Processamento Paralelo - III

Canto III

A porta do Inferno - Vestíbulo
Rio Aqueronte - Caronte

POR MIM SE VAI À CIDADE DOLENTE,
POR MIM SE VAI À ETERNA DOR ,
POR MIM SE VAI À PERDIDA GENTE.

JUSTIÇA MOVEU O MEU ALTO CRIADOR,
QUE ME FEZ COM O DIVINO PODER,
O SABER SUPREMO E O PRIMEIRO AMOR.

ANTES DE MIM COISA ALGUMA FOI CRIADA
EXCETO COISAS ETERNAS, E ETERNA EU
DURO.
DEIXAI TODA ESPERANÇA, VÓS QUE ENTRAIS!

https://www.stelle.com.br/pt/inferno/canto_3.html

Computação em Nuvem: definição

NIST

Search CS

Information Technology Laboratory

COMPUTER SECURITY RESOURCE CENTER

CSR

PUBLICATIONS

SP 800-145

The NIST Definition of Cloud Computing

Date Published: September 2011

Author(s)

Peter Mell (NIST), Tim Grance (NIST)

Abstract

Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models.

Keywords

Cloud Computing; SaaS; PaaS; IaaS; On-demand Self Service; Reserve Pooling; Rapid Elasticity; Measured Service; Software as a Service; Platform as a Service; Infrastructure as a Service

Control Families

None selected

DOCUMENTATION

Publication:
SP 800-145 (DOI)
Local Download

Supplemental Material:
SP 800-145 (EPUB) (txt)
Press Release (other)

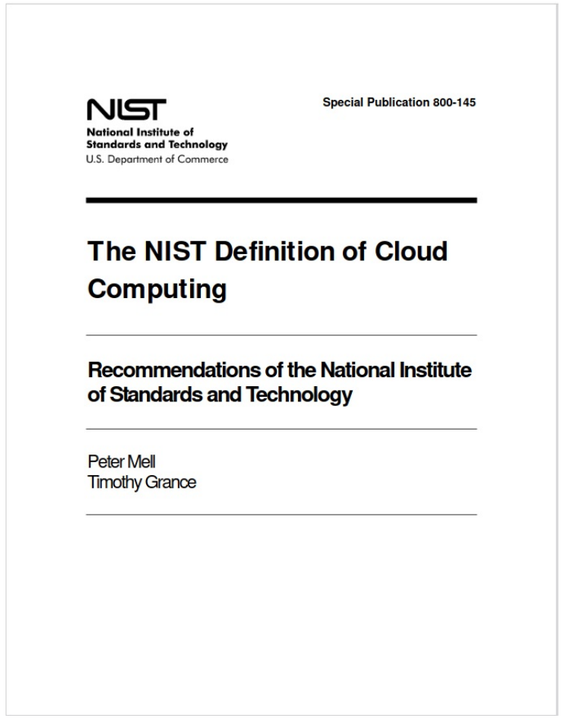
Related NIST Publications:
SP 500-325

Document History:
09/28/11: SP 800-145 (Final)

TOPICS

Security and Privacy
planning

https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final



NIST
National Institute of Standards and Technology
U.S. Department of Commerce

Special Publication 800-145

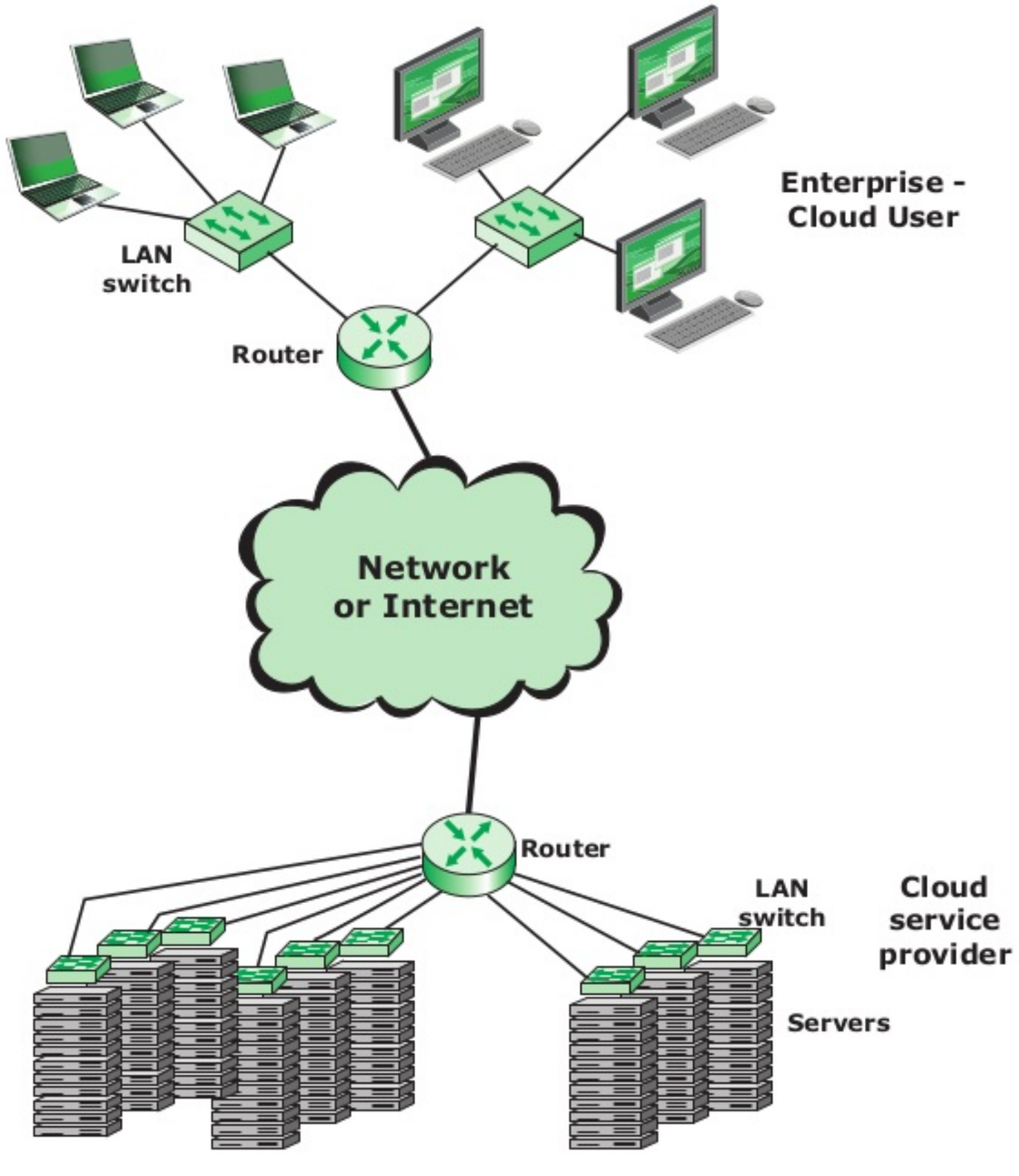
The NIST Definition of Cloud Computing

Recommendations of the National Institute of Standards and Technology

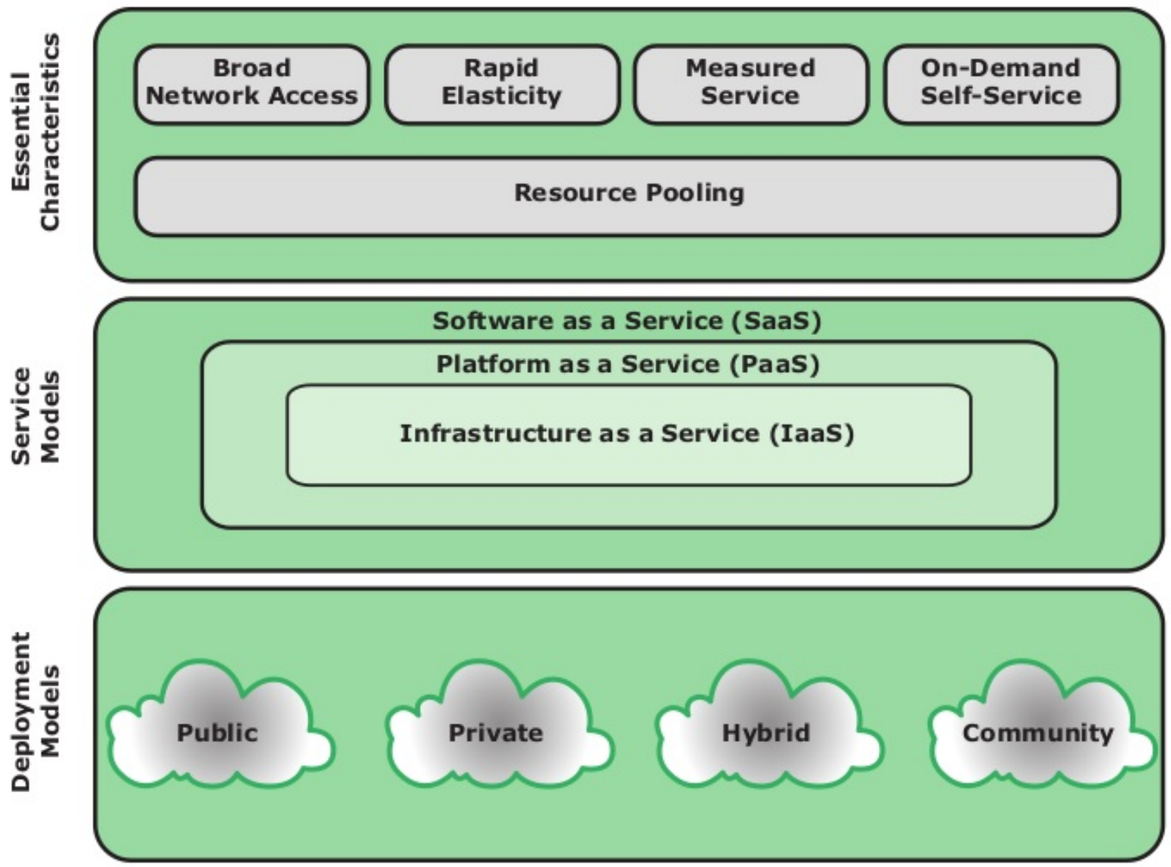
Peter Mell
Timothy Grance

É um modelo para permitir acesso de rede onipresente, conveniente e sob demanda, a um conjunto de recursos de computação configuráveis (redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que pode ser rapidamente provisionado e liberado com o mínimo esforço de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços. Este modelo de nuvem é composto por cinco características essenciais, três modelos de serviço e quatro modelos de implementação.

Computação em Nuvem: e o processamento paralelo?



Computação em Nuvem: definição

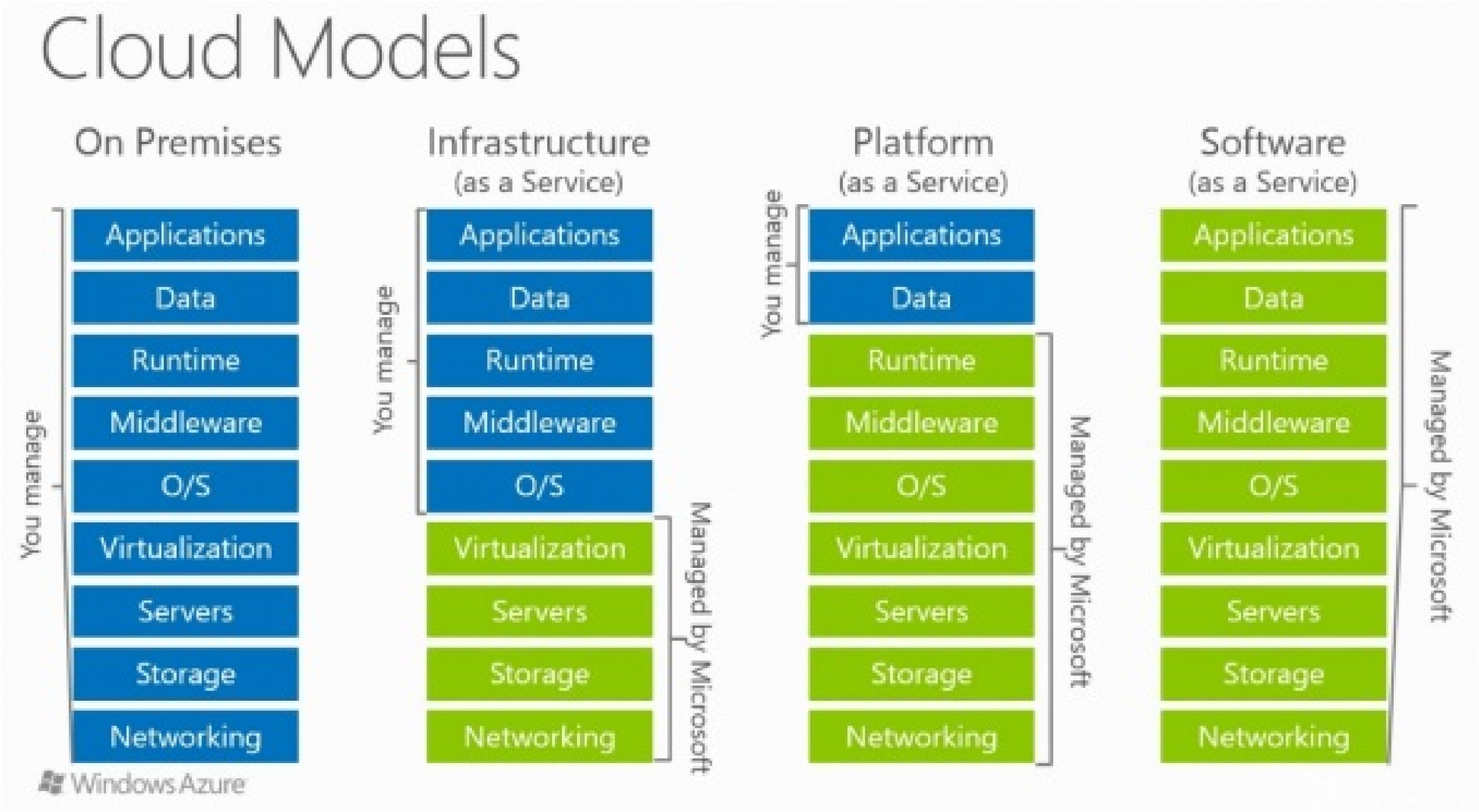


É um modelo para permitir acesso de rede onipresente, conveniente e sob demanda, a um conjunto de recursos de computação configuráveis (redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que pode ser rapidamente provisionado e liberado com o mínimo esforço de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços.

Este modelo de nuvem é composto por:

- **5 características essenciais:**
  - **Acesso amplo à rede**
  - **Elasticidade rápida**
  - **Serviço mensurado**
  - **Auto-serviço sob demanda**
  - **Agrupamento de recursos**
- **3 modelos de serviço:**
  - **IaaS**
  - **PaaS**
  - **SaaS**
- **4 modelos de implementação:**
  - **Pública**
  - **Privada**
  - **Híbrida**
  - **Comunitária**

Computação em Nuvem: modelos de serviços



Novidades:

- **AIaaS**
- **DaaS**
- **ITaaS**
- **RaaS (sim, existe...)**

Computação em Nuvem: modelos de implementação

Modelos de implementação:

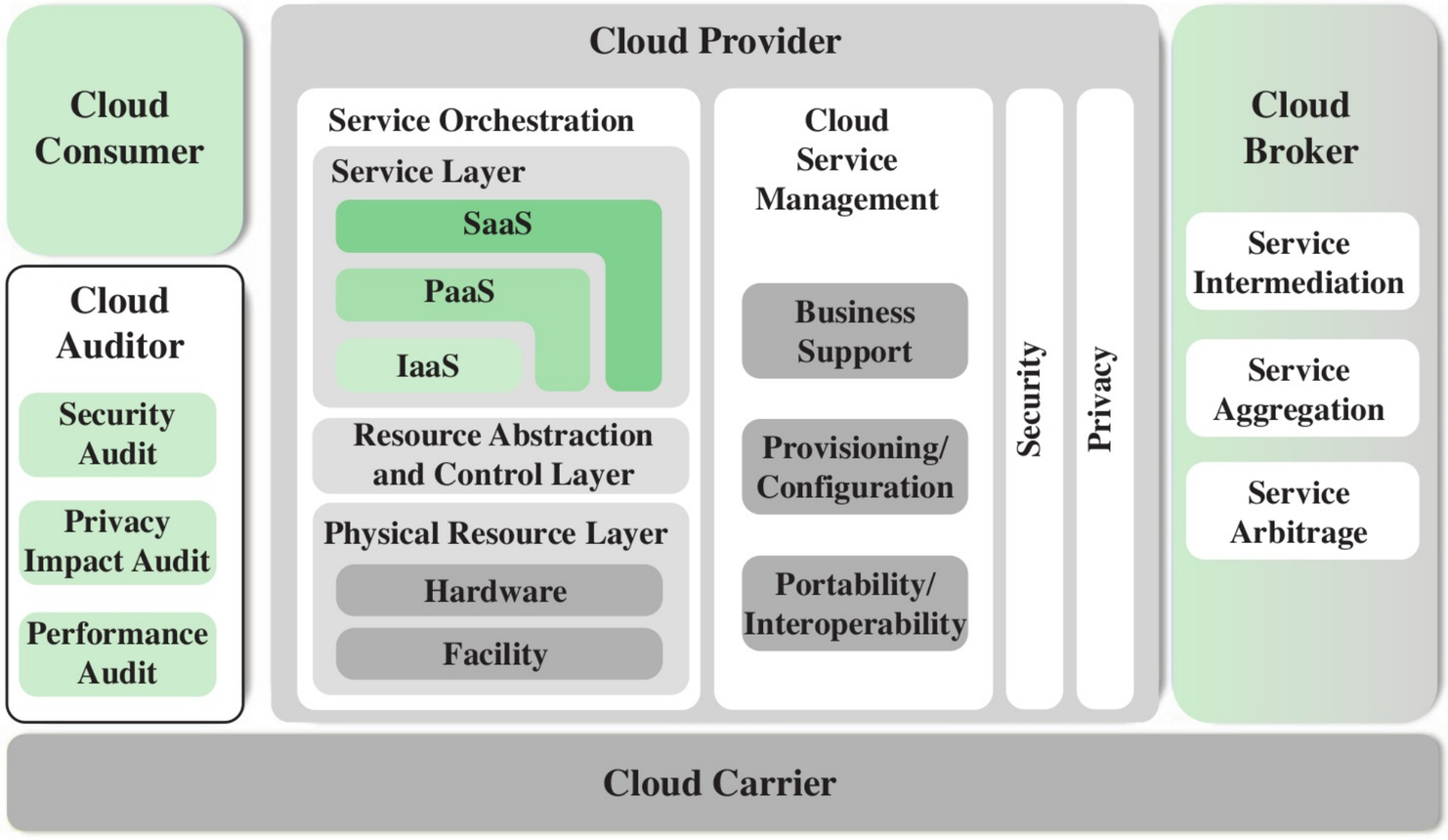
- Nuvem PÚBLICA (comercial):
É um serviço de nuvem VENDIDO por uma organização ao público em geral. Amazon, Azure, BMC...

- Nuvem PRIVADA:
É um serviço de nuvem PRIVADO que existe dentro de uma organização, para seu próprio uso. Geralmente motivado por questões de segurança.

- Nuvem COMUNITÁRIA:
Compartilha características das nuvens pública e privada. Não está disponível publicamente (como uma nuvem privada) mas quem tem acesso recebe recursos compartilhados entre as organizações independentes (como uma nuvem pública).

- Nuvem HÍBRIDA:
É uma composição de duas ou mais nuvens (pública, privada ou comunitária) que permanecem como entidades únicas separadas, mas acopladas por tecnologias que permitem a portabilidade de dados e aplicações.

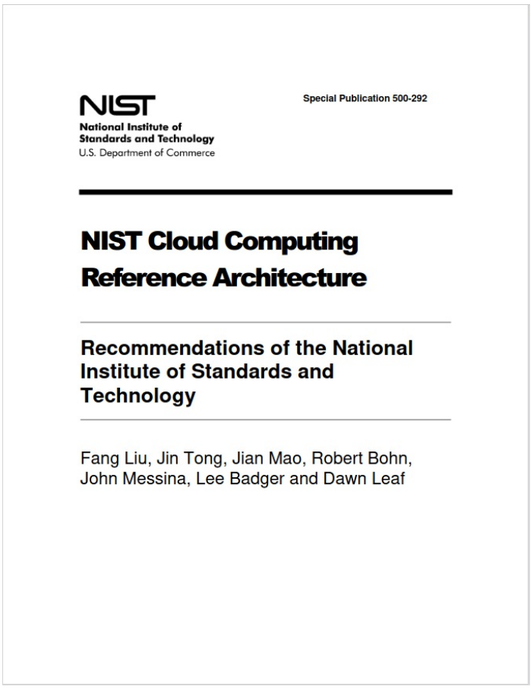
Computação em Nuvem: arquitetura de referência



Atores (papéis/responsabilidades):

- **Consumidor**
- **Provedor de nuvem**
- **Auditor de nuvem**
- **Agente de nuvem**
- **Operador de nuvem**

https://www.nist.gov/publications/nist-cloud-computing-reference-architecture


NIST
National Institute of Standards and Technology
U.S. Department of Commerce

Special Publication 500-292

NIST Cloud Computing Reference Architecture

Recommendations of the National Institute of Standards and Technology

Fang Liu, Jin Tong, Jian Mao, Robert Bohn, John Messina, Lee Badger and Dawn Leaf

Multithreading e CPUs Multicores

Medida do desempenho:

IPS = clock x IPC

IPS = sockets x clock x IPC

Como melhorar o desempenho?

IPS = sockets x ? x clock x IPC

Multithreading e CPUs Multicores

Desempenho de processadores ao longo do tempo (MIPS):

Processor / System	MIPS	Year
UNIVAC I	0.002 MIPS at 2.25 MHz	1951
IBM 7030 ("Stretch")	1.200 MIPS at 3.30 MHz	1961
CDC 6600	10.00 MIPS at 10.00 MHz	1965
Intel 4004	0.092 MIPS at 0.740 MHz	
IBM System/370 Model 158	0.640 MIPS at 8.696 MHz	1972
Intel 8080	0.290 MIPS at 2.000 MHz	
Cray 1	160.0 MIPS at 80.00 MHz	1975
MOS Technology 6502	0.430 MIPS at 1.000 MHz	1975
Intel 8080A	0.435 MIPS at 3.000 MHz	
Zilog Z80	0.580 MIPS at 4.000 MHz	
Motorola 6802	0.500 MIPS at 1.000 MHz	1977
IBM System/370 Model 158-3	0.730 MIPS at 8.696 MHz	1977
VAX-11/780	1.000 MIPS at 5.000 MHz	1977
Motorola 6809	0.420 MIPS at 1.000 MHz	1978
Intel 8086	0.330 MIPS at 5.000 MHz	1978
Fujitsu MB8843	2.000 MIPS at 2.000 MHz	
Intel 8088	0.750 MIPS at 10.00 MHz	1979
Motorola 68000	1.400 MIPS at 8.000 MHz	1979
Zilog Z8001/Z8002	1.5 MIPS at 6 MHz	1979
Intel 8035/8039/8048	6 MIPS at 6 MHz	
Fujitsu MB8843/MB8844	6 MIPS at 6 MHz	
Zilog Z80/Z80H	1.16 MIPS at 8 MHz	

Multithreading e CPUs Multicores

Desempenho de processadores ao longo do tempo (MIPS):

Processor / System	MIPS	Year
UNIVAC I	0.002 MIPS at 2.25 MHz	1951
IBM 7030 ("Stretch")	1.200 MIPS at 3.30 MHz	1961
CDC 6600	10.00 MIPS at 10.00 MHz	1965
Intel 4004	0.092 MIPS at 0.740 MHz	
IBM System/370 Model 158	0.640 MIPS at 8.696 MHz	1972
Intel 8080	0.290 MIPS at 2.000 MHz	
Cray 1	160.0 MIPS at 80.00 MHz	1975
MOS Technology 6502	0.430 MIPS at 1.000 MHz	1975
Intel 8080A	0.435 MIPS at 3.000 MHz	
Zilog Z80	0.580 MIPS at 4.000 MHz	
Motorola 6802	0.500 MIPS at 1.000 MHz	1977
IBM System/370 Model 158-3	0.730 MIPS at 8.696 MHz	1977
VAX-11/780	1.000 MIPS at 5.000 MHz	1977
Motorola 6809	0.420 MIPS at 1.000 MHz	1978
Intel 8086	0.330 MIPS at 5.000 MHz	1978
Fujitsu MB8843	2.000 MIPS at 2.000 MHz	
Intel 8088	0.750 MIPS at 10.00 MHz	1979
Motorola 68000	1.400 MIPS at 8.000 MHz	1979
Zilog Z8001/Z8002	1.5 MIPS at 6 MHz	1979
Intel 8035/8039/8048	6 MIPS at 6 MHz	
Fujitsu MB8843/MB8844	6 MIPS at 6 MHz	
Zilog Z80/Z80H	1.16 MIPS at 8 MHz	

Multithreading e CPUs Multicores

Processor / System	MIPS	Year
Motorola 6802	1.79 MIPS at 3.58 MHz	1981
Zilog Z8001/Z8002B	2.5 MIPS at 10 MHz	1981
MOS Technology 6502	2.522 MIPS at 5.865 MHz	1981
Intel 80286	1.28 MIPS at 12 MHz	1982
Motorola 68000	2.188 MIPS at 12.5 MHz	1982
Motorola 68010	2.407 MIPS at 12.5 MHz	1982
NEC V20	4 MIPS at 8 MHz	
LINKS-1 Computer Graphics System (257-processor)	642.5 MIPS at 10 MHz	1982
Texas Instruments TMS32010	5 MIPS at 20 MHz	1983
NEC V30	5 MIPS at 10 MHz	
Motorola 68010	3.209 MIPS at 16.67 MHz	1984
Motorola 68020	4.848 MIPS at 16 MHz	1984
Hitachi HD63705	2 MIPS at 2 MHz	1985
Intel i386DX	2.15 MIPS at 16 MHz	1985
Hitachi-Motorola 68HC000	3.5 MIPS at 20 MHz	1985
Intel 8751	1 MIPS at 12 MHz	1985
Sega System 16 (4-processor)	16.33 MIPS at 10 MHz	1985
ARM2	4 MIPS at 8 MHz	1986
Texas Instruments TMS34010	6 MIPS at 50 MHz	1986
NEC V70	6.6 MIPS at 20 MHz	1987
Motorola 68030	9 MIPS at 25 MHz	1987
Gmicro/200	10 MIPS at 20 MHz	1987
Texas Instruments TMS320C20	12.5 MIPS at 25 MHz	1987
Analog Devices ADSP-2100	12.5 MIPS at 12.5 MHz	1987
Texas Instruments TMS320C25	25 MIPS at 50 MHz	1987
Motorola 68020	10 MIPS at 33 MHz	1988
Motorola 68030	18 MIPS at 50 MHz	1988
Namco System 21 (10-processor)	73.927 MIPS at 25 MHz	1988
Intel i386DX	4.3 MIPS at 33 MHz	1989
Intel i486DX	8.7 MIPS at 25 MHz	1989

Processor / System	MIPS	Year
NEC V80	16.5 MIPS at 33 MHz	1989
Intel i860	25 MIPS at 25 MHz	1989
Atari Hard Drivin' (7-processor)	33.573 MIPS at 50 MHz	1989
NEC SX-3 (4-processor)	680 MIPS at 400 MHz	1989
ARM3	12 MIPS at 25 MHz	1989
Motorola 68040	44 MIPS at 40 MHz	1990
Namco System 21 (Galaxian^3) (96-processor)	1,660.386 MIPS at 40 MHz	1990
AMD Am386	9 MIPS at 40 MHz	1991
Intel i486DX	11.1 MIPS at 33 MHz	1991
Intel i860	50 MIPS at 50 MHz	1991
Intel i486DX2	25.6 MIPS at 66 MHz	1992
Alpha 21064	86 MIPS at 150 MHz	1992
Alpha 21064	135 MIPS at 200 MHz	1993
MIPS R4400	85 MIPS at 150 MHz	1993
Gmicro/500	132 MIPS at 66 MHz	1993
IBM-Motorola PowerPC 601	157.7 MIPS at 80 MHz	1993
SGI Onyx RealityEngine2 (36-processor)	2,640 MIPS at 150 MHz	1993
Namco Magic Edge Hornet Simulator (36-processor)	2,880 MIPS at 150 MHz	1993
ARM7	40 MIPS at 45 MHz	1994
Intel DX4	70 MIPS at 100 MHz	1994
Motorola 68060	110 MIPS at 75 MHz	1994
Intel Pentium	188 MIPS at 100 MHz	1994
Microchip PIC16F	5 MIPS at 20 MHz	1995
IBM-Motorola PowerPC 603e	188 MIPS at 133 MHz	1995
ARM 7500FE	35.9 MIPS at 40 MHz	1996
IBM-Motorola PowerPC 603ev	423 MIPS at 300 MHz	1996
Intel Pentium Pro	541 MIPS at 200 MHz	1996
Hitachi SH-4	360 MIPS at 200 MHz	1997
IBM-Motorola PowerPC 750	525 MIPS at 233 MHz	1997
Zilog eZ80	80 MIPS at 50 MHz	1999

Multithreading e CPUs Multicores

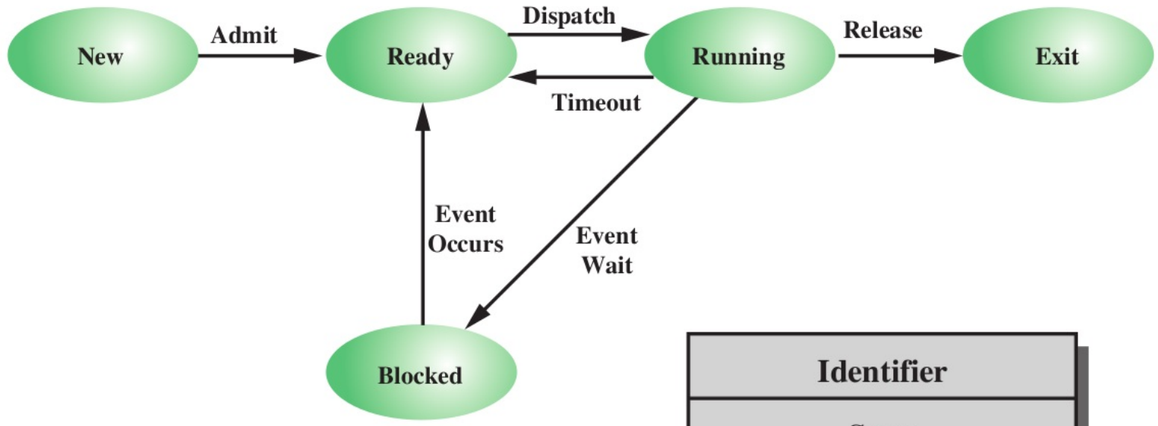
Processor / System	MIPS	Year
Intel Pentium III	2,054 MIPS at 600 MHz	1999
Sega Naomi Multiboard (32-processor)	6,400 MIPS at 200 MHz	1999
Freescale MPC8272	760 MIPS at 400 MHz	2000
AMD Athlon	3,561 MIPS at 1.2 GHz	2000
Silicon Recognition ZISC 78	8,600 MIPS at 33 MHz	2000
ARM11	515 MIPS at 412 MHz	2002
AMD Athlon XP 2500+	7,527 MIPS at 1.83 GHz	2003
Pentium 4 Extreme Edition	9,726 MIPS at 3.2 GHz	2003
Microchip PIC10F	1 MIPS at 4 MHz	2004
ARM Cortex-M3	125 MIPS at 100 MHz	2004
Nios II	190 MIPS at 165 MHz	2004
MIPS32 4KEc	356 MIPS at 233 MHz	2004
VIA C7	1,799 MIPS at 1.3 GHz	2005
ARM Cortex-A8	2,000 MIPS at 1.0 GHz	2005
AMD Athlon FX-57	12,000 MIPS at 2.8 GHz	2005
AMD Athlon 64 3800+ X2 (2-core)	14,564 MIPS at 2.0 GHz	2005
PowerPC G4 MPC7448	3,910 MIPS at 1.7 GHz	2005
ARM Cortex-R4	450 MIPS at 270 MHz	2006
MIPS32 24K	604 MIPS at 400 MHz	2006
PS3 Cell BE (PPE only)	10,240 MIPS at 3.2 GHz	2006
IBM Xenon CPU (3-core)	19,200 MIPS at 3.2 GHz	2005
AMD Athlon FX-60 (2-core)	18,938 MIPS at 2.6 GHz	2006
Intel Core 2 Extreme X6800 (2-core)	27,079 MIPS at 2.93 GHz	2006
Intel Core 2 Extreme QX6700 (4-core)	49,161 MIPS at 2.66 GHz	2006
MIPS64 20Kc	1,370 MIPS at 600 MHz	2007
P.A. Semi PA6T-1682M	8,800 MIPS at 1.8 GHz	2007
Qualcomm Scorpion (Cortex A8-like)	2,100 MIPS at 1 GHz	2008
Intel Atom N270	3,846 MIPS at 1.6 GHz	2008
Intel Core 2 Extreme QX9770 (4-core)	59,455 MIPS at 3.2 GHz	2008
Intel Core i7 920 (4-core)	82,300 MIPS at 2.93 GHz	2008

Processor / System	MIPS	Year
ARM Cortex-M0	45 MIPS at 50 MHz	2009
ARM Cortex-A9 (2-core)	7,500 MIPS at 1.5 GHz	2009
AMD Phenom II X4 940 Black Edition	42,820 MIPS at 3.0 GHz	2009
AMD Phenom II X6 1100T	78,440 MIPS at 3.3 GHz	2010
Intel Core i7 Extreme Edition 980X (6-core)	147,600 MIPS at 3.33 GHz	2010
ARM Cortex A5	1,256 MIPS at 800 MHz	2011
ARM Cortex A7	2,850 MIPS at 1.5 GHz	2011
Qualcomm Krait (Cortex A15-like, 2-core)	9,900 MIPS at 1.5 GHz	2011
AMD E-350 (2-core)	10,000 MIPS at 1.6 GHz	2011
Nvidia Tegra 3 (Quad core Cortex-A9)	13,800 MIPS at 1.5 GHz	2011
Samsung Exynos 5250 (Cortex-A15-like 2-core)	14,000 MIPS at 2.0 GHz	2011
Intel Core i5-2500K (4-core)	83,000 MIPS at 3.3 GHz	2011
Intel Core i7 875K	92,100 MIPS at 2.93 GHz	2011
AMD FX-8150 (8-core)	90,749 MIPS at 3.6 GHz	2011
Intel Core i7 2600K	117,160 MIPS at 3.4 GHz	2011
Intel Core i7-3960X	176,170 MIPS at 3.3 GHz	2011
AMD FX-8350	97,125 MIPS at 4.2 GHz	2012
AMD FX-9590	115,625 MIPS at 5.0 GHz	2012
Intel Core i7 3770K	106,924 MIPS at 3.9 GHz	2012
Intel Core i7 4770K	133,740 MIPS at 3.9 GHz	2013
Intel Core i7 5960X	298,190 MIPS at 3.5 GHz	2014
Raspberry Pi 2	4,744 MIPS at 1.0 GHz	2014
Intel Core i7 6950X	320,440 MIPS at 3.5 GHz	2016
ARM Cortex A73 (4-core)	71,120 MIPS at 2.8 GHz	2016
AMD Ryzen 7 1800X	304,510 MIPS at 3.7 GHz	2017
Intel Core i7-8086K	221,720 MIPS at 5.0 GHz	2018
Intel Core i9-9900K	412,090 MIPS at 4.7 GHz	2018
AMD Ryzen 9 3950X	749,070 MIPS at 4.6 GHz	2019
AMD Ryzen Threadripper 3990X	2,356,230 MIPS at 4.35 GHz	2020

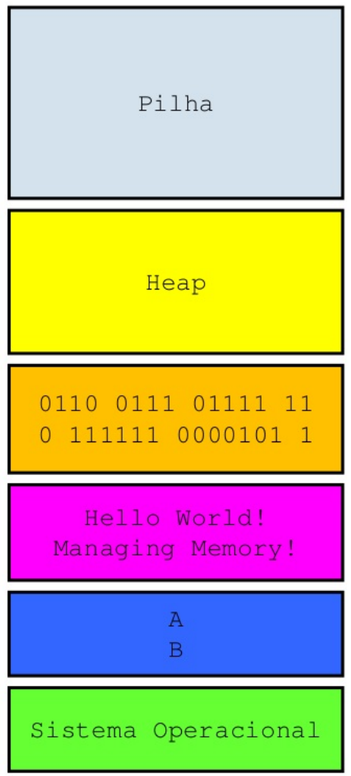
O que são processos?

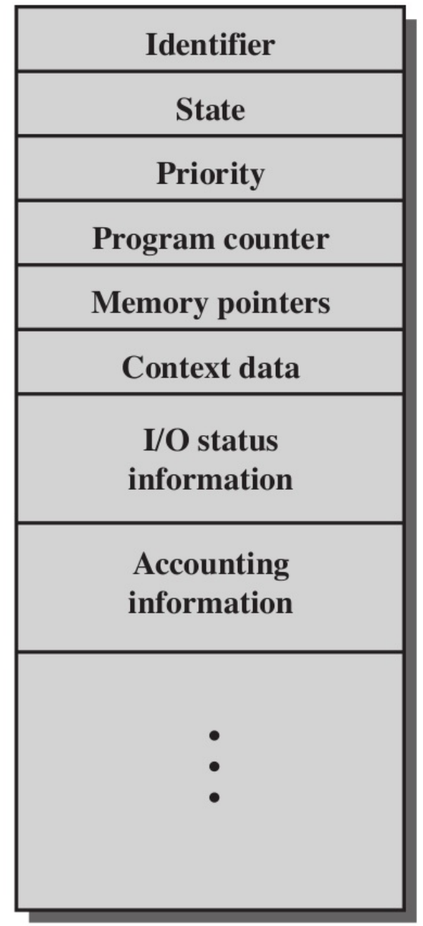
Processo:

- **é um programa em execução, uma instância de um programa executando no computador**
- **pode ter a posse/controle de recursos do computador (registradores, memória, descritores, I/O, etc...)**
- **pode estar em diversos estados**
- **o SO mantém um "bloco de controle de processo" (PCB) para CADA processo**

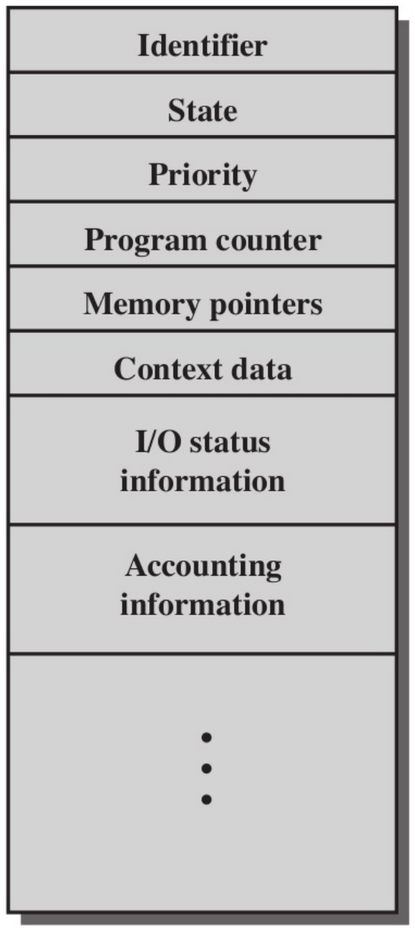


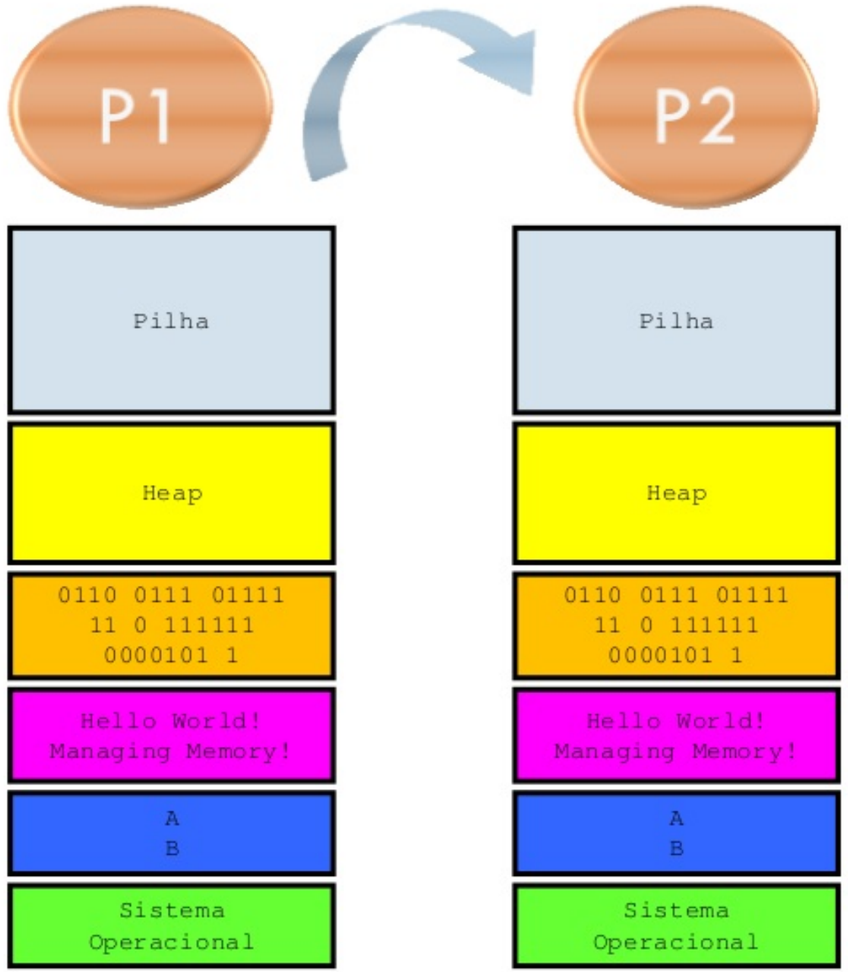
- Processo em memória:
  - **Pilha**:
    - Memória para alocação:
      - Dados de variáveis locais a sub-rotinas
      - Dados do endereço de retorno de uma sub-rotina.
  - **Heap**:
    - Memória para alocação sob-demanda durante a execução
      - Alocação dinâmica
  - **Código Objeto:**
    - Contém as instruções binárias do código executável do processo.
  - **Dados**:
    - Espaço para as variáveis do processo, declaradas como globais no programa.
  - Área do usuário vs. área do sistema.

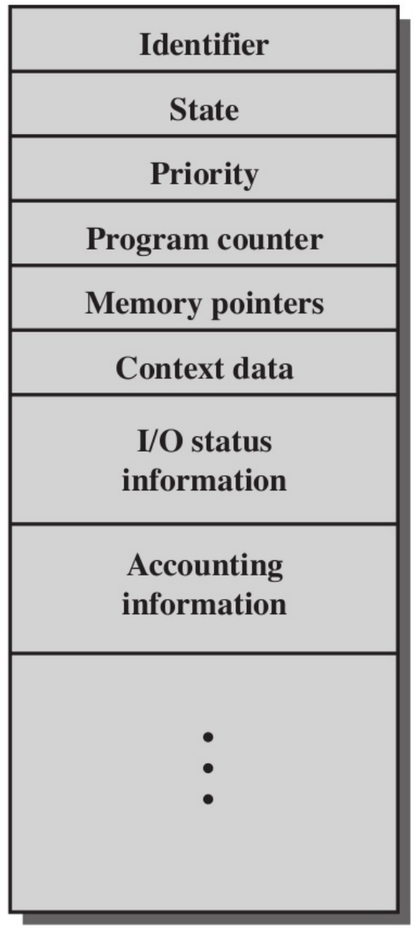




Troca de processos é custosa!



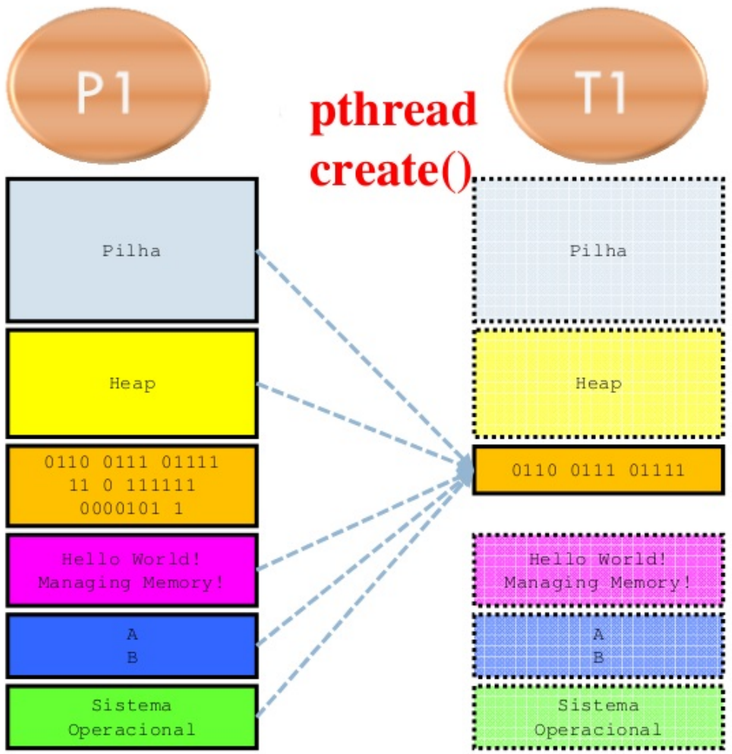




O que são threads?

Thread:

- **é uma unidade de trabalho dentro de um processo (seqüência independente de comandos do progama)**
- **compartilham recursos do processo**
- **idéia básica: associar mais de um fluxo de execução a um mesmo processo - paralelismo!**
- **o PCB passa a armazenar a lista de threads do processo**

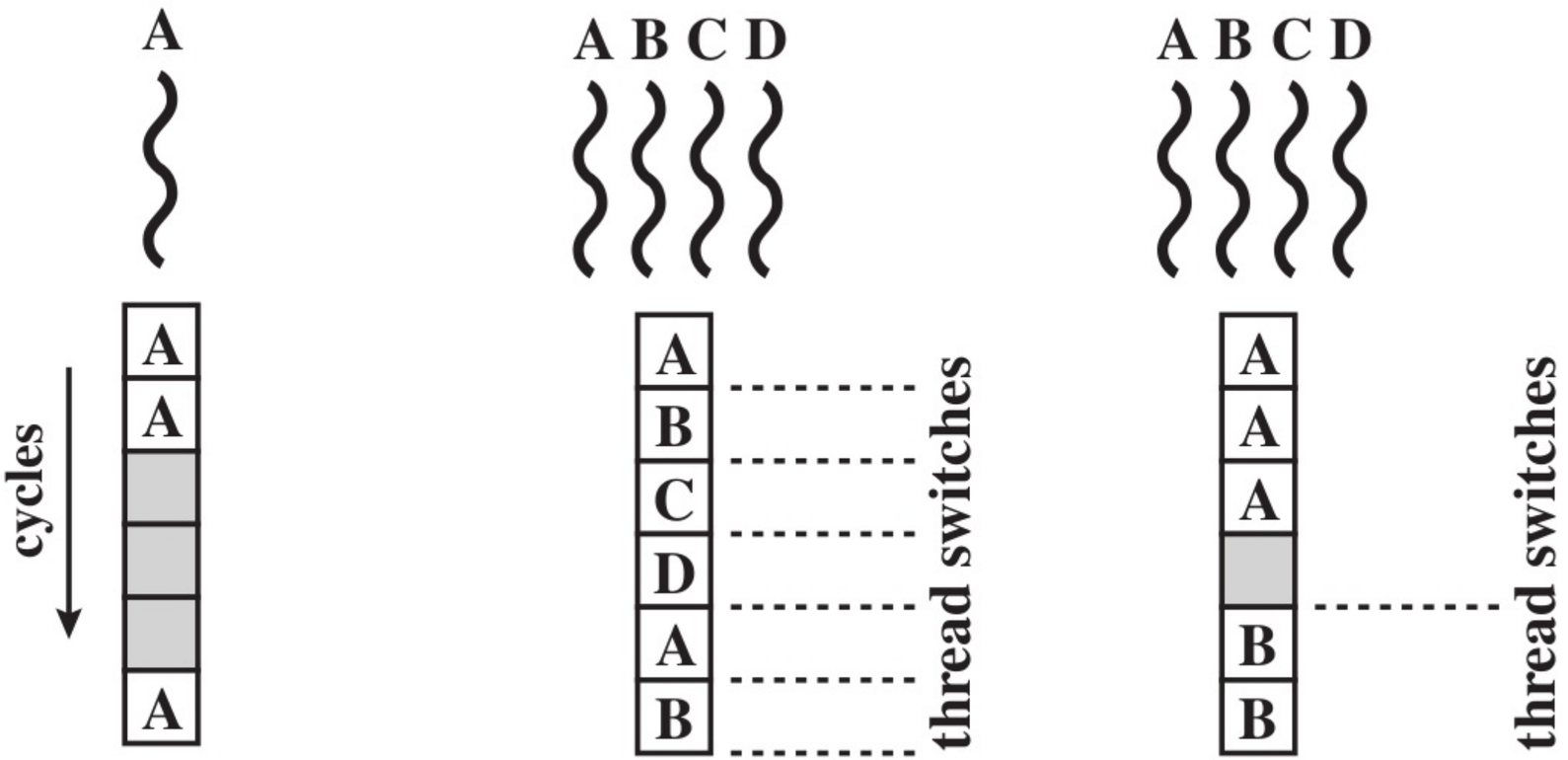


- **são "leves"**
- **troca de threads é rápida**
- **se a CPU suportar, mais de uma thread pode executar ao mesmo tempo!**

Multithreading: abordagens

- Escalar sem multithreading

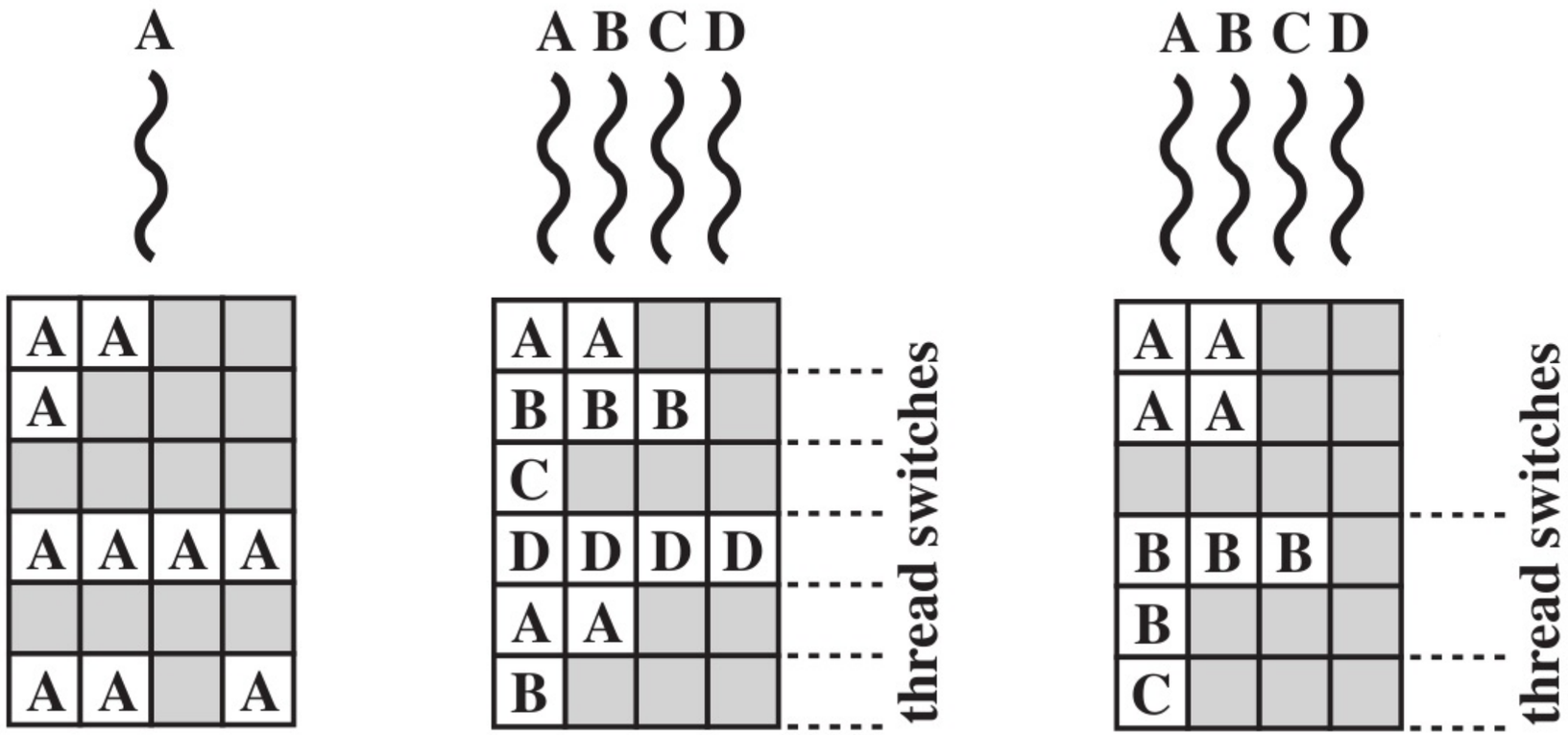
- Multithreading escalar:
  - intercalado
  - bloqueado



Multithreading: abordagens

- Superescalar sem multithreading:

- Multithreading superescalar:
  - intercalado
  - bloqueado



Multithreading: abordagens

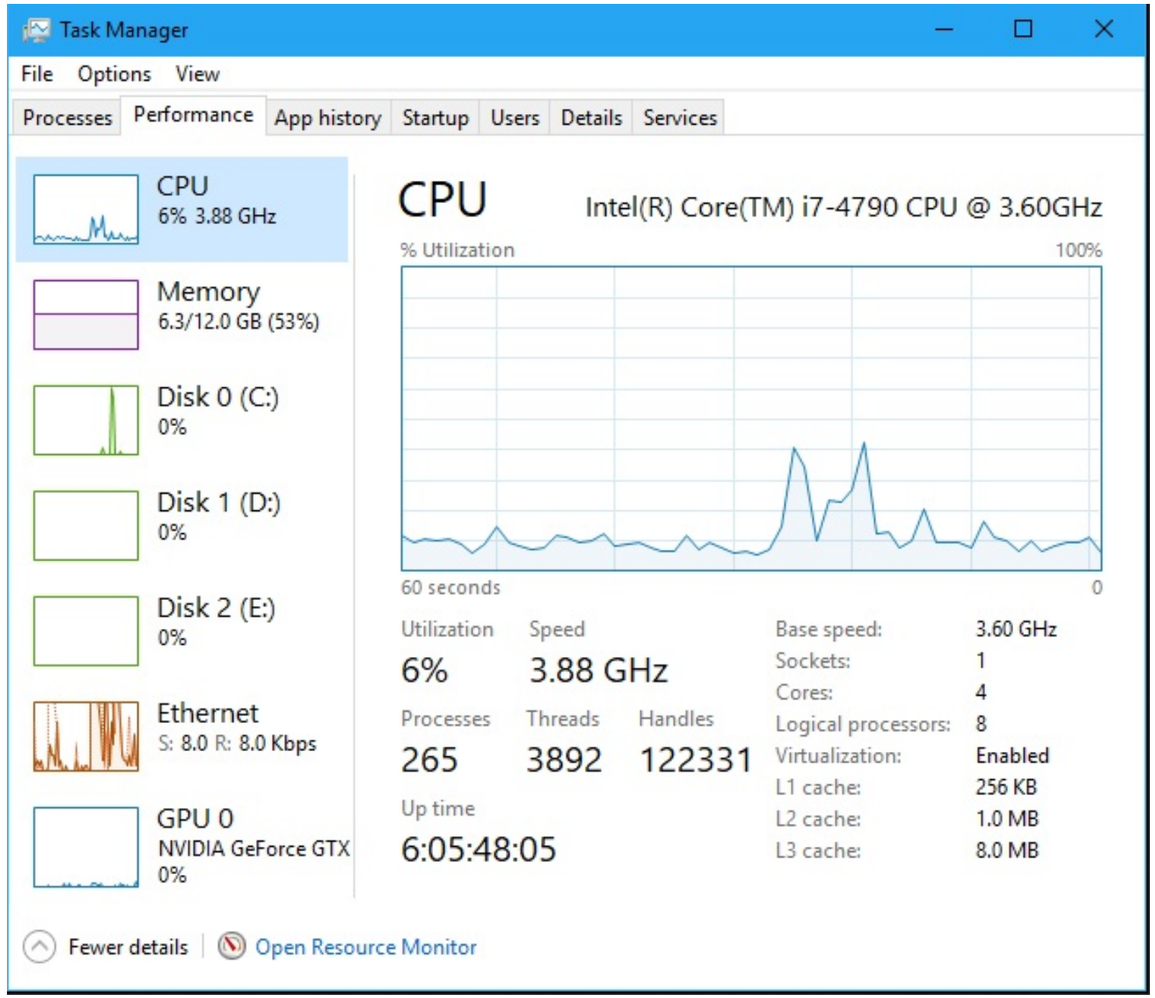
- **Multithreading simultâneo (SMT)**

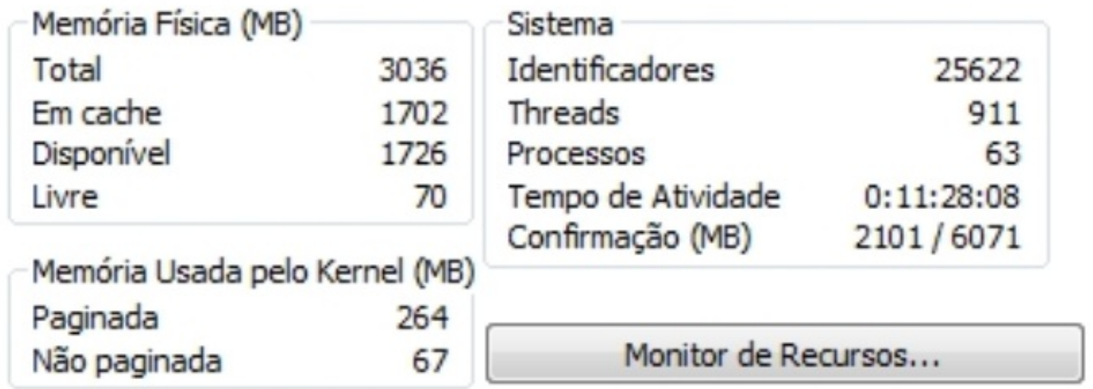
- **Multicores**

A	A	A	A	B	B	B	C
D	D	D	A	A	A	B	D
D	D	D	A	A	A	B	C
B	D	A	A	A	A	B	B
C	D	D	A	A	A	A	A
A	B	B	D	D	D	D	D

A	A	B	B	C			
A		B	B			D	D
		B				D	
A	A			C		D	D
		B	B	C	C	D	D
A	A	B		C	C	D	

"Visualização" de threads





"Visualização" de threads

abrantesasf@abrantes-pc: ~

File Edit View Search Terminal Help

```
top - 16:41:30 up  3:59,  1 user,  load average: 0,50, 0,49, 0,44
Threads: 1801 total,   1 running, 1800 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s):  1,9 us,  1,2 sy,  0,0 ni, 96,9 id,  0,0 wa,  0,0 hi,  0,1 si,  0,0 st
MiB Mem :  64218,5 total,  54329,4 free,   4988,6 used,   4900,5 buff/cache
MiB Swap:   8789,0 total,   8789,0 free,      0,0 used.  58337,8 avail Mem

    PID USER      PR  NI    VIRT    RES    SHR S  %CPU  %MEM     TIME+ COMMAND
   4331 root      20   0 7054536 220696 181528 S   2,6   0,3   5:25.34 Xorg
   4984 abrante+  -6   0 5678084  23888  18464 S   2,3   0,0   8:08.41 alsa-sink-CA013
  26897 abrante+  20   0 2636744 164172 107184 S   2,0   0,2   0:03.38 Isolated Web Co
  27150 abrante+  20   0  964952  49944  39392 S   2,0   0,1   0:00.43 mate-terminal
   4704 abrante+  20   0 1618444 186636  97436 S   1,3   0,3   1:42.92 caja
   4711 abrante+  20   0  673644  57816  34248 S   1,3   0,1   1:43.32 wnck-applet
  27255 abrante+  20   0   13820   5892   3252 R   1,3   0,0   0:00.47 top
  26674 abrante+  20   0 2421604 108816  89760 S   1,0   0,2   0:01.39 Isolated Web Co
   2425 root      20   0   81932   3760   3436 S   0,7   0,0   0:01.00 irqbalance
   4350 root      20   0 7054536 220696 181528 S   0,7   0,3   0:24.36 InputThread
   4332 root     -51   0       0      0      0 S   0,7   0,0   1:12.97 irq/50-nvidia
   4684 abrante+  20   0  693828  40420  28424 S   0,7   0,1   1:31.19 marco
   5148 abrante+  20   0 4959852 800300 297388 S   0,7   1,2   1:10.77 GLXVsyncThread
   5168 abrante+  20   0 4959852 800300 297388 S   0,7   1,2   1:25.29 IPDL Background
  26678 abrante+  20   0 2421604 108816  89760 S   0,7   0,2   0:00.62 IPC I/O Child
   4699 abrante+  20   0 1639860  54576  35316 S   0,3   0,1   0:05.18 mate-panel
   5123 abrante+  20   0 4959852 800300 297388 S   0,3   1,2   2:50.72 IPC I/O Parent
   6641 abrante+  20   0 3125580 653724 108720 S   0,3   1,0   8:43.06 Isolated Web Co
   8530 abrante+  20   0 2477040 135448  95140 S   0,3   0,2   0:10.47 Isolated Web Co
   8621 abrante+  20   0 2649284 155820 106972 S   0,3   0,2   1:05.41 Isolated Web Co
  26432 abrante+  20   0 2477704 147748  96368 S   0,3   0,2   0:02.17 Isolated Web Co
  26999 abrante+  20   0 2410364  94576  80652 S   0,3   0,1   0:00.21 Isolated Web Co
      1 root      20   0  168180  12000   8256 S   0,0   0,0   0:02.44 systemd
      2 root      20   0       0      0      0 S   0,0   0,0   0:00.04 kthreadd
      3 root       0 -20       0      0      0 I   0,0   0,0   0:00.00 rcu_gp
      4 root       0 -20       0      0      0 I   0,0   0,0   0:00.00 rcu_par_gp
      6 root       0 -20       0      0      0 I   0,0   0,0   0:00.00 kworker/0:0H-kblockd
      9 root       0 -20       0      0      0 I   0,0   0,0   0:00.00 mm_percpu_wq
     10 root      20   0       0      0      0 S   0,0   0,0   0:00.34 ksoftirqd/0
     11 root      20   0       0      0      0 I   0,0   0,0   0:09.27 rcu_sched
     12 root      rt   0       0      0      0 S   0,0   0,0   0:00.04 migration/0
     13 root     -51   0       0      0      0 S   0,0   0,0   0:00.00 idle_inject/0
     14 root      20   0       0      0      0 S   0,0   0,0   0:00.00 cpuhp/0
     15 root      20   0       0      0      0 S   0,0   0,0   0:00.00 cpuhp/1
```

Referência e Leitura Adicional

Capítulo 17: Processamento Paralelo

- **17.4 Multithreading e chips multiprocessadores**

- **17.7 Computação em nuvem**