

Simulação e Otimização

Capítulo 3: Simulação

Ano letivo 2025/2026



1. Num posto clínico existe um único dentista para atender os doentes. A chegada destes ao posto segue uma distribuição Poisson de média seis por hora. O dentista consegue ver, em média, cinco doentes por hora, podendo o tempo de cada consulta ser aproximado por uma variável aleatória com distribuição Exponencial.
 - (a) Construa o diagrama de ciclo de atividades para o sistema apresentado.
 - (b) Utilizando o SIMUL8, simule o funcionamento do sistema até terem sido vistos 20 doentes e indique:
 - (a) As condições em que decorreu a simulação.
 - (b) O tempo médio de espera dos doentes.
 - (c) A percentagem de tempo durante o qual o médico não terá doentes para ver.
2. Uma oficina repara motores que chegam, em média, a uma taxa de quatro por hora. Cada motor é inspecionado por um inspetor que determina a natureza da falha e os trabalhos de reparação a realizar. A reparação é feita por um mecânico. Após a reparação, o motor é submetido a um teste final efetuado por um inspetor. Após o teste, o motor pode ser considerado “Funcional” ou ter que voltar ao mecânico para uma nova reparação. Dados históricos indicam que 10% dos motores não passam no teste e precisam ser reparados novamente. A inspeção inicial leva cerca de 20 minutos e o teste final 10 minutos. O tempo de reparação é aleatório e a análise dos dados disponíveis concluiu que pode ser representado por uma Normal com média de 45 minutos e desvio-padrão de 10 minutos.
 - (a) Faça um diagrama de ciclo de atividades que representa o sistema apresentado.
 - (b) Atualmente existem dois inspetores e três mecânicos. Utilize o Simul8 para simular várias vezes um dia de trabalho e calcule:
 - A taxa de ocupação esperada para inspetores e mecânicos.
 - O tempo médio que os motores passam na oficina de reparação.Existe a possibilidade de contratar ou um mecânico ou um inspetor. Indique, com base nos KPIs calculados, que profissional deve ser contratado e qual o impacto no sistema.
3. Os pacientes chegam a uma determinada clínica médica de acordo com uma Poisson com uma média de cinco pacientes por hora. Após chegarem, são atendidos por uma assistente durante cinco minutos. Cada paciente aguarda na sala de espera até ser chamado para consulta pelo seu médico. Caso o paciente esteja mais do que 30 minutos à espera para ser atendido abandona a clínica. Existem dois médicos, cujas consultas têm duração Uniforme(25,35) minutos. Depois da consulta, e antes de abandonar a clínica, o paciente é novamente atendido pela assistente para efetuar o pagamento o que demora aproximadamente dois minutos. Por fim, os médicos fazem uma pausa de cinco minutos a cada hora de trabalho.
 - (a) Desenhe o diagrama de ciclo de atividades representativo do sistema.
 - (b) Utilize o Simul8 para simular o funcionamento do sistema e indique:
 - i. A percentagem média de desistências.
 - ii. A taxa de ocupação da assistente e dos médicos.
 - iii. O tempo médio que o paciente passa na clínica médica.
 - (c) Proponha uma medida para melhorar o funcionamento do sistema e avalie o seu impacto.

4. Um depósito de carvão é abastecido por comboios, que chegam de acordo com uma Poisson com uma média de um comboio a cada duas horas. O carvão é descarregado por uma grua, cujo tempo de descarga em minutos é uma Uniforme(35,55). Os camiões dos clientes chegam de acordo com uma Exponencial. O intervalo de tempo médio entre chegadas é de 15 minutos. Os camiões são pesados à entrada e à saída numa balança, o que demora 5 minutos. Os camiões são carregados com carvão por uma grua (do mesmo tipo utilizado para descarregar os comboios), o que leva em média 15 minutos. Considere que existe sempre carvão disponível no depósito.
- (a) Desenhe um diagrama de ciclo de atividades que represente o sistema.
 - (b) Tendo sido verificado recentemente uma congestão significativa no sistema, pretende-se avaliar a viabilidade de instalar uma nova grua ou uma nova balança. Utilize o Simul8 para avaliar os efeitos destas decisões através de um modelo de simulação e conclua qual é a que mais contribui para melhor o funcionamento do sistema.
5. Num dos serviços de Loja do Cidadão existem três balcões para atender os clientes. A chegada destes segue uma distribuição Poisson de média 20 por hora, contudo, 10% desistem ao entrar na loja. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma variável aleatória Exponencial de média 15 minutos por cliente.
- (a) Construa o diagrama de ciclo de atividades do sistema apresentado.
 - (b) Utilize o Simul8, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:
 - i. O tempo médio de espera dos clientes.
 - ii. A percentagem de tempo durante a qual não haverá clientes a ser atendidos.
 - iii. O impacto de adicionar mais um balcão de atendimento.
 - (c) Repita a análise supondo que o valor médio das chegadas passa a ser 10 por hora.
6. As chegadas de clientes à loja do cidadão segue uma distribuição Poisson de média 30 por hora. Destes, 5% desistem, 50% pretendem fazer o cartão de cidadão, 30% o passaporte e os restantes dirigem-se a outros serviços. Nos serviços do cartão de cidadão existem três balcões de atendimento. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma variável aleatória Exponencial de média 20 minutos. Neste serviço, os clientes abandonam a fila ao fim de 30 minutos de espera. Existem ainda 30% destes clientes que se dirigem ao serviço correspondente para pedir um novo passaporte, depois de tratarem do pedido do cartão de cidadão. Nos serviços do passaporte existem dois balcões de atendimento, sendo o tempo de atendimento dos diferentes balcões idêntico, com uma taxa média de 15 minutos. Para os restantes clientes, existem dois balcões de atendimento e o tempo médio de atendimento é igual a 25 minutos.
- (a) Construa o diagrama de ciclo de atividades do sistema.
 - (b) Utilize o Simul8, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, e comente os resultados obtidos. Proponha estratégias para melhorar o funcionamento da Loja do Cidadão.
7. Num centro de saúde existem dois médicos de clínica geral para atender os doentes. A chegada destes ao posto segue uma distribuição Poisson de média 10 por hora. Um dos médicos consegue ver, em média, 5 doentes por hora, enquanto o outro apenas vê, em média, 3 doentes por hora, podendo o tempo que cada doente leva a ser atendido por cada um dos médicos ser aproximado por uma variável aleatória Exponencial. Os doentes são vistos por um qualquer dos médicos.
- (a) Construa o diagrama de ciclo de atividades para o sistema apresentado.
 - (b) Utilize o Simul8, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:
 - i. O tempo médio de espera dos doentes.
 - ii. A percentagem de tempo em que os médicos não terão doentes para ver.

8. O distribuição de um produto - Produtex - numa região a partir de um centro logístico é feito em contentores por camiões pertencentes à Rododex. Dois terços dos camiões da Rododex têm capacidade para transportar dois contentores e os restantes camiões têm capacidade para transportar um.

Os camiões chegam ao centro logístico de acordo com uma Poisson com uma média de 15 camiões por hora. Os contentores são carregados nos camiões por um empilhador, que os move do local onde estão armazenados para o camião. O tempo de carregamento de um contentor é modelado por uma Normal com valor médio 10 minutos e desvio-padrão três minutos. Contudo, quando o tempo de espera para carregar o camião excede os 25 minutos, o condutor desiste e abandona o centro logístico. Os camiões começam a chegar às 6:30, apesar do centro logístico apenas estar aberto entre as 7:00 e as 17:00. A partir das 16:55 não é permitida a entrada de camiões no centro logístico.

Os contentores chegam ao centro logístico por comboio todos os dias às 9:00 e às 15:00, com atrasos que variam de acordo com uma distribuição exponencial com média de 30 minutos. O número de contentores que cada comboio transporta é bem modelado por uma Uniforme(80, 120). Assume-se que a receção de contentores ocorre entre as 7:00 e as 17:00 e que, quando a zona de armazenamento está completa, a receção é interrompida. O tempo de descarga dos contentores assume-se negligenciável. Assume-se que a operação de descarregar os contentores do comboio e guardá-los em armazém ocorre em tempo negligenciável.

- (a) Construa o diagrama de ciclo de atividades do sistema apresentado.
 - (b) Pretende-se avaliar o funcionamento das operações no centro logístico considerando diferentes valores para:
 - i. A capacidade de armazenamento do centro logístico.
 - ii. O número de empilhadores disponíveis para carregar os camiões.
9. Um restaurante especializado em cozinha italiana tem um novo gestor que pretende melhorar consideravelmente o funcionamento do restaurante, no sentido de tornar o atendimento mais célere e assim atrair um maior número de clientes. Para além do serviço de restauração tradicional, onde o cliente toma a sua refeição no restaurante, é também disponibilizado um serviço de entrega ao domicílio. Da análise dos pedidos dos últimos anos, concluiu-se que: (i) os pedidos de refeições com um determinado número de pratos chegam aleatoriamente de acordo com os dados presentes na Tabela 1; e (ii) 45% das refeições são consumidas no restaurante e as restantes são entregues no domicílio do cliente, mediante pedido telefónico. No que diz respeito às entregas ao domicílio, estas estão a cargo de uma equipa de estafetas, usualmente jovens estudantes, que trabalham em *part-time* num dos três turnos (almoço, tarde e jantar). Em cada viagem, a regra é os estafetas transportarem apenas um pedido. A viagem e entrega do pedido ao cliente apresenta uma duração com uma distribuição uniforme entre 5 e 20 minutos. A viagem de regresso ao restaurante apresenta uma distribuição uniforme entre 7 e 22 minutos. Os pedidos apresentam um tempo de confeção dependente do número de pratos: pedidos com um prato – uniforme entre 5 e 10 minutos; pedidos com dois pratos – uniforme entre 10 e 20 minutos; pedidos com três pratos – uniforme entre 15 e 30 minutos; e pedidos com quatro pratos – uniforme entre 20 e 40 minutos. Caso o pedido do cliente não ultrapasse 2 pratos, estes são preparados por apenas um cozinheiro. Caso o número de pratos por pedido seja de 3 ou 4, estes são preparados por dois cozinheiros, sendo o tempo total de preparação metade do que seria se a confeção fosse efetuada por apenas um cozinheiro. Os cozinheiros trabalham em turnos de 12 horas, 3 dias por semana. Pretende-se, através de um modelo de simulação, apoiar o novo gestor do restaurante na tomada de decisões relacionadas com o dimensionamento da equipa de cozinheiros e da equipa de estafetas.

Tabela 1: Taxas médias da Poisson que modela a distribuição do número de pedidos de refeição ao longo de um dia de funcionamento do restaurante.

N. ^o de pratos	Turno		
	11:00 às 15:00	15:00 às 19:00	19:00 às 23:00
1	10 por hora	3 por hora	8 por hora
2	20 por hora	3 por hora	12 por hora
3	10 por hora	2 por hora	8 por hora
4	5 por hora	2 por hora	4 por hora