

# SSC0643 e SSC5872

# Avaliação de Desempenho de

# Sistemas Computacionais

## **3ª Aula – Planejamento de Experimentos**

Profa. Sarita Mazzini Bruschi

[sarita@icmc.usp.br](mailto:sarita@icmc.usp.br)

Material baseado nos slides de

Marcos José Santana

Regina H. C. Santana

# Conteúdo

1. Introdução
2. Planejamento de Experimentos
  - Conceitos Básicos
  - Carga de trabalho
  - Modelos para Planejamento de Experimento
3. Técnicas para Avaliação de Desempenho
4. Análise de resultado

# Conteúdo

1. Introdução

2. Planejamento de Experimentos

- Conceitos Básicos
- Carga de trabalho
- Modelos para Planejamento de Experimento

3. Técnicas para Avaliação de Desempenho

4. Análise de resultado

# Planejamento de Experimentos

- Deve ser utilizado em qualquer experimento
- É uma técnica muito importante para a indústria pois seu emprego permite resultados mais confiáveis economizando dinheiro e tempo
- Requer uma quantidade exaustiva de cálculos tornando fundamental o emprego de ferramentas

# Planejamento de Experimentos

- Técnicas utilizadas para se planejar experimentos e definir:
  - quais dados
  - em que quantidade
  - em que condições os dados devem ser coletados durante um determinado experimento

Obter a maior precisão estatística possível na resposta a um menor custo

# Planejamento de Experimentos

- Objetivos
  - Obter o máximo de informação com um número mínimo de experimentos
  - Separar os efeitos de vários fatores no resultado observado
  - Determinar o quanto significativo é o efeito de um fator no resultado observado.

Melhor qualidade dos resultados dos testes e um projeto com desempenho superior em termos de suas características funcionais e de sua robustez

# Planejamento de Experimentos

- Terminologia
  - Variável de Resposta – Saída de um experimento
  - Fatores – Variável que afeta as variáveis de resposta e que podem assumir diversas alternativas
  - Níveis – Os valores que um determinado fator pode assumir
  - Fatores Primários – Fatores que causam um grande impacto em uma variável de resposta e que devem ser considerados
  - Fatores Secundários – Fatores cujo impacto na variável de resposta não é significativo ou não se tem interesse em quantificar

# Planejamento de Experimentos

- Terminologia:
  - Replicação – Repetição de todo ou de parte de um experimento
  - Projeto - Determina o número de experimentos a serem considerados, incluindo o número de fatores e níveis, a combinação entre os níveis e o número de replicações para cada experimento
  - Interação – Dois fatores interagem se o efeito de um depende do nível do outro

# Planejamento de Experimentos

Manipula-se de forma planejada certas **variáveis independentes** (fatores), definindo-se os **valores mais prováveis** que essas variáveis podem assumir (níveis) para verificar o efeito que esta manipulação provoca na **variável de resposta** (variável dependente)

# Planejamento de Experimentos

- Variável de Resposta
  - O que medir?
    - ter informação o mais fiel possível sobre o comportamento de um sistema
  - O que quero verificar?

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Tempo de Resposta (visão do usuário):
    - velocidade de execução de uma tarefa (condições?);
    - carga de trabalho do sistema;
    - tempo de espera por um trabalho;
    - comprimento de uma fila por um recurso;
    - tempo de processamento;
    - valores médios/máximos/mínimos/distribuições.

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Capacidade de Trabalho/Utilização:
    - capacidade de trabalho: número médio de pedidos processados por unidade de tempo (*throughput*);
    - utilização:
      - relação entre o serviço útil executado e a carga máxima suportada pelo sistema (processador por exemplo):
      - avalia quão bem os vários elementos do sistema estão sendo utilizados;
  - relação entre utilização e tempo de resposta;
  - capacidade e utilização são medidas orientadas ao sistema.

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Disponibilidade do Sistema:
    - pode ser utilizada como uma medida de desempenho, apesar de medir aspectos de confiabilidade;
    - algumas medidas úteis:
      - tempo de vida;
      - intervalo de disponibilidade;
      - MTTF (*mean time to failure*);
      - MTTR (*mean time to repair*); MTBF (*mean time between failures*)

# Avaliação de Desempenho

- Medidas de desempenho computacionais
  - Produtividade do Sistema:
    - indica como o usuário pode submeter o seu trabalho;
    - o grau de facilidade oferecido pelo sistema;
    - aspectos de manutenção do sistema;
    - existe certa dificuldade para quantificar esse item.

# Avaliação de Desempenho

- Qual ou quais das medidas citadas devem ser consideradas?
- Depende da aplicação (do tipo do sistema):
  - Uso Geral
    - tempo de resposta e utilização  $\Rightarrow$  desempenho;
    - disponibilidade  $\Rightarrow$  confiabilidade.
  - Alta Disponibilidade (bancos, res. aéreas, etc.)
    - tempo de resposta, disponibilidade e produtividade  $\Rightarrow$  desempenho.
  - Tolerantes a Falhas
    - Disponibilidade e recuperação  $\Rightarrow$  desempenho
  - Tempo Real
    - tempo de resposta e carga de trabalho  $\Rightarrow$  desempenho.

# Avaliação de Desempenho

- Tem que tomar cuidado!!!

Avião	DC para Paris	Velocidade
<b>Boeing 747</b>	6,5 horas	610 mph
<b>BAD/Sud Concorde</b>	3 horas	1350 mph



# Avaliação de Desempenho

<b>Avião</b>	<b>DC para Paris</b>	<b>Velocidade</b>	<b># Passageiros</b>	<b><i>Throughput</i> (<i>p*mph</i>)</b>
<b>Boeing 747</b>	6,5 horas	610 mph	470	286.700
<b>BAD/Sud Concorde</b>	3 horas	1350 mph	132	178.200

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

- Considere a avaliação do aquário
  1. Variáveis de Resposta (métricas):
    - Tempo para a cerveja atingir a temperatura desejada
    - Número de cervejas que atingem a temperatura desejada por hora



# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores primários e níveis

- Quatro fatores:
  - **Fator 1 – 3 níveis**
  - Fator 2 – 4 níveis
  - Fator 3 – 3 níveis
  - Fator 4 – 3 níveis

#### Tamanho do aquário:

- **30X30X30**

- **30X30X60**

- **60X60X30**

**(em centímetros)**

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores primários e níveis

- Quatro fatores:
  - Fator 1 – 3 níveis
  - **Fator 2 – 4 níveis**
  - Fator 3 – 3 níveis
  - Fator 4 – 3 níveis

#### **Quantidade de cerveja:**

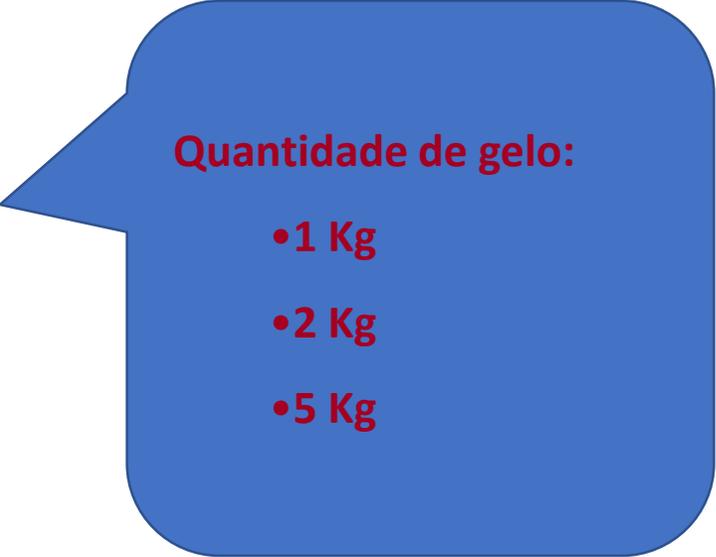
- 10
- 20
- 50
- 100

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores primários e níveis

- Quatro fatores:
  - Fator 1 – 3 níveis
  - Fator 2 – 4 níveis
  - **Fator 3 – 3 níveis**
  - Fator 4 – 3 níveis



**Quantidade de gelo:**

- **1 Kg**
- **2 Kg**
- **5 Kg**

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores primários e níveis

- Quatro fatores:
  - Fator 1 – 3 níveis
  - Fator 2 – 4 níveis
  - Fator 3 – 3 níveis
  - **Fator 4 – 3 níveis**

#### **Tamanho da cerveja:**

- **lata**
- **latão**
- **litro**

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores Secundários

- Espessura do vidro – 5 mm
- Temperatura inicial da cerveja – 25 graus

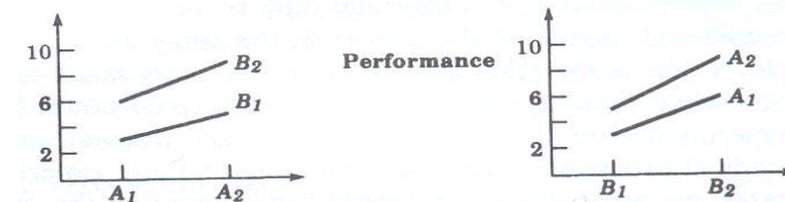
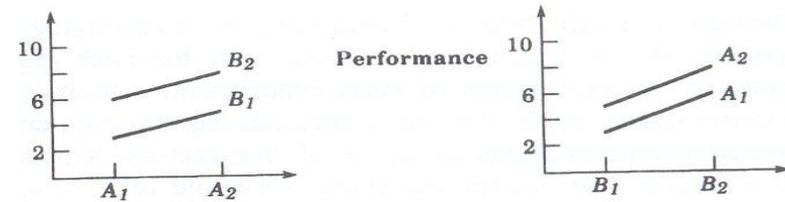


# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 3. Interação

- Fator A = Tamanho do aquário
- Fator B = Quantidade de gelo
  - Fatores sem interação
- Fator A = Quantidade de gelo
- Fator B = Número de cervejas
  - Fatores que interagem



# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

- Considere a avaliação de um banco de dados
  1. Variáveis de Resposta (métricas):
    - Tempo para recuperar uma informação
    - Número de informações recuperadas por unidade de tempo
    - Taxa de acerto ao cache

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores primários e níveis

Quatro fatores:

- Fator 1 – Tamanho do banco de dados
- Fator 2 – Quantidade de usuários
- Fator 3 – Quantidade de cache
- Fator 4 – Forma de armazenamento

### 2. Definição dos Fatores secundários

- Processamento
- Número de discos do RAID

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores primários e níveis

- Quatro fatores:
  - Fator 1 – Tamanho do banco de dados
    - 20 mil registros
    - 1 milhão de registros
    - 5 milhões de registros
  - Fator 2 – Quantidade de usuários
    - 10 usuários
    - 100 usuários
    - 1000 usuários
    - 10000 usuários

# Planejamento de Experimentos

## Terminologia - Exemplo

### 2. Definição dos Fatores primários e níveis

- Quatro fatores:
  - Fator 3 – Quantidade de cache
    - 512K byte
    - 1M byte
    - 10 M byte
  - Fator 4 – Forma de armazenamento
    - RAID – nível 10 com 5 discos
    - RAID – nível 4 com 5 discos
    - RAID – nível 5 com 5 discos

# Planejamento de Experimentos

- Mais um ponto deve ser considerado....
- O que vocês acham de um banco em dia de pagamento?
  - Filas longas
  - Muita espera
  - Desempenho ruim
- E o mesmo banco alguns dias antes do pagamento?
  - Filas curtas, rapidez
  - Desempenho ótimo
- Mas o mesmo sistema pode ter desempenho ótimo/ruim?
  - Carga de trabalho imposta ao sistema é outro ponto que deve ser considerado

# Conteúdo

1. Introdução

2. Planejamento de Experimentos

- Conceitos Básicos
- Carga de trabalho
- Modelos para Planejamento de Experimento

3. Técnicas para Avaliação de Desempenho

4. Análise de resultado

# Planejamento de Experimentos

- Três casos:

- Tempo para atender cada cliente – 5 minutos
  - Tempo entre a chegada de um cliente e outro – 2 minutos

Filas cada vez maiores

- Tempo para atender cada cliente – 6 minutos
  - Tempo entre a chegada de um cliente e outro – 10 minutos

Nenhuma fila

- Tempo para atender cada cliente – 5 minutos (na média)
  - Tempo entre a chegada de um cliente e outro – 4 minutos (na média)

???????

# Caracterização de Carga de Trabalho

- Exemplo:
  - Acesso a um disco com:
    - Valor médio da taxa entre chegadas – 10 ms
    - Valor médio do tempo de acesso ao disco – 8ms
  - Simular de 0 a 100 mseg – O que ocorre?

# Caracterização de Carga de Trabalho

- Considerar agora que estes valores apresentam uma “certa” distribuição, de forma que os valores gerados são:
  - Tempo de chegada: 12, 6, 4, 15, 20, 3, 1, 17, 12, 10
  - Tempo de serviço: 8, 12, 4, 7, 9, 12, 3, 1, 16, 8 (Tempo em m segundos)
  - Simular de 0 a 100 mseg - **Qual a diferença observada?**
- Conclusão:
  - **Na avaliação de desempenho de um sistema é muito importante considerar a carga de trabalho real do sistema**

# Procedimento para determinar a carga de trabalho

1. Determinar que tipo de característica é importante ser representada
  - **Depende do objetivo da avaliação**
  - Exemplo: Um Sistema Computacional pode ser subdividido em 4 camadas que executam as operações descritas nos próximos slides

# Procedimento para determinar a carga de trabalho

1. Camada de aplicação que recebe as transações e envia comandos para o SO
  2. Sistema Operacional que recebe os comandos e serviços e envia instruções para a CPU
  3. CPU que divide as instruções em instruções aritméticas e lógicas e as envia para a ULA
  4. ULA – executa instrução
- Qual tipo de carga de trabalho deve ser considerada?
    - **Depende da camada a ser analisada**

# Procedimento para determinar a carga de trabalho

1. Camada de aplicação que recebe as transações e envia comandos para o SO
  - **Frequência dos diferentes tipos de transações efetuadas**
2. Sistema Operacional que recebe os comandos e serviços e envia instruções para a CPU
  - **Conjunto de comandos e serviços oferecidos pelo SO**
3. CPU que divide as instruções em instruções aritméticas e lógicas e as envia para a ULA
  - **Conjunto de Instruções**
4. ULA – executa instrução
  - **Frequência e tipo das instruções aritméticas**

# Caracterização da Carga de Trabalho e do Tempo de Serviço

- Nível de detalhe a ser considerado
  - Várias possibilidades:
    - Utilizar as requisições mais frequentes
    - Considerar os vários tipos de requisições e suas frequências
    - Trace: Sequência de requisições com *timestamp*
    - Utilizar valores médios
    - Utilizar distribuições de probabilidade

# Caracterização da Carga de Trabalho e do Tempo de Serviço

- Verificar a representatividade da carga de trabalho
  - Três Aspectos importantes:
    - Taxa de chegada
    - Demanda por recurso
    - Sequência e demanda por diferentes recursos
- Atualização da carga de trabalho

# Tipos Básicos de Carga de Trabalho

- Precisamos agora de uma forma para representar a carga de trabalho
- Basicamente, duas formas:
  - Carga de trabalho Real
  - Carga de trabalho Sintética

# Tipos Básicos de Carga de Trabalho

- Real
  - Observada no sistema real em operação normal.
  - Vantagem:
    - Precisão
  - Desvantagens:
    - Não pode ser repetida com facilidade
    - Arquivos de Trace -> arquivos muito grandes

# Tipos Básicos de Carga de Trabalho

- Sintética
  - Carga com características similares às reais
  - Vantagens:
    - Pode ser repetida de forma controlada
    - Não necessita de arquivos com dados reais
    - Carga pode ser facilmente modificada
    - Pode ser transportada para diferentes sistemas
  - Problema:
    - Determinar a distribuição mais apropriada para o sistema em avaliação.

# Conteúdo

1. Introdução

2. Planejamento de Experimentos

- Conceitos Básicos
- Carga de trabalho
- Modelos para Planejamento de Experimento

3. Técnicas para Avaliação de Desempenho

4. Análise de resultado

# Lembrando...

1. Estudar o sistema e definir os objetivos
2. Determinar os serviços oferecidos pelo sistema
3. Selecionar métricas de avaliação
4. Determinar os parâmetros que afetam o desempenho do sistema
5. Determinar o nível de detalhamento da análise
6. Determinar a Técnica de Avaliação apropriada
7. Determinar a carga de trabalho característica
8. Realizar a avaliação e obter os resultados
9. Analisar e interpretar os resultados
10. Apresentar os resultados

Planejamento de Experimentos

Técnica de Avaliação

Análise dos Resultados

# Etapas para o desenvolvimento de um Planejamento de Experimentos

- Caracterização do problema
  - Estabelecer e delimitar adequadamente o problema
- Escolha dos fatores de influência
  - verificar quais fatores poderão ser mantidos fixos e, portanto, não terão os seus efeitos avaliados
- Para os fatores que não serão mantidos fixos, identificar os intervalos de variação e determinar os níveis a serem considerados
- Seleção das variáveis de resposta
- Determinar a(s) carga(s) de trabalho a serem consideradas

# Etapas para o desenvolvimento de um Planejamento de Experimentos

- Determinar um projeto experimental adequado, isto é, saber como combinar os níveis dos fatores de forma que se possa resolver o problema proposto com o menor custo possível;
- Determinação de um modelo de planejamento de experimento
- Condução do experimento
- Planejamento de como será a análise dos dados do experimento
- Conclusões e recomendações

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento simples
- Planejamento fatorial completo
- Planejamento fatorial parcial

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples
  - Iniciar com uma configuração inicial
  - Fixar todos os fatores e variar um fator por vez
  - Verificar que fator afeta o desempenho
  - Fácil de ser implementado
  - Não permite verificar a relação entre os fatores
  - Estatisticamente não eficiente

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples
  - Para um experimento com  $K$  fatores e  $n_i$  níveis no fator  $i$ , tem-se:

$$n = 1 + \sum_{i=1}^K (n_i - 1)$$

# Planejamento de Experimentos

- Empresa de telefonia celular - Sistema pré pago
  - Objetivo: determinar a influência de uma expansão no serviço prestado, mantendo sistema já utilizado
- 1. Variáveis de Resposta (métricas):
  - Tempo para recuperar uma informação
  - Número de informações recuperadas por unidade de tempo
  - Taxa de acerto na cache

# Planejamento de Experimentos

- Empresa de telefonia celular - Sistema pré pago
- 4 fatores:
  - Fator 1 – Tamanho do banco de dados – 3 níveis:
    - 500 mil, 1 milhão 2 milhões de registros
  - Fator 2 – Quantidade de acessos – 3 níveis:
    - 10 mil, 20 mil e 40 mil acessos/dia
  - Fator 3 – Quantidade de cache – 3 níveis:
    - 1M bytes, 10M bytes e 20M bytes
  - Fator 4 – Número de discos – 3 níveis:
    - 5, 10 e 15 discos

$$n = 1 + (3-1) + (3-1) + (3-1) + (3-1) = 9$$

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples
  - Não recomendado pois não é possível analisar a influência de todos os fatores
  - Muito utilizado

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento simples: não recomendado ... por que?
- Ex. Aquário



# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples: não recomendado ... por que?
- Fatores:
  1. Número de garrafas de cerveja: 100, 1000, 10000
  2. Espessura do vidro: 2mm, 5mm, 10mm
  3. Quantidade de gelo: 10 kg, 100Kg, 1000Kg
- Variável de Resposta: Tempo necessário para diminuir a temperatura de cerveja em 30 graus

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples: não recomendado ... por que?

- 1o. Experimento

- fixo: Esp = 5mm; no. Garrafas = 100
- gelo = 10 Kg -> Saída = 2 minutos
- gelo = 100 Kg -> Saída = 2 minutos
- gelo = 1000Kg -> Saída = 2 minutos

- Mas.... 2o. Experimento

- fixo: Esp = 5mm; no. Garrafas = 1000
- gelo = 10 Kg -> Saída = 30 minutos
- gelo = 100 Kg -> Saída = 20 minutos
- gelo = 1000 Kg -> Saída = 20 minutos

**Tempo para  
gelar bebida  
independe da  
quantidade de  
gelo**

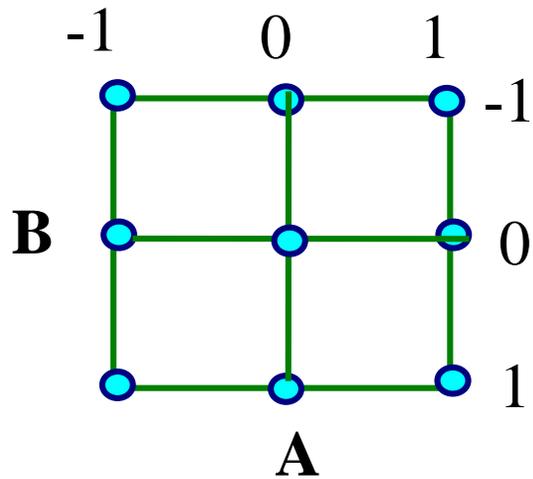
# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples - Não recomendado – Por que?
- 3o. Experimento,
  - fixo: Esp = 5mm; no. Garrafas = 10000
  - gelo = 10 Kg -> Saída = XX minutos
  - gelo = 100 Kg -> Saída = 3horas
  - Gelo = 1000Kg -> Saída = 1 hora

**Planejamento simples pode  
levar a conclusões erradas**

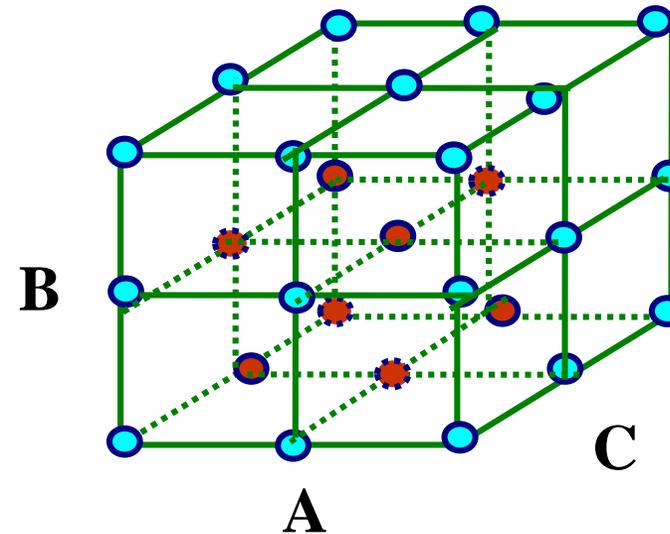
# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Totalmente Fatorial
  - Utiliza todas as combinações considerando todos os fatores e todos os níveis



Projeto  $3^2$

2 fatores (A e B)  
3 níveis (-1, 0, 1)



Projeto  $3^3$

3 fatores (A, B, C)  
3 níveis

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Totalmente Fatorial
  - Utiliza todas as combinações considerando todos os fatores e todos os níveis
  - Para um experimento com  $K$  fatores e  $n_i$  níveis no fator  $i$ , tem-se:

$$n = \prod_{i=1}^K n_i$$

- Para o exemplo sistema de telefonia tem-se:
  - $n = 3$  (tamanho BD) \* 3 (quantidade de acessos) \* 3 (cache) \* 3 (no. discos) = **81 experimentos**

# Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Totalmente Fatorial
- Vantagens
  - Todos os fatores são avaliados
  - Pode-se determinar o efeito de qualquer fator
  - Interações entre fatores podem ser verificadas
- Desvantagens
  - Grande número de experimentos
  - Alto custo para avaliação

# Planejamento Totalmente Fatorial

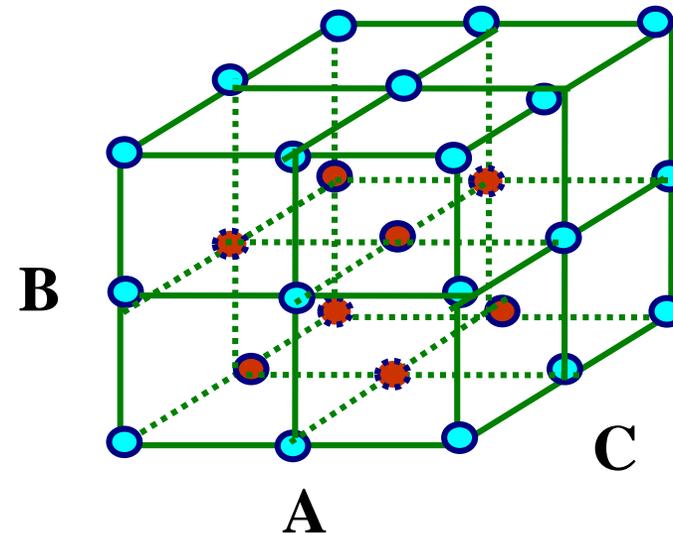
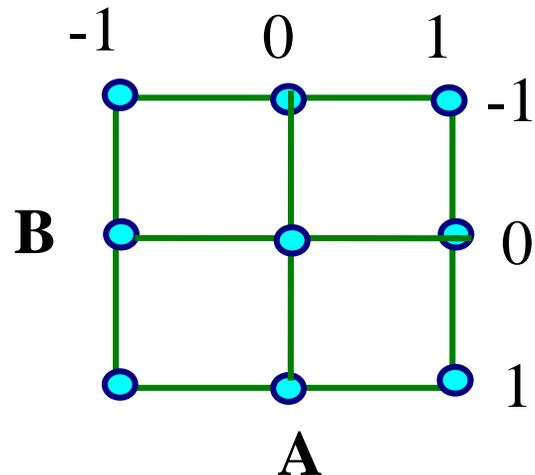
- Formas para minimizar custos
  1. Reduzir o número de níveis de cada fator
    - Altamente recomendada
    - Selecionar dois níveis para cada fator a ser analisado – número de experimentos reduzido para  $2^k$
    - Analisar os resultados e selecionar os fatores primários
    - Analisar os fatores primários para um número maior de níveis

# Planejamento Totalmente Fatorial

- Formas para minimizar custos
  2. Reduzir o número de fatores
    - Deve ser implementada com cuidado. Por exemplo, utilizando forma 1.
    - Se não for utilizada uma metodologia adequada podem estar sendo desconsiderados fatores com grande influência para as variáveis de resposta

# Planejamento Totalmente Fatorial

- Formas para minimizar custos
  3. Utilização do método do Fatorial Parcial
    - Parte dos experimentos são excluídos
    - Podem ser eliminadas comparações em que se sabe, a interação não existe ou é insignificante



# Planejamento Totalmente Fatorial

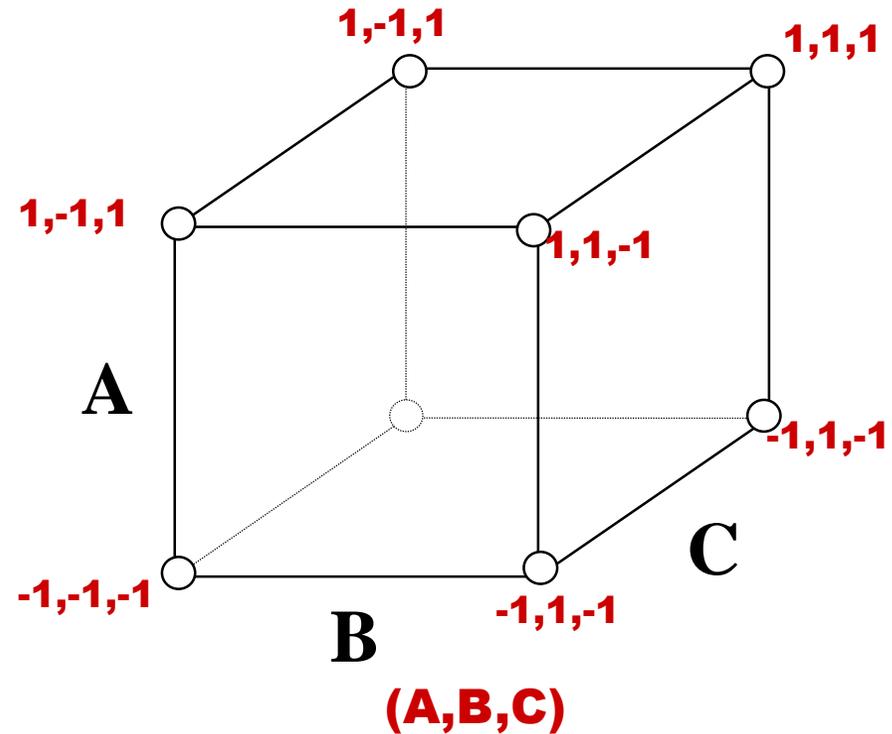
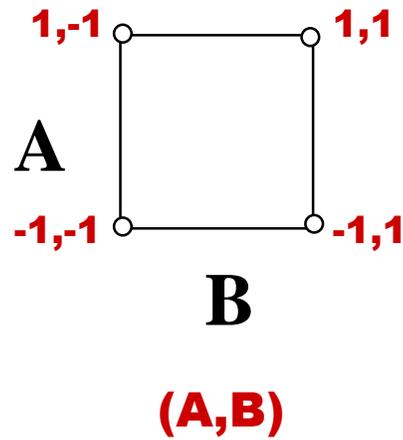
- Formas para minimizar custos
  3. Utilização do método do Fatorial Parcial
    - Por exemplo, no sistema de telefonia tem-se 81 experimentos.
    - Verificar relacionamento entre os fatores:
      - Fator 1 – Tamanho do banco de dados
      - Fator 2 – Quantidade de acessos
      - Fator 3 – Quantidade de cache
      - Fator 4 – Número de discos
    - Mais rápido
    - Obtém-se menos informações

# Método Fatorial

- Pelo método fatorial pode-se ter  $k$  fatores com  $n_i$  níveis para cada fator  $i$
- Para valores elevados de  $K$  e  $n_i$ , o custo da avaliação pode tornar-se inviável, principalmente lembrando-se que diversas execuções de cada experimento devem ser consideradas.
- Forma recomendada: selecionar poucos fatores e 2 níveis por fator.
- Para entender a abordagem utilizada para a análise inicia-se com 2 fatores contendo 2 níveis em cada um, técnica conhecida como Projeto Fatorial  $2^2$

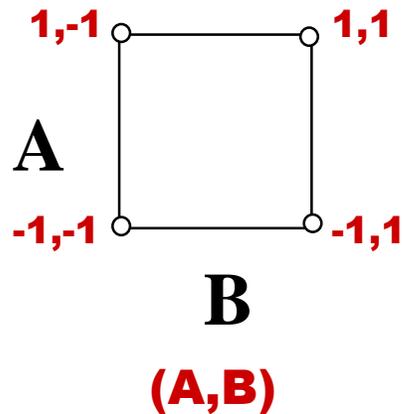
# Método Fatorial

- Selecionar poucos fatores e 2 níveis por fator.



# Projeto Fatorial $2^2$

- Análise através do modelo de regressão não linear
- Considere um problema analisando dois fatores (A e B)
- Quatro experimentos são efetuados obtendo-se os valores  $y_1, y_2, y_3, y_4$
- Os quatro experimentos consideram a seguinte sequência



Experimento	A	B	y
1	-1	-1	$y_1$
2	1	-1	$y_2$
3	-1	1	$y_3$
4	1	1	$y_4$

# Projeto Fatorial $2^2$

- Modelo para projeto  $2^2$  é dado por:
  - $y = q_0 + q_A x_A + q_B x_B + q_{AB} x_A x_B$
- Substituindo-se as quatro observações no modelo, obtêm-se os valores de  $y_1, y_2, y_3, y_4$ 
  - $y_1 = q_0 - q_A - q_B + q_{AB}$
  - $y_2 = q_0 + q_A - q_B - q_{AB}$
  - $y_3 = q_0 - q_A + q_B - q_{AB}$
  - $y_4 = q_0 + q_A + q_B + q_{AB}$

Experimento	A	B	y
1	-1	-1	$y_1$
2	1	-1	$y_2$
3	-1	1	$y_3$
4	1	1	$y_4$

# Projeto Fatorial $2^2$

- Resolvendo as equações para  $q_i$ , tem-se
  - $q_0 = \frac{1}{4} * (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)$
  - $q_A = \frac{1}{4} * (-y_1 + y_2 - y_3 + y_4)$
  - $q_B = \frac{1}{4} * (-y_1 - y_2 + y_3 + y_4)$
  - $q_{AB} = \frac{1}{4} * (y_1 - y_2 - y_3 + y_4)$

Experimento	A	B	y
1	-1	-1	$y_1$
2	1	-1	$y_2$
3	-1	1	$y_3$
4	1	1	$y_4$

# Projeto Fatorial $2^2$

- A partir dos valores de  $q_0$ ,  $q_A$ ,  $q_B$ ,  $q_{AB}$  pode-se determinar a soma dos quadrados
- A soma dos quadrados dará a variação total das variáveis de resposta e as variações devido a influência do fator A, do fator B e da interação entre A e B
- Soma dos Quadrados Total

ou

$$SST = \sum_{i=1}^{2^2} (y_i - \bar{y})^2$$

$$SST = 2^2 q_A^2 + 2^2 q_B^2 + 2^2 q_{AB}^2$$



**SSA + SSB + SSAB**

# Projeto Fatorial $2^2$

- Soma dos Quadrados devido a influência do Fator A

$$SSA = 2^2 q_A^2$$

**Influência do Fator A =  $SSA / SST$**

- Soma dos Quadrados devido a influência do Fator B

$$SSB = 2^2 q_B^2$$

**Influência do Fator B =  $SSB / SST$**

- Soma dos Quadrados devido a interação entre os Fatores A e B

$$SSAB = 2^2 q_{AB}^2$$

**Influência da interação entre os Fatores A e B =  $SSAB/SST$**

# Projeto Fatorial $2^2$

- Interpretações possíveis a partir desses resultados:
  - Média da variável de resposta –  $q_0$
  - Qual a variação da variável de resposta devido a variação do fator A
  - Qual a variação da variável de resposta devido a variação do fator B
  - Qual a variação devido a interação entre os fatores A e B
  - De que fator a variável de resposta é mais dependente?
  - Algum dos fatores observados pode ser desprezado?
  - A interação entre os fatores observados é considerável?

# Projeto Fatorial $2^2$

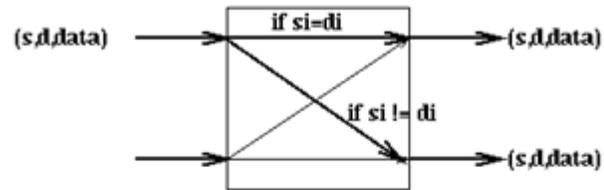
- Exemplo: Avaliação de duas redes de comunicação em uma máquina paralela com:
  - 16 processadores
  - Escalonamento aleatório
  - Não existe problema de acesso a memória – interleaving de memória infinito
  - Redes utilizam Chaveamento de circuito – conexão é estabelecida da fonte ao destino e pacotes são enviados (ex. telefone)
  - Requisições não atendidas são bloqueadas

# Fatores Considerados

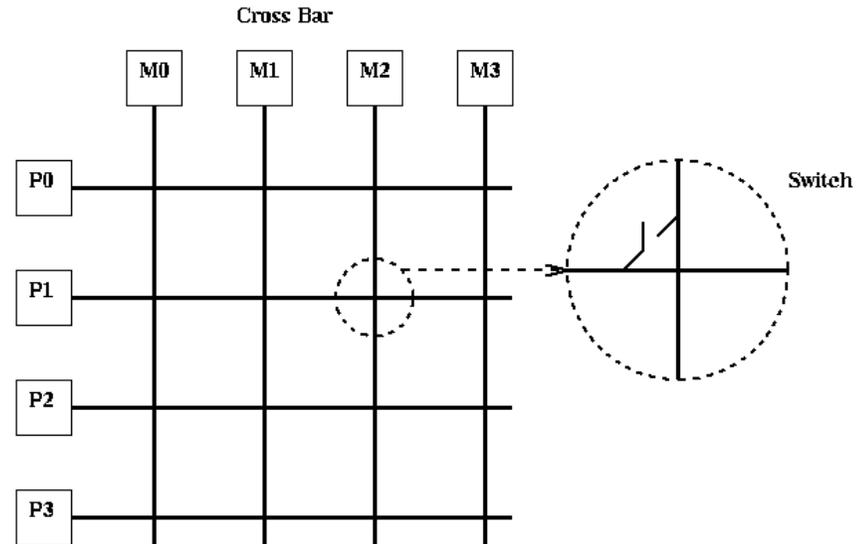
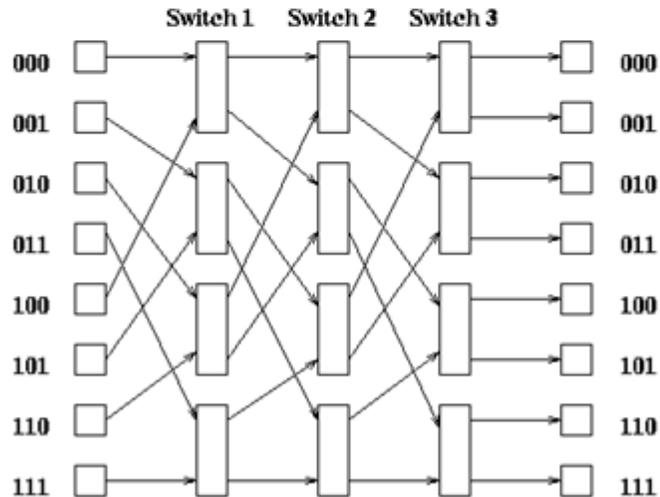
- Duas Redes de Interconexão – Fator A
  - Omega – Nível = 1
  - Crossbar – Nível = -1
- Duas formas de acesso a memória – Fator B
  - Aleatório – probabilidade uniforme de referenciar cada posição de memória – Nível = -1
  - Matriz – simula uma multiplicação de matrizes – Nível = 1

# Tipos de Redes de Interconexão Consideradas

Switch  $i$  in an Omega Network

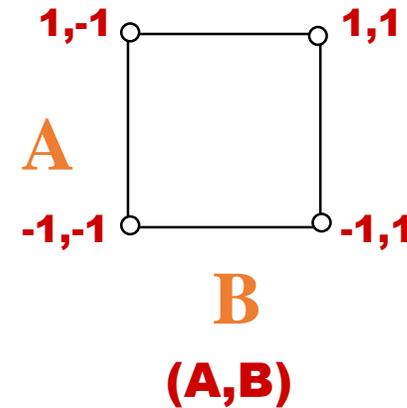


Omega network on 8 processors



# Resultados Obtidos

- Variáveis de Resposta
  - Throughput - T
  - Ciclos para transmissão - N
  - Tempo de Resposta – R



Fatores		Variáveis de Resposta		
A (rede)	B(Acesso)	T	N	R
-1(C)	-1(A)	0,6041	3	1,655
1(O)	-1 (A)	0,4220	5	2,378
-1(C)	1(M)	0,7922	2	1,262
1(O)	1 (M)	0,4717	4	2,190

Fatores		Variáveis de Resposta		
A (rede)	B(Acesso)	T	N	R
-1(C)	-1(A)	0,6041	3	1,655
1(O)	-1 (A)	0,4220	5	2,378
-1(C)	1(M)	0,7922	2	1,262
1(O)	1 (M)	0,4717	4	2,190

Parâmetro	Média Estimada			Variação %		
	T	N	R	T	N	R
$q_0$	0,5725	3,5	1,871			
$q_A$	-0,1257	1,0	0,413	77,0	80	87,8
$q_B$	0,0595	-0,5	-0,145	17,2	20	10,9
$q_{AB}$	-0,0346	0	0,051	5,8	0	1,3

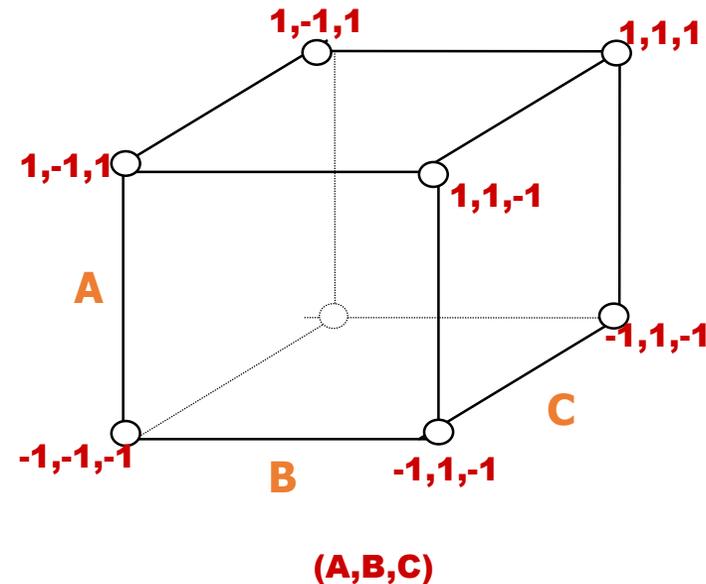
# Resultados Obtidos

Parâmetro	Média Estimada			Variação %		
	T	N	R	T	N	R
$q_0$	0,5725	3,5	1,871			
$q_A$	-0,1257	1,0	0,413	77,0	80	87,8
$q_B$	0,0595	-0,5	-0,145	17,2	20	10,9
$q_{AB}$	-0,0346	0	0,051	5,8	0	1,3

- Média das variáveis de Resposta –  $q_0$
- Influência de cada fator
- Fator com maior influência
- Grau de interação entre os fatores

# Projeto Fatorial 2k

- Utilizado para avaliar experimentos com k fatores com 2 níveis cada
- Análise similar ao  $2^2$
- Para  $k = 3$



$$SST = 2^3 (q_A^2 + q_B^2 + q_C^2 + q_{AB}^2 + q_{AC}^2 + q_{BC}^2 + q_{ABC}^2)$$

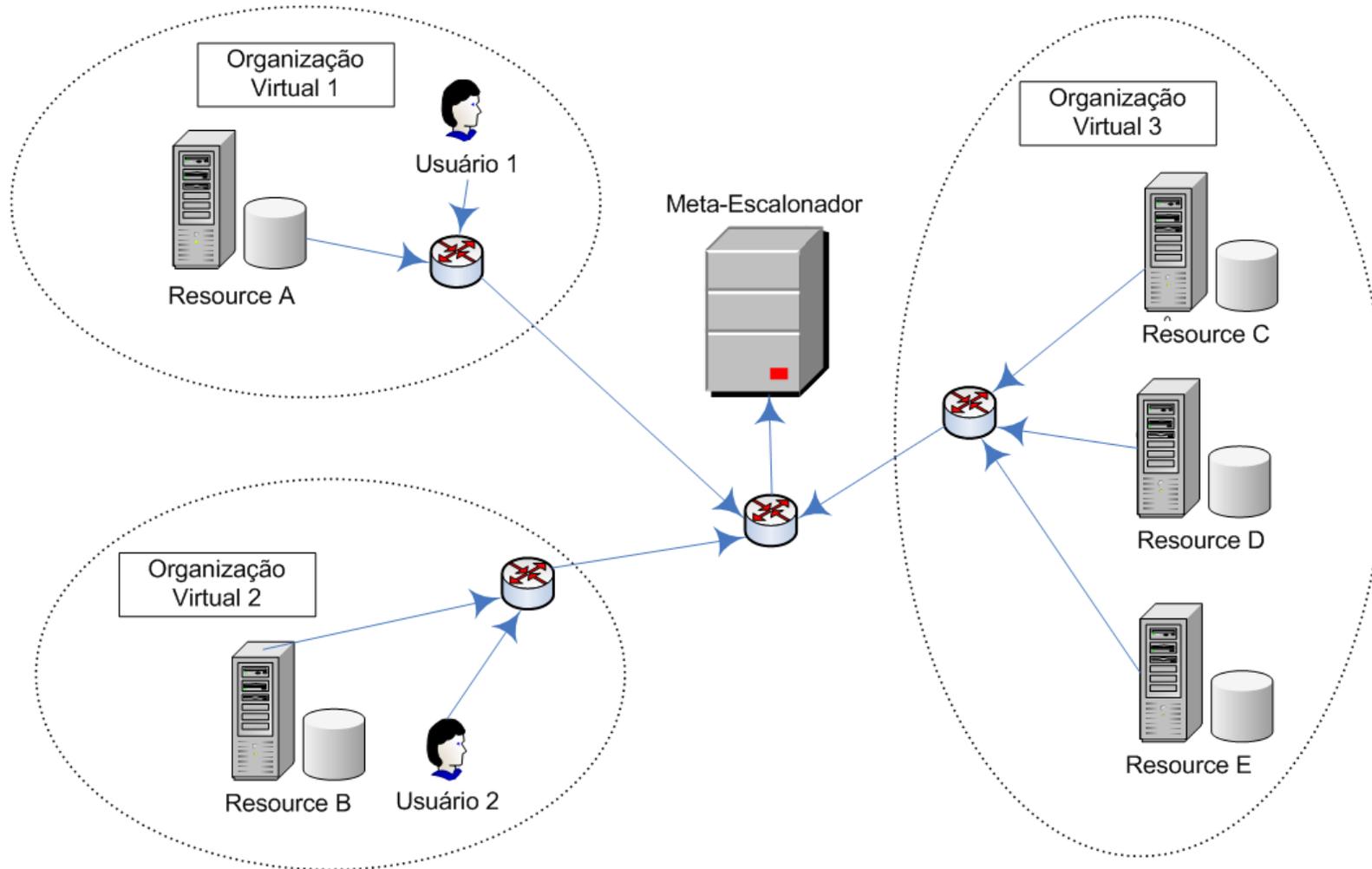
$$SSA = 2^3 q_A^2 \quad SSB = 2^3 q_B^2 \quad SSC = 2^3 q_C^2$$

$$SSAB = 2^3 q_{AB}^2 \quad \dots \quad SSABC = 2^3 q_{ABC}^2$$

# Mais Um Exemplo...

- Avaliação de desempenho de políticas para o meta-escalonador em um ambiente Grid
  - Trabalho desenvolvido na disciplina de Avaliação de Desempenho da pós graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional
  - **Maycon Leone M. Peixoto**

# Avaliação de Escalonamento em Grades



# Avaliação de Escalonamento em Grades

- Escalonamento em Grid é um tema bem discutido atualmente.
  - Algoritmos: RR, Workqueue...
- O Meta-Escalonador exerce as funções de:
  - Gerência das tarefas (submissão, pausa, finalização)
  - Gerência dos recursos
  - Adoção de políticas de uso

# Avaliação de Escalonamento em Grades

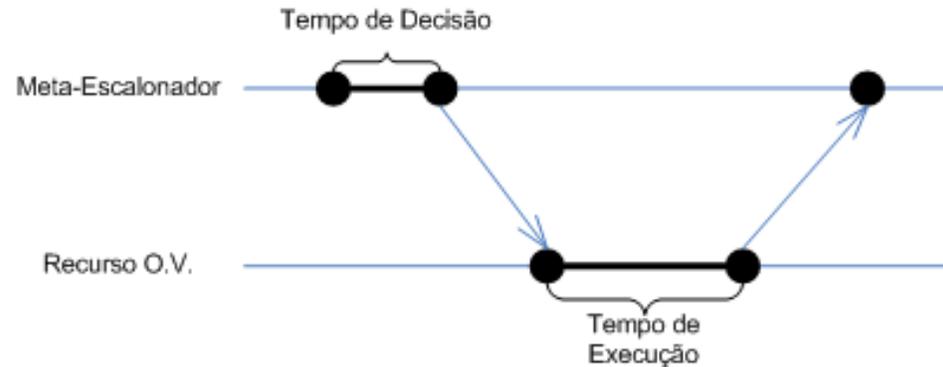
- Objetivo
  - Utilizar os conceitos adquiridos na disciplina de avaliação de desempenho para determinar o comportamento das políticas utilizadas pelo Meta-Escalonador no ambiente de simulação GridSim.

# Avaliação de Escalonamento em Grades

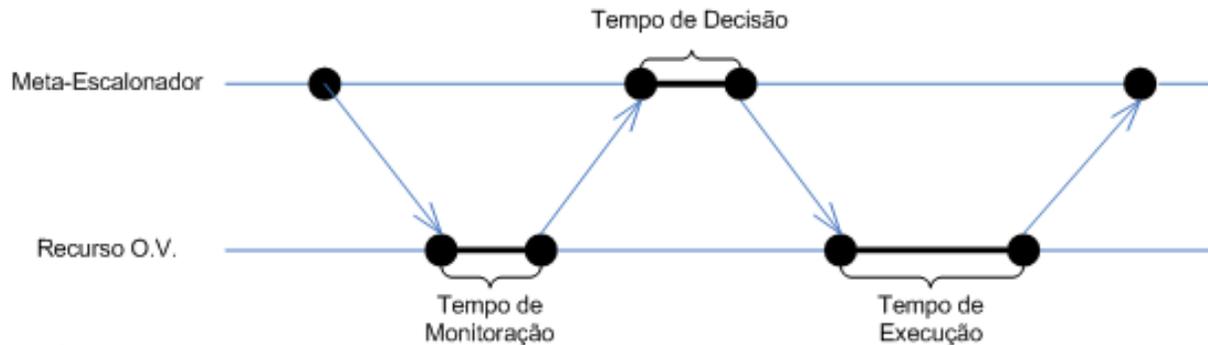
- São considerados **quatro fatores** e **dois níveis** para construção do planejamento de experimentos:
  - Número de usuários: 5 e 30
  - Políticas Externas: Round Robin e Counter Load Balanced
  - Número de Tarefas: 50 e 100
  - Número de Recursos: 2 e 4 (homogêneos)

# Avaliação de Escalonamento em Grades

- Políticas Externas
  - RR Round Robin



- CLB Counter Load Balanced



# Avaliação de Escalonamento em Grades

- Variáveis de Resposta:
  - Custo = Tempo de resposta x 3\$.
  - Throughput.
- Algumas constantes adotadas no experimento, segundo a Tabela 1:

Tabela 1: Configuracao Padrao dos Recursos.

Arch	Sun Ultra
O.S.	Solaris
Time Zone	9
Cost	3
Baud-rate	100
peakLoad	0
offpeakLoad	0
holidayLoad	0
Bandwidth	1000

# Avaliação de Escalonamento em Grades

- A carga de trabalho é composta por:
  - Tamanho (MIPS): representa o total de computação desejado por aquele objeto
  - tamanho do arquivo a ser transmitido sobre a rede (bytes)
  - tamanho do arquivo de retorno com a resposta (bytes)
- Taxa de Chegada: distribuição exponencial negativa com media 2

# Avaliação de Escalonamento em Grades

Tabela 2: Configuração do Projeto Fatorial.

FATORES				
	A	B	C	D
Exp	Política	Qtd. Usuario	Qtd. Gridlet	Qtd. Recurso
1	RR	5	50	2
2	RR	5	50	4
3	RR	5	100	2
4	RR	5	100	4
5	RR	30	50	2
6	RR	30	50	4
7	RR	30	100	2
8	RR	30	100	4
9	CLB	5	50	2
10	CLB	5	50	4
11	CLB	5	100	2
12	CLB	5	100	4
13	CLB	30	50	2
14	CLB	30	50	4
15	CLB	30	100	2
16	CLB	30	100	4

Fatores		Níveis
<b>A</b>	Política	RR e CLB 1 e -1
<b>B</b>	Quantidade de Usuários	5 e 30 1 e -1
<b>C</b>	Quantidade de Gridlets	50 e 100 1 e -1
<b>D</b>	Quantidade de Recursos	2 e 4 1 e -1

# Avaliação de Escalonamento em Grades

Fatores		Níveis
<b>A</b>	Política	RR e CLB 1 e -1
<b>B</b>	Quantidade de Usuários	5 e 30 1 e -1
<b>C</b>	Quantidade de Gridlets	50 e 100 1 e -1
<b>D</b>	Quantidade de Recursos	2 e 4 1 e -1

Tabela 3: Metodologia para o Projeto Fatorial.

Exp	Fatores															Variáveis de Resposta	
	A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD	ABCD	Custo Médio	Throughput
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2776,57	0,02117
2	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1140,095	0,038293
3	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	5373,475	0,022156
4	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1812,129	0,043641
5	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	15690,516	0,00372
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	7927,512	0,006915
7	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	31304,949	0,00374
8	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	15721,839	0,007344
9	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	497,145	0,018023
10	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	455,268	0,017233
11	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	502,133	0,019037
12	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	453,916	0,01815
13	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1869,408	0,003647
14	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	662,126	0,004326
15	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1994,114	0,003719
16	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	675,347	0,004421

# Avaliação de Escalonamento em Grades

Fatores		Níveis
<b>A</b>	Política	RR e CLB 1 e -1
<b>B</b>	Quantidade de Usuários	5 e 30 1 e -1
<b>C</b>	Quantidade de Gridlets	50 e 100 1 e -1
<b>D</b>	Quantidade de Recursos	2 e 4 1 e -1

Tabela 4: Influência dos Fatores e suas Interações.

Parâm.	Média Estimada			Soma dos quadrados		Influência	
	Custo	Throughput		Custo	Throughput		
q0			SST	1115643574	0,0024		
qA	4664,8518	0,0037	SSA	348173470	0,0002	31,2083	9,0728
qB	-3927,1925	0,0100	SSB	246765455	0,0016	22,1187	67,9384
qC	-1676,2039	-0,0006	SSC	44954551	0,0000	4,0295	0,2097
qD	1947,5049	-0,0028	SSD	60684404	0,0001	5,4394	5,4093
qAB	-3515,6259	0,0030	SSAB	197754005	0,0001	17,7256	5,9246
qAC	-1658,5085	-0,0003	SSAC	44010407	0,0000	3,9448	0,0583
qAD	1620,4870	-0,0029	SSAD	42015650	0,0001	3,7660	5,5522
qBC	1267,1320	-0,0005	SSBC	25689976	0,0000	2,3027	0,1555
qBD	-1286,5155	-0,0018	SSBD	26481954	0,0001	2,3737	2,1973
qCD	1335,3790	0,0003	SSCD	28531793	0,0000	2,5574	0,0596
qABC	1250,3456	-0,0003	SSABC	25013827	0,0000	2,2421	0,0451
qABD	-982,0211	-0,0022	SSABD	15429848	0,0001	1,3830	3,2315
qACD	-601,6970	0,0003	SSACD	5792628	0,0000	0,5192	0,0624
qBCD	375,0238	0,0002	SSBCD	2250285	0,0000	0,2017	0,0391
qABCD	361,8806	0,0003	SSABCD	2095321	0,0000	0,1878	0,0441

# Planejamento de Experimento

- Planejamento de Experimentos designa toda uma área de estudos da **Estatística** que desenvolve técnicas de planejamento e análise de experimentos.
- Existe um grande número de técnicas, com vários níveis de sofisticação e uma grande quantidade de ferramentas visando oferecer as condições necessárias para o planejamento de experimentos.
- Essas técnicas cobrem todas as possibilidades, diversos fatores, diferentes quantidades de níveis , tratamento de replicações, etc.
- Importância dentro de **Avaliação de Desempenho**: saber como utilizar as técnicas/ferramentas e saber analisar os resultados

# Erros Comuns em Experimentos

- Uso de apenas um fator por vez: essa opção simplifica a experimentação mas não permite verificar interações
- Execução de muitos experimentos: em um primeiro passo poucos fatores/níveis devem ser considerados. Com as conclusões iniciais, pode-se considerar outros fatores/níveis

# Conteúdo

1. Introdução

2. Planejamento de Experimentos

- Conceitos Básicos
- Carga de trabalho
- Modelos para Planejamento de Experimento

3. Técnicas para Avaliação de Desempenho

4. Análise de resultado