

Fundamentos de Processamento Paralelo e Distribuído

introdução à noção de concorrência,
conceitos básicos, exemplos

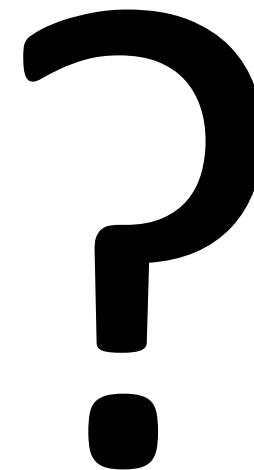
Fernando Luís Dotti
fldotti.github.io

Fonte: material próprio



Fernando Dotti
fldotti.github.io
fernando.dotti@pucrs.br

Concorrência



Concorrência

- origem: **concur** - from Latin concurrere 'run together, assemble in crowds' from **con** - 'together with' + **currere** 'to run'.
- concur: happen or occur at the same time; coincide
- concurrent - adjective: existing, happening, or done at the same time. Simultaneous, coincident, contemporaneous, parallel.
- enfatiza a **coexistência** (e não a competição)

Concorrência – Ciência da Computação

- O assunto 'computação concorrente' abarca **abstrações** para **especificar/construir** sistemas onde há coexistência temporal de computações sequenciais assim como para **raciocinar sobre** as propriedades do sistema resultante composto pelas mesmas

Sistemas Concorrentes

- Conceitos Básicos para Especificar/Construir
 - Processos
 - um conjunto de processos sequenciais
 - cada um representa uma sequência ou linha de execução
 - coexistindo, ou seja, executando concurrentemente
 - conjunto pode ser dinâmico
 - Sincronização e Comunicação
 - coordenação temporal e passagem de dados
 - memória compartilhada
 - passagem de mensagem

Concorrência – Ciência da Computação

É um novo
paradigma de
raciocínio.

Relatos

<https://docs.google.com/presentation/d/1Q36UF54WKEdk61UbeOQdfMkCfyM2Z3tlZvy7Bw6n1tQ/edit?usp=sharing>



Dinâmica

- Grupos de 4 estudantes
- 10 minutos
- use o link ao lado
- Crie uma cópia do slide template para seu grupo
- Edite somente neste slide

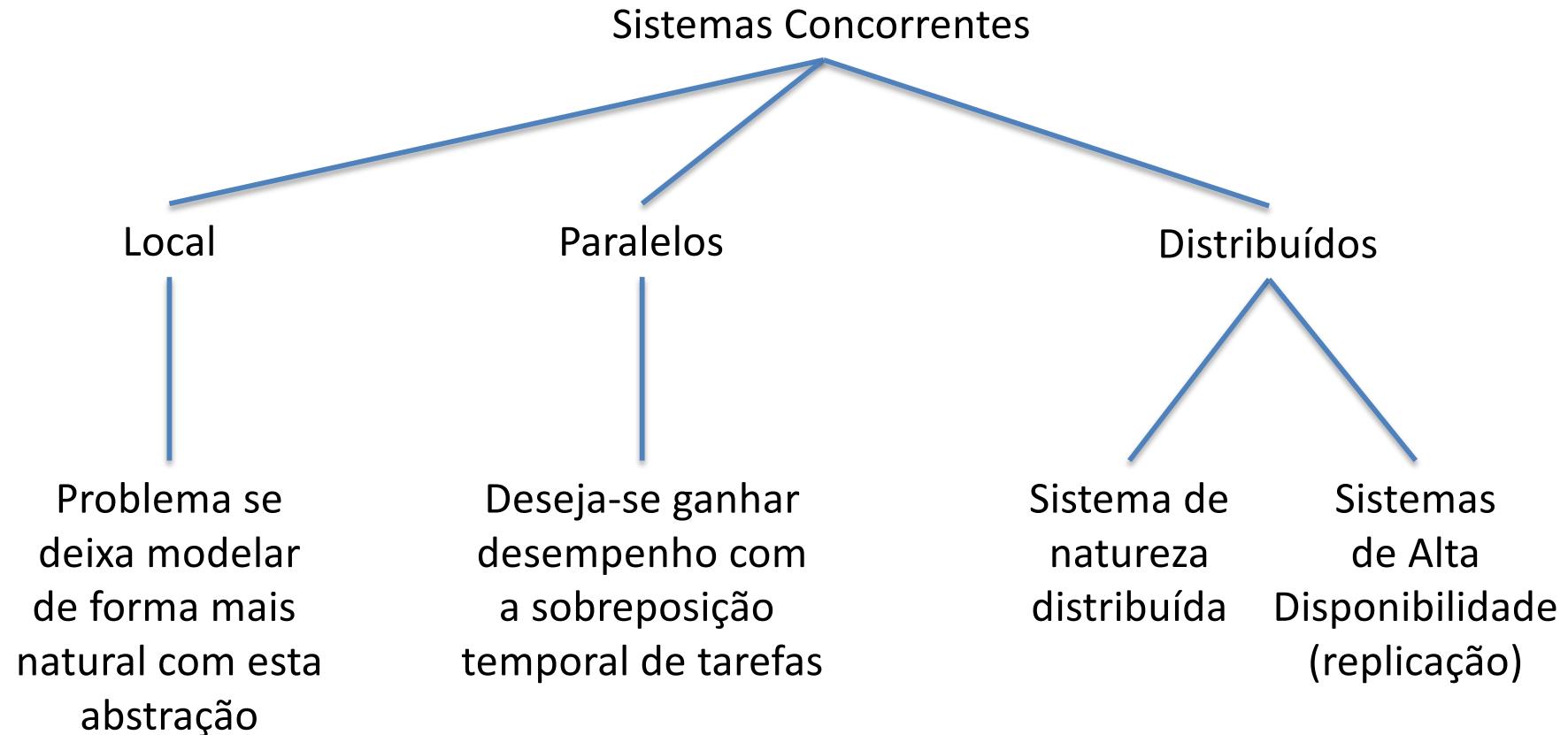
Conteúdo do slide:

- Participantes
- Descrição sucinta de um sistema que seu grupo considera concorrente e quais seriam os principais processos que se comunicam

A ser relatado brevemente por algum componente do grupo



Relatos



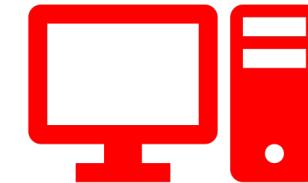
as fronteiras nem sempre são muito claras, mas talvez não importem tanto

Concorrência – Ciência da Computação

Exemplos de Sistemas Concorrentes

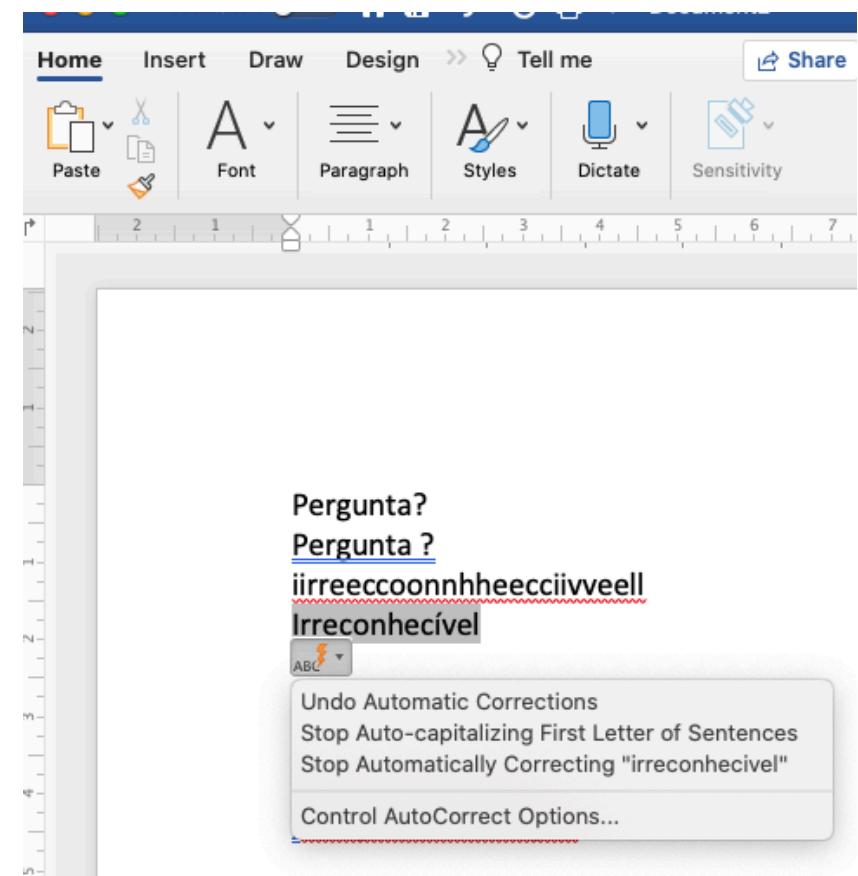
...

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

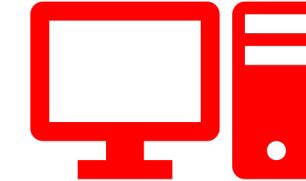


Jogos com vários "personagens":

- 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, ...

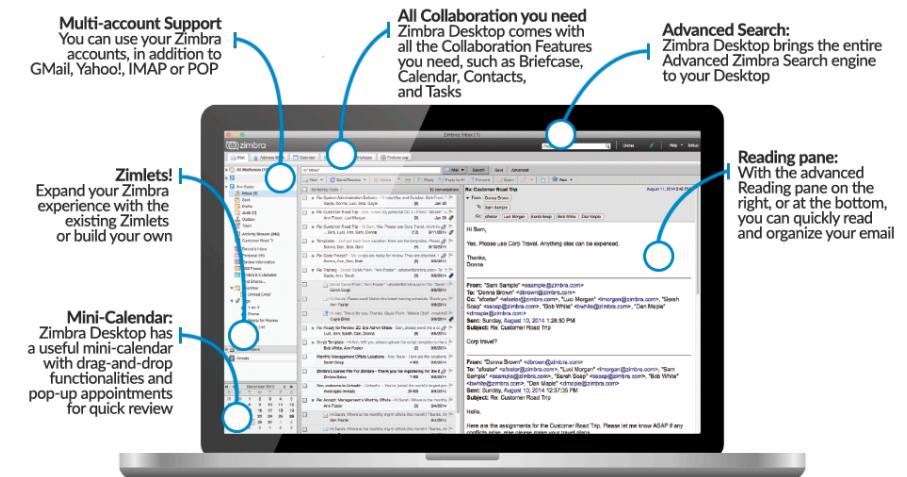


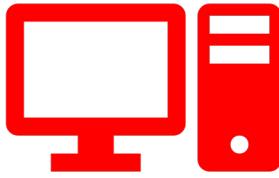
Sistemas Concorrentes: Locais



Um "mail client":

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





Sistemas Concorrentes: Locais

PUCRS – Escola Politécnica – Fernando Luis Dotti - copyright – direitos reservados. Para uso exclusivo do aluno. Proibida cópia, reprodução e compartilhamento.

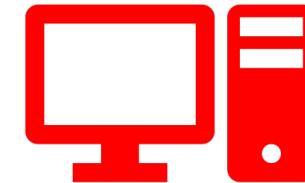
Um "browser":

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

The screenshot shows a Moodle PUCRS course page with the following content:

- Paxos (Paxos made simple – Lamport)** by Rachid Guerraoui:
 - Video thumbnail: "The Paxos Algorithm" by Rachid Guerraoui, Professor at EPFL in IC School. The thumbnail shows a video player interface with a play button and a progress bar.
- Raft's Design, by its authors:**
 - Video thumbnail: "Designing for Understandability: the Raft Consensus Algorithm" by Diego Ongaro and John Ousterhout from Stanford University. The thumbnail shows a video player interface with a play button and a progress bar.
- Introduction to Byzantine Fault-Tolerance**
 - Video thumbnail: "L6: Byzantine Fault Tolerance" by [Speaker]. The thumbnail shows a video player interface with a play button and a progress bar.
- Practical Byzantine Fault Tolerance**
 - Diagram illustrating the PBFT consensus algorithm. It shows a network of nodes (Client, Donk, Rusty, Gato) connected by lines. One node has a red 'X' over it, indicating a faulty node. A video player interface is overlaid on the diagram.

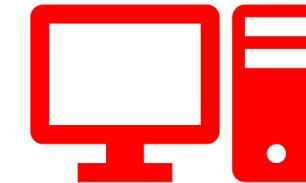
Sistemas Concorrentes: Locais



**Interfaces em geral:
diferentes processos integrados**

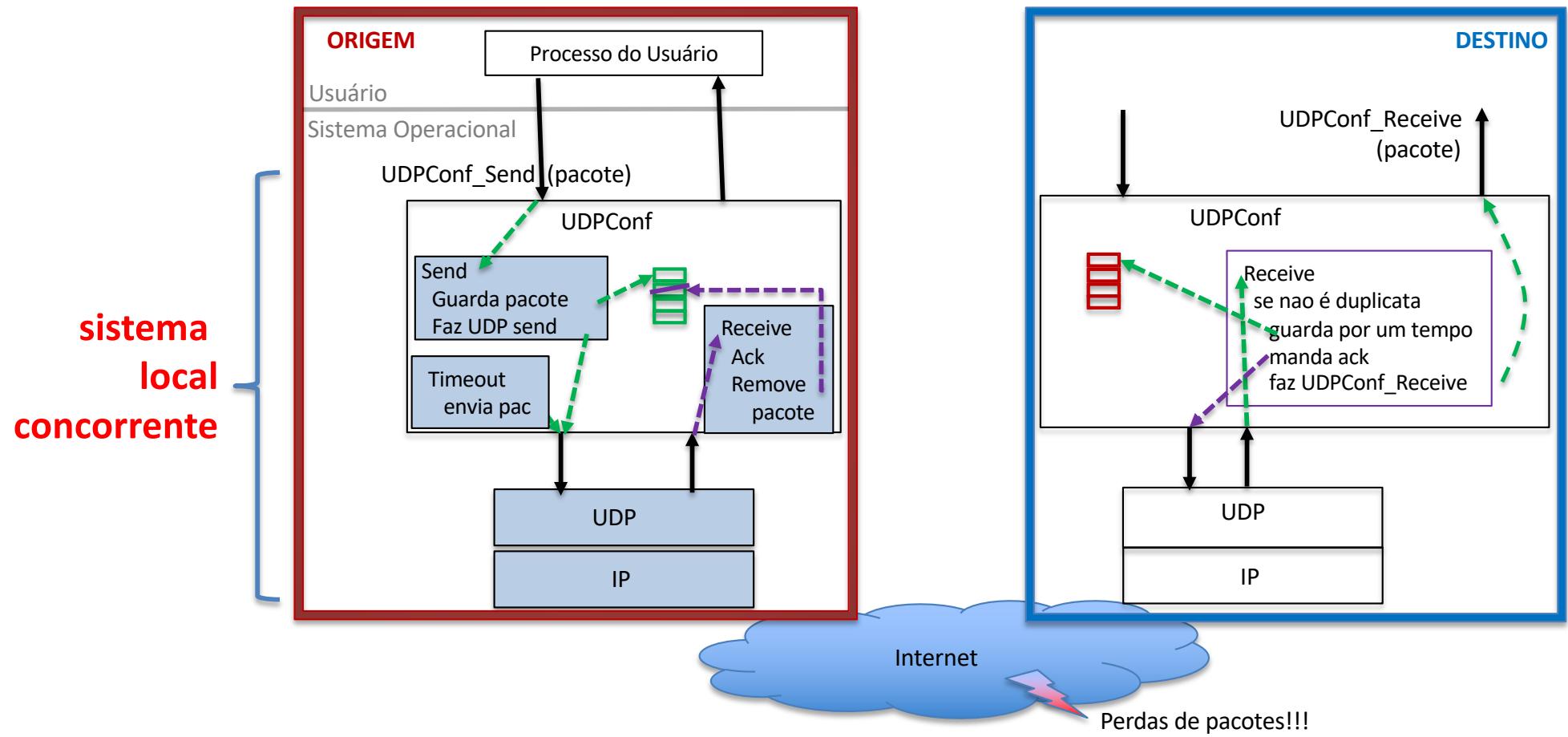


Sistemas Concorrentes: Locais

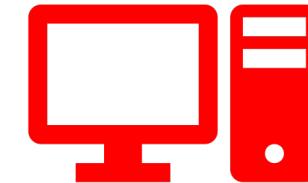


Camadas de Software:

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."

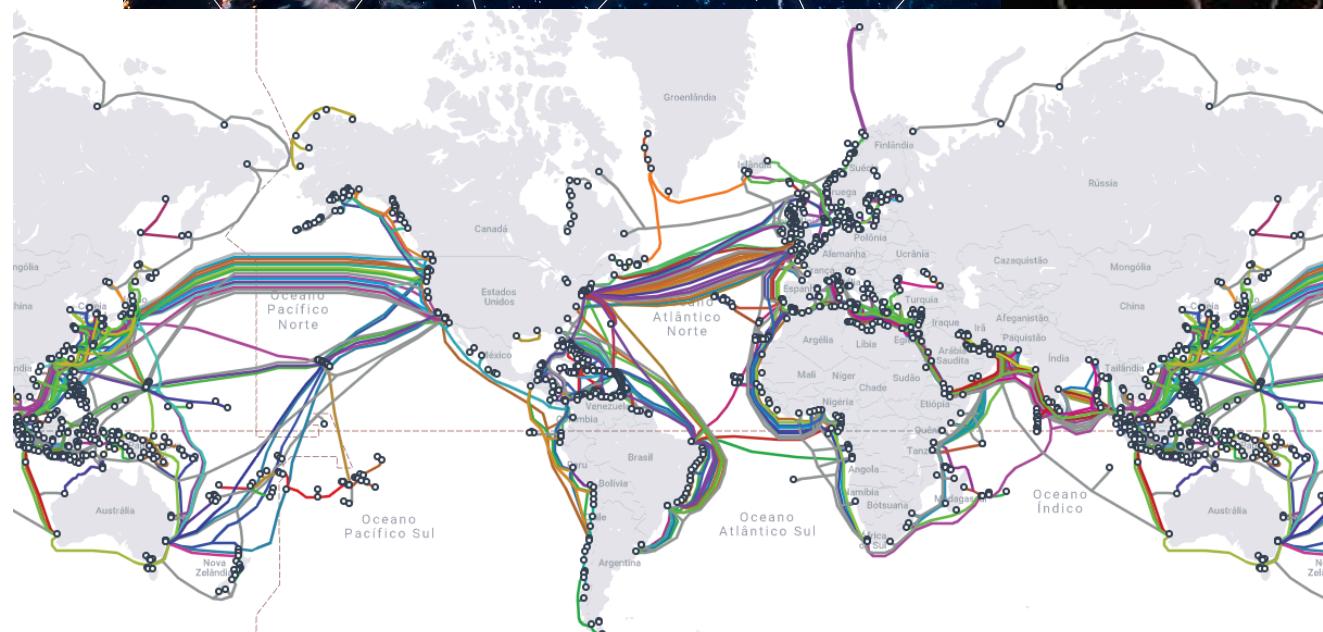
(Tanenbaum, Andrew S.; Steen, Maarten van (2002). *Distributed systems: principles and paradigms*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall. ISBN 0-13-088893-1.)

... hmmmm

... e o que comprehende isto ?

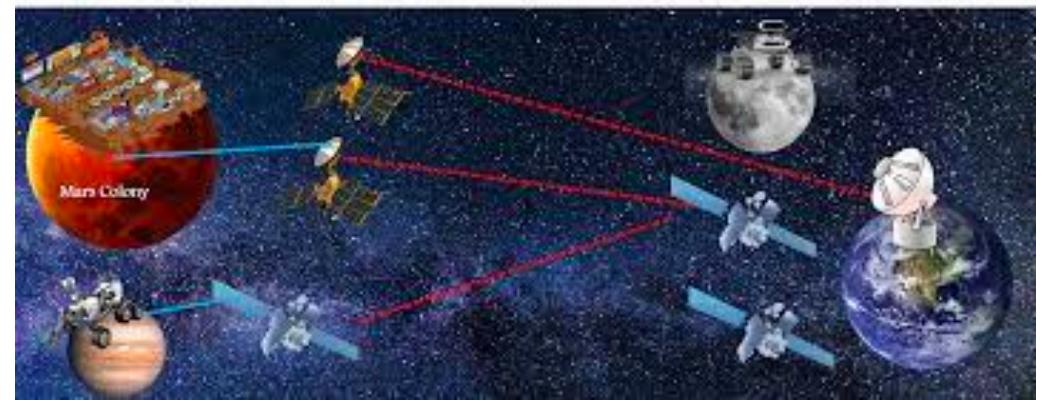
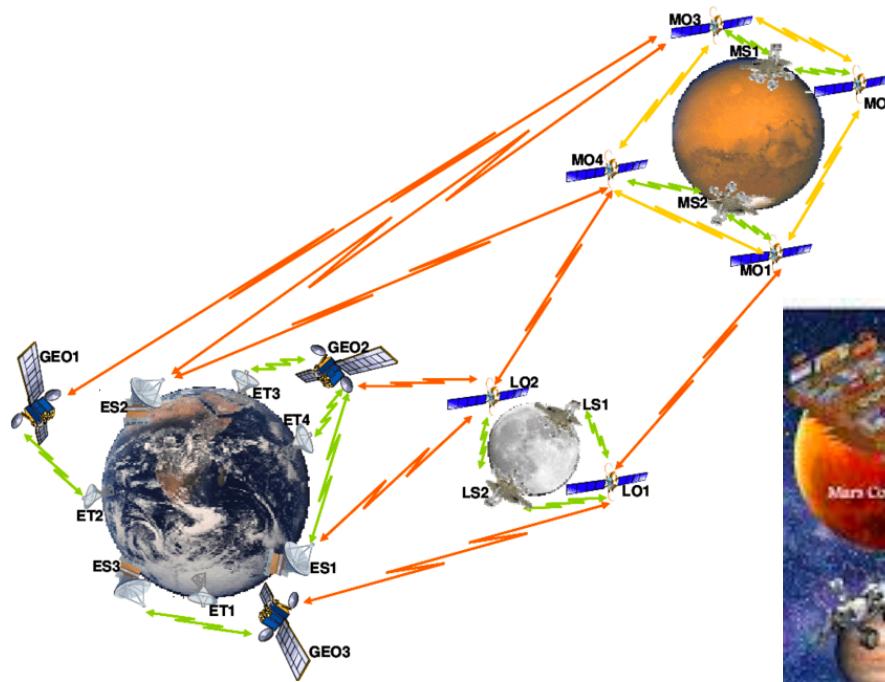
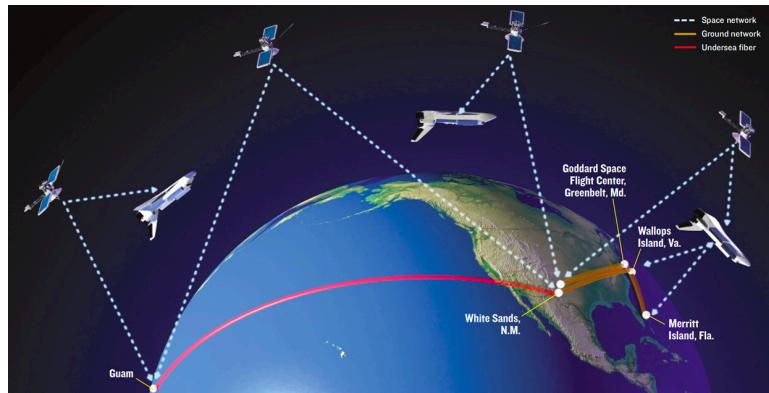
Sistemas Concorrentes: Distribuídos

distribuição em larga escala



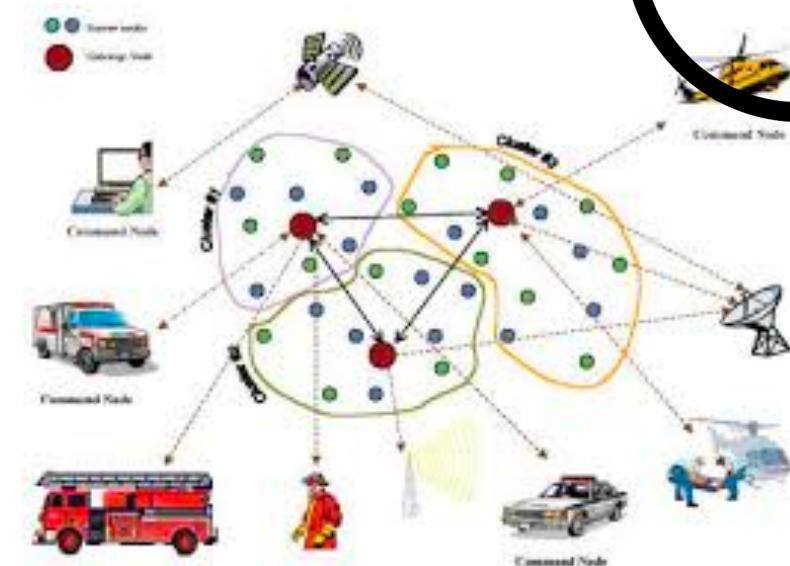
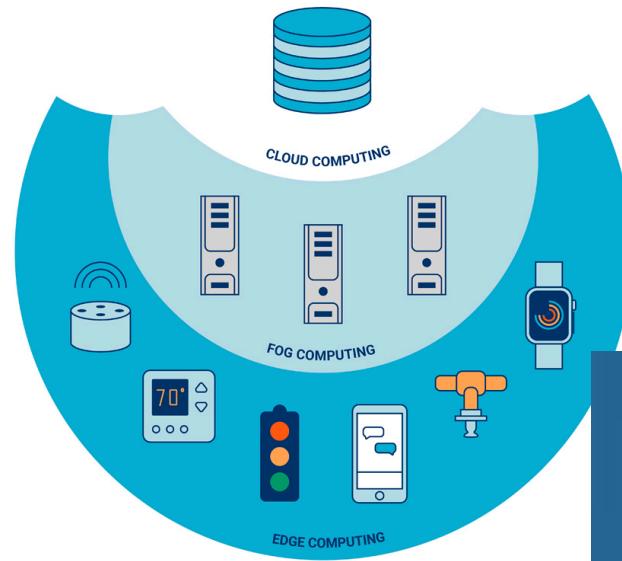
Sistemas Concorrentes: Distribuídos

distribuição **interplanetária**



Sistemas Concorrentes: Distribuídos

cenários diversos:
fog ~ edge computing,
iot,
ad hoc networks



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 ...
 - jogos ...

Sistemas Concorrentes: Distribuídos



- Tipos
 - 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

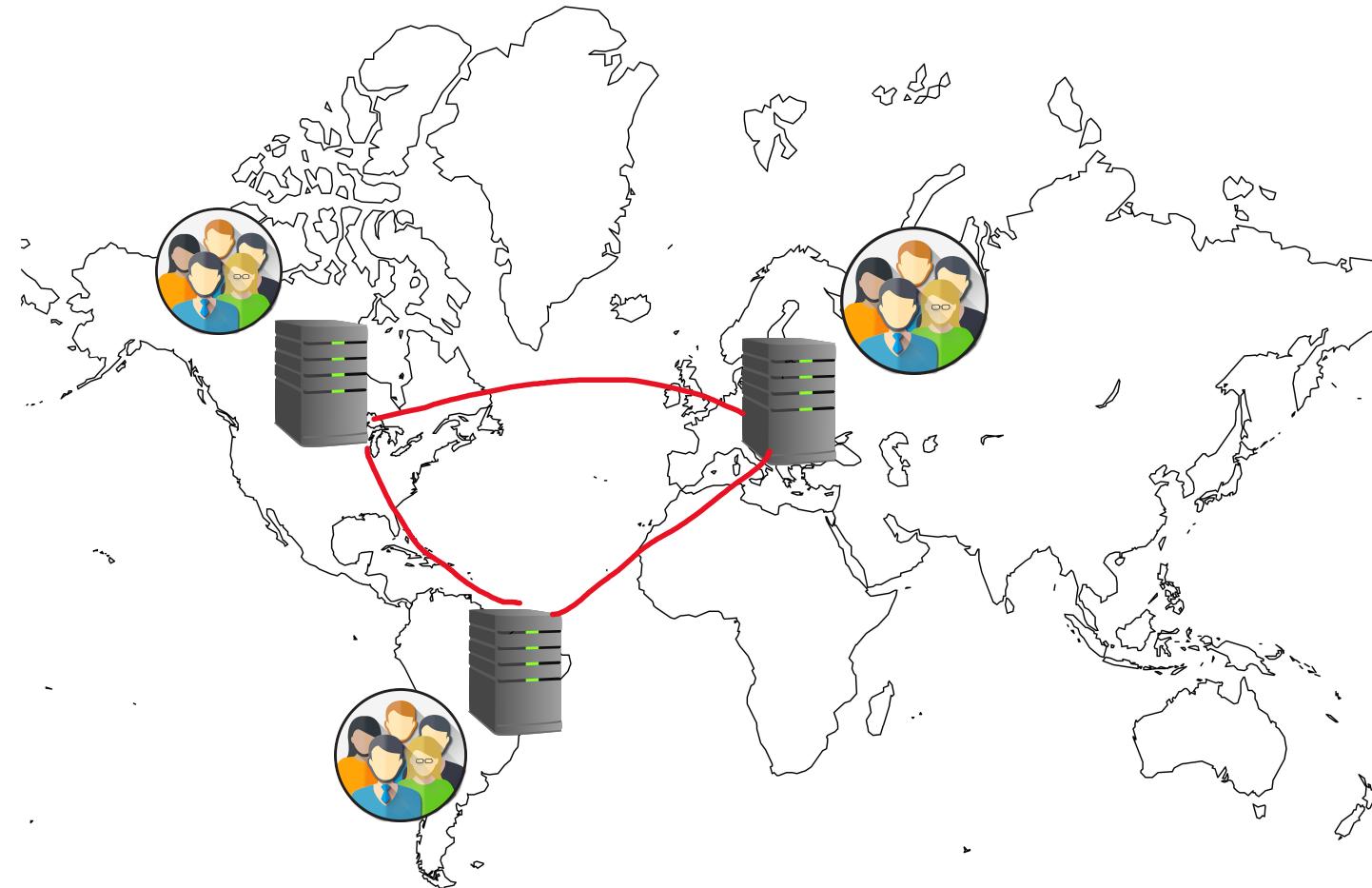
Exemplo: replicação máquina de estados

State Machine Replication (Lamport)

Sistemas Concorrentes: Distribuídos

Exemplo: replicação máquina de estados

State Machine Replication (Lamport)



Sistemas Concorrentes: Distribuídos

Abstrações



- Programação sequencial
 - Vetores, registros, listas, ...
- Programação concorrente
 - Threads, semáforos, monitores, canais
- Programação distribuída
 - difusões, garantias e ordens,
 - comunicação em grupo
 - Detecção de defeitos, Quóruns, Eleição
 - Difusão atômica e consenso
 - Variantes do consenso
 - ...

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

https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_computing

- "**Parallel computing** is a type of computation in which many calculations or processes are carried out simultaneously."
- (Gottlieb, Allan; Almasi, George S. (1989). *Highly parallel computing*. Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings. [ISBN 978-0-8053-0177-9](#).)
- "Large problems can often be **divided** into smaller ones, which can then be **solved at the same time**."

Computação Paralela

- **objetivo**: extrair o máximo desempenho do hardware para resolver problemas computacionalmente intensivos o mais rápido possível
- **hardware**: multicore, agregados, memória compartilhada, redes rápidas
- **desafios**: modelar a aplicação para melhor desempenho sobre hw disponível
- **tipicamente desconsidera**: falhas e redes de longa distância

Problemas: “Grand Challenge”

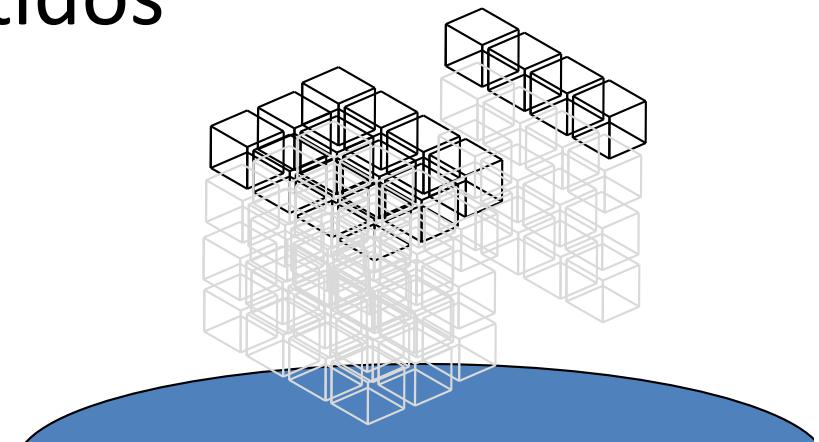
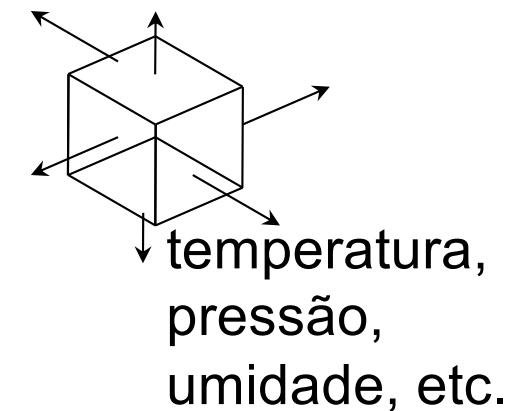
Aqueles que não podem ser resolvidos em um tempo “razoável” com os computadores de hoje.

Exemplos

- Previsão do tempo global
- Modelagem de movimento de corpos astronômicos
- Modelando grandes estruturas de DNA...

Exemplo

- Previsão do tempo global
- Atmosfera modelada dividindo-a em células tridimensionais
- Cada célula com suas variáveis
- Células vizinhas se influenciam ao longo do tempo
- Cálculos de cada célula repetidos em iterações que modelam a passagem do tempo



Exemplo de previsão do tempo global

- Atmosfera global inteira dividida em células de tamanho 1 milha × 1 milha × 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 (10⁹ 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 × 1 × 1 milha são apenas suposições

Complexidade de Sistemas Concorrentes (sejam paralelos, distribuídos, ...)

Complexidade de Sistemas Concorrentes

- **construções mais elaboradas que as possíveis em uma concepção sequencial (não concorrente):**
 - ou seja.: uma linha de execução vs. várias linhas de execução concorrentes, sincronizantes/comunicantes
- **comportamento do sistema abarca todas possíveis combinações de operações possíveis de cada um dos processos, a cada momento**
 - sistemas concorrentes podem ter muitos processos e diversas combinações em que estes podem interagir
- **dificuldade ou quase impossibilidade de reproduzir cenários**
 - não determinismo
 - inviabilidade de uso de técnicas tradicionais de teste de programas
- **introduzem fenômenos que não existem em sistemas sequenciais**
 - como: *deadlock, starvation, livelock*

Complexidade de Sistemas Concorrentes

- **deadlock**: processos esperam mutuamente por liberação de recurso
- **starvation**: um determinado processo nunca consegue progredir
- **livelock**: processos executam intercaladamente mas anulam mutuamente o progresso um do outro e assim bloqueiam o progresso do sistema

Complexidade de Sistemas Concorrentes

- Abordagem para construção de sistemas concorrentes
 - ênfase em **sistemas corretos por construção**
 - composição de processos sequenciais
 - argumento de partes sequenciais
 - argumento sobre composição

Esta Disciplina

- aprendizado de **concorrência como abstração**, independente de linguagem e plataforma;
- uso destas abstrações com linguagens apropriadas;
- domínio do **espaço de computações** de um sistema concorrente;
- domínio dos **fenômenos introduzidos** com a sincronização: deadlock, starvation, livelock.

Habilidades

- Identificar situações onde sistemas concorrentes devem ser empregados;
- Empregar as principais abstrações na construção de sistemas concorrentes;
- **Raciocinar de forma estruturada sobre as propriedades de sistemas concorrentes.**

Avaliação

Assunto	Tempo
<ul style="list-style-type: none">• Concorrência<ul style="list-style-type: none">– canais– memóriacompartilhada	60~65%
<ul style="list-style-type: none">• Tipos de sistemas<ul style="list-style-type: none">– Distribuídos– Paralelos	40~35%

Avaliação

Assunto	Tempo	Avaliação
<ul style="list-style-type: none">• Concorrência<ul style="list-style-type: none">– canais– memória compartilhada	 60~65%	$T_1 = \text{trabalhos com canais}$ $T_2 = \text{trabalhos mem. compartilhada.}$
	$P = \text{Prova}$	
<ul style="list-style-type: none">• Tipos de sistemas<ul style="list-style-type: none">– Distribuídos– Paralelos	 40~35%	$T_3 = \text{trab. sistemas distribuídos}$ $T_4 = \text{trab. sistemas paralelos}$
		$PS = \text{toda matéria}$

$$GI = (P + ((T_1+T_2)*1,2 +(T_3+T_4)*0,8)) /2$$

Atenção

- A disciplina tem 4 trabalhos avaliativos
- Para o aprendizado, os estudantes devem exercitar mais que isto!!
- Durante o semestre, exercícios serão sugeridos e discutidos, se houver interesse.
- Para o acompanhamento da disciplina, aconselha-se fortemente fazê-los.
O conhecimento é incremental.

“Aquilo que **escuto eu esqueço**,
aquilo que **vejo eu lembro**,
aquilo que **faço eu aprendo.**”

– Confúcio – Filósofo Chines, 552–489 a.C.

Relacionamentos (anteriores)

- Lógica para Computação: formação fundamental, estrutura, provas, demonstrações
- Matemática Discreta: relações, ordens, funções recursivas, provas, entre outros
- Fundamentos de Programação
- Autômatos: não-determinismo, especificação de computações

Relacionamentos (posteriores)

- Sistemas Operacionais,
- Redes de Computadores,
- Sistemas Distribuídos,
- Sistemas Paralelos

Todos são sistemas concorrentes.