

Computação Distribuída

Odorico Machado Mendizabal



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Departamento de Informática e Estatística – INE



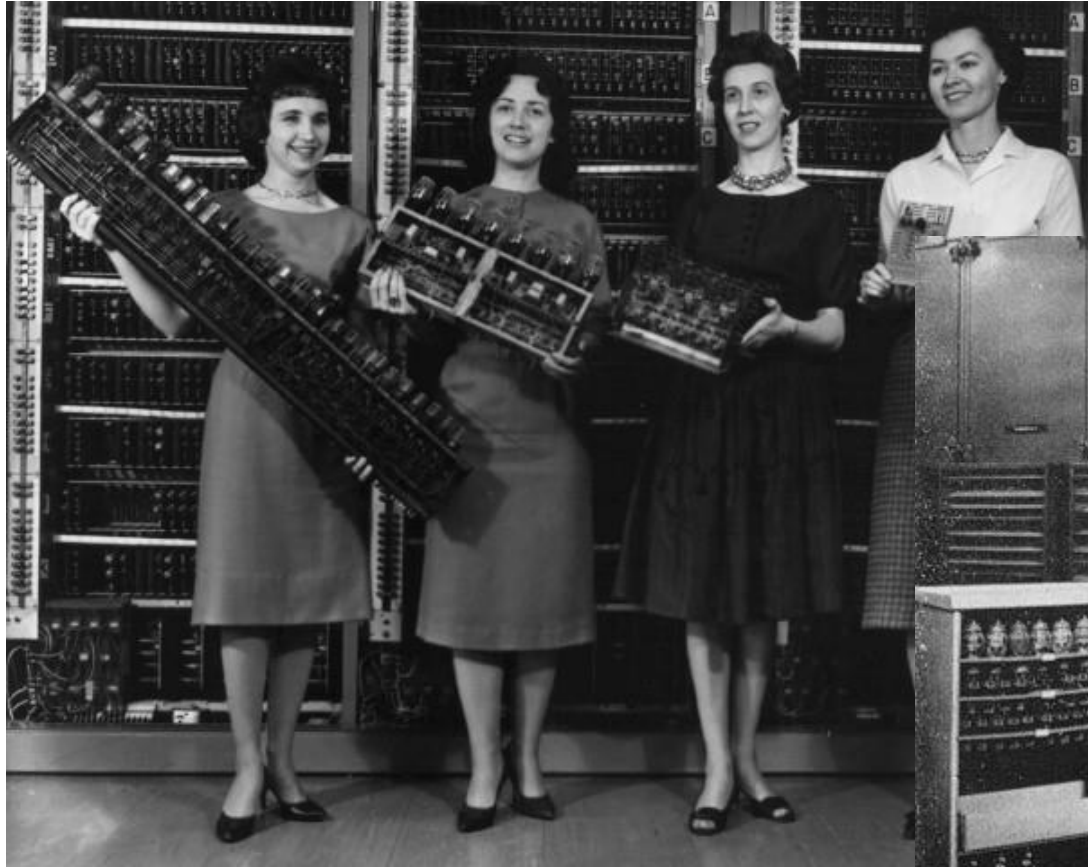
Introdução à Computação Distribuída

Evolução dos Sistemas Computacionais

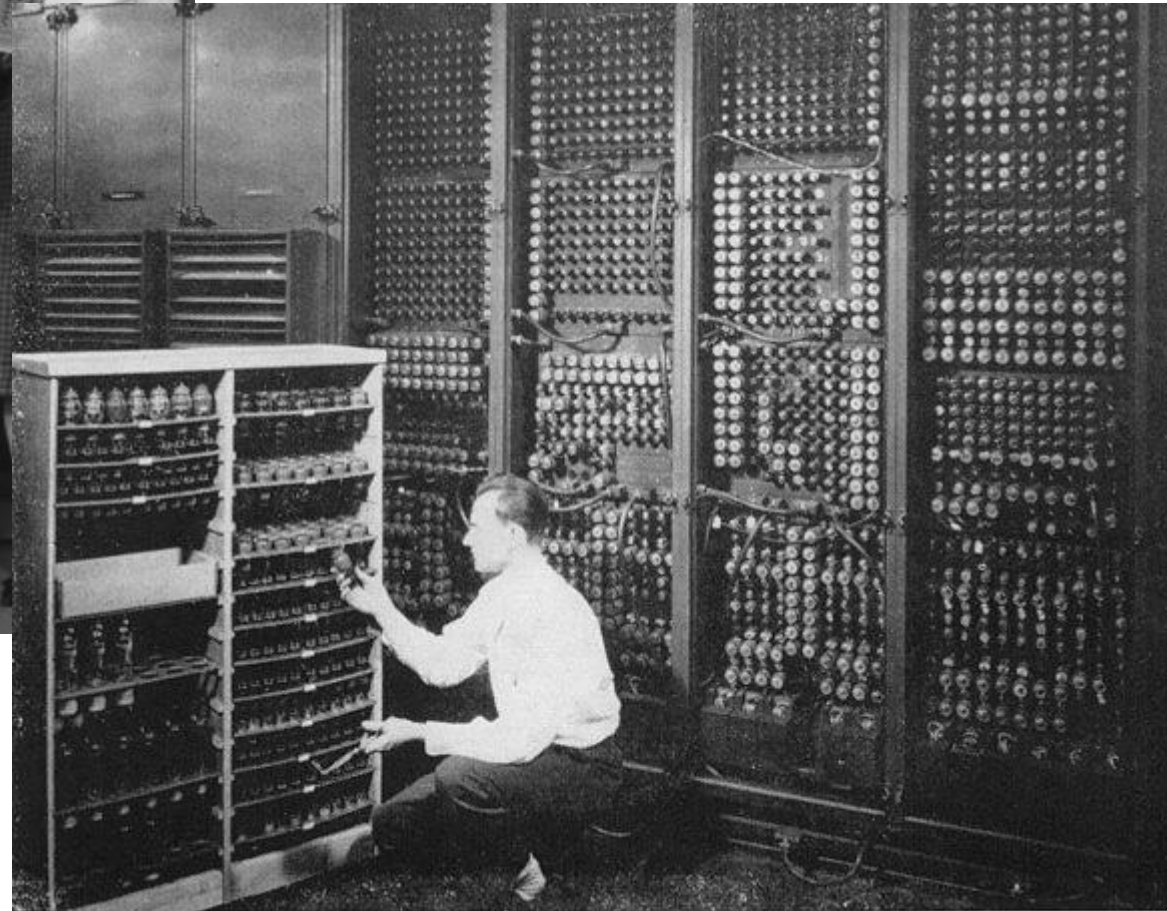
Anos 50

- Processamento de instruções em lote (*batch*)
- Processamento sequencial
- Criação de subsistemas de E/S especializados (fitas de armazenamento)
- Sistema de computação centralizado (*mainframe*)

Evolução dos Sistemas Computacionais



ENIAC

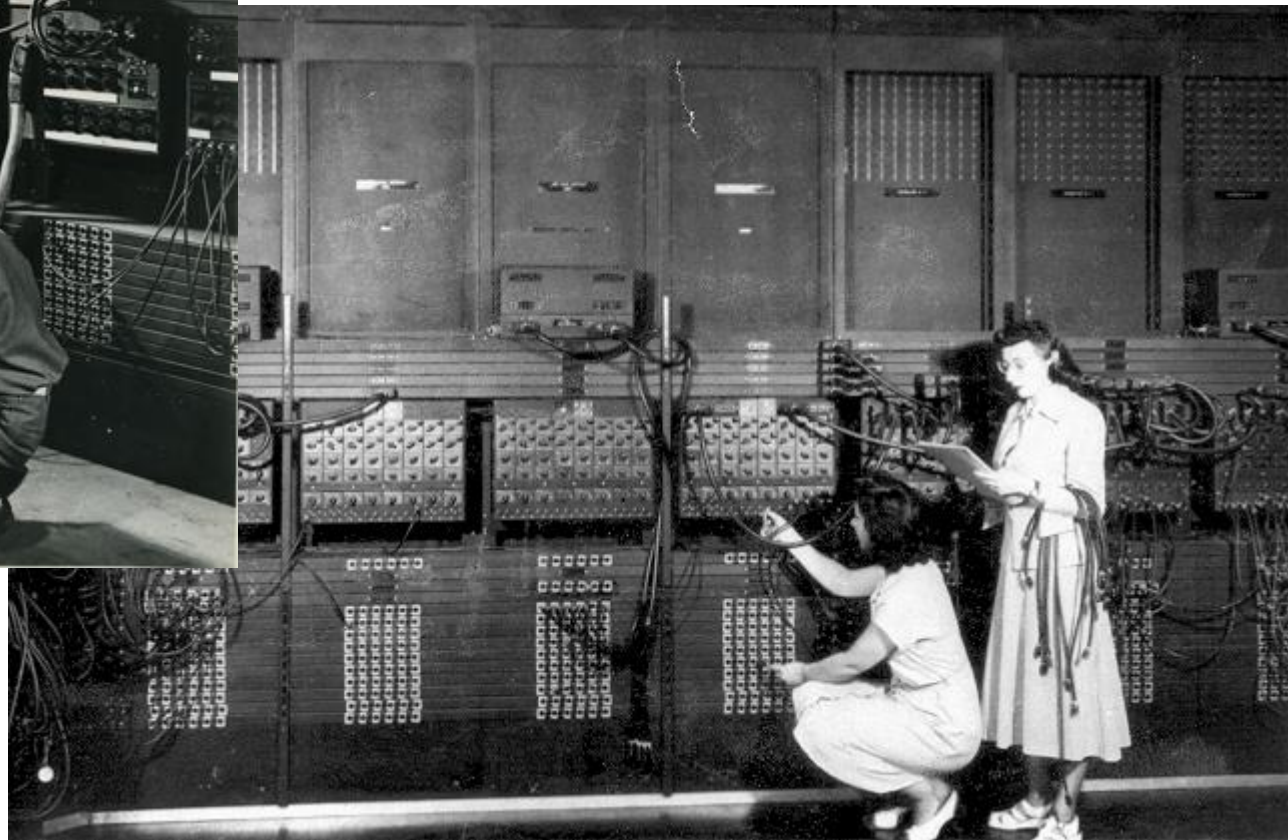


Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

Evolução dos Sistemas Computacionais



ENIAC



Evolução dos Sistemas Computacionais

Anos 60

- Compartilhamento de recursos
- Multiprogramação com fatias de tempo (*time slice*) de uso do processador para cada processo



Mainframe System/360 – 1964



Cray -1 Supercomputer– 1976

Evolução dos Sistemas Computacionais

Anos 60-70

- Pesquisas sobre passagem de mensagem entre computadores
- Criação da ARPANET nos anos 70, que deu origem à Internet
- Aplicações distribuídas: *Usenet* (fóruns de notícias) e e-mail
- Surgimento do BBS (*Bulletin Board Systems*) em 1978



Fonte: <https://www.computerhistory.org/collections/catalog/X105.82>

Evolução dos Sistemas Computacionais

Anos 80

- Surgimento de microcomputadores
- Melhor apresentação de dados
- Maior produtividade para usuários e desenvolvedores
- Maior distribuição de processamento

Evolução dos Sistemas Computacionais



Apple II – 1977



IBM PC – 1981

Sistemas de tempo compartilhado interativos

- Na UFSC ..

“Em 1980, foi adquirido o IBM 4341, com 2 megabytes de memória principal e um, então revolucionário, sistema de vídeo.”

Fonte: <https://setic.ufsc.br/historico/>

- Terminais Interativos, máquinas virtuais. Sistema de processamento centralizado com acesso por “terminal burro”
- Surge a primeira forma de **distribuição da informação**, através dos **terminais remotos**
- Usam **multiprogramação com *time-sliced***, para dar a um grupo de usuários a ilusão de que cada um tem acesso a um computador dedicado

Sistemas de tempo compartilhado interativos

- Na UFSC ..

“Em 1980, foi adquirido o IBM 4341, com 2 megabytes de memória principal e um, então revolucionário, sistema de vídeo.”

Fonte: <https://setic.ufsc.br/historico/>



Equipe de Operação UFSC utilizando o IBM 4341

Imagem: <https://memoria.pop-sc.rnp.br/npd-operacao-ibm4341-02/>

Processamento distribuído

- Possibilidade de **distribuir o processamento** e **distribuir a informação** através dos terminais remotos
- Trabalho isolado do desenvolvedor é considerado ineficiente.
- Anos 80
 - **Redes de computadores** para interligar o trabalho dos desenvolvedores e **compartilhar recursos computacionais**
 - **Microcomputadores** - Uso de computadores *desktops*, inicialmente isolados: **processamento é descentralizado**

Processamento distribuído na UFSC

- Na UFSC ..

“Em 1988, a UFSC dispunha de 2 computadores “mainframe” (1 IBM 4341 e 1 IBM 4381) e cerca de 90 terminais conectados através de uma topologia de rede em estrela. Estima-se que havia cerca de 500 microcomputadores distribuídos”

Fonte: <https://memoria.pop-sc.rnp.br/tag/ufsc/>



IBM 4341

Evolução dos Sistemas Computacionais

Anos 90

- Interligação dos recursos
 - Criação de redes locais
- Evolução das tecnologias de rede
 - Repetidores, roteadores, *gateways*
- Compartilhamento de recursos
 - Periféricos, dados, programas
- Comunicação entre usuários
- Gerenciamento de sistemas
 - Consoles administrativos, ferramentas de monitoramento
- Criação de sistemas especializados

Evolução dos Sistemas Computacionais



Escritórios



Laboratórios



Lan houses

Evolução dos Sistemas Computacionais

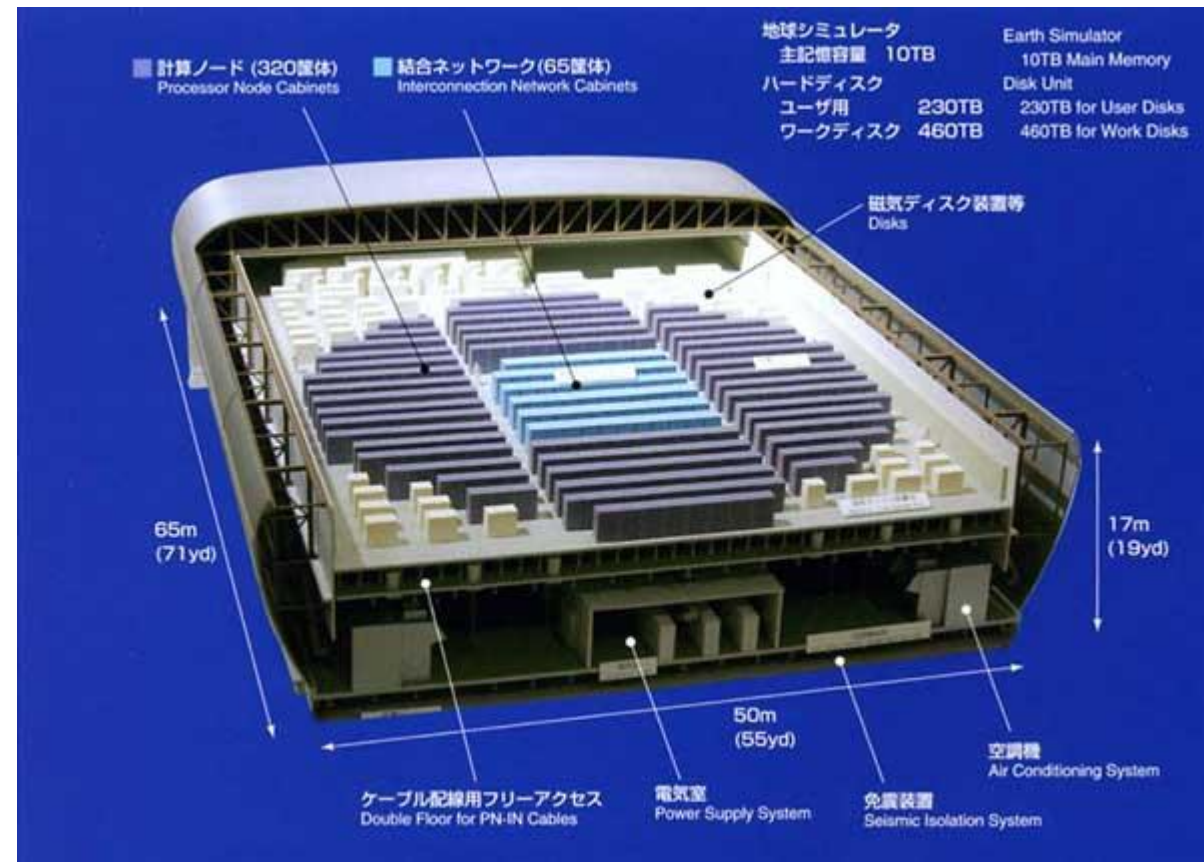
Anos (2000-2010)

- Preços mais acessíveis de dispositivos computacionais
- Evolução de HW e SW para alto desempenho
- Protocolos de rede (Internet) mais eficientes e seguros
- Evolução de sistemas embarcados com conectividade à redes

Exemplos

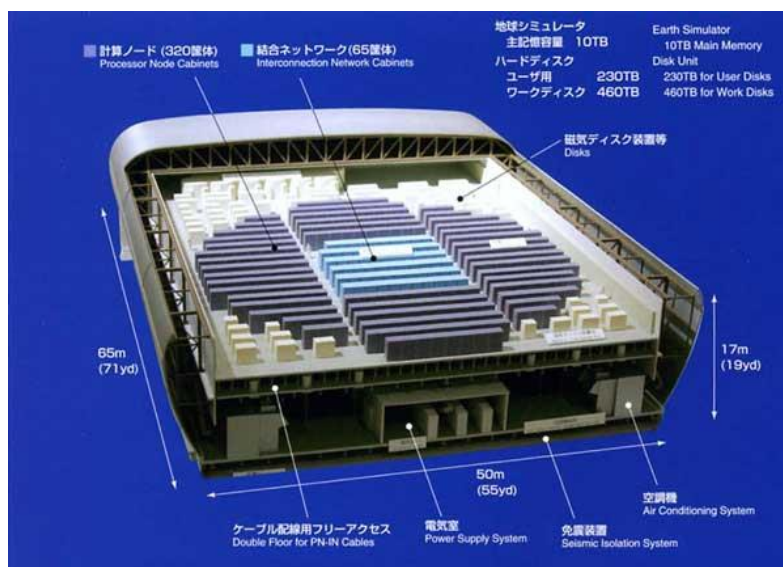
- Arquiteturas Orientadas a Serviços (SOA – *Service Oriented Architecture*)
- Sistemas Ubíquos
- Aglomerados (*Clusters*), Grades Computacionais (*Grid Computing*), *Peer to Peer*
- MANETS, Comunicação entre veículos (C2C ou *Intra-vehicular Communication*)
- Sistemas Autônomos

Evolução dos Sistemas Computacionais



**The Earth Simulator – NEC
(2002)**

Evolução dos Sistemas Computacionais



The Earth Simulator (2002)

Peak performance: 40 TFlops/s

The Earth Simulator 2 (2009)

Peak performance: 131 TFlops/s

The Earth Simulator 3 (2015)

Peak performance: 1.3 PFlops/s

NVIDIA H100 (2022)



*Peak performance: ~60 TFlops/s (FP64),
~2,000 TFlops/s (FP16 Tensor)*

AMD MI300X (2023)



*~80 TFlops/s (FP64),
~1,300 TFlops/s (FP16 Tensor)*

Evolução dos Sistemas Computacionais

- Site www.top500.org mantém a listagem de supercomputadores que apresentam melhor desempenho segundo o benchmark Linpack

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	El Capitan - HPE Cray EX255a, AMD 4th Gen EPYC 24C 1.8GHz, AMD Instinct MI300A, Slingshot-11, TOSS, HPE DOE/NNSA/LLNL United States	11,039,616	1,742.00	2,746.38	29,581
2	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd	9,066,176	1,353.00	2,055.72	24,607



Evolução dos Sistemas Computacionais

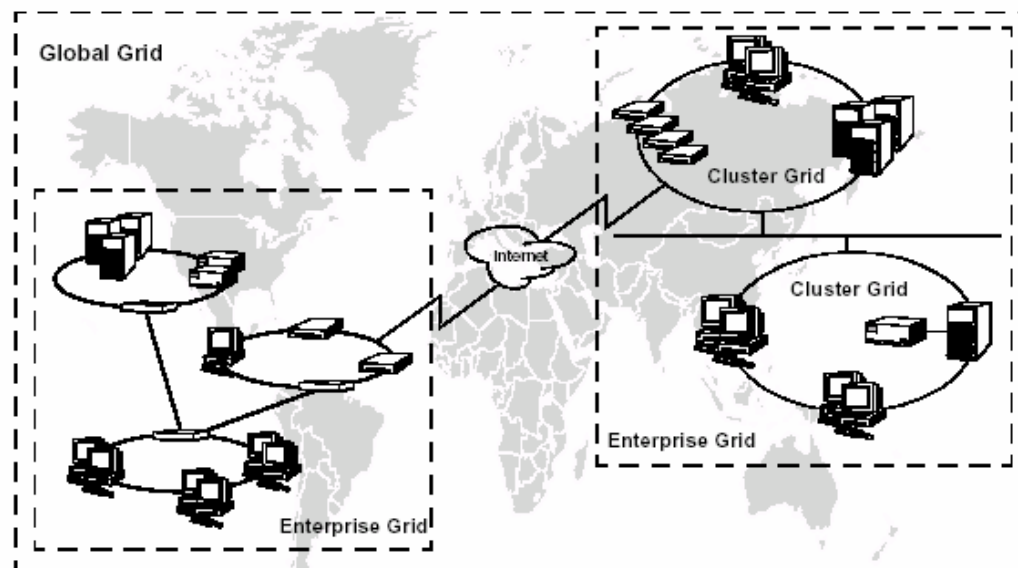
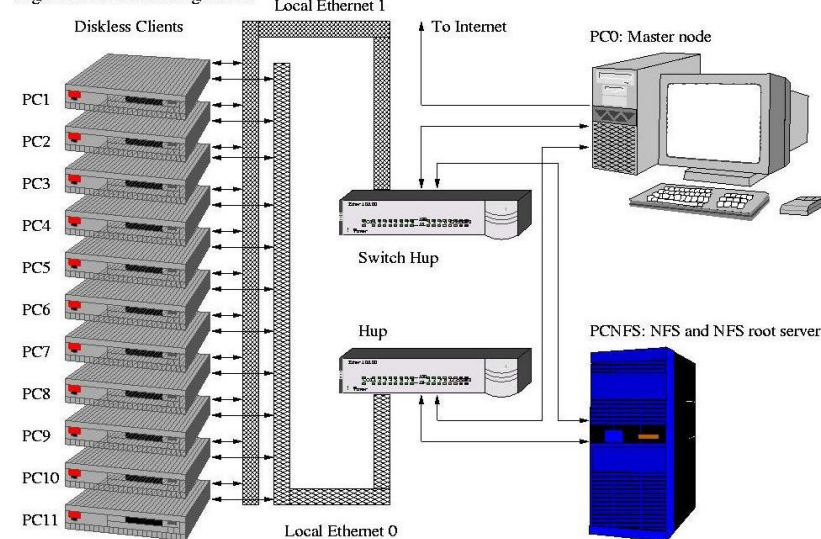
- Aglomerados (*clusters*)



- Grades computacionais (*grids*)



Figure 1. Cluster Configuration



Evolução dos Sistemas Computacionais

Atualidade (Anos 2010 ..)

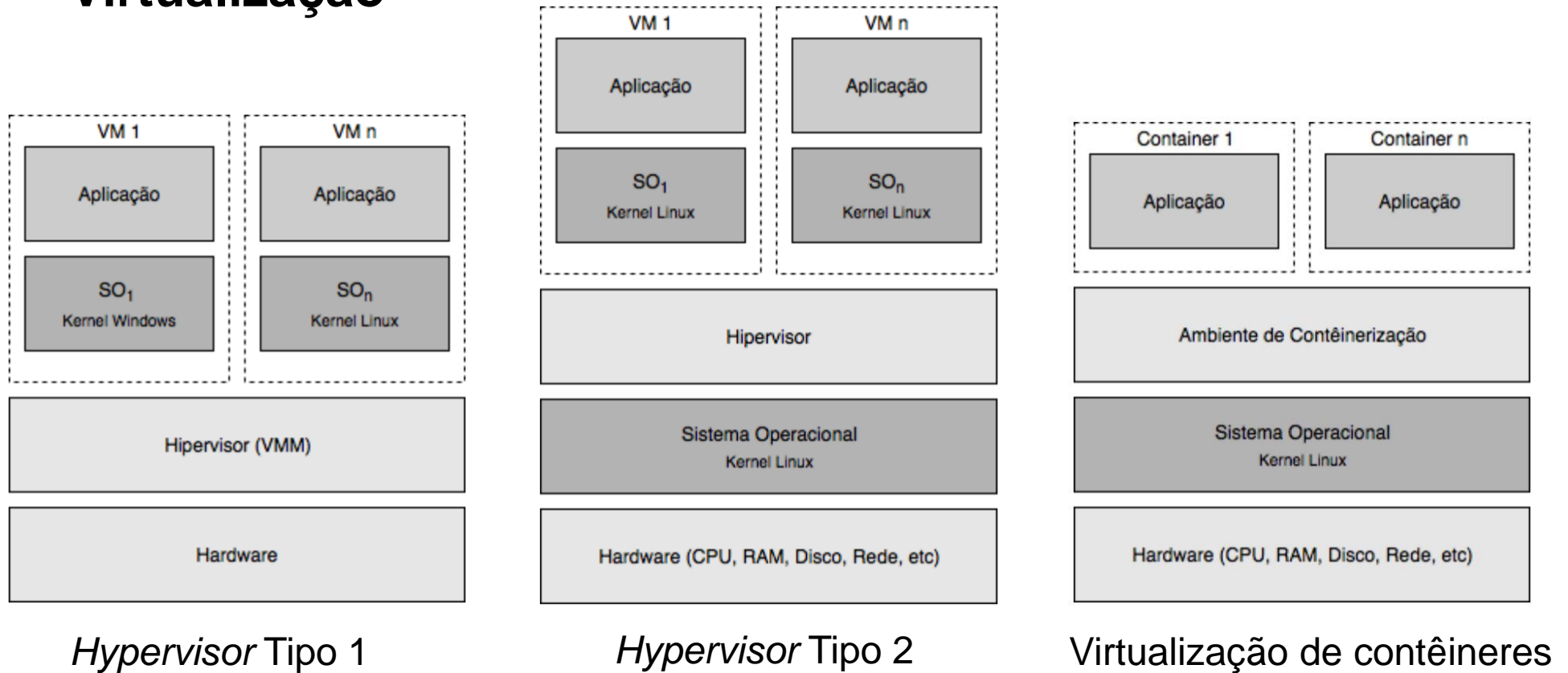
- Uso de virtualização com bom desempenho
- Novos modelos de cobrança e uso de recursos computacionais: recursos sob demanda (*pay per use*)
- Avanços nos processos de desenvolvimento e implantação de SW (ex. DevOps, modularidade e desacoplamento, etc.)

Exemplos

- Computação em Nuvem (*Cloud Computing*)
- Arquiteturas de Microsserviços
- Computação em névoa (*Fog Computing*)
- Sistemas Cyber-físicos, IoT (Internet das Coisas)
- *Blockchain* e sistemas de transações descentralizados

Evolução dos Sistemas Computacionais

Virtualização



VMM – Virtual Machine Monitor: Tipo 1 (ex. Xen, VMWare ESXi), Tipo 2 (Virtualbox), Contêineres (linux lxc, *docker*)

Evolução dos Sistemas Computacionais

- Arquiteturas dirigidas a provisão de serviços/recursos sob-demanda
- Modelo de serviços se assemelha à serviços do cotidiano (telefonia, TV a cabo, etc.)
- Infraestrutura faz uso de virtualização para servidores (e rede em alguns casos)

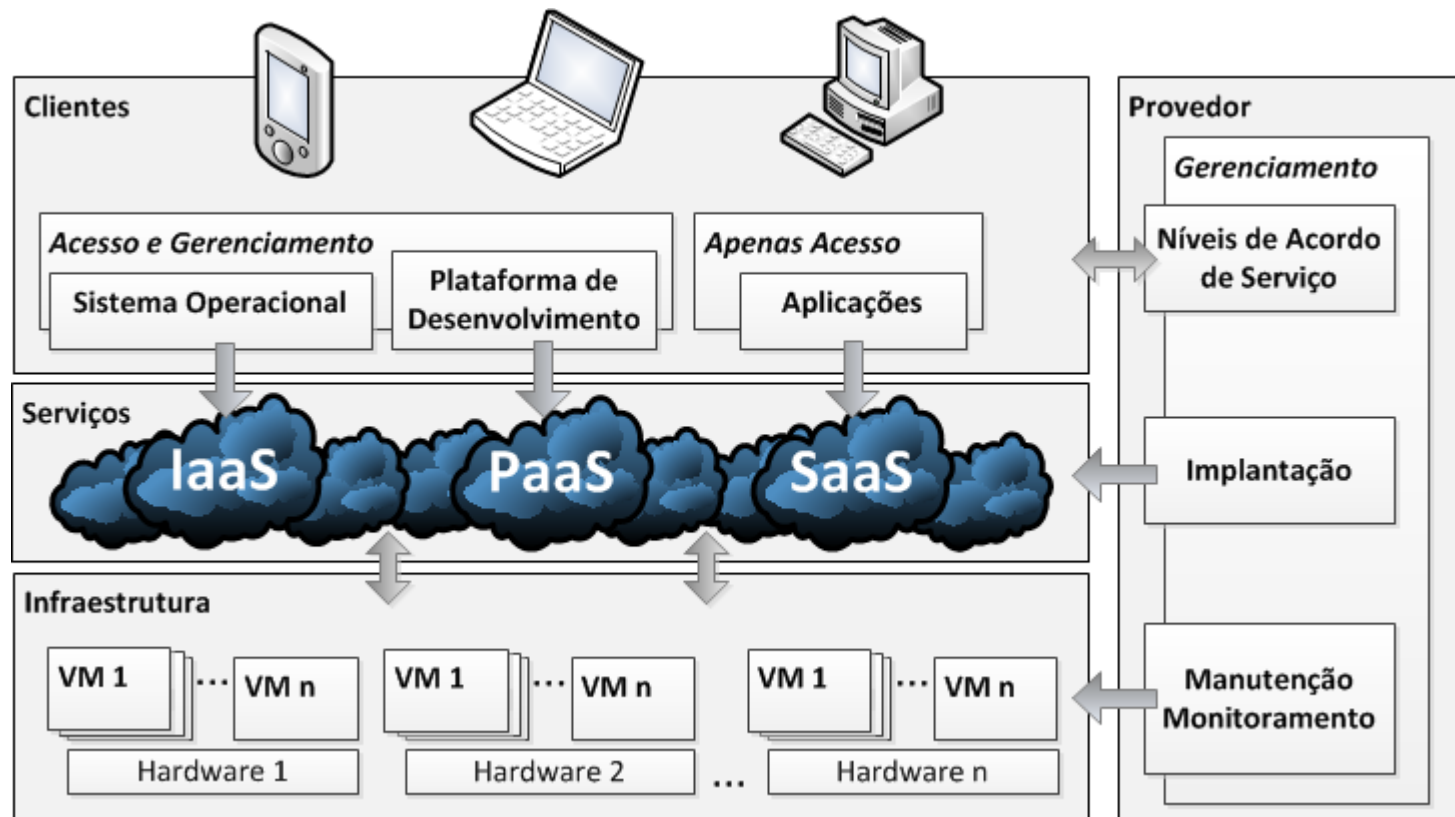


Figura extraída de "O Modelo de Computação em Nuvem e sua Aplicabilidade" E. Bacelar et al.

<http://repositorio.furg.br/handle/1/4947>

Definição de Sistemas Distribuídos

*“Uma coleção de computadores **independentes** que aparecem para o usuário como um **único sistema coerente**.“*

Tanenbaum

*“É um sistema em que os **componentes** (Hardware/Software) se localizam em uma **rede de computadores** e coordenam suas ações através de **passagem de mensagens**.“*

Coulouris

*“Você sabe que tem um sistema distribuído quando a **falha** de um computador do qual você nunca ouviu falar faz com que você pare completamente de trabalhar.“*

Lamport

Vantagens de Sist. Distribuídos sobre PCs Independentes

- Compartilhamento de dados entre usuários
- Compartilhamento de recursos de HW e SW
- Comunicação entre dispositivos e/ou usuários
- Balanceamento de carga e distribuição de tarefas
- Paralelismo real

Vantagens de Sist. Distribuídos sobre Sistemas Centralizados

- Melhor relação custo/benefício
- Capacidade de processamento acima dos limites físicos para sistemas centralizados
- Maior domínio de aplicações
- Maior confiabilidade e disponibilidade
- Possibilita o crescimento gradual na capacidade de processamento ou vazão (*throughput*)

Desvantagens dos Sistemas Distribuídos

- Maior complexidade no desenvolvimento de SW
- Falhas e saturações da rede de comunicação podem comprometer o funcionamento
- Segurança pode ser comprometida remotamente