

Modelagem e Simulação

Trabalho de Simulação

Arthur do Prado Labaki - 11821BCC017

28-01, 2023

GBC065

Observações

Serão disponibilizados tanto os códigos dos modelos feitos no CPN Tools, quanto imagens, testes, execuções e outros arquivos relevantes em um repositório no GitHub.

[Link do repositório](#)

Modelos de Simulação

Foi disponibilizado dois modelos no CPN Tools de um sistema M/M/1 e M/M/2 que serão modificados para realizar os exercícios.

Primeiro Modelo

Consideremos que um balcão de atendimento de uma empresa qualquer esteja representado por um sistema de tipo M/M/1/10. Suponha que clientes chegam a uma taxa de 1 a cada 5 minutos e o tempo de serviço com taxa de 1 serviço a cada 4 minutos. Calcular, considerando 10 experiências de simulação com horizonte de simulação igual a 1000, a duração média que um cliente fica no sistema assim como o tamanho médio da fila de espera (fazer um enquadramento a 95% de confiança para produzir os valores médios).

Com isso, é preciso modificar o modelo apresentado para ficar de acordo com exercício. Com os dados apresentados temos:

- Sistema tipo M/M/1/10;
- Taxa de chegada de 1 a cada 5 minutos $\rightarrow \lambda = 0.2 \text{ (mn}^{-1}\text{)}$;
- Taxa de serviço de 1 a cada 4 minutos $\rightarrow \mu = 0.25 \text{ (mn}^{-1}\text{)}$;
- 10 experiências de simulação;
- Horizonte de simulação igual a 1000.

Com esses dados é possível modificar o modelo apresentado para esse exercício, conforme mostra a imagem 1. Após a construção, foi realizado o teste conforme solicitado. Por fim foi

obtido os relatórios 4 e 7 do modelo para responder as perguntas do exercício.

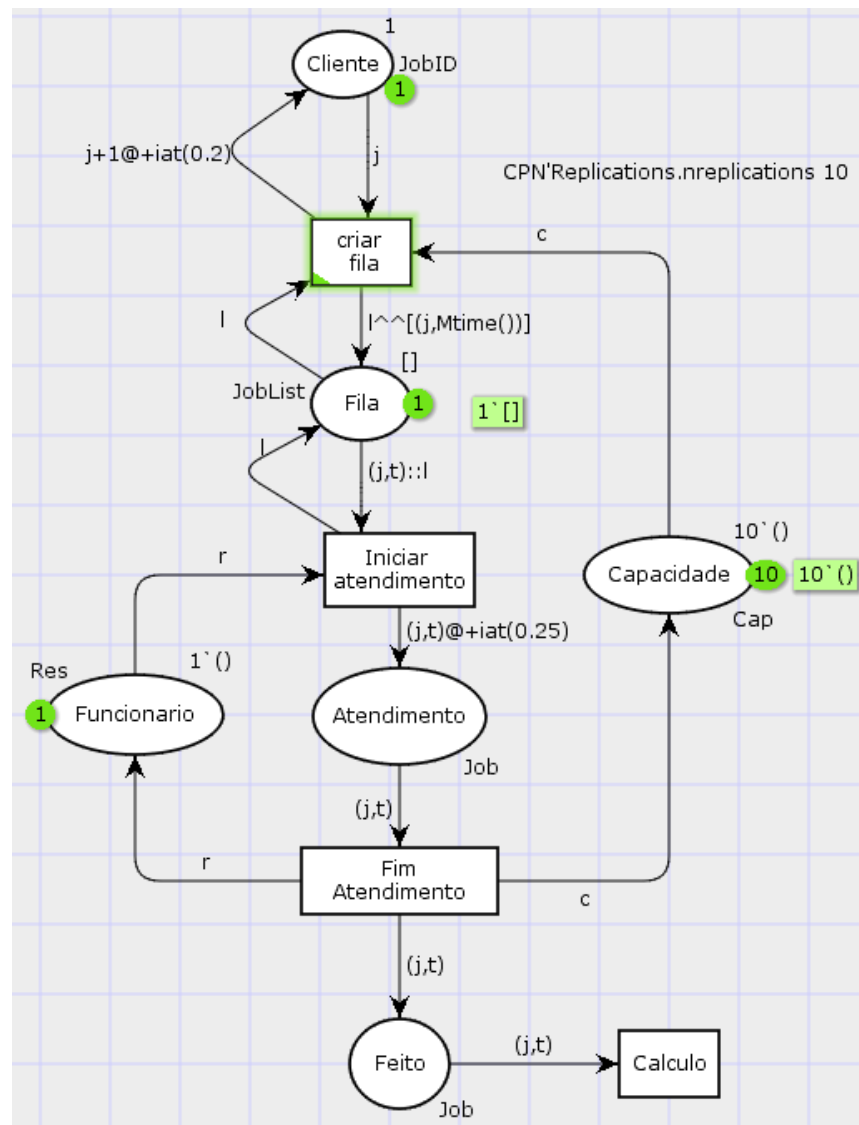


Figura 1: Modelo de simulação 1

Com esses dados é possível calcular as informações solicitadas:

- Duração média que um cliente fica no sistema: $0.81 \pm 0.22 \rightarrow$ Entre 1 e 0.5 minutos;
- Tamanho médio da fila de espera: $5.54 \pm 0.75 \rightarrow$ Entre 6 e 5 pessoas.

Segundo Modelo

Considera-se que no sistema da questão 1 há 2 atendentes agora (M/M/2/10). Modificar o modelo da questão anterior para considerar o número de atendentes e reproduzir os experimentos da questão anterior. Mostrar experimentalmente os resultados obtidos para o novo sistema.

Analisando as informações temos que:

- Modificar modelo anterior;
- Sistema tipo M/M/2/10;
- Reproduzir os experimentos anteriores.

Para essa modificação basta alterar o número de fichas no estado *Funcionário*, gerando o modelo demonstrado na imagem 2.

Conforme solicitado foi gerado os mesmos testes e relatórios para esse novo modelo, nas imagens 5 e 8. Analisando elas, concluímos:

- Duração média que um cliente fica no sistema: $0.17 \pm 0.06 \rightarrow$ Entre 0.2 e 0.1 minutos;
- Tamanho médio da fila de espera: $2.7 \pm 0.4 \rightarrow$ Entre 3 e 2 pessoas.

Terceiro Modelo

Considera-se que no sistema da questão anterior os dois atendentes podem fazer uma pausa de 15 minutos a cada 2 horas de trabalho (as durações específicas correspondem à valores médios). Modificar o modelo da questão 2 para incluir os estados de descanso dos atendentes. Mostrar experimentalmente os resultados obtidos para o novo sistema e fazer um estudo comparativo com os resultados experimentais da questão 2.

Analisando esses novos desafios, será necessário:

- Modificar modelo anterior;

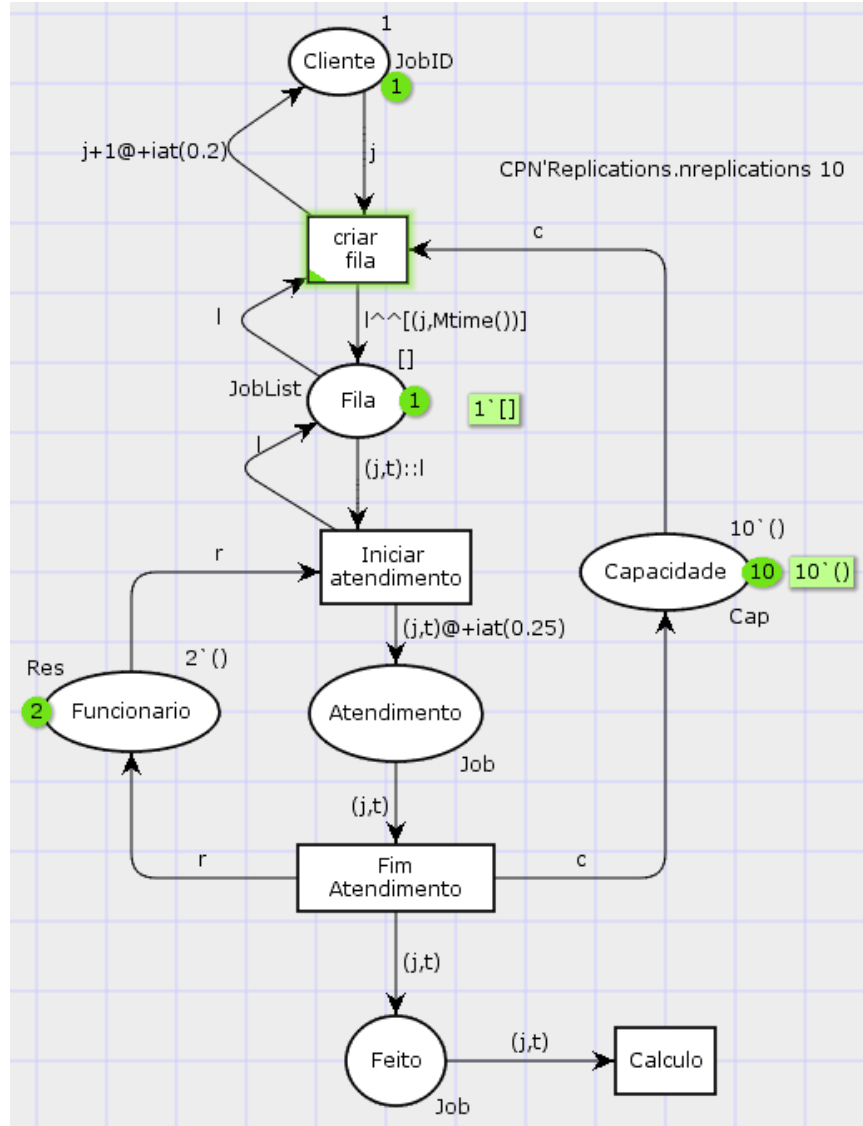


Figura 2: Modelo de simulação 2

- Funcionários fazem pausas de 15 minutos a cada 2 horas;
- $\lambda = 0.5$ e $\mu = 4$ (mn^{-1});
- Reproduzir os experimentos anteriores;
- Fazer um estudo comparativo entre esses resultados e os obtidos na questão 2.

Para isso é necessário modificar novamente o modelo anterior, adicionando novos estados, gerando o novo modelo demonstrado na imagem 3

Relatórios

Timed statistics				
Name	Count	Avrg	Min	Max
List_length_dc_MM1'Fila_1	503	5.500000	0	10
Marking_size_MM1'Atendimento_1	502	0.750000	0	1
Marking_size_MM1'Funcionario_1	502	0.250000	0	1
flowtime	249	0.850000	0	5

Simulation steps executed: 1000

Model time: 40

Figura 4: Resultados gerais do Modelo 1

Timed statistics				
Name	Count	Avrg	Min	Max
List_length_dc_MM1'Fila_1	508	4.230769	0	10
Marking_size_MM1'Atendimento_1	498	1.500000	0	2
Marking_size_MM1'Funcionario_1	498	0.500000	0	2
flowtime	247	0.192308	0	2

Simulation steps executed: 1000

Model time: 26

Figura 5: Resultados gerais do Modelo 2

Timed statistics				
Name	Count	Avrg	Min	Max
List_length_dc_MM1'Fila_1	58	8.000000	0	10
Marking_size_MM1'Atendimento_1	57	2.000000	0	2
Marking_size_MM1'Funcionario_1	947	0.000000	0	2
flowtime	27	0.500000	0	2

Simulation steps executed: 1000
Model time: 2

Figura 6: Resultados gerais do Modelo 3

Number of replications: 10

Statistics							
Name	Avrg	90% Half Length	95% Half Length	99% Half Length	StD	Min	Max
List_length_dc_MM1'Fila_1							
count_iid	506.600000	0.680381	0.839619	1.206349	1.173788	504	508
max_iid	10.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	10	10
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	5.544762	0.608045	0.750353	1.078093	1.048994	3.351351	6.634615
Marking_size_MM1'Atendimento_1							
count_iid	499.000000	0.819743	1.011597	1.453444	1.414214	498	502
max_iid	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1	1
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.778721	0.045139	0.055704	0.080034	0.077874	0.621622	0.837838
Marking_size_MM1'Funcionario_1							
count_iid	499.000000	0.819743	1.011597	1.453444	1.414214	498	502
max_iid	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1	1
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.221279	0.045139	0.055704	0.080034	0.077874	0.162162	0.378378
flowtime							
count_iid	247.100000	0.427700	0.527800	0.758333	0.737865	246	248
max_iid	3.800000	0.366600	0.452400	0.650000	0.632456	3	5
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.810473	0.184974	0.228266	0.327968	0.319116	0.305556	1.307692

Figura 7: Resultados totais do Modelo 1

Number of replications: 10

Statistics							
Name	Avrg	90% Half Length	95% Half Length	99% Half Length	StD	Min	Max
List_length_dc_MMI'Fila_1							
count_iid	506.600000	1.029676	1.270663	1.825666	1.776388	503	508
max_iid	9.900000	0.183300	0.226200	0.325000	0.316228	9	10
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	2.713669	0.330311	0.407618	0.585658	0.569850	2.000000	3.481481
Marking_size_MMI'Atendimento_1							
count_iid	499.200000	0.712542	0.879308	1.263373	1.229273	498	502
max_iid	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2	2
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	1.200420	0.104708	0.129214	0.185652	0.180641	0.846154	1.454545
Marking_size_MMI'Funcionario_1							
count_iid	499.200000	0.712542	0.879308	1.263373	1.229273	498	502
max_iid	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2	2
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.799580	0.104708	0.129214	0.185652	0.180641	0.545455	1.153846
flowtime							
count_iid	247.300000	0.672100	0.829400	1.191667	1.159502	245	249
max_iid	2.900000	0.329034	0.406041	0.583393	0.567646	2	4
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.177637	0.052820	0.065182	0.093653	0.091125	0.038462	0.333333

Figura 8: Resultados totais do Modelo 2

Number of replications: 10

Statistics							
Name	Avrg	90% Half Length	95% Half Length	99% Half Length	StD	Min	Max
List_length_dc_MMI'Fila_1							
count_iid	39.400000	27.607736	34.069121	48.949887	47.628656	4	156
max_iid	5.300000	2.444764	3.016942	4.334687	4.217688	1	10
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	1.814286	1.462811	1.805171	2.593636	2.523630	0.000000	6.142857
Marking_size_MMI'Atendimento_1							
count_iid	39.100000	27.576956	34.031137	48.895311	47.575554	4	156
max_iid	1.700000	0.279995	0.345526	0.496446	0.483046	1	2
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.800000	0.598655	0.738766	1.061446	1.032796	0.000000	2.000000
Marking_size_MMI'Funcionario_1							
count_iid	964.900000	27.576956	34.031137	48.895311	47.575554	848	1000
max_iid	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2	2
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
flowtime							
count_iid	18.400000	13.774493	16.998311	24.422860	23.763651	1	77
max_iid	0.600000	0.488800	0.603200	0.866667	0.843274	0	2
min_iid	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0	0
avrg_iid	0.014286	0.026186	0.032314	0.046429	0.045175	0.000000	0.142857

Figura 9: Resultados totais do Modelo 3