

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

EP1 - MAC0422

João Gabriel e Juliano Garcia

Instituto de Matemática e Estatística - USP

Overview

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

1 Shell

2 Simulador de processos

- Shortest job first
- Round Robin
- Escalonamento com prioridade

3 Gráficos

- Máquina A
- Máquina B

4 Extras

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

Shell

Estruturas de dados utilizadas

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

- Buffer de caracteres (buffer.h): Para ler a linha de comando
- Módulo de erros (error.h): Para tratar erros gerados por funções de bibliotecas externas
- pid_t (sys/types.h): Estrutura padrão do "sys/types" para armazenar PID de processos

Decisões de projeto

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

- A shell obtém o PATH do sistema, assim ela pode executar programas sem que seja especificado todo o caminho, desde a pasta root
- Além dos comandos "chown" e "date" há um terceiro comando implementado por nós: o "exit". Ele termina a execução da shell, desalocando todas as estruturas alocadas por ela
- Para executar outros comandos, o programa executa um "fork", criando assim um processo filho, e utiliza "execvp" no processo filho para executar o programa solicitado e "waitpid" no processo pai (a shell) para que ela espere o filho acabar de executar

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

**Simulador de
processos**

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

Simulador de processos

Estruturas de dados

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

- Fila de prioridade (minPQ.h): Para ordenar os processos no SJF
- Fila (queue.h): Para a fila de processos no Round Robin e no escalonador com prioridade
- Pilha (stack.h): Para guardar os processos que ainda não chegaram
- Process (process.h): Para armazenar todas as informações sobre um processo
- Timer (time.h): Para cronometrar os tempos

Threads

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

- Todos os escalonadores são multithreaded
- A quantidade de processos simulados paralelamente é a quantidade de CPUs da máquina que está rodando o programa
- Usamos mutexes para as seções críticas de cada thread e do próprio escalonador
- Variáveis de condição: A thread do escalonador é bloqueada até que receba um sinal de algum processo que terminou o seu "turno"
- Para simular as CPUs, implementamos uma lista, onde cada posição representa uma CPU. A posição é marcada com 1 se a CPU está sendo usada, ou 0 caso contrário

Loop do escalonador

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

- Pilha de processos a serem executados
- Processos que chegam são inseridos na fila de prioridade, ordenados por dt
- A medida que há CPUs livres, processos são colocados para rodar paralelamente
- Escalonador não prossegue a execução enquanto não houver CPU livre
- Tirando a principal (escalonador), temos X threads para os processos, onde X é a quantidade de CPUs da máquina que roda um processo

Visualização

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

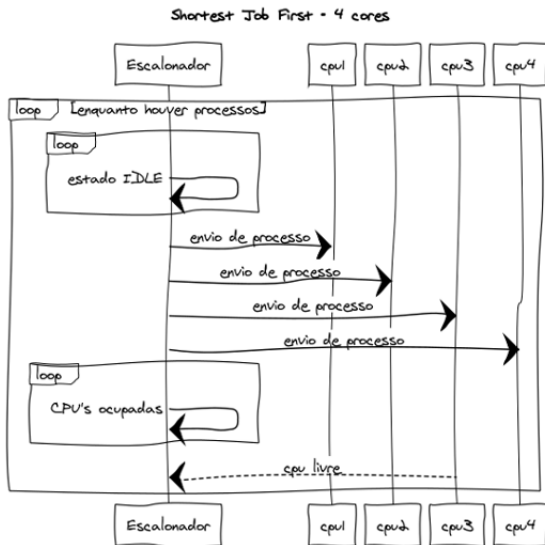
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras



Estatísticas sobre cumprimento das deadlines

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

Cores	Arquivo	Média	Variância	IC
32	Pequeno	100	0	[100, 100]
	Médio	100	0	[100, 100]
	Grande	100	0	[100, 100]
4	Pequeno	98.57	33.08	[93.43, 100]
	Médio	90.35	47.93	[87.77, 92.93]
	Grande	53.55	129.92	[49.30, 57.80]

Estatísticas sobre mudanças de contexto

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

Cores	Arquivo	Média	Variância	IC
32	Pequeno	0	0	[0, 0]
	Médio	0	0	[0, 0]
	Grande	0	0	[0, 0]
4	Pequeno	0	0	[0, 0]
	Médio	0	0	[0, 0]
	Grande	0	0	[0, 0]

Loop do escalonador

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

- Pilha de processos
- Processos que chegam são adicionados em uma fila e é criado uma thread para cada processo
- Se algum processo terminou de rodar, o escalonador o coloca de volta na fila
- Se tem alguma CPU livre, e há processos na fila, o escalonador os coloca para rodar nas CPUs livres e os retira da fila
- Depois de rodar por no máximo 1s, o processo sinaliza que acabou para o escalonador por meio de semáforos, e o escalonador volta para o começo do loop

Visualização

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

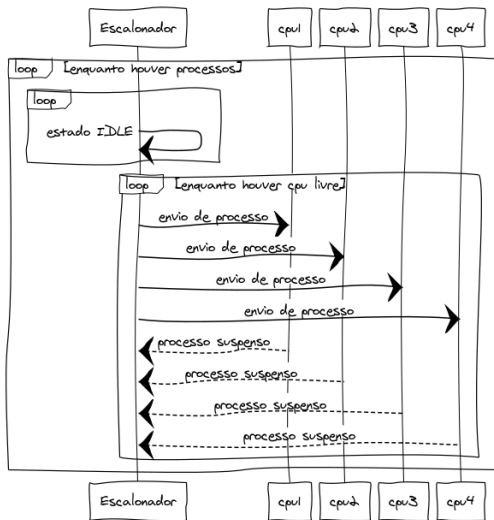
Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

Round Robin - 4 cores



Estatísticas sobre cumprimento das deadlines

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

Cores	Arquivo	Média	Variância	IC
32	Pequeno	99.52	6.81	[98.55, 100]
	Médio	100	0	[100, 100]
	Grande	99.93	0.15	[99.78, 100]
4	Pequeno	98.57	19.01	[96.95, 100]
	Médio	62.81	257.77	[56.82, 68.79]
	Grande	2.34	13.84	[0.95, 3.73]

Estatísticas sobre mudanças de contexto

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

Cores	Arquivo	Média	Variância	IC
32	Pequeno	25.8	55.48	[23.02, 28.58]
	Médio	288.30	16380.15	[240.59, 336.01]
	Grande	600.03	58940.38	[509.52, 690.54]
4	Pequeno	25.8	55.48	[23.02, 28.58]
	Médio	288.30	16380.15	[240.59, 336.01]
	Grande	600.03	58940.38	[509.52, 690.54]

Loop do escalonador

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

- Pilha de processos
- Processos que chegam são adicionados em uma fila, é criada uma thread para cada processo e é calculada sua prioridade
- Se algum processo terminou de rodar, o escalonador ou o coloca de volta na fila, se ele precisar rodar mais, ou não coloca, caso contrário
- Se tem alguma CPU livre, e há processos na fila, o escalonador os coloca para rodar nas CPUs livres e os retira da fila
- O número de quanta que o processo irá rodar depende de sua prioridade e das prioridades dos outros processos que estão na fila ou nas CPUs

Loop do escalonador

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

- Depois de rodar por no máximo o seu número de quanta, o processo sinaliza que acabou para o escalonador por meio de semáforos, e o escalonador volta para o começo do loop

Visualização

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

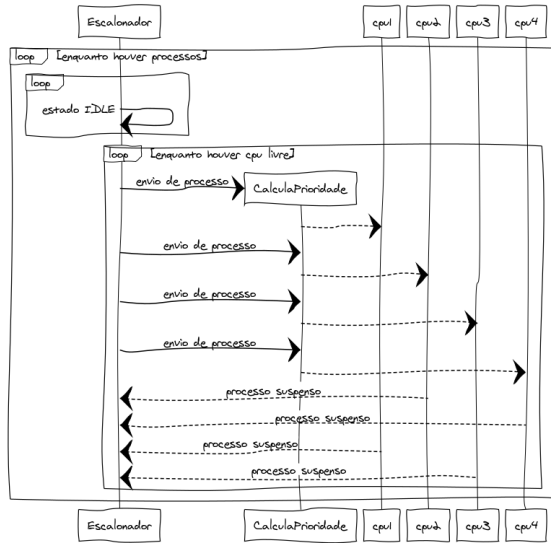
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos
Máquina A
Máquina B

Extras

Escalonamento com Prioridade - 4 cores



Cálculo da prioridade

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

A prioridade de cada processo é definida de acordo com seus t_0 , dt e $deadline$ usando a seguinte fórmula:

$$P(t_0, dt, punc) = a \cdot punc^2 + b \cdot punc + c \cdot dt + d \cdot t_0$$

Onde $punc = deadline - dt$, e os parâmetros são:

$$a = 0.00213475762298$$

$$b = 2.06241892813$$

$$c = 0.21137699282$$

$$d = 0.207715732988$$

Os parâmetros foram aprendidos usando gradiente descendente de acordo com algumas configurações de prioridade que nós estipulamos.

Gráfico da prioridade

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

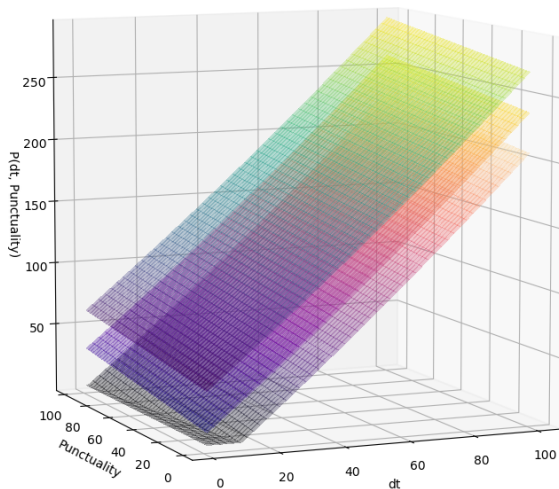
Shortest job first
Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Cálculo do quanta

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

O tempo máximo de execução de um processo é calculado a cada vez que esse processo (com prioridade p) sai da fila, usando a seguinte fórmula:

$$Q(p) = 1 + \min \left\{ 2.25 \cdot \frac{|p - \mu|}{\sigma}, \quad 9 \right\}$$

Onde:

- p : prioridade do processo atual
- μ : média das prioridades dos processos ativos (incluindo os da fila)
- σ : desvio padrão das prioridades dos processos ativos (incluindo os da fila)

Essa fórmula garante que os processos com prioridades parecidas com a média tenham tempos pequenos e limita os tempos para o intervalo $[1, 10]$

Estatísticas sobre cumprimento das deadlines

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

Cores	Arquivo	Média	Variância	IC
32	Pequeno	97.14	47.83	[94.53, 99.72]
	Médio	100	0	[100, 100]
	Grande	99.93	0.15	[99.78, 100]
4	Pequeno	94.76	77.19	[91.49, 98.04]
	Médio	60	348.82	[53.04, 66.96]
	Grande	8.8	14.58	[7.37, 10.22]

Estatísticas sobre mudanças de contexto

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

Cores	Arquivo	Média	Variância	IC
32	Pequeno	8.63	12.03	[7.34, 9.93]
	Médio	118.47	3313.91	[97, 139.93]
	Grande	238.83	9929.94	[201.68, 275.98]
4	Pequeno	8.6	11.14	[7.36, 9.84]
	Médio	103.33	2278.57	[85.54, 121.13]
	Grande	206.63	7557.21	[174.22, 239.04]

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

Gráficos

Gerador de arquivos de trace

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

```
#files  lines  maxt0  maxdt  mindt  maxr  minr
#-----
#small
[[10, 7, 10, 8, 0.5, 2, 0.8], # Tempo folgado...
 [10, 7, 10, 10, 1, 0.2, 0.5], # Bem apertado...
 [10, 7, 10, 5, 2, 0.7, 0.6]],# Razoável...
#medium
[[10, 19, 15, 20, 0.5, 2, 1], # Grande variabilidade no dt.. deadline curta
 [10, 19, 15, 20, 5, 3, 1.5], # Dt's duram mais, porem deadline um pouco melh
 [10, 19, 15, 40, 9, 4, 1]],# dts podem durar MUITO, deadline boa
#long
[[10, 47, 30, 15, 0.5, 3, 0.5], # Grande variabilidade de dt. deadline curta
 [10, 47, 20, 20, 5, 3, 1], # dt's duram mais. deadline continua curta
 [10, 47, 15, 30, 10, 5, 2]]# varios proc. em pouco tempo. dT grande, deadt
```

Máquinas de Teste

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

- Máquina A
Intel(R) Core(TM) i5-4210U CPU @ 1.70GHz (x 4)
6 GB RAM
- Máquina B
Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2670 0 @ 2.60GHz (x 32)
64 GB RAM

Cumprimento de deadlines (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

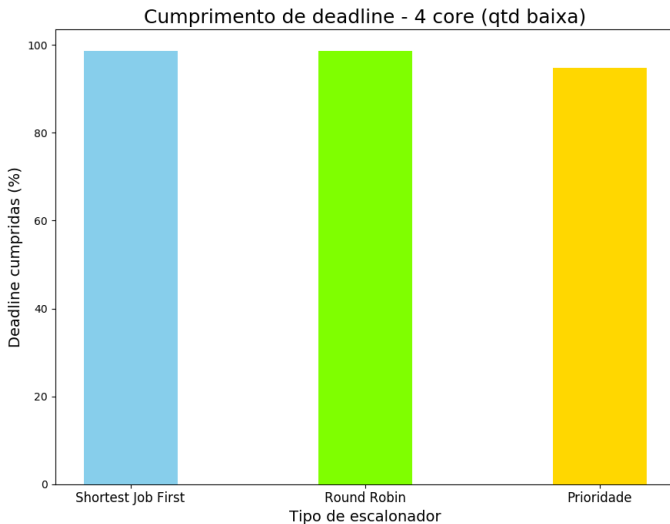
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras



Cumprimento de deadlines (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

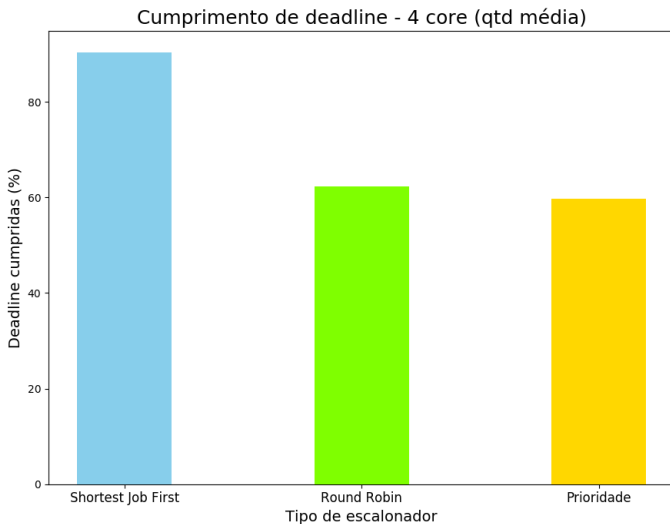
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Cumprimento de deadlines (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

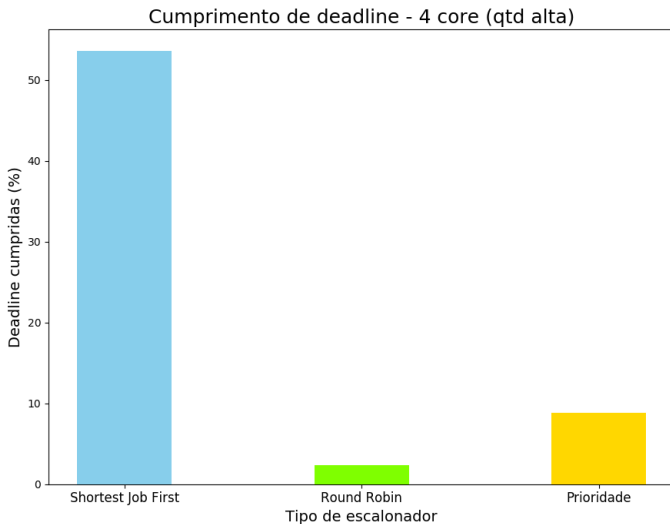
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras



Mudanças de contexto (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

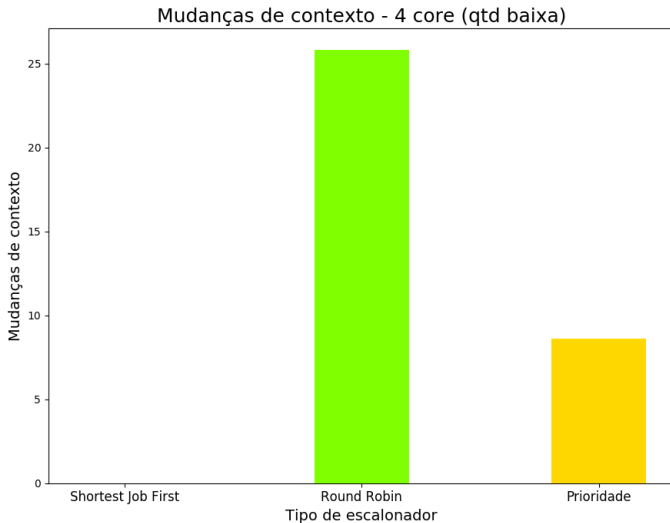
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Mudanças de contexto (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

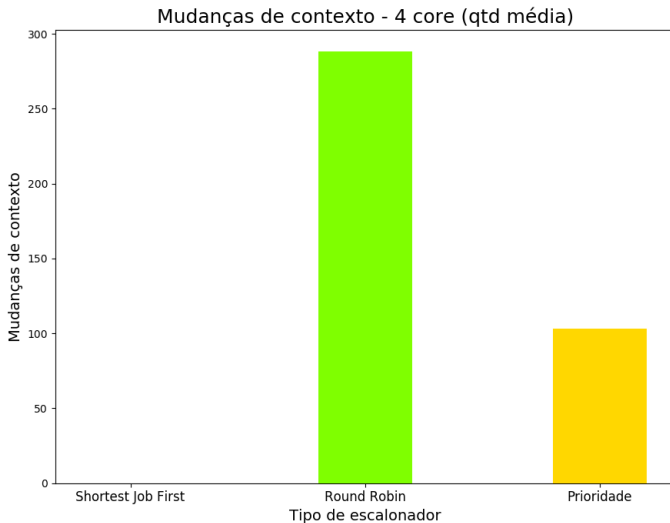
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Mudanças de contexto (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

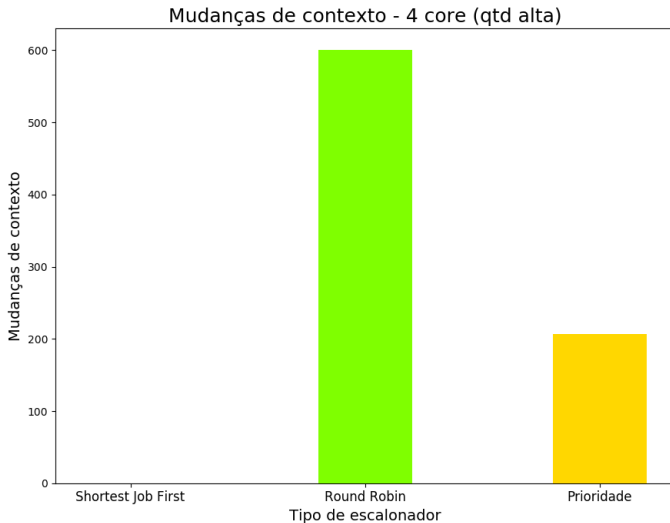
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Cumprimento de deadlines (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

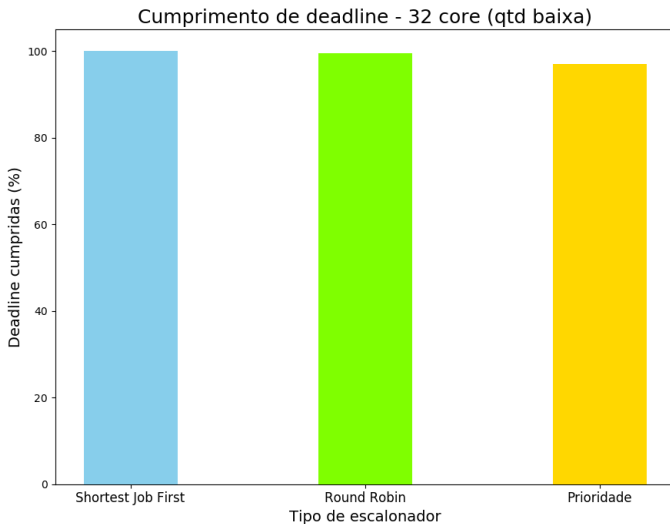
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras



Cumprimento de deadlines (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

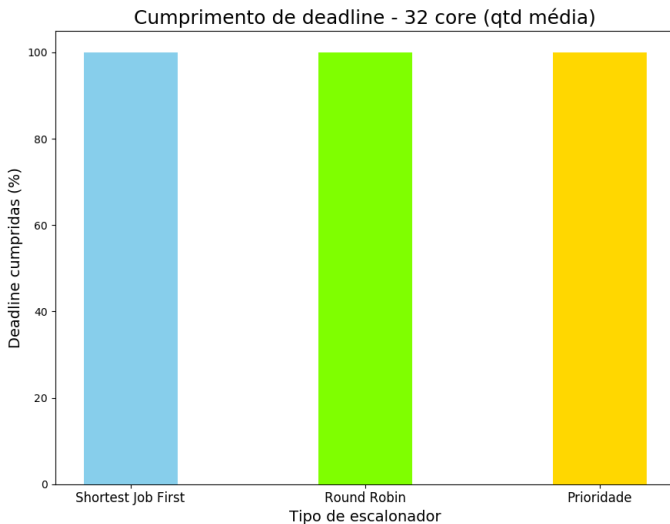
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Cumprimento de deadlines (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

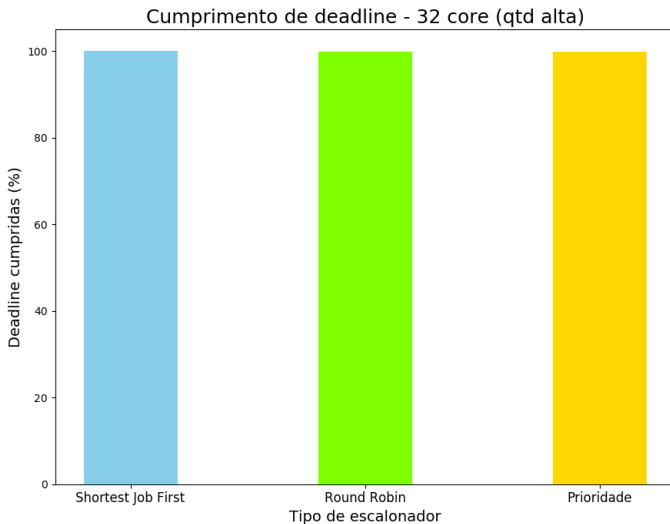
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Mudanças de contexto (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

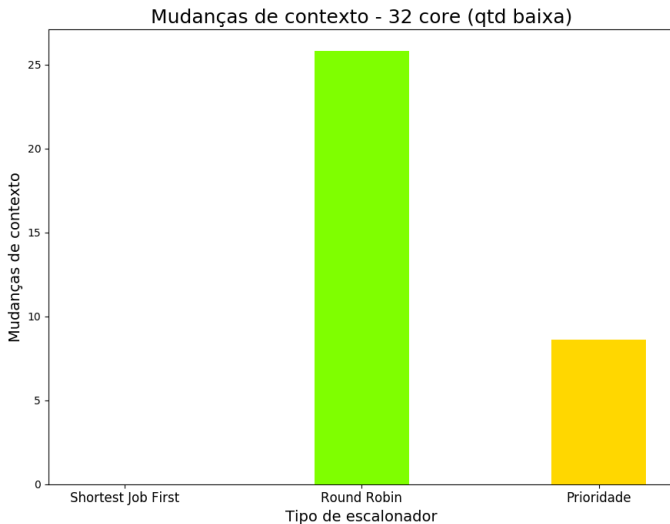
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Mudanças de contexto (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

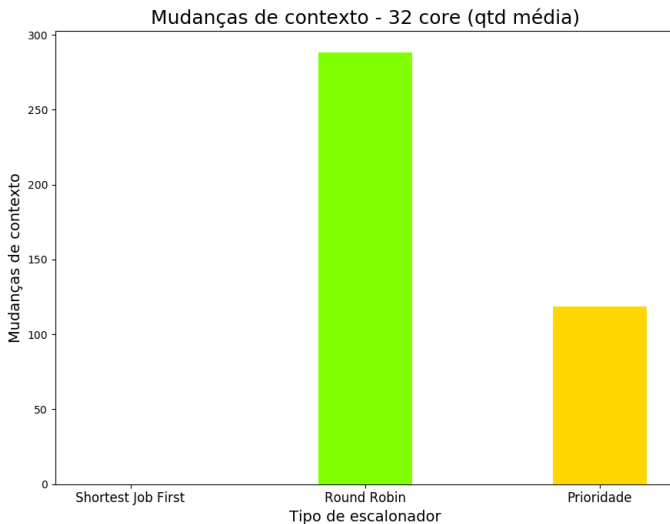
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Mudanças de contexto (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

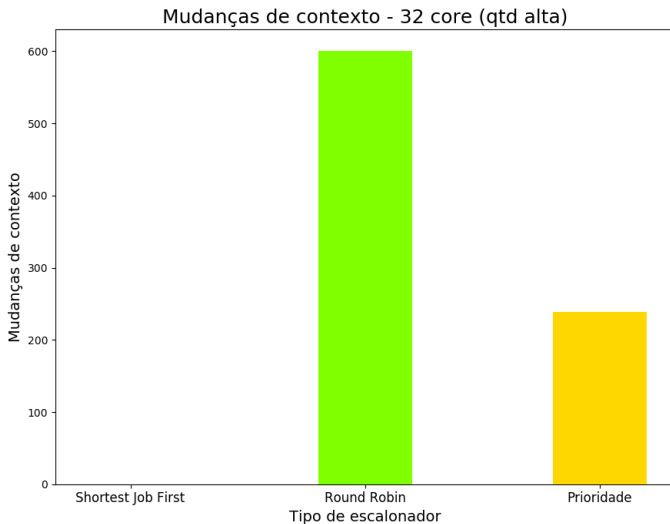
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

Escalaonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras

Extras

Extra: Prioridade alternativa

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

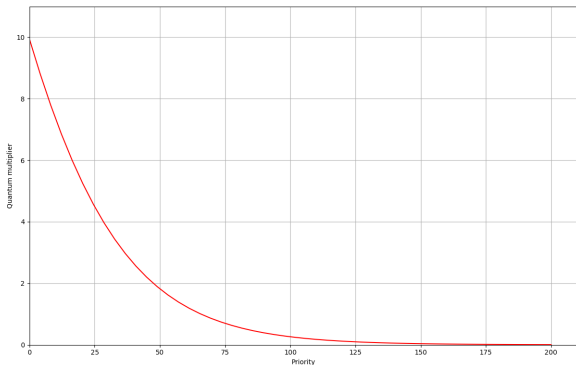
Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

O multiplicador do quantum vai de 1 até 10. Inicialmente, a função que nos dava esse multiplicador era definida por:

$$Qmult(p) = -33 \log_{10} \left(\frac{1}{1 + e^{-\frac{p}{25}}} \right)$$



Extra: Prioridade Alternativa

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras

Porém descartamos esse modelo e utilizamos o explicado anteriormente. Algumas desvantagens que encontramos após rodar os testes:

- O multiplicador do quantum é estático (visando um ambiente interativo supomos que algo dinâmico se encaixava melhor)
- Resultado com poucos processos era muito ruim
- Resultado era bom com vários processos, mas no geral era pior que a outra forma

Extra: Tempo médio de espera (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

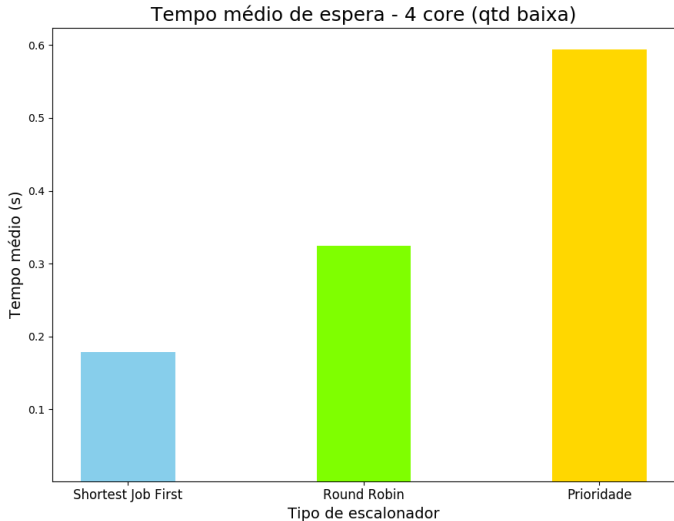
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Extra: Tempo médio de espera (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

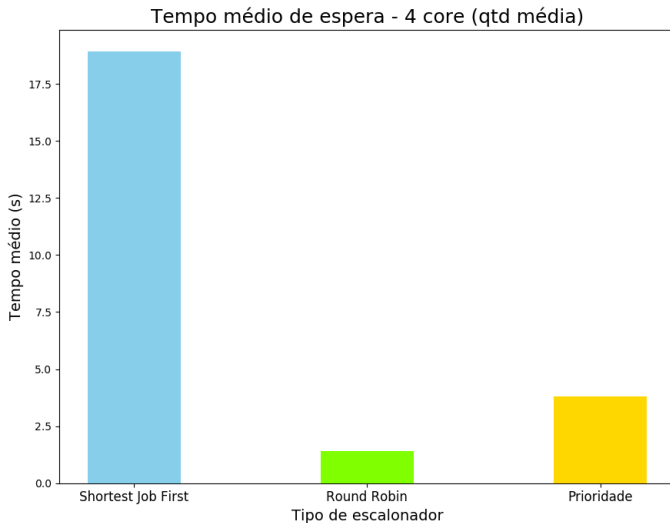
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Extra: Tempo médio de espera (4 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

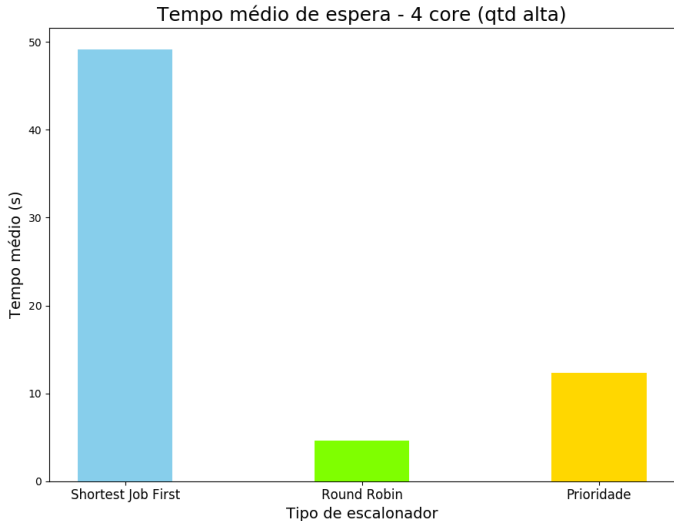
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Extra: Tempo médio de espera (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

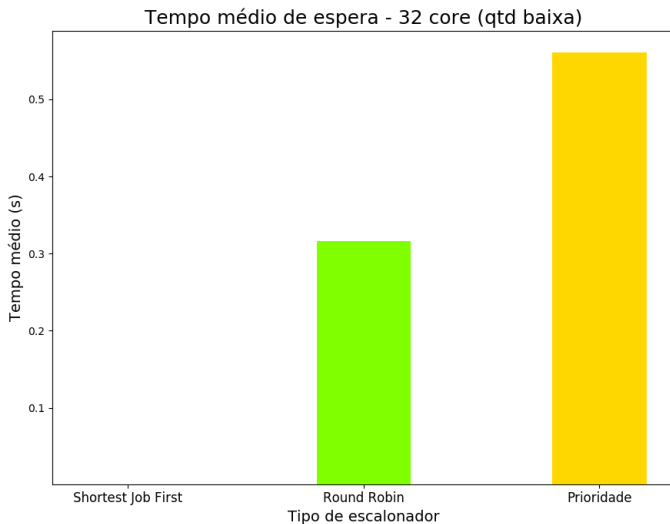
Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Extra: Tempo médio de espera (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

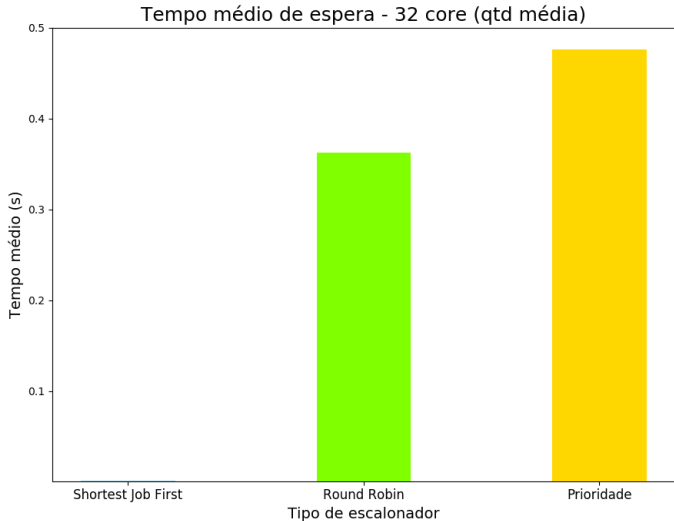
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras



Extra: Tempo médio de espera (32 cores)

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first

Round Robin

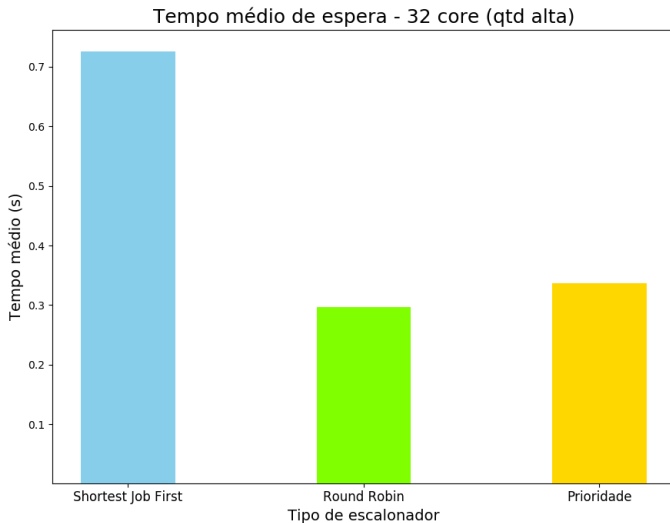
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A

Máquina B

Extras



Bibliografia

EP1

João Gabriel e
Juliano Garcia

Shell

Simulador de
processos

Shortest job first
Round Robin
Escalonamento
com prioridade

Gráficos

Máquina A
Máquina B

Extras



Sedgewick, Robert and Wayne, Kevin
Algorithms, 4th Edition.



Tanenbaum, Andrew S.
Modern Operating Systems, 4th Edition.