



Universidade Federal de Campina Grande – UFCG  
Departamento de Sistemas e Computação – DSC  
Ciência da Computação  
**Avaliação de Desempenho de Sistemas Discretos**  
Professor: Antão Beltrão Moura

Simulação de sistemas M/D/1, M/M/1 e M/G/1

Equipe:  
Clerton Ribeiro de Araujo Filho  
Fabrício Epaminondas  
Marcelo Emanuel

Campina Grande  
Março de 2008

# Sumário

<b>1. O problema da Simulação .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Instruções para a execução do simulador .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Solução do Problema .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Caracterização da Solução .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Sistema M/D/1 .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Sistema M/M/1.....</b>	<b>5</b>
<b>3.3 Sistema M/G/1 .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Sistema M/D/1 .....</b>	<b>6</b>
<b>4.2 Sistema M/M/1.....</b>	<b>6</b>
<b>4.3 Sistema M/G/1 .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Conclusões.....</b>	<b>8</b>
<b>6. Apêndice.....</b>	<b>9</b>
<b>6.1. Relatórios de Simulação .....</b>	<b>9</b>
6.1.1 Sistema M/D/1 .....	Erro! Indicador não definido.
6.1.2 Sistema M/M/1 .....	Erro! Indicador não definido.
6.1.3 Sistema M/G/1 .....	Erro! Indicador não definido.

# 1. O problema da Simulação

Desenvolver um simulador para uma central de serviços com uma fila (FCFS) e um único servidor, sem usar *frameworks* de simulação, como o *SimJava*. Será simulado sistemas M/D/1, M/M/1, M/G/1 (redefine "G"), obtendo o tempo médio de resposta, e o tempo de utilização para cada sistema.

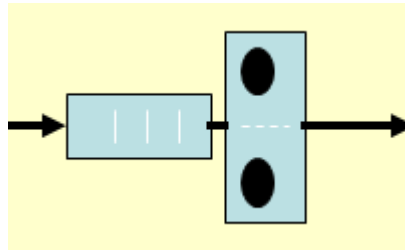
Os resultados descritos acima, serão plotados em função de  $0 < \rho \leq 1$ , a utilização do servidor ( $= \lambda/p$ ), em um mesmo gráfico. Os resultados obtidos do simulador serão comparados com aqueles obtidos por análise matemática.

## 1.1 Instruções para a execução do simulador

O arquivo contendo o relatório estará na pasta raiz do arquivo enviado, já o código java estará disponibilizado na pasta SimpleSimulator.

Execute o arquivo *run.bat*, em qualquer sistema operacional Windows, e veja os resultados na pasta Report, contendo o resultado da simulação de um servidor atendendo as solicitações dos freguêses segundo a distribuição dada.

Fonte -> |fila|(Servidor) -> Servidouro



## 2. Solução do Problema

A idéia é construir simulador sem usar *frameworks* de simulação. O problema encontrado para a construção do projeto foi de construir as equações referentes as distribuições probabilísticas a serem usadas no projeto, para ser usado em M/G/1, especificamente, em G. Para solucionar esse problema, resolveu-se utilizar o *framework* para simulação *Java Statistical Classes(JSC)*, que é um pacote Java para a utilização dos mais variados recursos estatísticos não provenientes na API nativa da linguagem. Trata-se de uma API que estende a linguagem Java com elementos básicos para usar definições estatísticas.

Utilizando o *JSC*, usamos a distribuição de Bernoulli para G, apenas instanciando a classe *Bernoulli*, e como parâmetro para a construção, apenas a probabilidade de sucesso. Ao usar o método *random()*, um valor aleatório variante a partir da distribuição de Bernoulli que foi determinada..

Como o nosso projeto consiste na implementação de um simulador, foi criada uma classe *SimServer*, que manipula todas as ações referentes ao servidor, como iniciar o *clock*, e gerenciar a fila de entrada e saída. Os parametros para construção do servidor são, respectivamente, o tamanho da **uts**, o processo que representa os intervalos de interchegadas, o processo que representa o processamento do servidor, e o tamanho da fila.

Os três processos utilizados, o determinístico, o de Markov e o geral, foram descritos nas classes *DeterministicProcess*, *MarkovProcess*, e *GeneralProcess*. Também foi criado uma classe *Event* representando um evento, com tempo de chegada e de partida.

No mais, a classe *Simulation* é responsável pela instanciação e inicialização de todo o processo de simulação, como também a geração dos gráficos e relatórios.

## **3. Caracterização da Solução**

### **3.1 Sistema M/D/1**

Para o sistema M/D/1, a chegada de fregueses, distribuída exponencialmente, foi considerada uma taxa média,  $\lambda$ , igual a 0,1 e um servidor com tempo de serviço constante igual  $\mu = 1$ .

### **3.2 Sistema M/M/1**

Para o sistema M/M/1, a chegada de fregueses, distribuída exponencialmente, foi considerada uma taxa média,  $\lambda$ , igual a 4 e um servidor com tempo de serviço distribuído exponencialmente com taxa igual  $\mu = 8$ .

### **3.3 Sistema M/G/1**

Para o sistema M/G/1, foi definido G como tendo distribuição de Bernoulli, uma distribuição discreta com espaço amostral  $\{0, 1\}$ , e probabilidades  $P(0) = 1 - p$  e  $P(1) = p$ . A taxa chegada de fregueses é Markoviana com parâmetro igual a 0,5. Para o tempo de serviço do servidor, considerou-se a distribuição de Bernoulli com probabilidade igual a 0 (taxa média  $\mu = 3,333$ ).

## 4. Resultados

Abaixo serão apresentados os resultados obtidos para cada um dos sistemas simulados, comparando com os resultados obtidos com análise matemática. As tabelas abaixo mostram o tempo de resposta e a utilização para cada um dos sistemas. Também são apresentados gráficos representando o tempo de espera em fila e o tempo de serviço, que, somados, representam o tempo de resposta.

### 4.1 Sistema M/D/1

Os resultados obtidos foram similares aos encontrados na análise matemática do sistema. A tabela abaixo apresenta os resultados obtidos na análise matemática e os resultados obtidos com o simulador.

<b>Análise Matemática</b>		
Sistema	Tempo médio de resposta ( $T = \frac{(1/\mu)}{(1-\rho)}$ )	Utilização ( $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ )
M/D/1	1,11	0,1

<b>Simulação</b>		
Sistema	Tempo médio de resposta	Utilização
M/D/1	1,14	0,0850

### 4.2 Sistema M/M/1

<b>Análise Matemática</b>		
Sistema	Tempo médio de resposta ( $T = \frac{(1/\mu)}{(1-\rho)}$ )	Utilização ( $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ )
M/M/1	0,5	0,5

<b>Simulação</b>		
Sistema	Tempo médio de resposta	Utilização
M/M/1	0,4061	0,4581

### 4.3 Sistema M/G/1

<b>Análise Matemática</b>		
Sistema	Tempo médio de resposta	Utilização

	$(\bar{T} = \bar{X} + \frac{\lambda * \bar{X}^2}{2 * (1 - \rho)})$	$(\rho = \frac{\lambda}{\mu})$
M/G/1	0,35	0,15

**Simulação**

Sistema	Tempo médio de resposta	Utilização
M/G/1	0,422	0.1492

## **5. Conclusões**

A partir deste projeto de simulação, o grupo pode ver, na prática, a laborosa atividade de construção de um simulador, além de comparar os resultados da análise teórica matemática e da simulação.

## 6. Apêndice

### 6.1. Relatórios de Simulação

#### SimServer M/D/1

Tempo médio de Resposta: 1.101511879049676 uts

Utilização: 0,0926

#### SimServer M/M/1

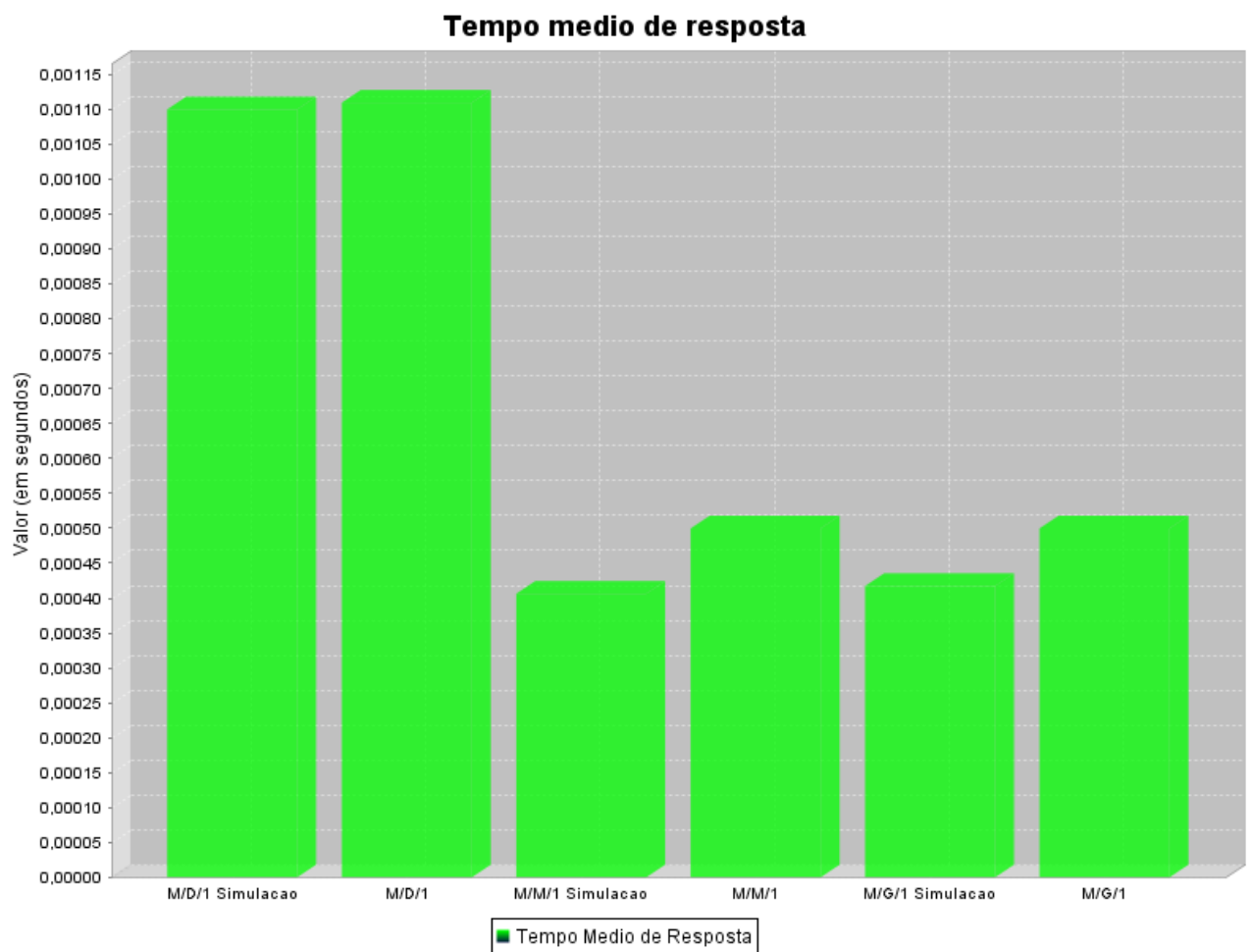
Tempo médio de Resposta: 0.40641932470082043 uts

Utilização: 0,4596

#### SimServer M/G/1

Tempo médio de Resposta: 0.4172898720960585 uts

Utilização: 0,1473



### Utilizacao

