

# D.D.S.R

---

## Relatório nº2 - Introdução à Simulação de Redes de Computadores

**Curso:** METI

**Turno:** 3ª feira 15:00 - 16:30)

**Grupo:** 8

**Trabalho realizado por:**

Ruben Condesso, nº 81969

André Mendes, nº78079

## Exercício 1.a:

Para o exercício 1, alínea a), fizemos 10 simulações para o atraso médio na *queue* referente ao sistema M/M/1. Originou um vetor de atrasos, cuja variância corresponde a 0.0147 e a sua média 0.9224, onde esse valor se aproxima do valor teórico calculado.

Não seria de todo aconselhado fazer apenas uma simulação, dado que cada simulação tem uma natureza pseudoaleatória, seria espectável que por vezes fosse gerada uma simulação que se afastasse demasiado do valor teórico, seja para valores maiores ou menores, e como tal não seria possível retirar conclusões válidas da mesma. Tal pode ser verificado em alguns dos valores presentes no vetor de simulações da figura em baixo.

Ao fazer 10 simulações, permitiu-nos chegar a uma conclusão válida, cujo a média do vetor de simulações se aproxima bastante do valor teórico, com uma variância muito baixa.

```
>> ex1(10)
Vetor de simulações
    0.9681    0.7517    0.9806    0.9247    1.0356    0.7794    0.8034    0.9240    1.1456    0.9111

Media Vector Atrasos
    0.9224

Variância Vector Atrasos
    0.0147

Valor Teórico
    1
```

Figura 1.a - Atraso médio na *queue*, para sistema M/M/1 e N=10

## Exercício 1.b:

Como foi referido em cima, e pode ser verificado na Figura 1.a., a média calculada do vetor de simulações, 0.9224, aproxima-se do valor teórico, 1. A variância pode ser reduzida aumentando o número de simulações, neste caso em concreto foi de 0.0147.

## Exercício 2:

Pode-se observar nas figuras 2.1 e 2.2, que as médias calculadas, 0.9992 e 0.9935, se aproximam bastante do valor teórico, 1, com variâncias bastante baixas ( 0.0045 e 0.051 respetivamente).

Também é possível verificar que para o mesmo número  $n_0$ , 10, e para o *warmup* de 1000, com *gammas* diferentes, 0.01 e 0.001, o número de simulações geradas diferem: 10 para o primeiro caso e 35 para o segundo. Isso significa que foram precisas 35 simulações para gerar um intervalo de confiança de 90% com erro de 0.001, no entanto para gerar esse intervalo mas com erro de 0.01 foram precisas apenas as 10 réplicas iniciais.

```
>> ex2(10,0.01,1000)
Vector de Atrasos
  1.0215   0.9114   0.9076   1.0850   0.9368   1.0538   1.0090   0.9506   1.0739   1.0424

Valor Teórico
  1

Media Vector Atrasos
  0.9992

Variancia Vector Atrasos
  0.0045

Estimativa obtida
  10
```

**Figura 2.1** - Atraso médio na *queue*, para sistema M/M/1, método *replication/deletion*, com  $n_0=10$ ,  $\gamma=0.01$  e warmup = 1000.

```
>> ex2(10,0.001,1000)
Vector de Atrasos
Columns 1 through 12
  1.1280   0.9400   0.9528   1.0075   1.0590   0.9424   0.8806   1.0741   0.9749   0.9555   0.8777   0.9578

Columns 13 through 24
  1.1073   1.1035   0.9520   0.9401   0.9159   0.9431   0.9099   0.9924   1.0909   1.1119   0.9827   1.0481

Columns 25 through 35
  0.9634   0.9893   1.0943   1.0148   1.0231   0.9795   0.9115   1.0723   0.8943   1.0218   0.9592

Valor Teórico
  1

Media Vector Atrasos
  0.9935

Variancia Vector Atrasos
  0.0051

Estimativa obtida
  35
```

**Figura 2.2** - Atraso médio na *queue*, para sistema M/M/1, método *replication/deletion*, com  $n_0=10$ ,  $\gamma=0.001$  e warmup = 1000.

### Exercício 3:

Pela figura 3, podemos ver a comparação entre os valores teóricos calculados para a utilização do servidor e para o número médio de clientes na *queue* com os valores práticos gerados. Esta diferença é muito baixa, logo podemos concluir que são estimativas apropriadas e robustas. No auxílio a essa conclusão podemos consultar os valores das variâncias geradas:  $4.5684e^{-5}$ , para a média de clientes na *queue* e  $8.6063e^{-4}$ , para a utilização do servidor, ou seja, valores extremamente baixos, que reforçam a conclusão da boa aproximação ao valor teórico.

```
>> ex3(10,0.01,1000)
Valor teórico para o número médio de clientes na queue
  0.5000

Valor teórico para a utilizacao do servidor
  0.5000

Valor prático para o número médio de clientes na queue
  0.4983

Valor prático para a media do valor da utilizacao do servidor
  0.4909

Variancia para o número médio de clientes na queue
  4.5684e-05

Variancia para o valor pratico calculado de utilizacao do servidor
  8.6063e-04
```

**Figura 3** - Valores gerados para a utilização do servidor e para a média de clientes na *queue*, com  $n_0=10$ ,  $\gamma=0.01$  e warmup = 1000.

## Exercício 4:

Como se pode verificar pela figura 4.1, a média do vetor de atrasos, relativo às simulações geradas, é igual a 0.0620 que por sinal se aproxima bastante do valor teórico, 0.0606, calculado através as fórmulas dadas pelo enunciado do laboratório. Por consequência, o valor da variância gerado é extremamente baixo,  $2.2334e^{-4}$ .

```
>> ex4(10)
Vetor referente às simulações
  0.0680  0.0917  0.0511  0.0478  0.0612  0.0659  0.0563  0.0749  0.0386  0.0649

Media Vector Atrasos
  0.0620

Variância Vector Atrasos
  2.2334e-04

Valor Teórico
  0.0606
```

Figura 4.1 - Atraso médio na *queue*, para sistema M/M/2 e N=10

## Exercício 5:

Com o auxílio das figuras ilustradas em baixo, podemos concluir que para o primeiro e segundo caso, ou seja, para valores de réplicas igual a 5 e 20, com o número de atrasos igual a 50, os resultados são inconstantes, e por conseguinte, inconclusivos. Isto deve-se à grande proximidade entre o número de réplicas e o número de atrasos, juntando ao facto de este último ser um valor baixo para conseguir retirar conclusões válidas, sendo que nestes dois casos o resultado final ainda se encontra muito influenciado pelas condições iniciais.

Para o terceiro e quarto caso, ou seja, para valores de réplicas igual a 5 e 20, com o número de atrasos igual a 1000, podemos retirar conclusões diferentes comparativamente às conclusões de cima. Já podemos verificar uma grande proximidade entre a média calculada para o atraso com o valor teórico existente, tal verifica-se devido ao aumento do número de atrasos, e agora a simulação já é pouco influenciada pelas condições iniciais. Podemos também concluir que é no último caso que se conseguiu originar um valor mais próximo do valor teórico, o que nos leva a concluir que o valor prático é tão mais próximo do valor teórico, quando maior for o número de atrasos e réplicas, havendo sempre uma boa distância entre estes dois.

```
>> ex5(5,50)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  1.0592  4.2504

Media Vector Atrasos
  2.6548

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

Figura 5.1 - Atraso médio na *queue*, para 5 réplicas e 50 atrasos

```
>> ex5(5,50)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  1.2694  2.7044

Media Vector Atrasos
  1.9869

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

Figura 5.2 - Atraso médio na *queue*, para 5 réplicas e 50 atrasos

```
>> ex5(20,50)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  1.9880    2.7244

Media Vector Atrasos
  2.3562

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

**Figura 5.3** - Atraso médio na *queue*, para 20 réplicas e 50 atrasos

```
>> ex5(20,50)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  1.4623    2.4371

Media Vector Atrasos
  1.9497

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

**Figura 5.4** - Atraso médio na *queue*, para 20 réplicas e 50 atrasos

```
>> ex5(5,1000)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  3.1106    3.3847

Media Vector Atrasos
  3.2477

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

**Figura 5.5** - Atraso médio na *queue*, para 5 réplicas e 1000 atrasos

```
>> ex5(5,1000)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  2.3549    4.0386

Media Vector Atrasos
  3.1968

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

**Figura 5.6** - Atraso médio na *queue*, para 5 réplicas e 1000 atrasos

```
>> ex5(20,1000)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  2.9044    3.2404

Media Vector Atrasos
  3.0724

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

**Figura 5.7** - Atraso médio na *queue*, para 20 réplicas e 1000 atrasos

```
>> ex5(20,1000)
Intervalo de confiança para a média do atraso, para 90%
  2.8757    3.2053

Media Vector Atrasos
  3.0405

Valor teórico para o atraso médio na queue
  3
```

**Figura 5.8** - Atraso médio na *queue*, para 20 réplicas e 1000 atrasos