



- Escalonador
- Recursos
- Referências

Sistemas Embarcados: (ELF74)

Prof: DaLuz



- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Earliest Deadline First:

- ☐ Prioridade determinada **dinamicamente**, de modo que o serviço com **prazo** mais próximo tenha a **maior** prioridade.
- ☐ Em ambiente **preemptivo**, um serviço **pode** ser interrompido por outro com **prazo** mais próximo.



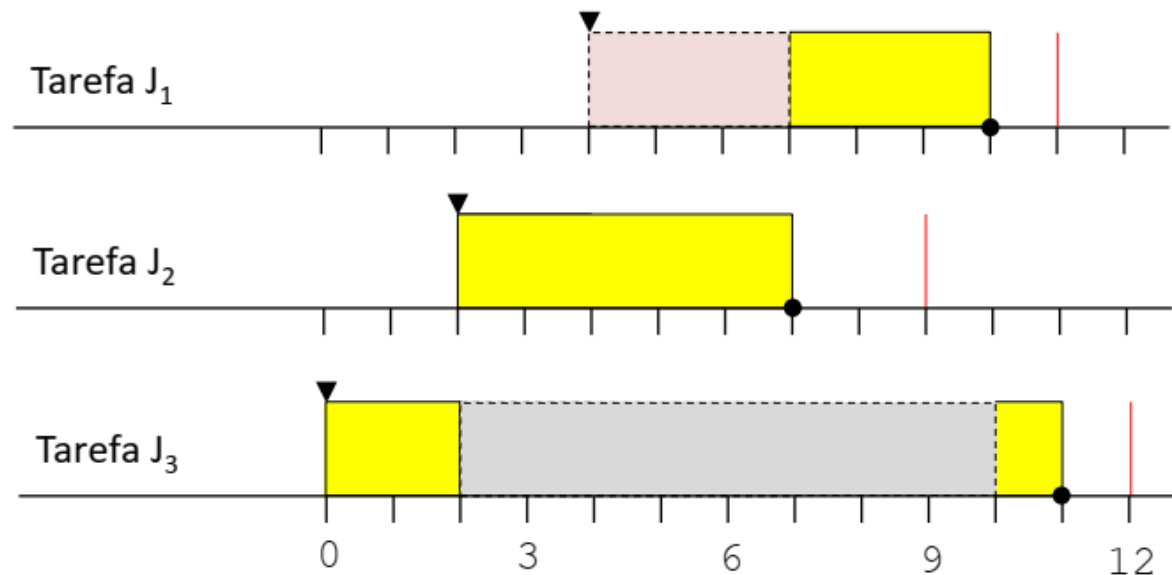
- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Exemplo de EDF:

☐ Ambiente **Preemptivo**:

Diagrama de Gantt:



☐ As tarefas **atendem** seus prazos



- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Desempenho do EDF:

- Escalonamento EDF **não-preemptivo** não é adequado, dada a **interferência** de serviços **longos** com prazos distantes em serviços recém ativados com prazos mais **próximos**, colocando em **risco** a garantia teórica de cumprimentos de todos os prazos.



- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Exercício 1:

- Simule o escalonamento do sistema de tarefas do quadro abaixo com o **SimSO Web**:

Task	Period	Deadline	WCET	Act. Date
J1	3 ms	3 ms	1 ms	0 ms
J2	5 ms	5 ms	1 ms	0 ms
J3	11 ms	11 ms	5 ms	0 ms

- Parâmetros da simulação:

– *General*: *Duration* = 100 ms, *Processors* = 1,

Execution time model = WCET (*worst-case execution time*)

– *Scheduler* = **simso.schedulers.EDF**

Obs: O tempo de execução do pior caso (WCET) de uma tarefa computacional é o tempo máximo que a tarefa pode levar para ser executada em uma plataforma de hardware específica.



- Escalonador

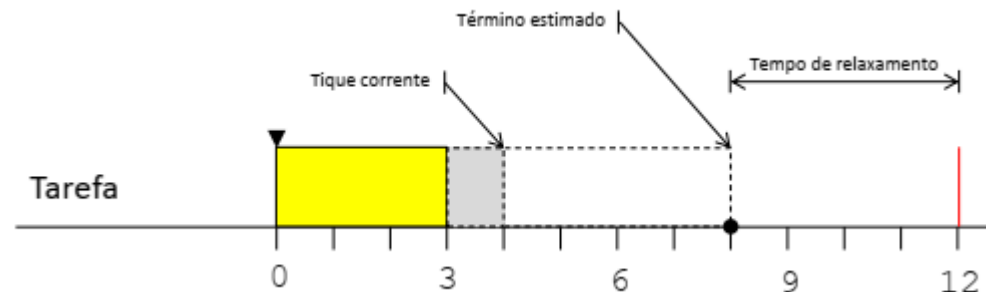
- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Least Laxity First:

- ☞ Prioridade determinada **dinamicamente**, de modo que o serviço com **menor** tempo de relaxamento (*laxity*) tenha a **maior** prioridade.





- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Least Laxity First:

- Quando um serviço **não** está no estado “executando”, sua estimativa de término **aumenta** e o seu tempo de relaxamento **diminui** na mesma proporção.
- Em algum **instante** no futuro o serviço irá se tornar aquele com **maior** prioridade e retornará ao estado “executando”.



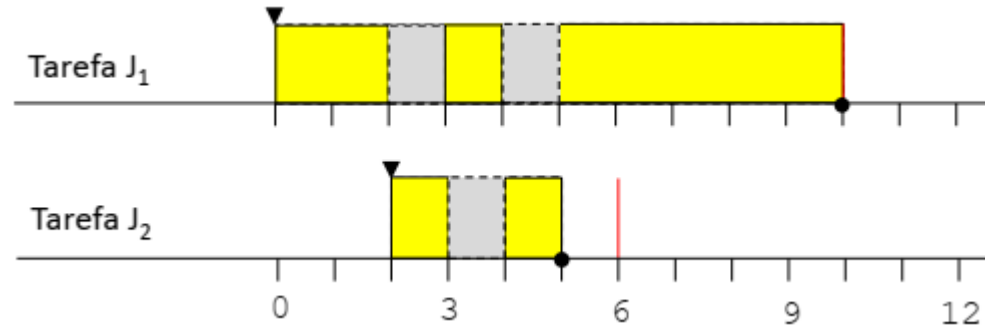
- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Least Laxity First:

- ☐ Ambiente **Preemptivo**, critério de desempate: **FCFS**

Diagrama de Gantt:



- ☐ As **atendem** seus prazos.



- Escalonador
- Recursos
- Referências

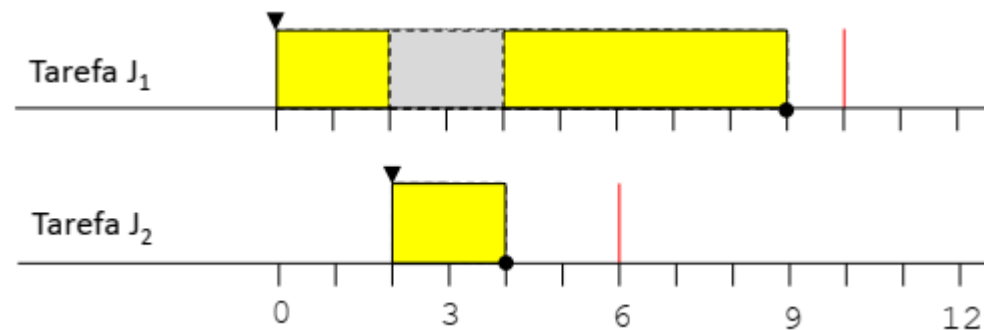
ESCALONAMENTO

Least Laxity First:

☐ Ambiente **Preemptivo**, critério de desempate:

Tarefa Ativa

Diagrama de Gantt:



☐ As **atendem** seus prazos.



- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Desempenho do LLF:

- Escalonamento **LLF não-preemptivo** não é adequado, pelas **mesmas** razões do **EDF**.
- Quando duas ou mais tarefas possuem tempos de relaxamento muito próximos, ocorre um efeito do tipo “pingue-pongue”, causando **alto** número de **preempções** que afetam negativamente o desempenho do **LLF**.



- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Exercício 2:

- Simule o escalonamento do sistema de tarefas do quadro abaixo com o **SimSO Web**:

Task	Period	Deadline	WCET	Act. Date
J1	3 ms	3 ms	1 ms	0 ms
J2	5 ms	5 ms	1 ms	0 ms
J3	11 ms	11 ms	5 ms	0 ms

- Parâmetros da simulação:

– *General: Duration* = 100 ms, *Processors* = 1,

Execution time model = WCET (worst-case execution time)

– *Scheduler* = **simso.schedulers.LLREF***

Obs: O tempo de execução do pior caso (WCET) de uma tarefa computacional é o tempo máximo que a tarefa pode levar para ser executada em uma plataforma de hardware específica.



- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Bloqueios:

- Modelos para análise de escalonamento em geral adotam premissas teóricas bastante **otimistas** quanto ao sistema de tarefas:
 - Periódicas e **independentes**
- Entretanto, na **prática** tarefas **compartilham** recursos e portanto utilizam mecanismos de sincronização e bloqueio:
 - Mutexes, **semáforos**, **filas de mensagens**, etc



- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Bloqueios:

- 📖 Inversão de prioridade (*priority inversion*):
 - Bloqueios causados por tarefas **menos** prioritárias atrasam significativamente a execução de tarefas **mais** prioritárias.

- 📖 Impasse de bloqueio (*deadlock*):
 - Duas (ou mais) tarefas aguardam a liberação de **mutex** que está em posse da outra tarefa.

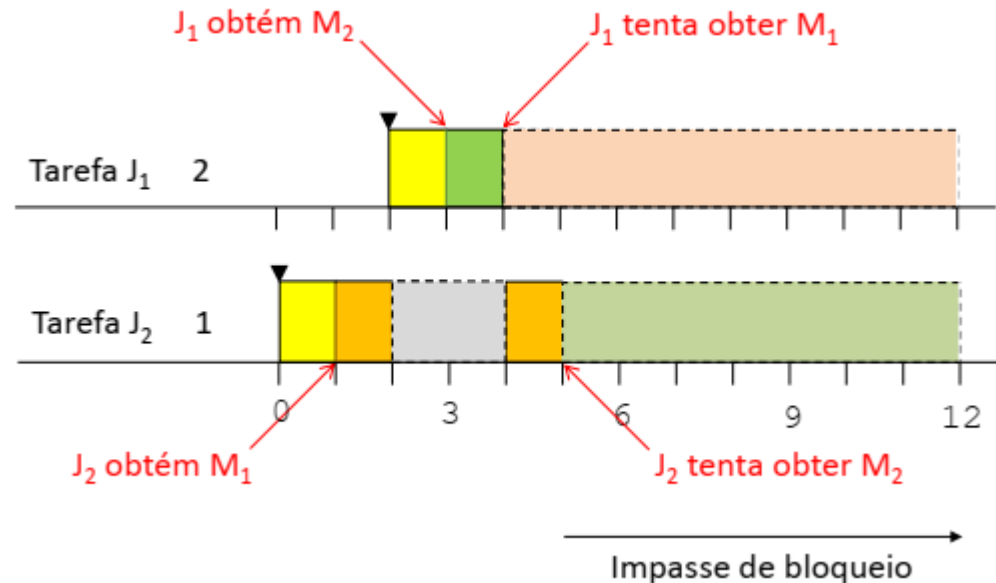


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Impasse de Bloqueio:

Diagrama de Gantt:



- As duas tarefas estão **bloqueadas**, esperando a liberação dos **Mutex 1 e 2** entre elas.

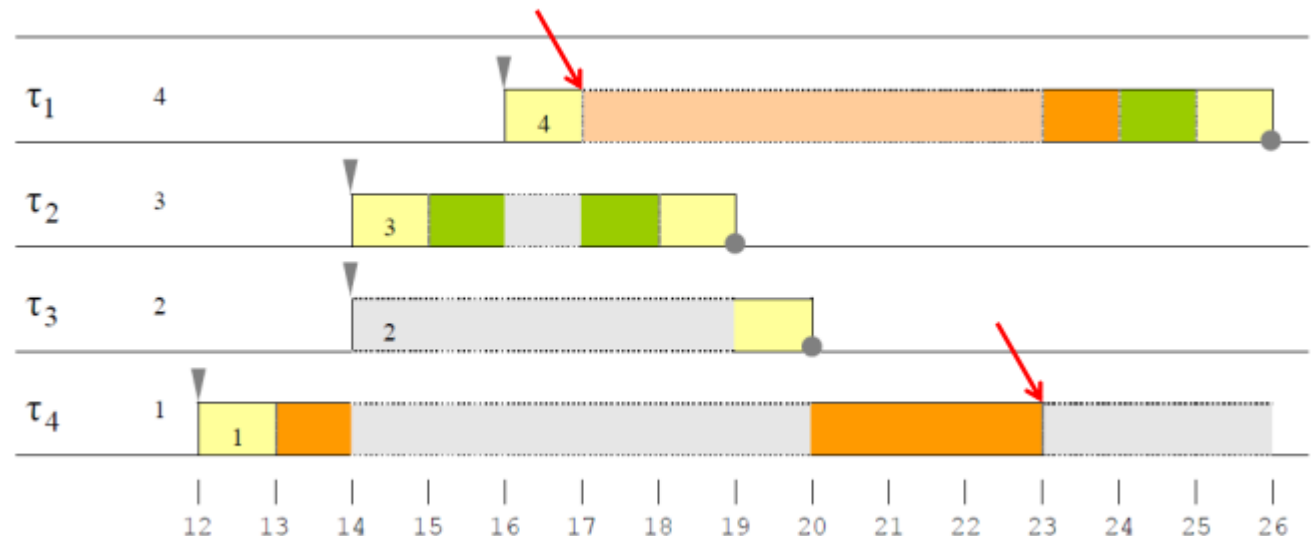


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Inversão de Prioridade:

Diagrama de Gantt:



- ❏ No tique **17**, a tarefa τ_1 solicita a trava de **S1** e, não conseguindo, permanece bloqueada até que o recurso **S1** seja liberado no tique **23**.

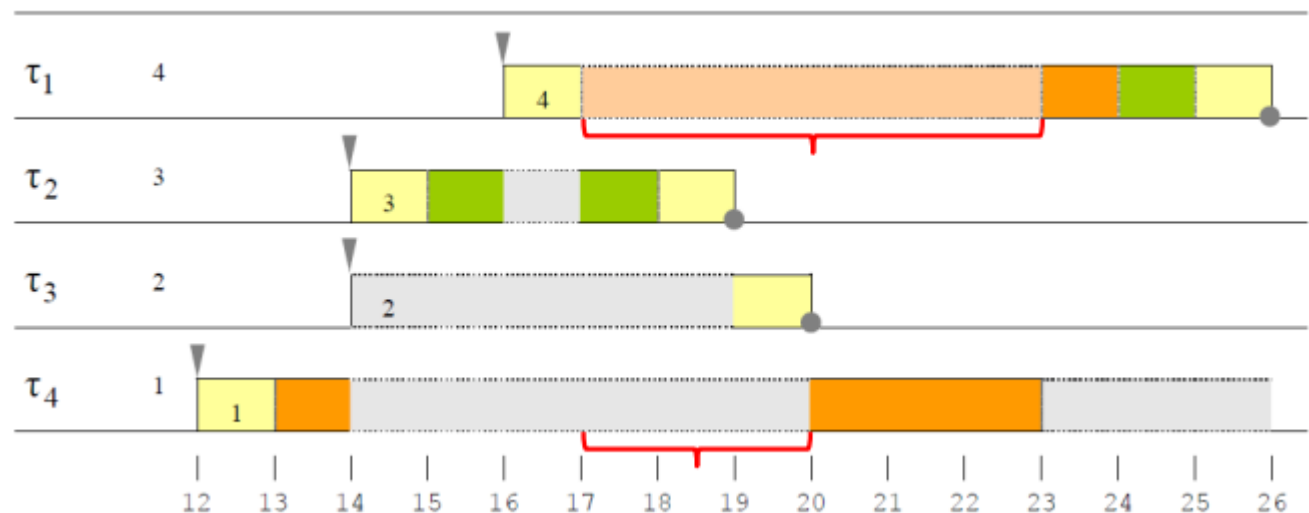


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Inversão de Prioridade:

Diagrama de Gantt:



- ☐ O tempo de bloqueio do recurso S_1 é igual a 6 tiques, sendo fortemente influenciado pela interferência das tarefas τ_2 e τ_3 no tempo de resposta da tarefa τ_4 .



- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Soluções:

- 📖 **Inibir** preempções durante seções críticas
 - Simples, mas muito **ineficiente**
- 📖 Usar protocolos de **herança** de prioridade
 - Aplicáveis para políticas de escalonamento com prioridades **estáticas** (Sha et al., 1990)



- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Inheritance Protocol

- ☞ Sob o Protocolo de **Herança** de Prioridade, uma tarefa possui uma prioridade básica atribuída estaticamente e uma prioridade **ativa**.
- ☞ A prioridade **ativa** de uma tarefa durante o acesso a um recurso é igual à maior prioridade **ativa** entre as tarefas que aguardam liberação do mesmo recurso.

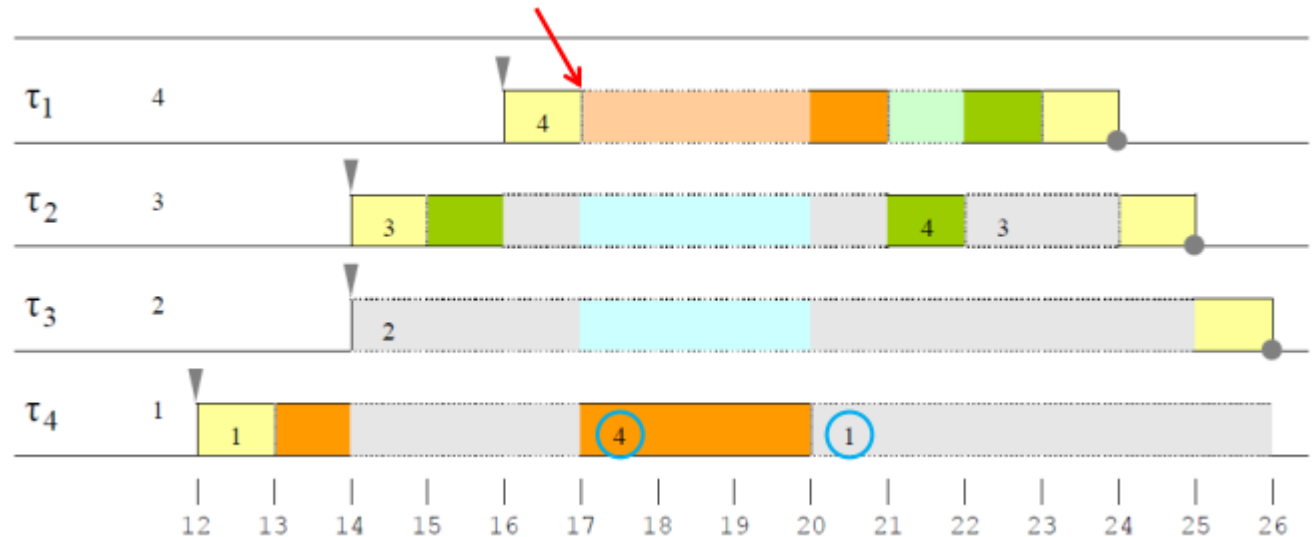


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Inheritance Protocol

Diagrama de Gantt:



- ☐ No tique **17** a tarefa τ_1 requer a trava do recurso **S1**, que está bloqueado pela tarefa τ_4 ; esta, por sua vez, herda a prioridade da tarefa τ_1 e passa a ser executada, retomando sua prioridade original após a liberação do recurso em questão.

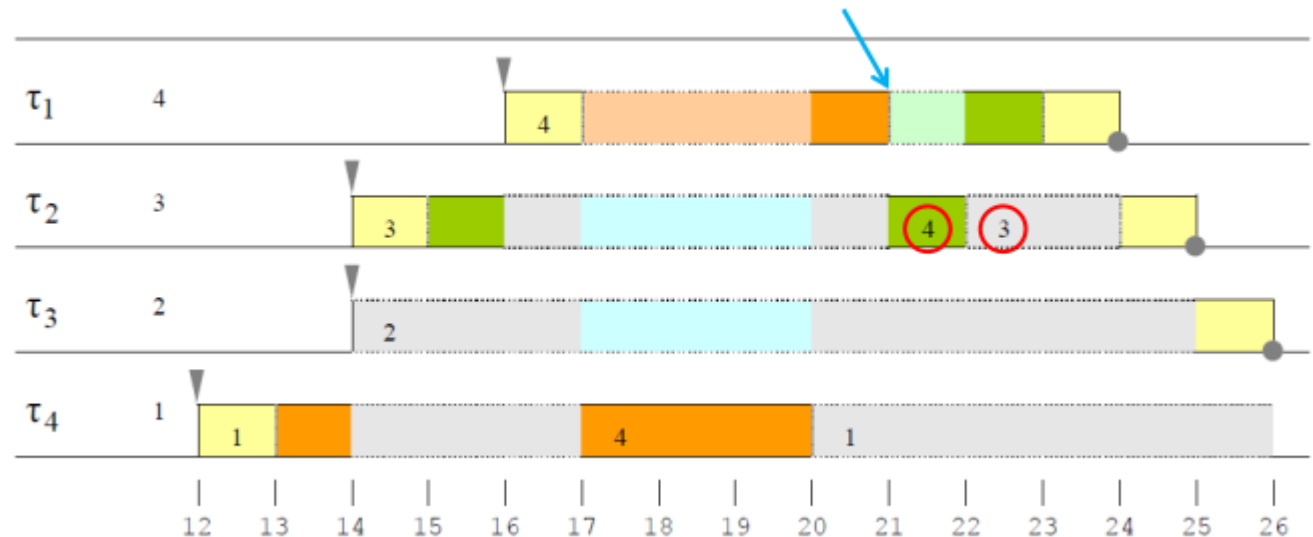


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Inheritance Protocol

Diagrama de Gantt:



- No tique 21 a tarefa τ_1 requer a trava do recurso S_2 , que está bloqueado pela tarefa τ_2 ; esta, por sua vez, herda a prioridade da tarefa τ_1 e passa a ser executada, retomando sua prioridade original após a liberação do recurso em questão.

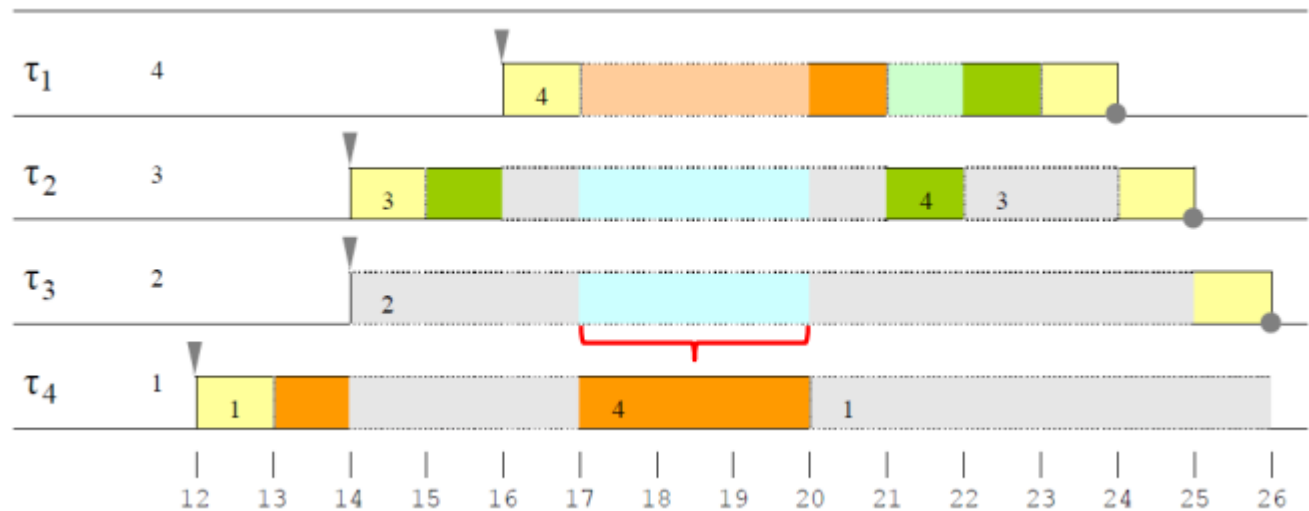


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Inheritance Protocol

Diagrama de Gantt:



- As tarefas τ_2 e τ_3 ainda ficam suspensas pela tarefa menos prioritária τ_4 entre os tiques 17 e 20, sendo que a tarefa τ_3 sequer usa os recursos em questão.



- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Problemas do PIP

- 📖 O Protocolo de **Herança** de Prioridade **não** previne **impasses** de **bloqueio** e inclusive pode levar à **formação** de cadeias de **bloqueio**.



- Escalonador

- Recursos

- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

- ❏ Sob o Protocolo de **Teto** de Prioridade, um recurso possui teto de prioridade igual à maior prioridade básica entre as tarefas que o compartilham.
- ❏ O **teto** geral é o maior entre os tetos dos recursos que estão sendo acessados.
- ❏ Uma tarefa somente acessa um recurso se a sua prioridade ativa for **maior** que o **teto** geral ou se já for detentora do recurso que o fixou.

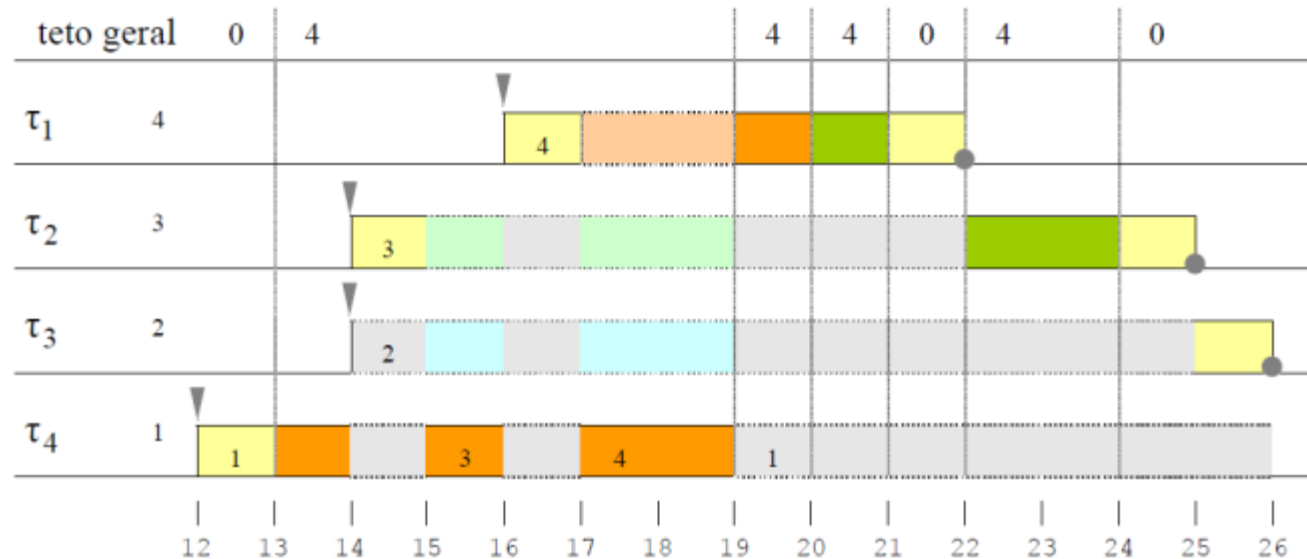


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- O recurso **S1 (laranja)** tem teto de prioridade igual a 4 (utilizado nas tarefas τ_1 e τ_4). O recurso **S2 (verde)** também tem teto de prioridade igual a 4 (utilizado nas tarefas τ_1 e τ_2).

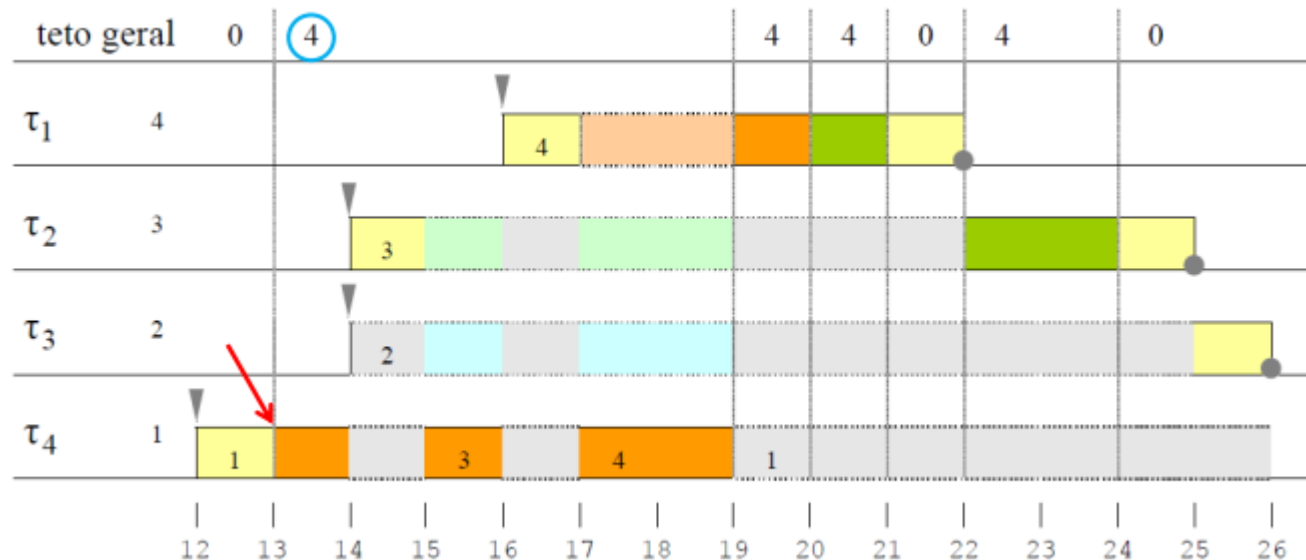


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- No tique 13 a tarefa τ_4 obtém a trava do recurso S1 e o teto geral passa a ser o teto de prioridade desse recurso.

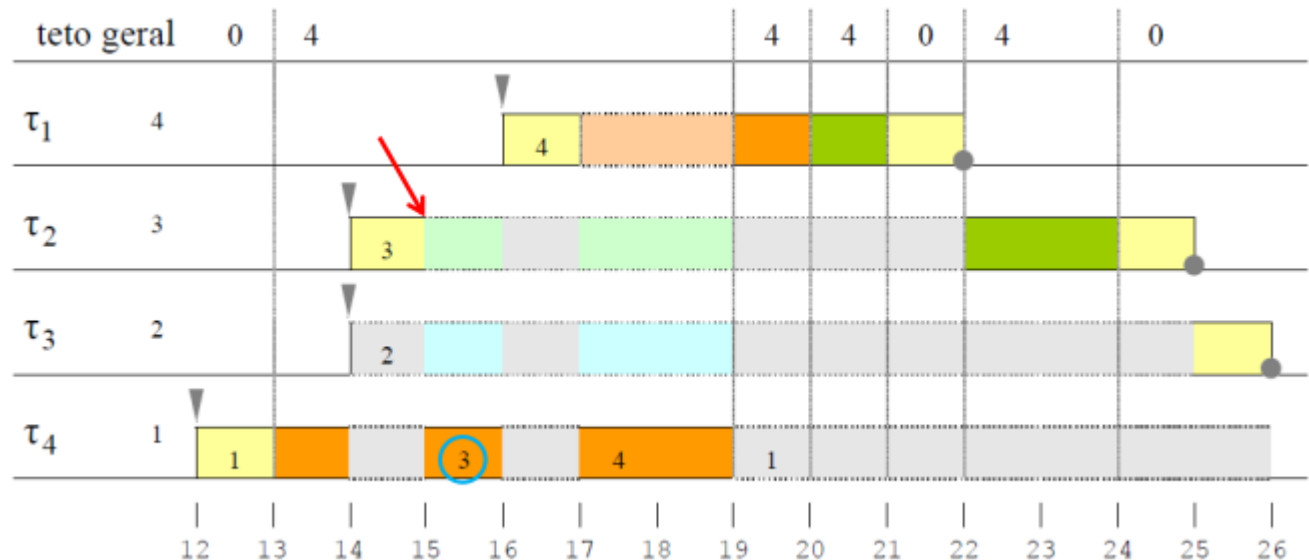


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- No tique 15 a tarefa τ_2 requer a trava do recurso S_2 e não consegue, pois sua prioridade ativa não é maior que o teto geral; a prioridade ativa da tarefa τ_4 passa para o máximo das prioridades ativas das tarefas τ_2 e τ_4 .

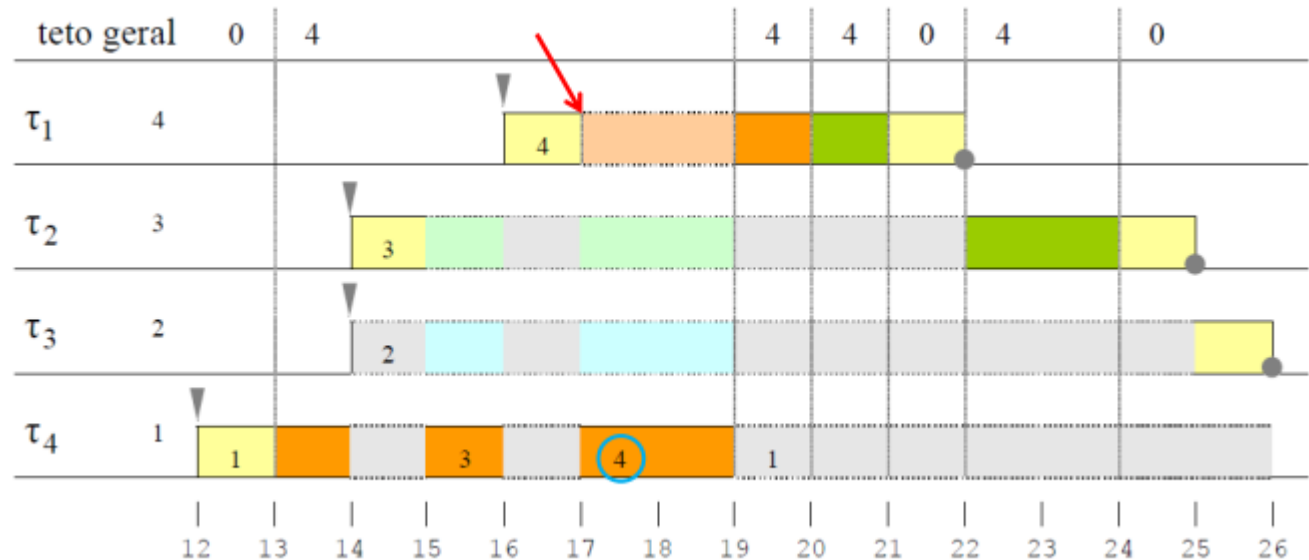


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- No tique 17 a tarefa τ_1 requer a trava do recurso S1 e não consegue, pois sua prioridade ativa não é maior que o teto geral; a prioridade ativa da tarefa τ_4 passa para o máximo das prioridades ativas das tarefas τ_1 e τ_4

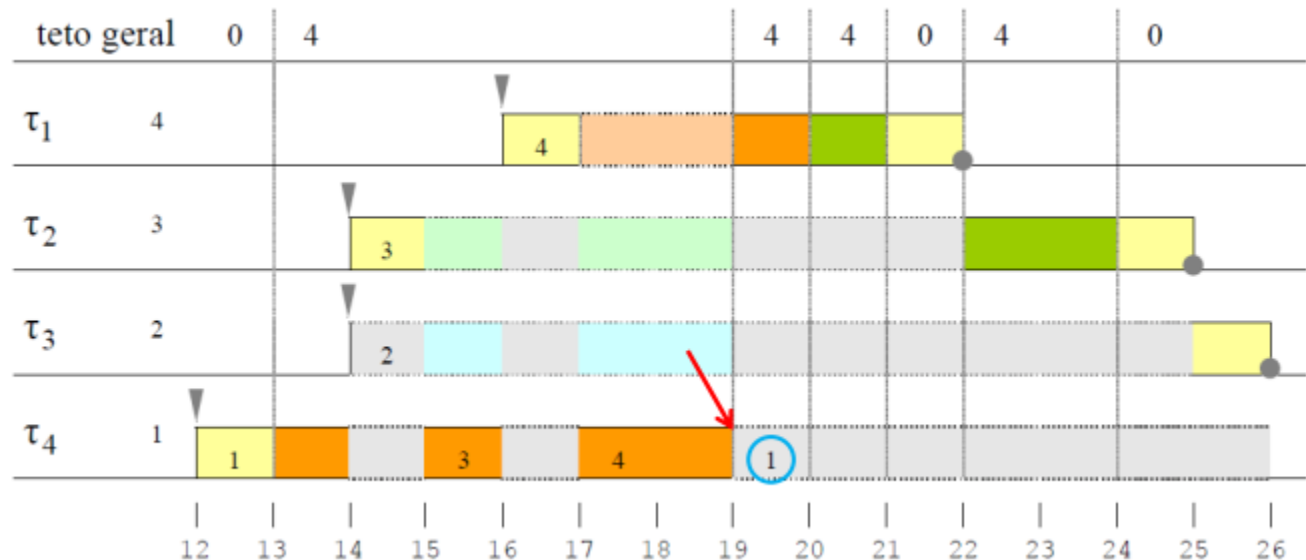


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- ☐ No tique **19** a tarefa **τ_4** libera o recurso **S_1** e sua prioridade ativa volta para a sua prioridade básica; o teto geral passa momentaneamente para **0**.

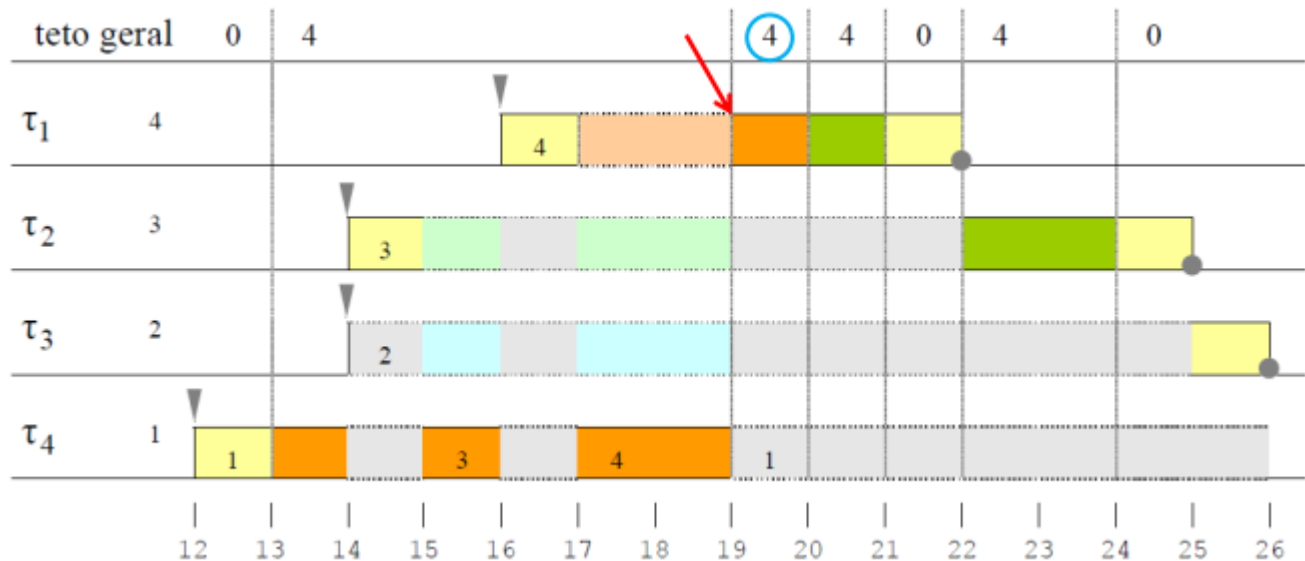


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- Ainda no tique **19** a tarefa τ_1 obtém a trava do recurso **S1** e o teto geral passa para o teto de prioridade do recurso em questão.

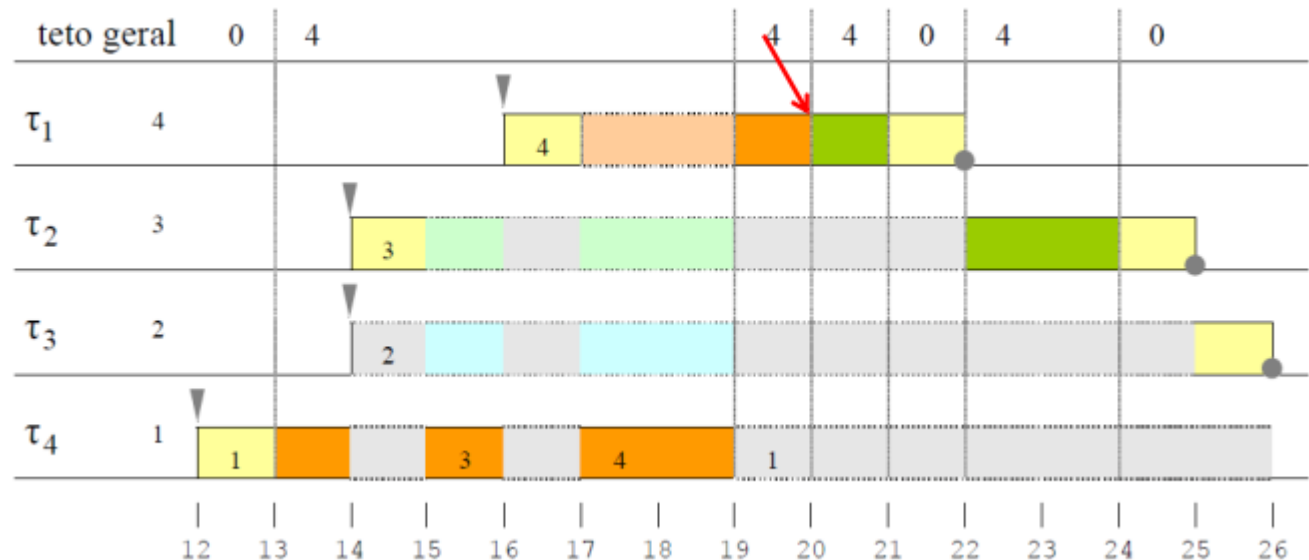


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- No tique 20 a tarefa τ_1 libera o recurso **S1** e sua prioridade ativa volta para a sua prioridade básica (neste caso, a mesma); o teto geral passa momentaneamente para 0.

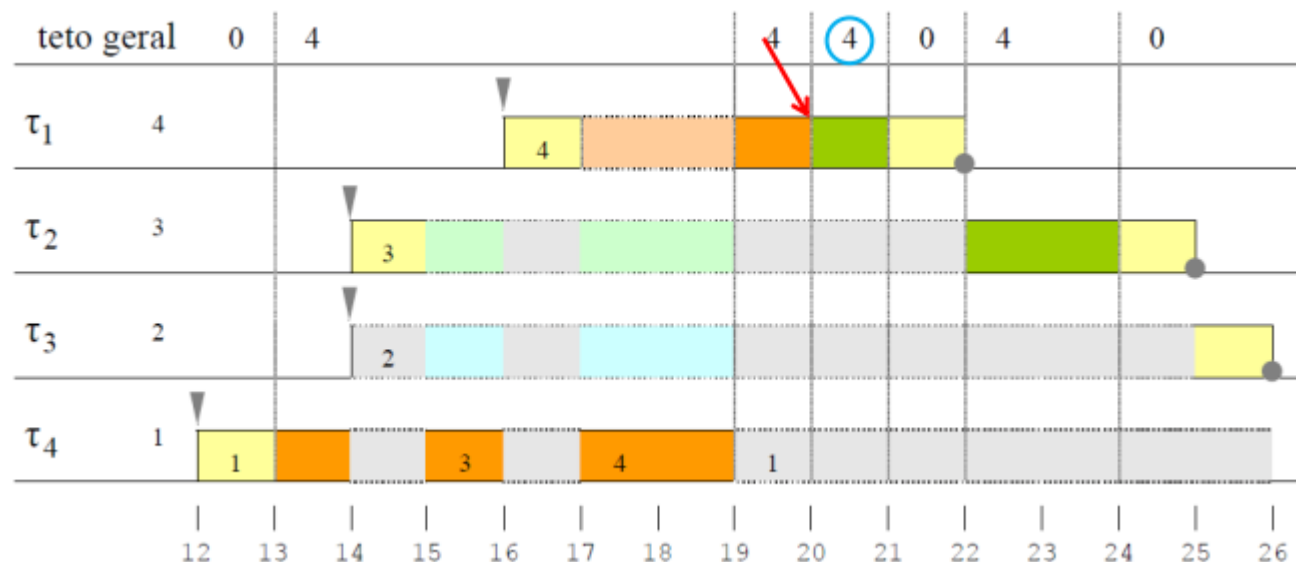


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- 📖 Ainda no tique **20** a tarefa **τ_1** obtém a trava do recurso **S2** e o teto geral passa para o teto de prioridade do recurso em questão.

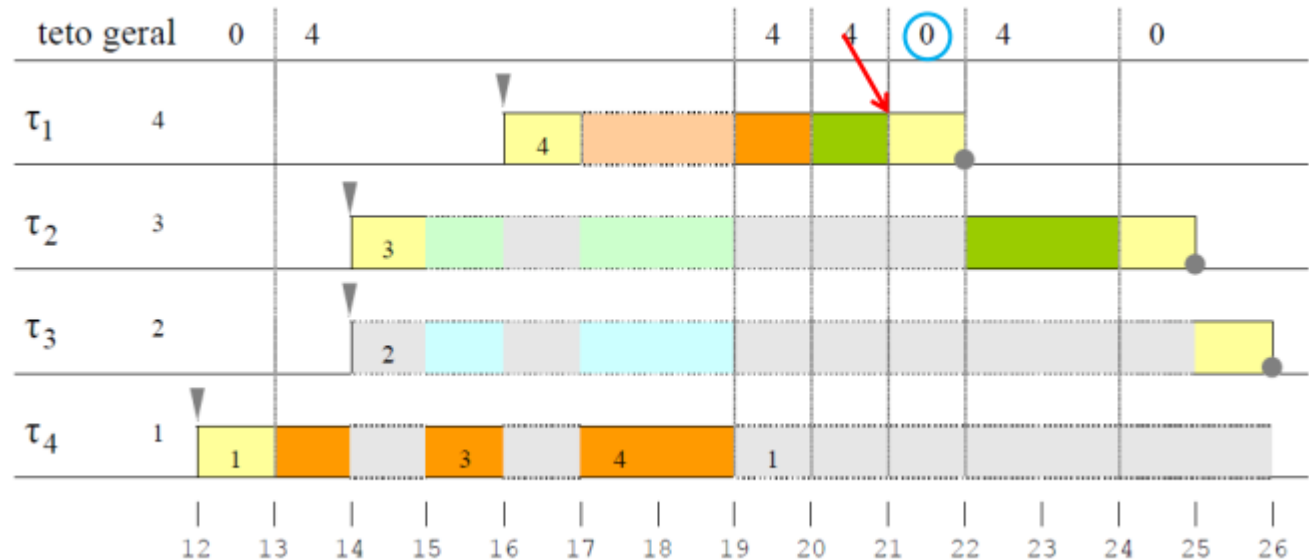


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- No tique 21 a tarefa τ_1 libera o recurso S2 e o teto geral passa para 0.

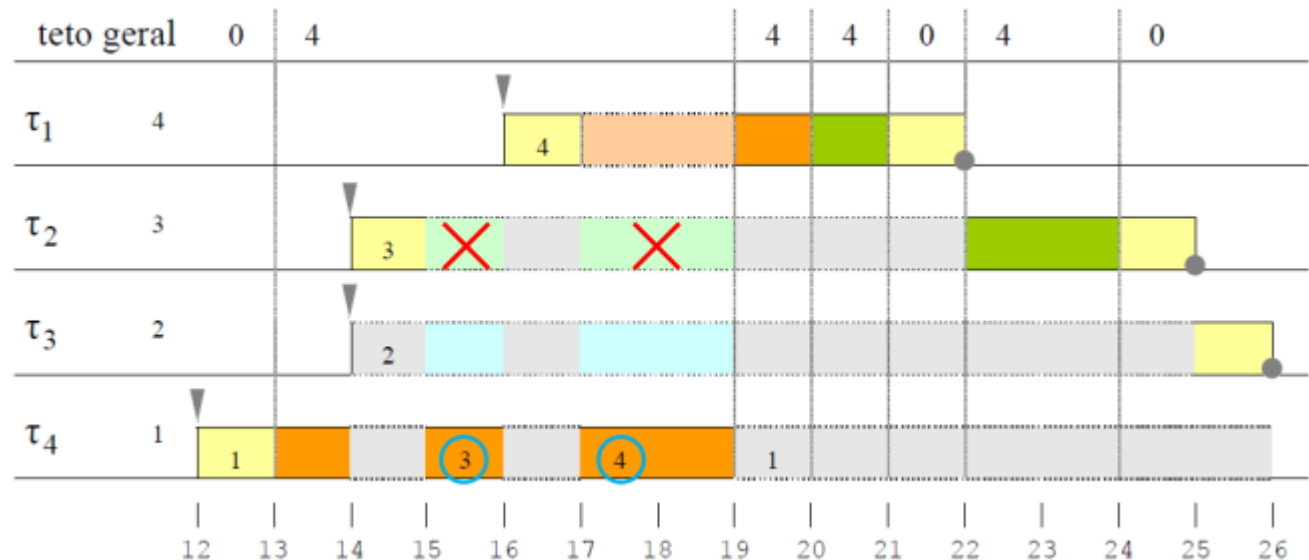


- Escalonador
- Recursos
- Referências

ESCALONAMENTO

Priority Ceiling Protocol

Diagrama de Gantt:



- O que acontece nos tiques 15 e 17 **previne** impasses de bloqueio, simplesmente não permitindo que outros recursos com teto de prioridade menor ou igual ao teto geral (recurso S2 nesse exemplo) sejam travados.



- Escalonador
- Recursos
- Referências

RECURSOS

Mutex:



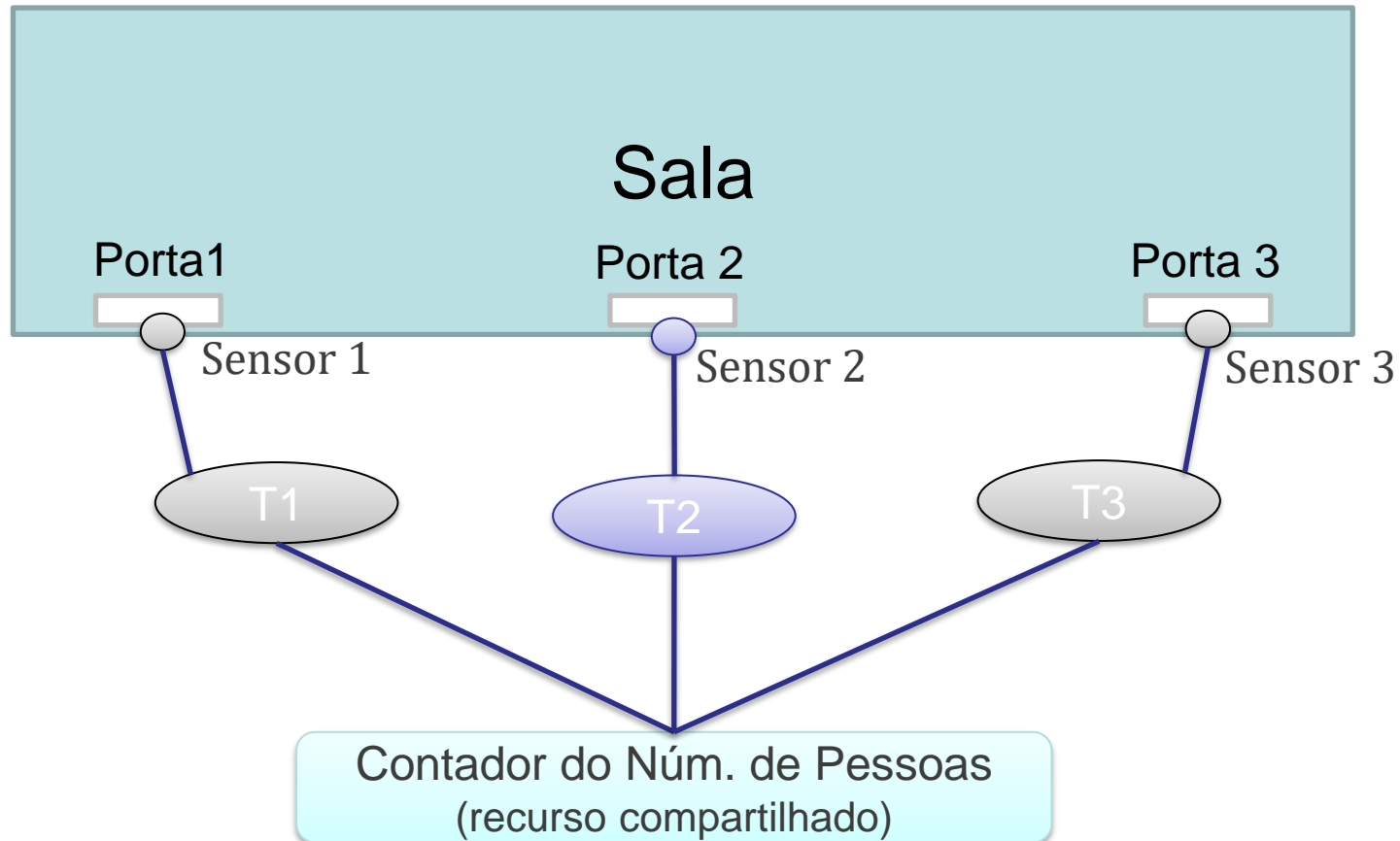
- Um recurso, com requisitos de exclusão mútua, compartilhado entre **N** tarefas pode ser usado por uma única tarefa a qualquer momento. Portanto, se enquanto a tarefa **A** estiver usando esse recurso, a tarefa **B** também estiver disposta a usá-lo, então a tarefa **B** deve esperar que a tarefa **A** conclua seu uso do recurso.



- Escalonador
- Recursos
- Referências

RECURSOS

Seção Crítica:

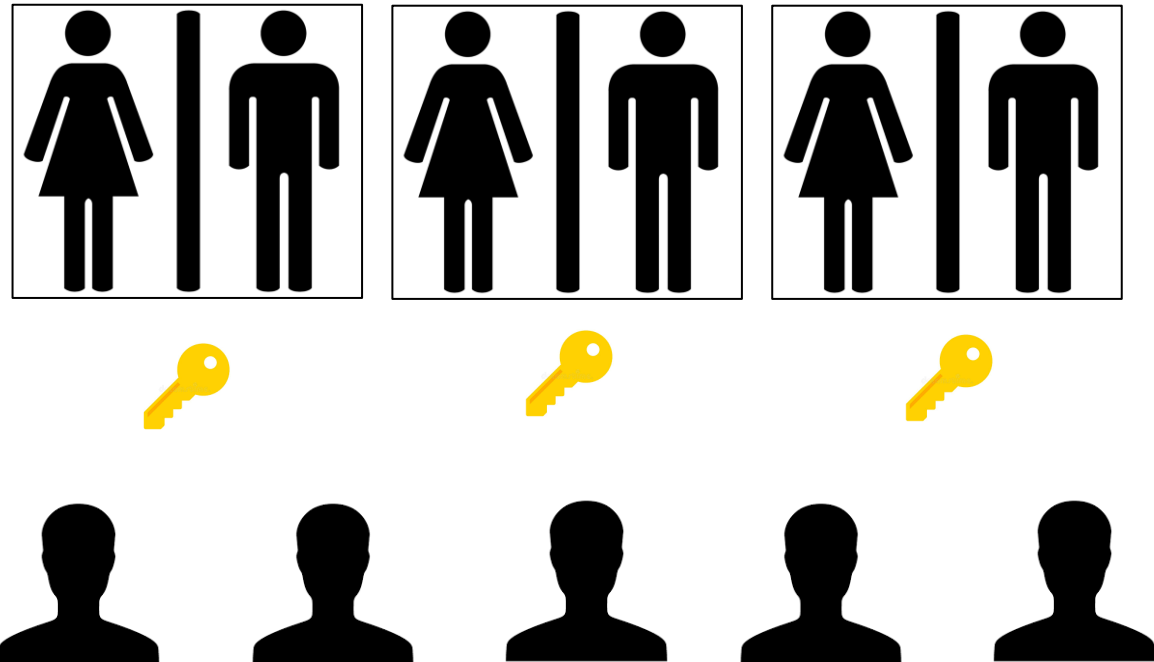




- Escalonador
- Recursos
- Referências

RECURSOS

Semaphore:



- ☐ Semáforo é uma variável inteira S , que é inicializada com o número de recursos presentes no sistema e é utilizada para sincronização de processos. Ele usa duas funções para alterar o valor de S , ou seja, **wait()** e **signal()**.



- Escalonador
- Recursos
- **Referências**

Referências:

Continuação dos Labs ...

- ▢ * Refs ↔ Renesas.com, Pixabay.com, wikimedia.org, flickr, community.arm.com, Undergraduated course Renesas / CWS71-Prof. Douglas P. B. R. e Robson L., ytchannel Gustavo W. D., *ARMv7-M Architecture Reference Manual*, CSW40-Sistemas Microcontrolados – Prof. Guilherme P., toshiba.semicon-storage.com, microncontrollerslab.com, lfelectronics.com.br, elf74-Prof. Hugo V. N., stm.st.com, jblopen.com, microsoft.com.