
Trabalho Laboratorial 3

Sistemas de Telecomunicações

Diogo Remião & Miguel Pinheiro

Abril 2021



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Loss system: Erlang-B distribution

Resultados da Simulação

```
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 1
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 1
bin size: 0.001
Average Value: 199.85
Blocked percentage: 61.47%
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 2
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 2
bin size: 0.001
Average Value: 199.24
Blocked percentage: 32.66%
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 3
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 3
bin size: 0.001
Average Value: 198.23
Blocked percentage: 14.62%
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 %
```

Figure 1: Simulação para diferentes números de servidores

A simulação foi feita com os parâmetros *Arrival Rate*=200 e *Service Rate*=0.008 indicados no guião.

O número de amostras simuladas foi 100.000, que se provou um bom equilíbrio entre fidelidade dos resultados e tempo de simulação.

O parâmetro *Number of servers* é inserido durante a execução do script para ser mais fácil simular diferentes valores.

Resultados teóricos

Servers	Blocking Probability (%)
1	61.54
2	32.99
3	14.96
4	5.65

Figure 2: Valores esperados no site

Ao comparar os valores obtidos com os esperados, observamos que a diferença é mínima, quer para a percentagem de bloqueio, quer para a estimação do Lambda. Como esperado, se estiverem disponíveis mais servidores para processar os pacotes, a percentagem de bloqueio é menor.

Waiting system with infinite length queue: Erlang-C distribution

Resultados da Simulação

```
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 2 0.05
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 2
Delay a calcular 0.05
bin size: 0.001
Average Value: 199.29
Probability of Delay: 70.8460
Average Delay: 0.01
Delay higher than 0.05: 8.19
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 4 0.05
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 4
Delay a calcular 0.05
bin size: 0.001
Average Value: 200.30
Probability of Delay: 9.0120
Average Delay: 0.00
Delay higher than 0.05: 0.00
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 %
```

Figure 3: Simulação para diferentes números de servidores

A simulação foi feita com os parâmetros mesmos parâmetros. Foi escolhido o valor 0.05 para calcular a percentagem de atrasos acima de valor, onde se obteu como esperado uma percentagem mais alta quando o número de servidores é menor.

Resultados teóricos

Servers	Service Level (%)	Delay (%)	Avg Wait (second)
1	0.00	100.00	NaN
2	100.00	71.11	0.85
3	100.00	27.38	0.09
4	100.00	9.07	0.02
5	100.00	2.59	0.00

Figure 4: Valores esperados no site

Para apenas um servidores disponível, não é possível processar os pacotes que estão a chegar em tempo real. Isto leva a uma fila de espera "infinita" e consequentemente, uma percentagem de atraso de 100%.

Estando disponíveis mais servidores, menos vão ser colocados na fila de espera. Quando mais servidores, menos tempo estes têm que esperar para serem atendidos.

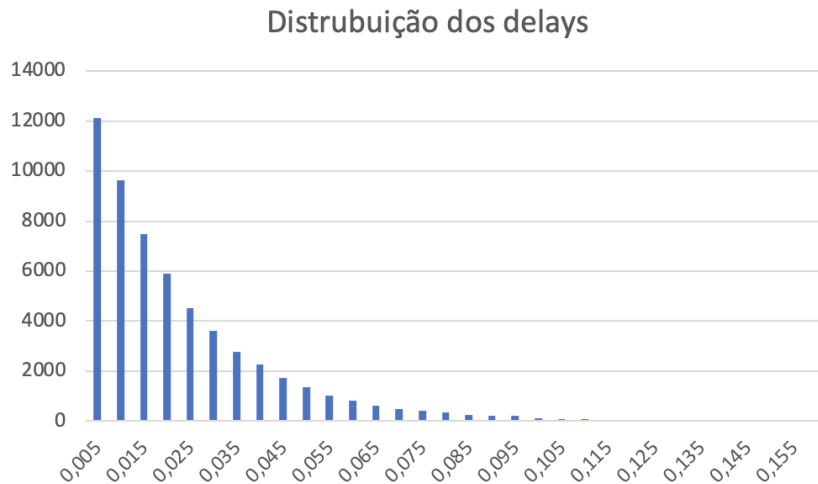


Figure 5: Histograma dos delays

O histograma apresenta uma distribuição exponencial para os delays > 0 , estando de acordo com a distribuição exponencial dos tempos de chegada.

General case –waiting system with finite length queue

Resultados da Simulação - Erlang B / Erlang C com fila de espera infinita

```
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 2 0
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 2
Tamanho da fila de espera: 0
bin size: 0.001
Average Value: 198.17
Probability of Delay: 0.0000
Average Delay: 0.00000
Packet Loss Probability: 32.65%
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 2 30000
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 2
Tamanho da fila de espera: 30000
bin size: 0.001
Average Value: 200.37
Probability of Delay: 70.7920
Average Delay: 0.01391
Packet Loss Probability: 0.00%
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 %
```

Figure 6: Resultados com fila de espera de tamanho 0 / arbitrariamente grande

Para simular o caso de Erlang B, definimos o tamanho da fila como 0. Deste modo, o pacote que chega ou é servido ou é eliminado. É o mesmo cenário da secção . Como podemos observar, obtemos os mesmos resultados como indicado na figura 2. Deste modo podemos confirmar o correto funcionamento do simulador geral no caso de Erlang B.

Por outro lado, também é possível simular o caso de Erlang C com fila infinita. Apesar de não ser possível definir um valor infinito para a fila, podemos escolher um valor proporcionalmente grande ao número de amostras simuladas. Neste caso definimos a fila com tamanho de 30.000. Mais uma vez faz-se o paralelismo com a simulação da secção . Ao analisarmos os resultados obtidos e compararmos com a figura 4, observamos que mais um vez estão de acordo com os valores esperados.

Resultados da Simulação - Erlang C com fila de espera de tamanho L

```
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 3 4
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 3
Tamanho da fila de espera: 4
bin size: 0.001
Average Value: 200.05
Probability of Delay: 25.8190
Average Delay: 0.00125
Packet Loss Probability: 1.01%
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 % ./run 200 100000 4 4
Lambda: 200.0
Nº de amostras: 100000
Número de servidores: 4
Tamanho da fila de espera: 4
bin size: 0.001
Average Value: 200.05
Probability of Delay: 8.8650
Average Delay: 0.00028
Packet Loss Probability: 0.16%
diogoremiao@MBP-de-Diogo Guião 3 %
```

Figure 7: Resultados com fila de espera de tamanho 4

Este simulador também permite simular com filas de tamanho finito. Como indicado pelo guião, foi calculado por método iterativo os valores de N (servidores) e L (fila de espera) que produzem um percentagem de pacote perdido de 1%. Fizemos esta simulação para diferentes combinações de servidores e tamanhos de filas. Obtemos os seguintes resultados (N,L): (2,13), (3,4) e (4,2). NA figura 7 está representado o para a simulação (3,4). Foi também simulado para (4,4) para demonstrar que com mais servidores, a percentagem de perda e de atraso diminui.

Resultados teóricos

Servers	Service Level (%)	Delay (%)	Avg Wait (second)
1	0.00	100.00	NaN
2	100.00	62.33	0.01
3	100.00	26.51	0.00
4	100.00	8.99	0.00

Figure 8: Valores esperados no site

Quando comparando com valores indicados no website, notamos uma discrepância maior de resultados, especialmente para N/L mais pequenos. Isto deve-se ao facto de o valor de *Delay* no website incluir também o valor de pacotes perdidos. Deste modo, para perdas muito baixas, a diferença é muito pequena e vice-versa.

Como podemos observar, para (3,4), o *Delay* é de 25.8% e *Packet Loss* de 1%. A soma dá aproximadamente o valor obtido no website de 26.5%.

Quando o valor de *Packet Loss* é menor (4,4), a diferença é mais pequena 8.86% + 0.16%, com um resultado próximo de 8.99%.