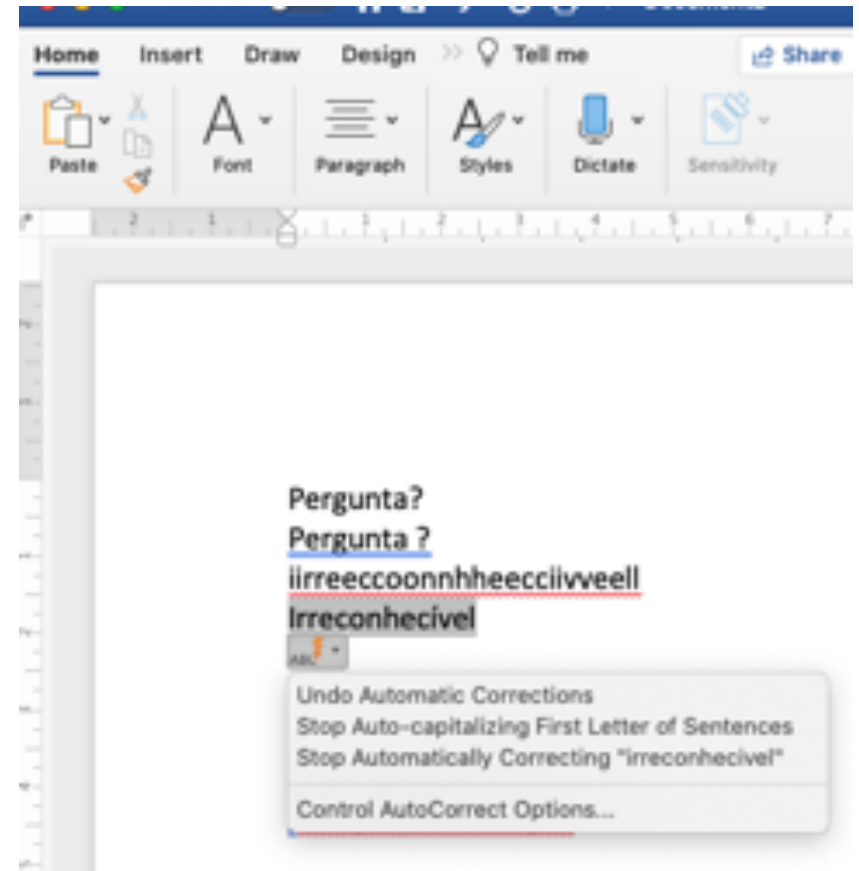
muitas vezes um sistema tem mais de uma característica destas

Sistemas Concorrentes: Locais



Editor de texto:

- um processo
é responsável pela
iteração com o usuário
- outro processo
realiza "spell checking"
enquanto o usuário
digita



Sistemas Concorrentes: Locais



Jogos com vários "personagens":

- um processo - representa o usuário no jogo, interage com controle do usuário
- outros processos - representam os outros jogadores, "simulados" pelo jogo
- Ex.: Fifa, Fortnite, Lego Star Wars, ...



Sistemas Concorrentes: Locais



Um "mail client":

- escrevendo mail
- verificando se outros estão chegando
- enviando mails acumulados ...
- ...

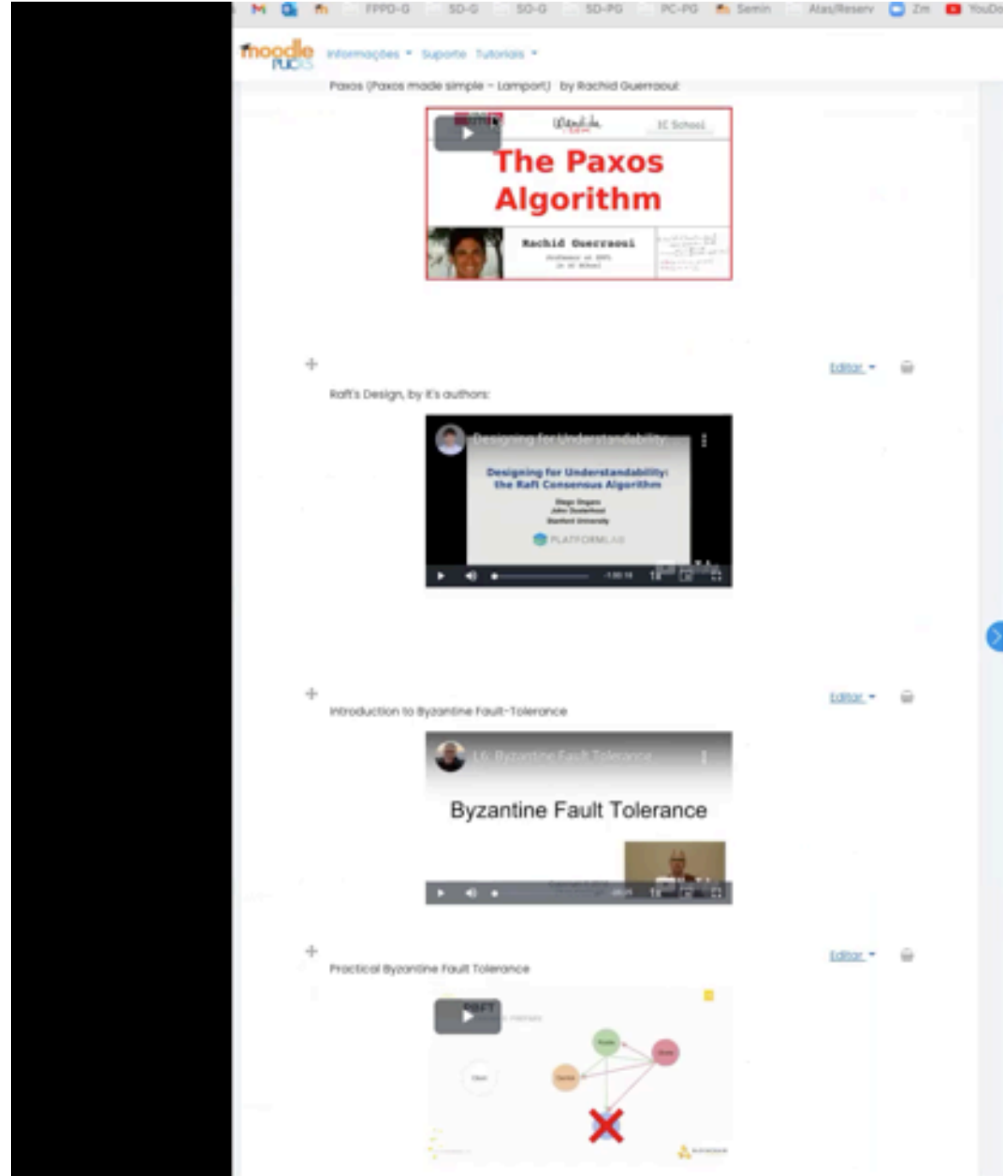




Sistemas Concorrentes: Locais

Um "browser":

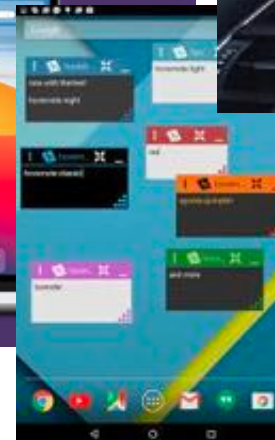
- página web tem várias mídias
- um processo lançado para trazer cada uma e iniciar sua exibição/interação com usuário



Sistemas Concorrentes: Locais



**Interfaces em geral:
diferentes processos integrados**

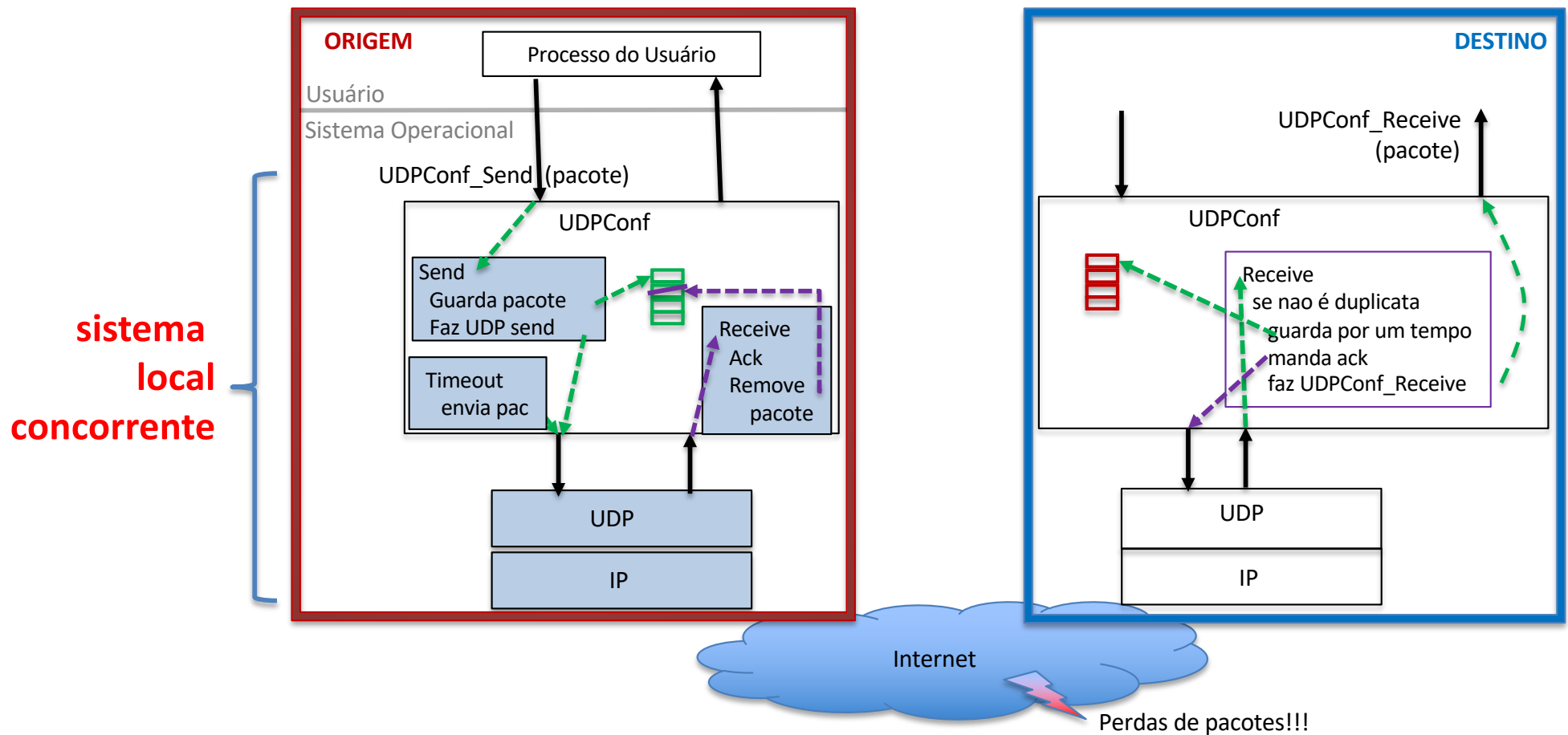


Sistemas Concorrentes: Locais



Camadas de Software:

ex.: sub-sistema de comunicação



Sistemas Concorrentes: Locais



- tipicamente são sistemas onde o uso de concorrência facilita a modelagem e construção
- muitos outros exemplos ...
 - sistemas multi-agentes
 - sistemas de controle (de dispositivos – geladeira, porta, camera, fogão), etc.
 - diversos sub-sistemas de comunicação
 - diversos sistemas organizados em camadas
 - ...

Sistemas Concorrentes: Distribuídos

- Definição básica

"Um sistema distribuído é um sistema cujos componentes estão localizados em diferentes computadores em rede, que se comunicam e coordenam suas ações passando mensagens entre si."

(Tanenbaum, Andrew S.; Steen, Maarten van (2002). [*Distributed systems: principles and paradigms*](#). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall. [ISBN 0-13-088893-1](#).)

Sistemas Concorrentes: Distribuídos

- Definição básica

"Um sistema distribuído é um sistema cujos componentes estão localizados em diferentes computadores em rede, que se comunicam e coordenam suas ações passando mensagens entre si."

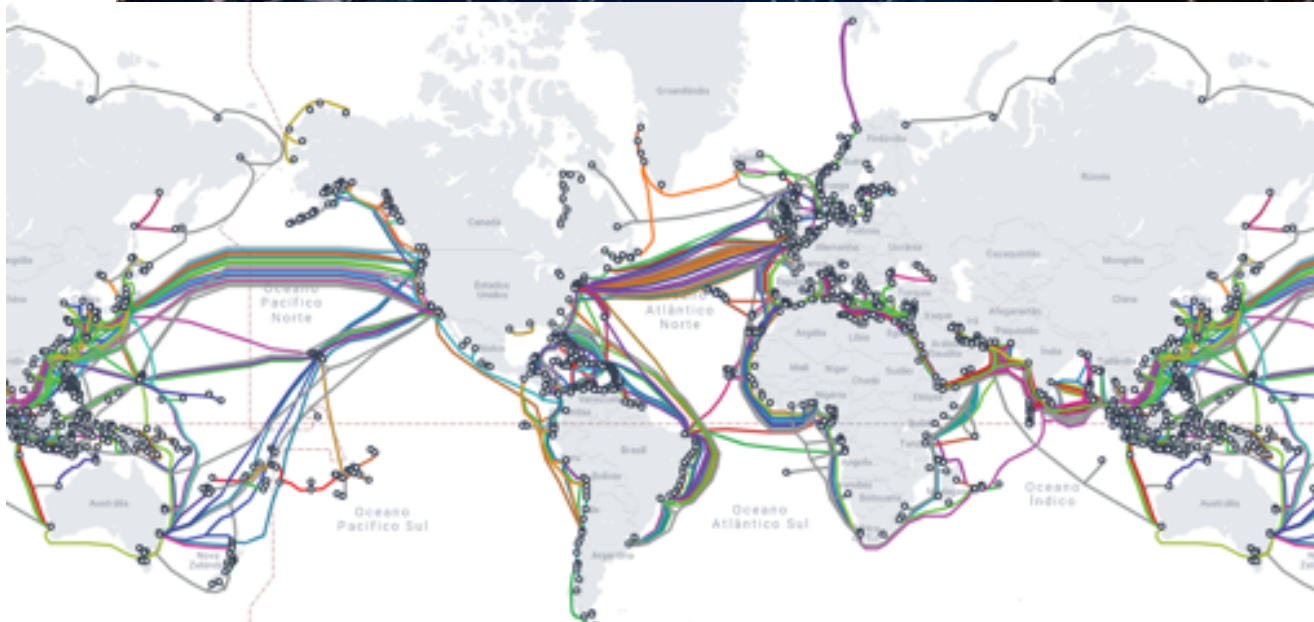
(Tanenbaum, Andrew S.; Steen, Maarten van (2002). [Distributed systems: principles and paradigms](#). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall. [ISBN 0-13-088893-1](#).)

... hmmm

... e o que compreende isto ?

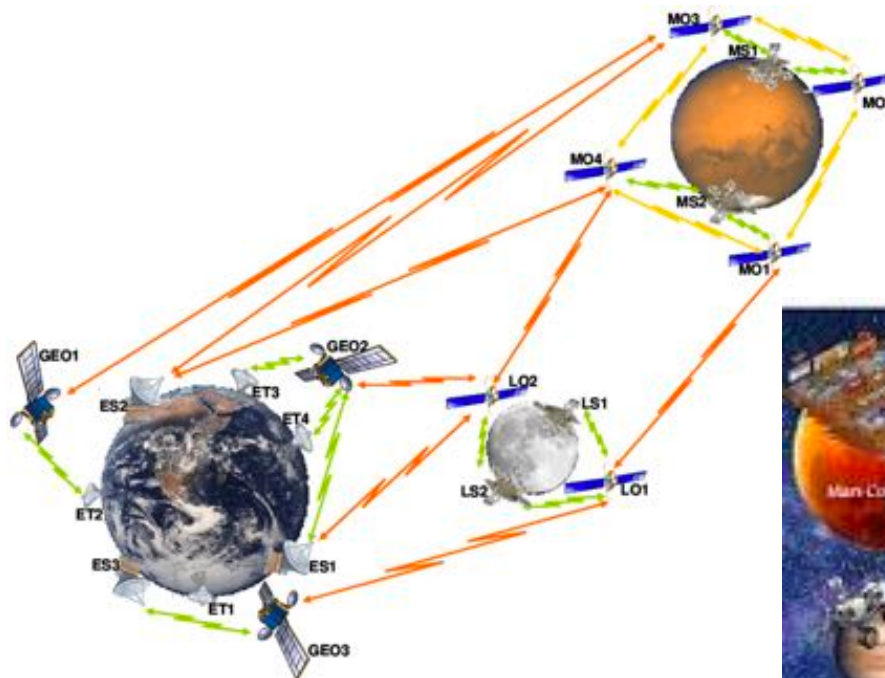
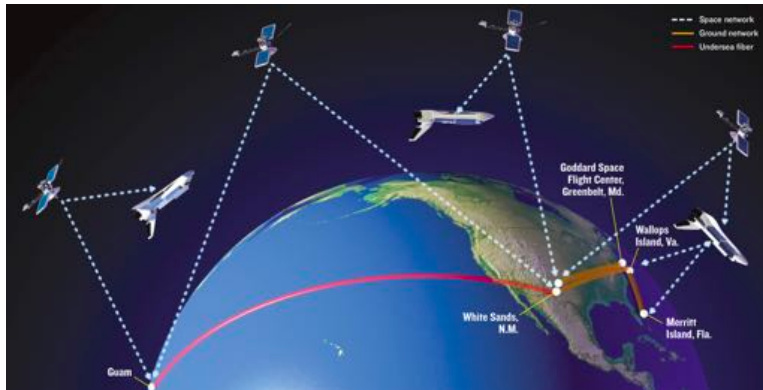
Sistemas Concorrentes: Distribuídos

distribuição em larga escala



Sistemas Concorrentes: Distribuídos

distribuição **interplanetária**



Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Tipos
 - distribuição inerente ao sistema
 - distribuição como artefato

Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Tipos
 - distribuição inerente ao sistema
 - disseminação de informação
publish subscribe – importante que todos recebam mesmos dados
exemplo: stream de dados da bolsa de valores
 - controle de processos
sensores para monitorar atividades físicas, atuadores
sensores podem ser redundantes – exemplo aviao, carro
necessidade de adocao de valores de um conjunto de elementos – consenso
 - trabalho cooperativo
edição conjunta de um texto, software, etc.
acoes de leitura e escrita devem ser ordenadas e a mesma ordem deve ser válida para todos
 - bases de dados distribuídas
bases de dados realizam cooperativamente uma transação global que deve ser efetivada em todas as bases (atomic committ) ou nenhuma
 - armazenamento distribuído ...

Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Tipos
 - distribuição inerente ao sistema
 - jogos distribuídos
 - ...
 - distribuição como artefato
 - tolerância a falhas
 - acesso rápido
 - balanceamento de carga

Sistemas Concorrentes: Distribuídos



distribuição como artefato

- tolerância a falhas
- acesso rápido
- balanceamento de carga

Exemplo: replicação máquina de estados
State Machine Replication (Lamport)

Sistemas Concorrentes: Distribuídos

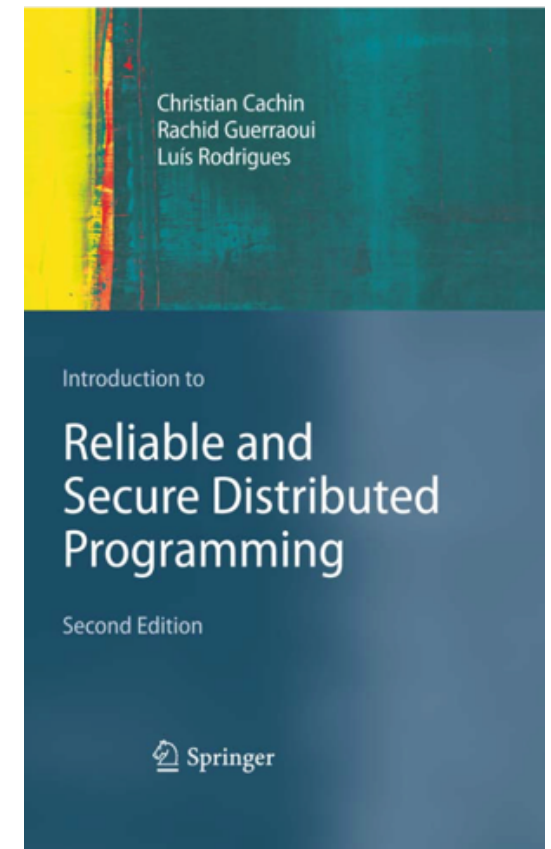


1.1 Motivation

Distributed computing addresses algorithms for a set of processes that seek to achieve some form of cooperation. Besides executing concurrently, some of the processes of a distributed system might stop operating, for instance, by crashing or being disconnected, while others might stay alive and keep operating. This very notion of *partial failures* is a characteristic of a distributed system. In fact, this notion can be useful if one really feels the need to differentiate a distributed system from a concurrent system. It is in order to quote Leslie Lamport here:

“A distributed system is one in which the failure of a computer you did not even know existed can render your own computer unusable.”

C. Cachin et al., *Introduction to Reliable and Secure Distributed Programming*,
DOI: 10.1007/978-3-642-15260-3_1,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011



Sistemas Concorrentes: Distribuídos



adversarial attacks. This makes distributed computing a hard, yet extremely stimulating problem. Due to the asynchrony of the processes, the possibility of failures

consistent cooperation even more difficult. The challenge in distributed computing is precisely to devise algorithms that provide the processes that remain operating with enough consistent information so that they can cooperate correctly and solve common tasks.

Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Desafios
 - **a concorrência do sistema:**
sistemas distribuídos são naturalmente concorrentes, concorrência não é algo trivial
 - **a inexistência de relógio global**
não há uma noção exata de tempo válida!
ordem entre eventos não é obviamente observada
 - **assincronia/sincronia**
sistemas assíncronos: não há limite conhecido de tempo para passagem de mensagem
 - **falhas parciais**
por sua natureza, partes do sistema podem vir a parar de funcionar, a qualquer momento, mas o todo deve continuar!


Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Desafios
 - **a concorrência do sistema:**
sistemas distribuídos são naturalmente concorrentes, concorrência não é algo trivial
 - **a inexistência de relógio global**
não há uma noção exata de tempo válida!
ordem entre eventos não é obviamente observada
 - **assincronia/sincronia**
sistemas assíncronos: não há limite conhecido de tempo para passagem de mensagem
 - **falhas parciais**
por sua natureza, partes do sistema podem vir a parar de funcionar, a qualquer momento, mas o todo deve continuar!
 - **não terminação do consenso em sistemas assíncronos onde um processo pode falhar**
resultado de Fischer, Lynch e Paterson

Sistemas Concorrentes: Distribuídos

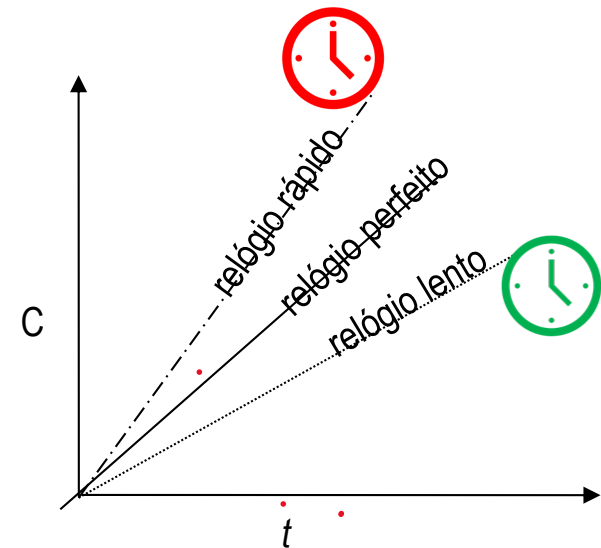


- Desafios
 - a concorrência do sistema:  sistemas distribuídos são naturalmente concorrentes, concorrência não é algo trivial

Sistemas Concorrentes: Distribuídos

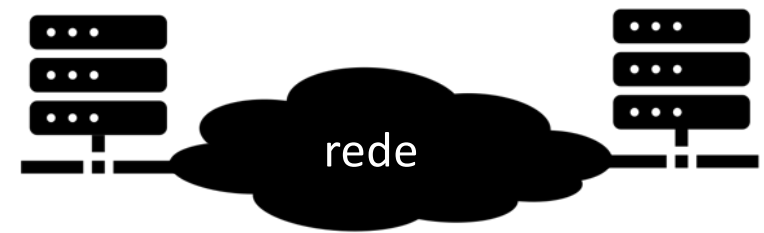


- Desafios
 - a inexistência de relógio global
não há uma noção exata de tempo válida!
ordem entre eventos não é obviamente observada

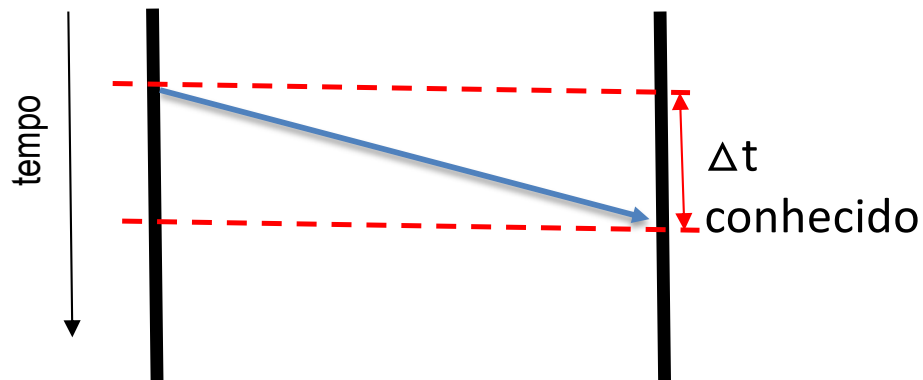


Sistemas Concorrentes: Distribuídos

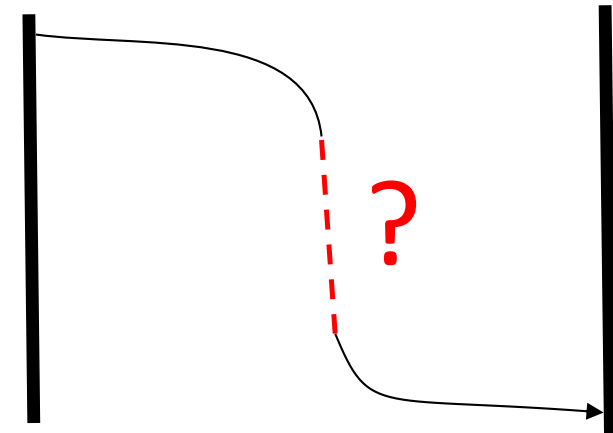
- Desafios
 - **assincronia/sincronia**
sistemas assíncronos: não há limite conhecido de tempo para passagem de mensagem



sincronia



assincronia



Sistemas Concorrentes: Distribuídos

- Desafios
 - falhas parciais
por sua natureza, partes do sistema podem vir a parar de funcionar, a qualquer momento, mas o todo deve continuar!



Sistemas Concorrentes: Distribuídos

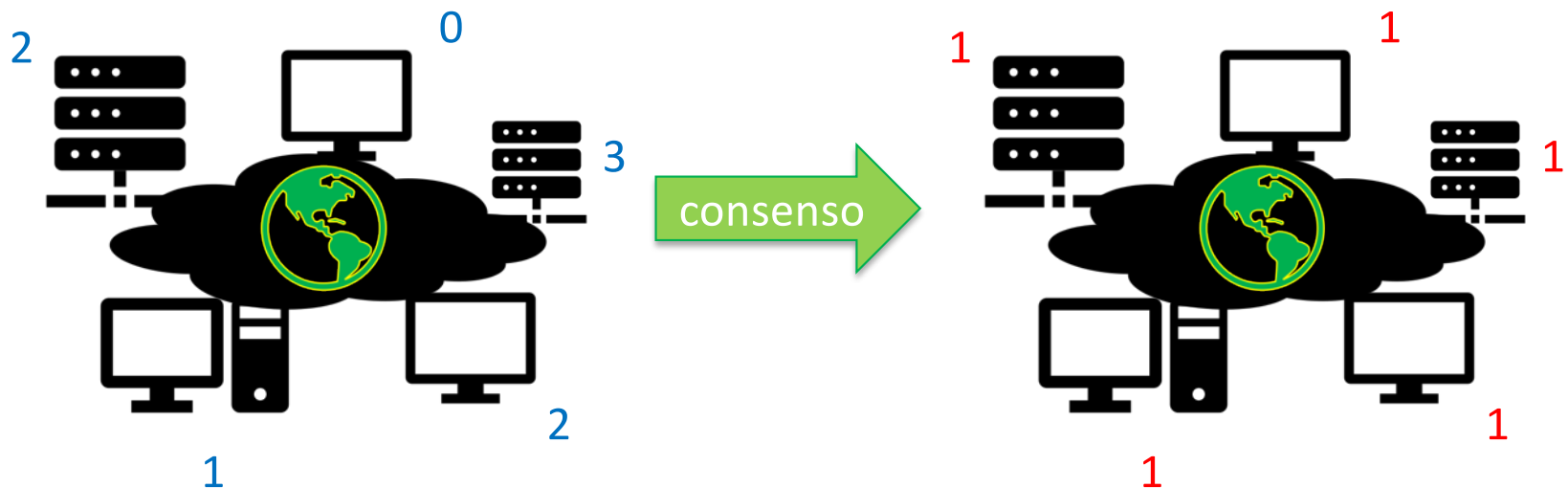


- Desafios
 - **a concorrência do sistema:**
sistemas distribuídos são naturalmente concorrentes, concorrência não é algo trivial
 - **a inexistência de relógio global**
não há uma noção exata de tempo válida!
ordem entre eventos não é obviamente observada
 - **assincronia/sincronia**
sistemas assíncronos: não há limite conhecido de tempo para passagem de mensagem
 - **falhas parciais**
por sua natureza, partes do sistema podem vir a parar de funcionar, a qualquer momento, mas o todo deve continuar!
 - **não terminação do consenso em sistemas assíncronos onde um processo pode falhar**
resultado de Fischer, Lynch e Paterson

Sistemas Concorrentes: Distribuídos



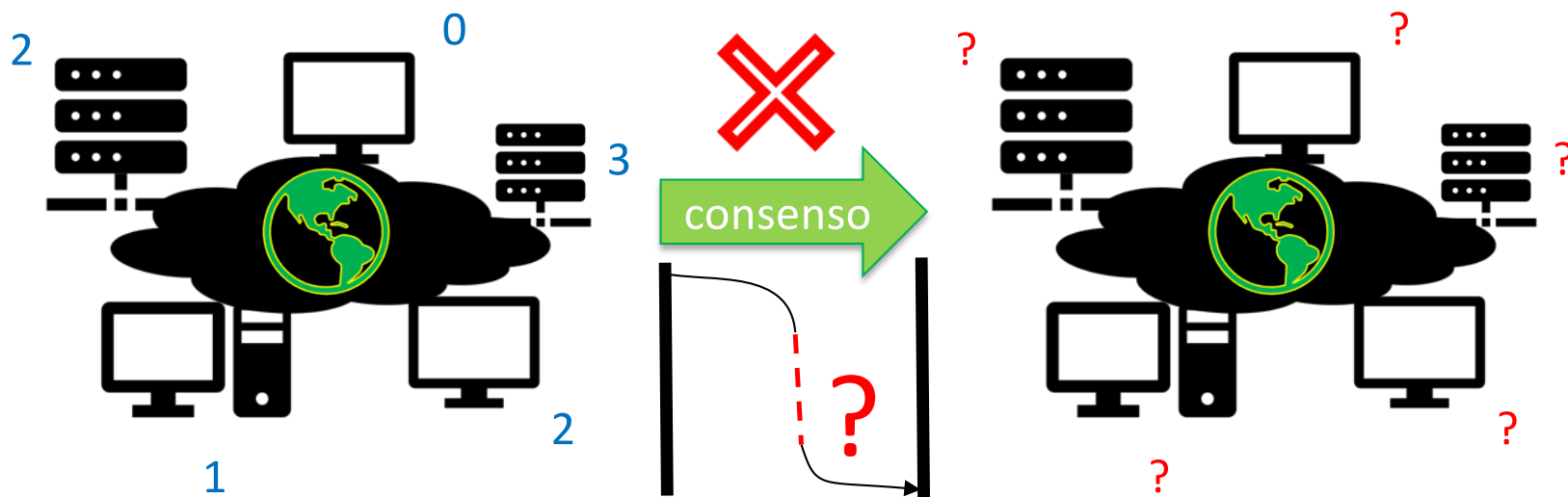
- Desafios
 - não terminação do consenso em sistemas assíncronos onde um processo pode falhar
resultado de Fischer, Lynch e Paterson
 - consenso:
um conjunto de processos tem que decidir por um valor, proposto entre eles, e todos devem adotar a decisão única



Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Desafios
 - não terminação do consenso em sistemas assíncronos onde um processo pode falhar resultado de Fischer, Lynch e Paterson
 - em um *sistema assíncrono* em que um processo *pode falhar* não existe algoritmo de consenso para o qual se prove a terminação



Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Desafios
 - **a concorrência do sistema:**
sistemas distribuídos são naturalmente concorrentes, concorrência não é algo trivial
 - **a inexistência de relógio global**
não há uma noção exata de tempo válida!
ordem entre eventos não é obviamente observada
 - **assincronia/sincronia**
sistemas assíncronos: não há limite conhecido de tempo para passagem de mensagem
 - **falhas parciais**
por sua natureza, partes do sistema podem vir a parar de funcionar, a qualquer momento, mas o todo deve continuar!
 - **não terminação do consenso em sistemas assíncronos onde um processo pode falhar**
resultado de Fischer, Lynch e Paterson

Sistemas Concorrentes: Distribuídos



muitos excelentes autores pesquisaram e
pesquisam sobre
sistemas distribuídos confiáveis
tanto em fundamentos
como em técnicas
para melhoria de desempenho e
generalização de soluções para mais ambientes.

...

novas abstrações surgiram
para lidar com esta realidade

...

Abstrações

- Programação sequencial
 - Vetores, registros, listas, ...
- Programação concorrente
 - ...

Abstrações

- Programação sequencial
 - Vetores, registros, listas, ...
- Programação concorrente
 - Threads, semáforos, monitores, canais, ...
- Programação distribuída ...

Abstrações

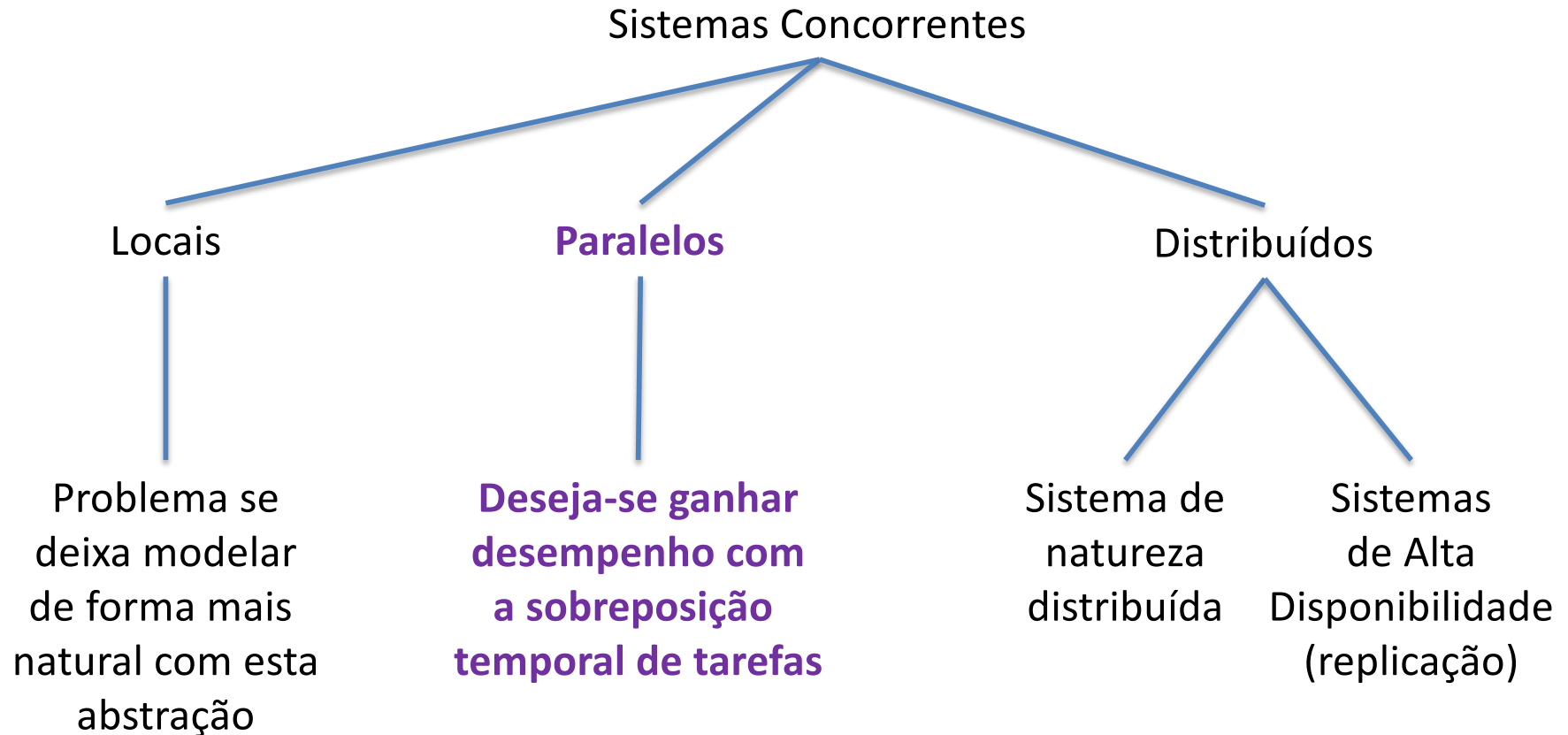
- Programação sequencial
 - Vetores, registros, listas, ...
- Programação concorrente
 - Threads, semáforos, monitores, canais
- Programação distribuída
 - difusões, garantias e ordens,
 - comunicação em grupo
 - detecção de defeitos, eleição, quóruns
 - diversos tipos de difusão
 - consenso e outros problemas de acordo

não é “só” tecnologia

não é “só” tecnologia

novas abstrações, novas formas de raciocínio

Sistemas Paralelos



Computação Paralela

- def: Usar mais de um computador, ou um computador com mais de um processador, para resolver um problema.
- Motivos
 - Computação normalmente mais rápida – ideia muito simples - n computadores operando simultaneamente podem atingir o resultado n vezes mais rápido
 - não será n vezes mais rápido por vários motivos...

Computação Paralela

- **"A computação paralela é um tipo de computação na qual muitos cálculos ou processos são realizados simultaneamente."**

(Gottlieb, Allan; Almasi, George S. (1989). [Highly parallel computing](#). Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings. [ISBN 978-0-8053-0177-9](#).)

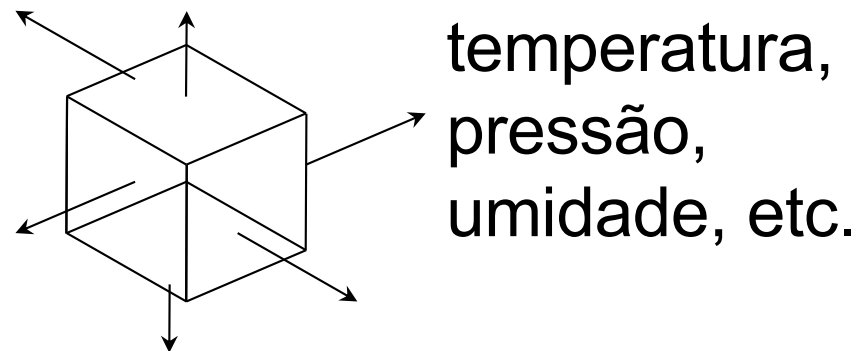
- https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_computing
 - "Grandes problemas muitas vezes podem ser **divididos em problemas menores**, que podem ser **resolvidos ao mesmo tempo**."
 - "Computadores paralelos podem ser classificados aproximadamente de acordo com o nível em que o hardware suporta paralelismo, com computadores **multi-core e multiprocessadores** com vários elementos de processamento dentro de uma única máquina,
 - enquanto **clusters, MPPs e grades usam vários computadores** para trabalhar na mesma tarefa. Arquiteturas de computadores paralelas especializadas às vezes são usadas junto com processadores tradicionais, para acelerar tarefas específicas."

Demanda por velocidade computacional

- Demanda contínua por maior velocidade na resolução de problemas computacionais
- Áreas que exigem grande velocidade computacional incluem modelagem numérica, simulação de problemas científicos e de engenharia.
- Os cálculos devem ser concluídos dentro de um período de tempo “razoável”.

Exemplo

- Previsão do tempo
- Atmosfera modelada dividindo-a em células tridimensionais.
- Cálculos de cada célula repetidos muitas vezes para modelar a passagem do tempo.



Exemplo de previsão do tempo global

- Atmosfera global inteira dividida em células de tamanho 1 milha \times 1 milha \times 1 milha a uma altura de 10 milhas (10 células de altura) - cerca de 5×10^8 células.
- Suponha que cada cálculo exija 200 operações de ponto flutuante.
- Em um passo de tempo, 10^{11} operações de ponto flutuante necessárias.
- Para prever o tempo ao longo de **7 dias** usando intervalos de 1 minuto, um computador operando a 1Gflops (10^9 operações/s de ponto flutuante) levaria 10^6 segundos ou **mais de 10 dias**.
- Para realizar o cálculo em 5 minutos seria necessário um computador operando a 3,4 Tflops ($3,4 \times 10^{12}$ operações de ponto flutuante/s).
- Um processador Intel típico (há 10 anos) opera na região de 20-100 Gflops, uma GPU de até 500 Gflops, então teremos que usar vários computadores/núcleos
- 3.4 Tflops alcançáveis com um cluster paralelo, mas observe que 200 operações de pt flutuantes por célula e 1 x 1 x 1 milha são apenas suposições

Problemas: “Grand Challenge”

Aqueles que não podem ser resolvidos em um tempo “razoável” com os computadores de hoje.

Exemplos

- Previsão do tempo global
- Modelagem de movimento de corpos astronômicos
- Modelagem de grandes estruturas de DNA...
- [área referida antigamente por computação científica]

outros problemas

- Mecanica de fluidos
- Treinamento de modelos de AI
- Processamento de streams
- Processamento de imagens
- ...