

# Processamento Paralelo e Distribuído

Marcelo Trindade Rebonatto

Medidas de desempenho & obtenção de resultados de aplicações paralelas

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: *Marcelo Trindade Rebonatto*

---

---

---


---

---

---

---

---



## Roteiro

- Medidas de desempenho
  - Tempo de execução
  - Tempo de execução paralelo
  - Speedup
  - Eficiência
  - Custo computacional
  - Grão
  - Escalabilidade
  - Facilidade de programação
- Obtenção de resultados

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: *Marcelo Trindade Rebonatto* 2/27

---

---

---


---

---

---

---

---



## Tempo de Execução

- Tempo de execução seqüencial
  - Simbologia:  $T^*$  ou  $T_s$
  - Unidade: s ou us
  - Diferença entre início e o fim da execução
  - Varia geralmente de acordo a entrada

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: *Marcelo Trindade Rebonatto* 3/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Tempo de Execução

- Tempo de execução paralelo
  - ➔ Depende também da arquitetura em que foi executado
  - ➔  $T_p$  onde p é o número de processadores
  - ➔  $T_s$  é o tempo de execução em 5 processadores
  - ➔ Medição
    - ✧ Após o primeiro
    - ✧ Até o último

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 4/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Speedup

- Razão dos tempos de execução: sequencial pelo paralelo
- Representa a **ACELERAÇÃO** conseguida
- Variação com o número de processadores
- Aceleração
  - ➔ Geralmente não alcança o número de processadores
  - ➔ Escala proporcional ao número de processadores: difícil

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 5/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Speedup

- $S_p = \frac{T^*}{T_p}$
- Onde  $T^*$ : tempo de execução sequencial  
 $T_p$ : tempo de execução paralelo em “p” processadores
- Speedup geralmente obtido:  $S_p \leq p$
- Speedup buscado:  $S_p \cong p$

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 6/27

---

---

---

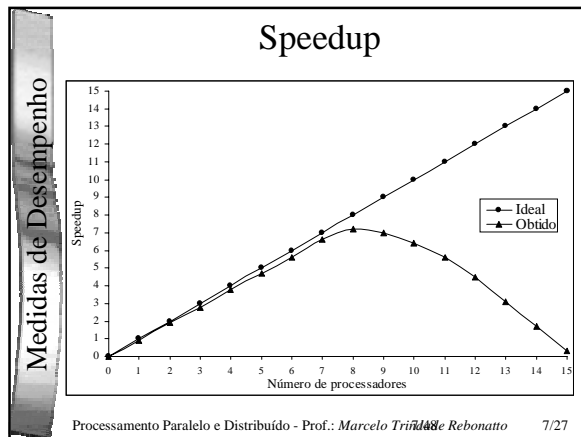
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

- Medidas de Desempenho**
- ### Speedup
- Utilizar o melhor algoritmo seqüencial disponível
    - Possível de ser implementado
    - Viável de se obter o tempo de execução
  - Não utilizar o programa paralelo em 1 processador
    - Falsa ilusão de aceleração
    - Comunicação e controles de sincronização
  - Speedup seqüencial = 1
- Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Triebel e Rebonatto 8/27

---

---

---

---

---

---

---

---

- Medidas de Desempenho**
- ### Eficiência
- Razão do speedup pelo número de processadores
  - Porção de tempo
    - Processadores empregados de forma útil
    - Resolução do problema
  - Variação com o número de processadores
  - Eficiência seqüencial = 1
- Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Triebel e Rebonatto 9/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

### Eficiência

- $E_p = \frac{S_p}{p}$
- Onde  $S_p$ : speedup em “p” processadores  
p: número de processadores
- Eficiência buscada = 1 (100%)
- Eficiência geralmente conseguida [0..1]
- $E_p = 0,78 \rightarrow 78\%$

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trijão e Rebonatto 10/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

### Custo computacional

- Produto do tempo de processamento pelo número de processadores
  - ➔ Cômputo dos tempos de processamento utilizados em cada processador
  - ➔ Custo seqüencial = tempo seqüencial
- Medida
  - ➔ Segundos ou us

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trijão e Rebonatto 11/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

### Custo computacional

- Sistema paralelo de custo ótimo
  - ➔  $S_p = p$
  - ➔  $E_p = 1$
- Alguns autores consideram a quantia de RAM
  - ➔ Análises de complexidade

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trijão e Rebonatto 12/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Grão

- Tamanho da tarefa
- 2 definições:
  - Tempo de execução de uma tarefa alocada a um processador
  - Tempo de execução
    - ✧ Entre 2 comunicações consecutivas de uma tarefa
    - ✧ Tarefa sem comunicação

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 13/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Grão

- Ideal
  - Grãos idênticos;
  - Quantidade igual à de processadores (múltiplo);
  - Pouca (sem) comunicação
- Quanto maior puder ser o grão, maior o speedup que poderá ser obtido

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 14/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Escalabilidade

- Aumento do número de processadores:
  - Reduz o speedup
  - Reduz a eficiência
  - Aumenta o custo
- Aumento do grão (entrada):
  - Aumenta o speedup
  - Aumenta a eficiência

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 15/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

### Escalabilidade

- Aumento simultâneo do grão e “p”
  - ➔ Manter fixo o speedup e a eficiência

A escalabilidade é a medida da capacidade de um sistema aumentar o speedup em proporção linear ao número de processadores

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 16/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

### Escalabilidade

Um sistema escalável mantém sua eficiência com o aumento do número de processadores e do grão computacional

- Variações
  - ➔ de uma arquitetura para outra
  - ➔ de um problema para outro

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 17/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

### Escalabilidade

$n$	$p = 1$	$p = 4$	$p = 8$	$p = 16$	$p = 32$
64	1.0	.80	.57	.33	.17
192	1.0	.92	.80	.60	.38
320	1.0	.95	.87	.71	.50
512	1.0	.97	.91	.80	.62

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 18/27

---

---

---

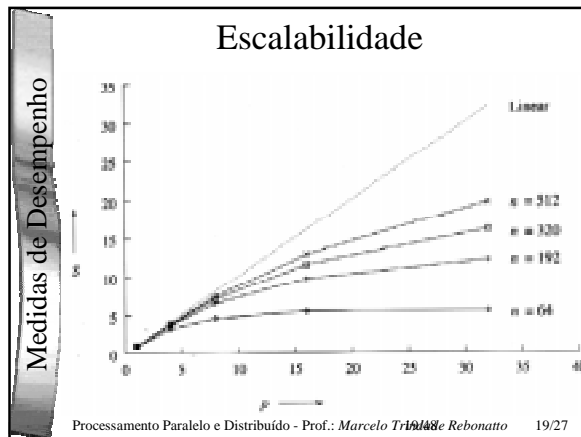
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

- Medidas de Desempenho**
- ### Escalabilidade
- Sistema escalável
    - ➔ Desempenho varia linearmente com o custo do sistema
  - Realisticamente
    - ➔ Manter constante a relação custo/desempenho
  - Arquiteturas escaláveis
    - ➔ Multiprocessadores de memória distribuída
    - ➔ Multicomputadores
- Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade e Rebonatto 20/27

---

---

---

---

---

---

---

---

- Medidas de Desempenho**
- ### Facilidade de programação
- Conceito subjetivo
    - ➔ Dependente de diversos fatores
      - ✧ Hábito do programador
      - ✧ Preferências pessoais
      - ✧ Experiência com um ou outro paradigma de programação
    - ➔ Desempenho não relacionado
  - Literatura tradicional
    - ➔ Memória compartilhada (SM) é mais fácil do que trocas de mensagens (MP)
- Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade e Rebonatto 21/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Obtenção dos resultados

- Tempo de execução
  - Aplicações sequenciais
    - ✧ Difícilmente varia
    - ✧ Mudanças mínimas
  - Aplicações paralelas/distribuídas
    - ✧ Grandes variações nos resultados
    - ✧ Rede de comunicação não confiável
    - ✧ Cuidados especiais com o final da aplicação

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 22/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Obtenção dos resultados

- Metodologia de extração para aplicações paralelas/distribuídas
  - Não tomar por base uma execução
    - ✧ Nem em aplicações sequenciais
  - Utilizar repetições
    - ✧ Mínimo de 5
    - ✧ Calcular média, desvio padrão, ...

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 23/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de Desempenho

## Exemplo

- Aplicação: Multiplicação de matrizes
  - Aplicação com grande potencial de paralelismo

- Resultados apresentados: médias de 5 execuções
- Tempo sequencial: 624s

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 24/27

---

---

---

---

---

---

---

---



Exemplo	
Processadores	Tempo de execução paralelo
1	637
2	318,5
3	231,4
4	210,6
5	200,9
6	182,8
7	162,1
8	145,5

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 25/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Exercícios	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizando os software de planilha eletrônica (excel, StarCalc, ...), resolver</li> <li>• Calcular o speedup em todas as execuções</li> <li>• Calcular a eficiência em todas as execuções</li> <li>• Calcular o custo computacional em todas as execuções</li> </ul>	

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 26/27

---

---

---

---

---

---

---

---

Exercícios	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traçar um gráfico de linhas com os resultados do speedup             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adicionar uma linha com o speedup linear</li> </ul> </li> <li>• Traçar um gráfico de linhas com os resultados da eficiência</li> <li>• Traçar um gráfico de colunas com os resultados do custo computacional</li> </ul>	

Processamento Paralelo e Distribuído - Prof.: Marcelo Trindade Rebonatto 27/27

---

---

---

---

---

---

---

---