

Sistemas em Tempo Real

Jadsonlee da Silva Sá

Jadsonlee.sa@univasf.edu.br

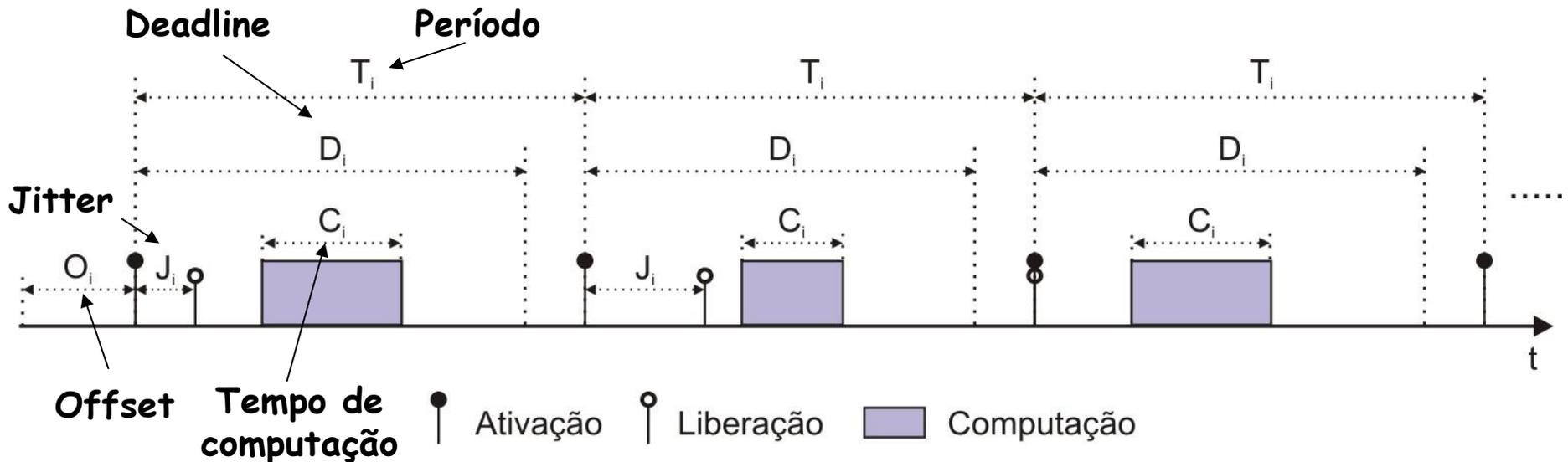
www.univasf.edu.br/~jadsonlee.sa

F: Jéssica, Jorge

Tarefas de Tempo Real

✓ Comportamento Temporal de uma Tarefa Periódica.

- Uma tarefa periódica t_i pode ser descrita pela quintupla $(T_i, O_i, C_i, J_i, D_i)$.

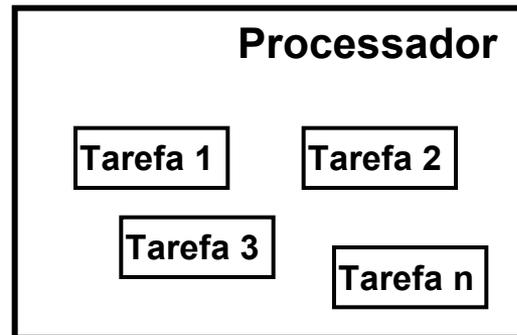


Tarefas de Tempo Real

- ✓ **Comportamento Temporal de uma Tarefa Aperiódica.**
 - Uma tarefa aperiódica t_i pode ser descrita pela tripla (C_i, J_i, D_i) .
- ✓ **Comportamento Temporal de uma Tarefa esporádica.**
 - Uma tarefa esporádica t_i pode ser descrita pela Quádrupla $(T_{i(\min)}, C_i, J_i, D_i)$.

Tarefas de Tempo Real

- ✓ STRs são normalmente modelados por um conjunto de tarefas que utilizam recursos computacionais limitados e compartilhados para a realização de atividades específicas sujeitas à requisitos de tempo.



- ✓ Qual, quando e porquanto tempo uma tarefa deve ser executada?
- ✓ Problema de escalonamento em tempo real.

Escalonamento em Tempo Real

✓ Definições Básicas.

- **Escalonamento** (*Scheduling*) → Procedimento de ordenar tarefas na fila de pronto para execução.
 - A ordenação segue uma política de escalonamento.
- **Escala** (*Schedule*) → Lista que indica a ordem de ocupação do processador por um conjunto de tarefas disponíveis na fila de pronto.
- **Escalonador** (*Scheduler*) → Programa responsável em tempo de execução pela gestão do processador.
 - Implementa a política de escalonamento.

Escalonamento em Tempo Real

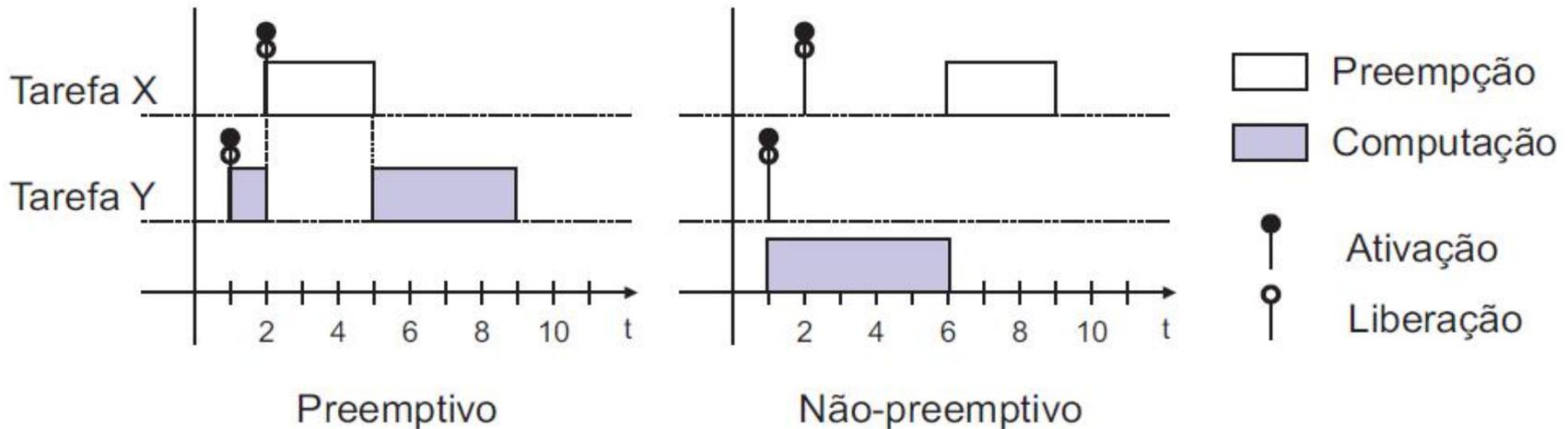
✓ Principais Abordagens de Escalonamento.

- **Executivo cíclico** → A escala é definida durante a fase do projeto (escalonamento *offline*). *Slots* de tempo do processador são atribuídos para cada tarefa.
- **Guiado a prioridades** → As tarefas são escalonadas de acordo com suas prioridades durante a execução do sistema (escalonamento *online*).
 - Prioridades fixas (p. ex. taxa monotônica ou *deadline* monotônico) ou dinâmicas (p. ex. EDF).
 - Preemptivos ou não-preemptivos.

Escalonamento em Tempo Real

✓ Principais Abordagens de Escalonamento.

- Guiado a prioridades fixas preemptivos e não-preemptivos.



Políticas de Atribuição de Prioridades

✓ Tipos de políticas:

- Fixas;

- Taxa monotônica e *deadline* monotônico.

- Dinâmicas.

- EDF (*Earliest Deadline First*).

Políticas de Atribuição de Prioridades

✓ Políticas Fixas.

- Taxa Monotônica.

- A atribuição é feita de acordo com o período das tarefas.
- Quanto menor o período, maior a prioridade.

- *Deadline* Monotônico.

- A atribuição é feita de acordo com o *deadline* das tarefas.
- Quanto menor o *deadline*, maior a prioridade.

Tarefa	Período (ms)	<i>Deadline</i> (ms)	TM - Prior.	DM - Prior.
1	14	7	3	2
2	10	8	2	3
3	5	4	1	1

Políticas de Atribuição de Prioridades

✓ Política Dinâmica.

- EDF.

- A atribuição de prioridade é alterada *online*.
- Quanto menor for o tempo para chegar no *deadline*, maior será a prioridade.
- EDF produz menos preempções que as políticas fixas.
- Maior complexidade na implementação.

Testes de Escalonabilidade

- ✓ Considere um sistema com um conjunto τ de tarefas de tempo real, onde as tarefas são escalonadas de acordo com alguma política de escalonamento.
- ✓ O sistema é dito ser **escalonável**, se existir uma **escala** onde os *deadlines* de todas as tarefas são satisfeitos.
 - Caso o sistema seja **escalonável**, é dito que a **escala** é **realizável**.
- ✓ Como determinar se um conjunto de tarefas é escalonável?
 - **Testes de escalonabilidade**.

Testes de Escalonabilidade

- ✓ Os testes dependem do modelo de tarefas e da política de escalonamento definida.
- ✓ **Tipos de testes:**
 - **Exatos** → Indicam exatamente quais tarefas são escalonáveis e não-escalonáveis;
 - **Suficientes** → Todas as tarefas que passaram no teste são escalonáveis, mas é possível que existam tarefas que não passaram no teste que sejam escalonáveis;
 - **Necessários** → Todas as tarefas que não passaram no teste são não-escalonáveis, mas nada pode ser dito com relação as tarefas que passaram no teste.

Testes de Escalonabilidade

- ✓ **Abordagens utilizadas nos testes:**
 - Fator de utilização → Utilização do processador;
 - **Demanda** → Utiliza a demanda do processador em um intervalo de tempo;
 - Tempos de resposta → Cálculo dos tempos de resposta no pior caso para cada tarefa do conjunto.
- ✓ Testes baseados nos tempos de resposta são mais utilizados, pois determinam os limites superiores dos atrasos.

Fator de Utilização

- ✓ O fator de utilização de um tarefa t_i (Eq. 1) indica o quanto o processador é ocupado pela tarefa.

$$U_i = \frac{C_i}{T_i} \quad (1)$$

Tempo de computação

Período

- ✓ Fator de utilização do processador (Eq. 2).

$$U = \sum_{i=1}^n U_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{T_i} \right) < m \quad (2)$$

Quant. de tarefas

Quant. de processadores

- ✓ Utilizado em testes simples de escalonamento.

Escalonamento de Tarefas Periódicas

- ✓ Testes de escalonabilidade.
- ✓ Enfoque na abordagem guiada a prioridades.
- ✓ **Resumindo:** dado um conjunto de tarefas periódicas, onde o escalonamento é guiado a prioridades, veremos alguns testes simples de escalonabilidade baseados no fator de utilização.

Escalonamento de Tarefas Periódicas

- ✓ Modelo de tarefas - Taxa monotônica.
- ✓ Desenvolvidos por Liu e Layland (1973).
 - Considere um conjunto com n tarefas periódicas e independentes;
 - O *deadline* de cada tarefa é igual ao período;
 - O tempo de computação de cada tarefa é conhecido e constante;
 - Os tempos devido a contexto de chaveamento são assumidos como zero.

Escalonamento de Tarefas Periódicas

✓ Modelo de tarefas - Taxa monotônica.

- Liu e Layland derivaram um teste suficiente baseado no fator de utilização.

$$U = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{T_i} \right) \leq n \left(2^{\frac{1}{n}} - 1 \right)$$

- Quando n cresce, $U \rightarrow 0,69$.

Escalonamento de Tarefas Periódicas

✓ Modelo de tarefas - Taxa monotônica.

- Se o período das tarefas são múltiplos da tarefa com maior prioridade, o valor limite para este teste se aproxima de 1.
- O teste torna-se necessário e suficiente.

$$U = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{T_i} \right) \leq 1$$

Escalonamento de Tarefas Periódicas

✓ Modelo de tarefas - Taxa monotônica.

- Exemplo.

<i>Tarefas Periódicas</i>	<i>Periodo</i> (P_i)	<i>Tempo de Computação</i> (C_i)	<i>Prioridade RM</i> (p_i)	<i>Utilização</i> (U_i)
tarefa A	100	20	1	0,2
tarefa B	150	40	2	0,267
tarefa C	350	100	3	0,286

$$U = 0,753 \quad n \left(2^{\frac{1}{n}} - 1 \right) = 3 \left(2^{\frac{1}{3}} - 1 \right) = 0,779$$

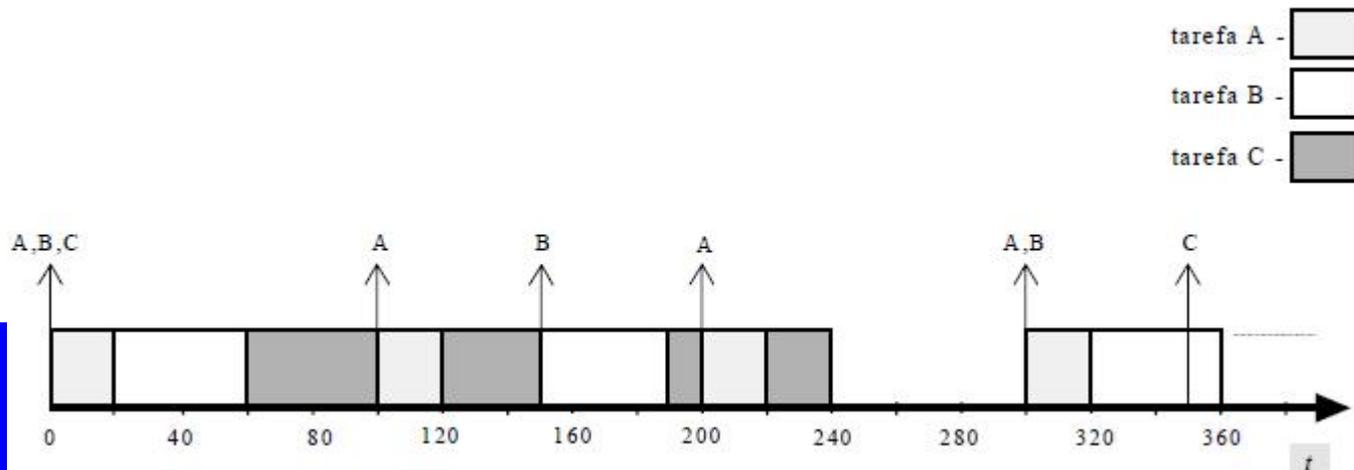
$$U < n \left(2^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \quad \text{O sistema é escalonável.}$$

Escalonamento de Tarefas Periódicas

✓ Modelo de tarefas - Taxa monotônica.

- Exemplo.

<i>Tarefas Periódicas</i>	<i>Periodo</i> (P_i)	<i>Tempo de Computação</i> (C_i)	<i>Prioridade RM</i> (p_i)	<i>Utilização</i> (U_i)
tarefa A	100	20	1	0,2
tarefa B	150	40	2	0,267
tarefa C	350	100	3	0,286



Escalonamento de Tarefas Periódicas

- ✓ **Modelo de tarefas - EDF.**
- ✓ **Desenvolvidos por Liu e Layland (1973).**
 - Considere um conjunto com n tarefas periódicas e independentes;
 - O *deadline* de cada tarefa deve ser igual ao período;
 - O tempo de computação de cada tarefa é conhecido e constante;
 - Os tempos devido a contexto de chaveamento são assumidos como zero.

Escalonamento de Tarefas Periódicas

✓ Modelo de tarefas - EDF.

- Liu e Layland derivaram um teste **suficiente e necessário** baseado no fator de utilização.

$$U = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{T_i} \right) \leq 1$$

- Se qualquer uma das condições do modelo for relaxada (ex.: $D_i \neq T_i$), a condição acima passa a ser apenas **necessária**.

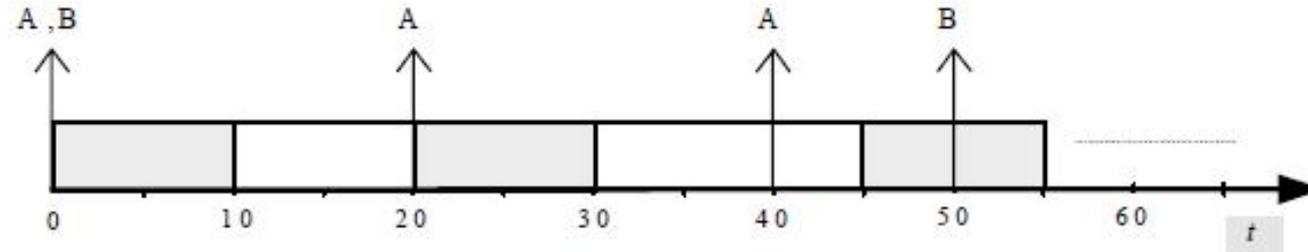
Escalonamento de Tarefas Periódicas

✓ Modelo de tarefas - EDF.

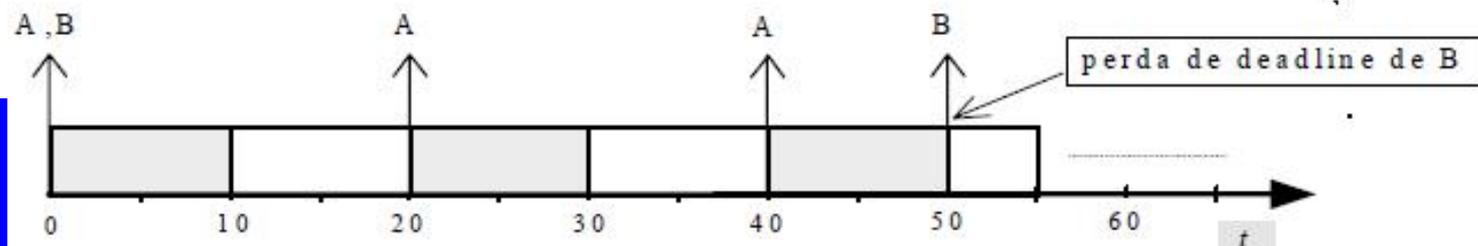
- Exemplo.

<i>tarefas periódicas</i>	C_i	P_i	D_i
tarefa A	10	20	20
tarefa B	25	50	50

tarefa A - 
tarefa B - 



- Comparação com a taxa monotônica.



Escalonamento de Tarefas Periódicas

- ✓ **Modelo de tarefas - *Deadline* monotônico.**
- ✓ **Desenvolvido por Leung e Whitehead (1982).**
 - Considere um conjunto com n tarefas periódicas e independentes;
 - ***O deadline* de cada tarefa deve ser menor ou igual ao período;**
 - O tempo de computação de cada tarefa é conhecido e constante;
 - Os tempos devido a contexto de chaveamento são assumidos como zero.

Escalonamento de Tarefas Periódicas

- ✓ Modelo de tarefas - *Deadline* monotônico.
- ✓ Leung e Whitehead (1982) não desenvolveram nenhum teste de escalonabilidade.
- ✓ Audsley, Burns, Richardson e Wellings (1991) desenvolveram um teste baseado nos tempos de resposta.

<i>tarefas periódicas</i>	C_i	P_i	D_i	p_i
tarefa A	2	10	6	1
tarefa B	2	10	8	2
tarefa C	8	20	16	3

