

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Simulação de uma Clínica Médica

Projeto Laboratorial

Unidade Curricular: Algoritmos e Técnicas de Programação

Curso: Licenciatura em Engenharia Biomédica

Instituição: Universidade do Minho

Elementos do Grupo:

109613 – Ana Margarida Reis Moreira

111884 – Leonor Barros Carvalho

111162 – Marta Mendes Afonso

Janeiro 2026

Conteúdo

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Introdução | 2 |
| 2 | Descrição do Sistema | 2 |
| 3 | Modelo de Simulação | 2 |
| 4 | Parâmetros da Simulação | 3 |
| 5 | Resultados Obtidos | 3 |
| 5.1 | Evolução do Tempo de Espera por Doente Atendido | 4 |
| 5.2 | Evolução do Tamanho da Fila ao Longo do Tempo | 4 |
| 5.3 | Evolução da Ocupação dos Médicos ao Longo do Tempo | 5 |
| 6 | Análise da Variação da Taxa de Chegada de Doentes | 5 |
| 6.1 | Relação entre λ e o Tempo Médio de Espera | 6 |
| 6.2 | Distribuição dos Tempos de Espera | 6 |
| 7 | Conclusões | 7 |

1 Introdução

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação de simulação de eventos discretos que modela o funcionamento de uma clínica médica. A simulação permite representar o atendimento de doentes, a formação de filas de espera e a ocupação dos médicos ao longo do tempo.

Este projeto foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Algoritmos e Técnicas de Programação e visa aplicar conceitos de modelação estocástica, nomeadamente as distribuições de Poisson e Exponencial, à análise de sistemas do mundo real.

A aplicação foi implementada em Python e permite estudar o impacto da variação dos parâmetros do sistema, em particular a taxa de chegada de doentes, no desempenho global da clínica.

2 Descrição do Sistema

A clínica médica é modelada como um sistema de filas com múltiplos servidores, onde cada servidor representa um médico disponível para atendimento.

Os principais componentes do sistema são:

- Doentes, que chegam à clínica de forma aleatória;
- Médicos, responsáveis pelo atendimento dos doentes;
- Uma fila de espera, utilizada quando todos os médicos se encontram ocupados;
- Eventos de chegada e saída (fim de consulta).

Os doentes chegam à clínica segundo uma distribuição de Poisson com parâmetro λ . Caso exista um médico disponível, o atendimento inicia-se de imediato; caso contrário, o doente entra numa fila de espera até que um médico fique livre.

A duração das consultas é um processo aleatório e pode seguir uma distribuição exponencial, normal ou uniforme.

3 Modelo de Simulação

A simulação foi desenvolvida recorrendo a uma abordagem de eventos discretos. Os eventos são processados por ordem temporal através de uma lista ordenada de eventos futuros.

Existem dois tipos principais de eventos:

- **Chegada:** representa a chegada de um novo doente à clínica;
- **Saída:** representa o término da consulta de um doente.

Quando ocorre um evento de chegada, o sistema verifica a existência de médicos livres. Se existir disponibilidade, a consulta inicia-se imediatamente; caso contrário, o doente é colocado na fila de espera.

Quando ocorre um evento de saída, o médico é libertado. Se existirem doentes em fila, o próximo doente inicia consulta de imediato, criando-se um novo evento de saída no futuro.

4 Parâmetros da Simulação

Os principais parâmetros configuráveis da simulação são:

- Número de médicos disponíveis;
- Taxa de chegada de doentes (doentes por hora);
- Tempo médio de consulta (em minutos);
- Duração total da simulação (em minutos);
- Tipo de distribuição do tempo de consulta (exponencial, normal ou uniforme).

A possibilidade de alterar estes parâmetros permite avaliar o comportamento do sistema em diferentes cenários e compreender os limites da capacidade de atendimento.

5 Resultados Obtidos

Durante a execução da simulação foram recolhidas métricas relevantes para avaliar o desempenho da clínica: tempos de espera, tamanho da fila e ocupação dos médicos.

5.1 Evolução do Tempo de Espera por Doente Atendido

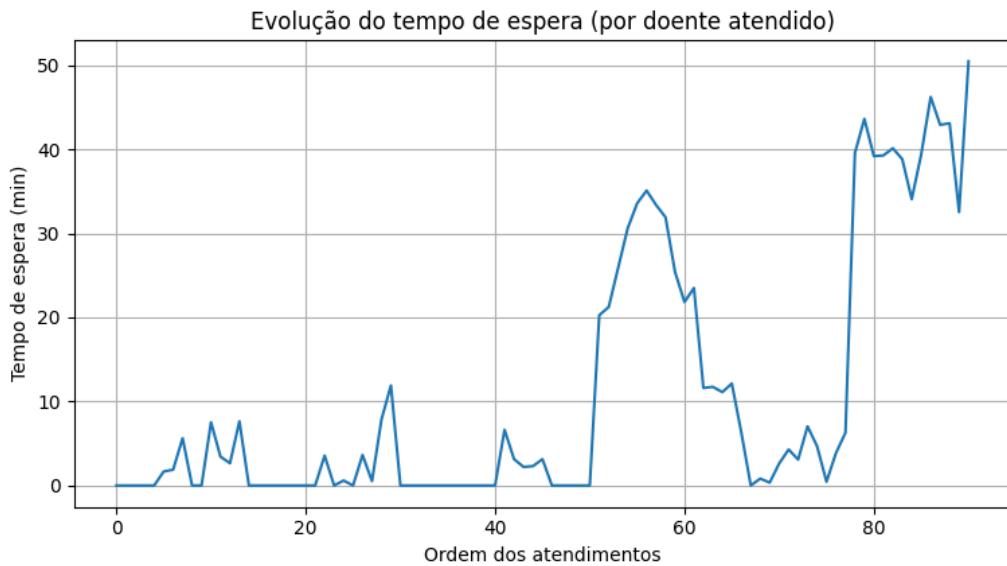


Figura 1: Evolução do tempo de espera em função da ordem dos atendimentos

Este gráfico evidencia a variabilidade dos tempos de espera, refletindo períodos de maior congestionamento em que alguns doentes expericienciam tempos de espera mais elevados.

5.2 Evolução do Tamanho da Fila ao Longo do Tempo

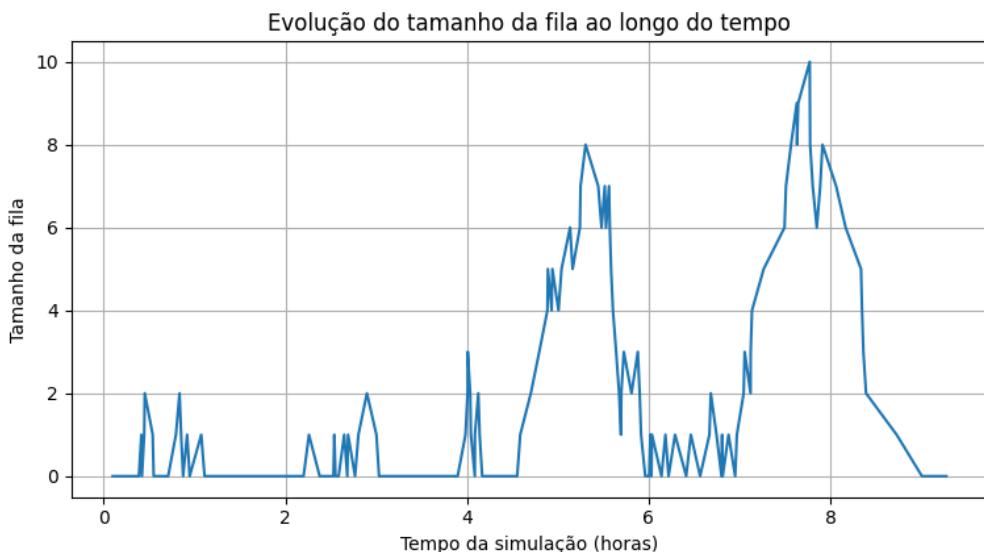


Figura 2: Evolução do tamanho da fila de espera ao longo do tempo

Observa-se que o tamanho da fila varia ao longo do tempo, dependendo da relação entre a taxa de chegada de doentes e a capacidade de atendimento.

5.3 Evolução da Ocupação dos Médicos ao Longo do Tempo

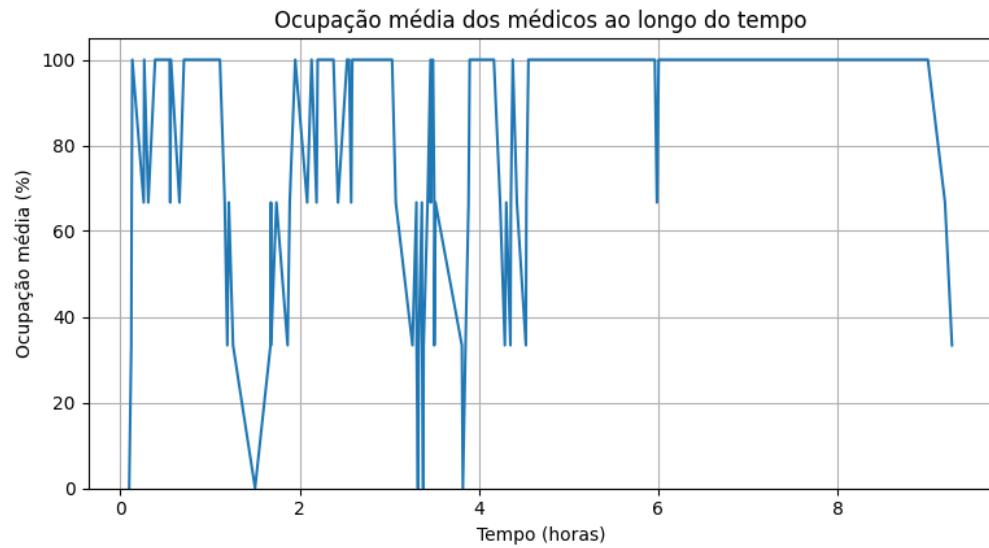


Figura 3: Evolução da ocupação média dos médicos ao longo do tempo

A ocupação dos médicos aumenta durante períodos de maior afluência, aproximando-se do máximo quando o sistema se encontra próximo da saturação.

6 Análise da Variação da Taxa de Chegada de Doentes

Para analisar o impacto da taxa de chegada no desempenho do sistema, foram realizadas várias simulações variando o valor de λ entre 10 e 30 doentes por hora. Para reduzir o efeito da aleatoriedade, em cada valor de λ foram efetuadas várias repetições e calculada a média do tempo de espera.

6.1 Relação entre λ e o Tempo Médio de Espera

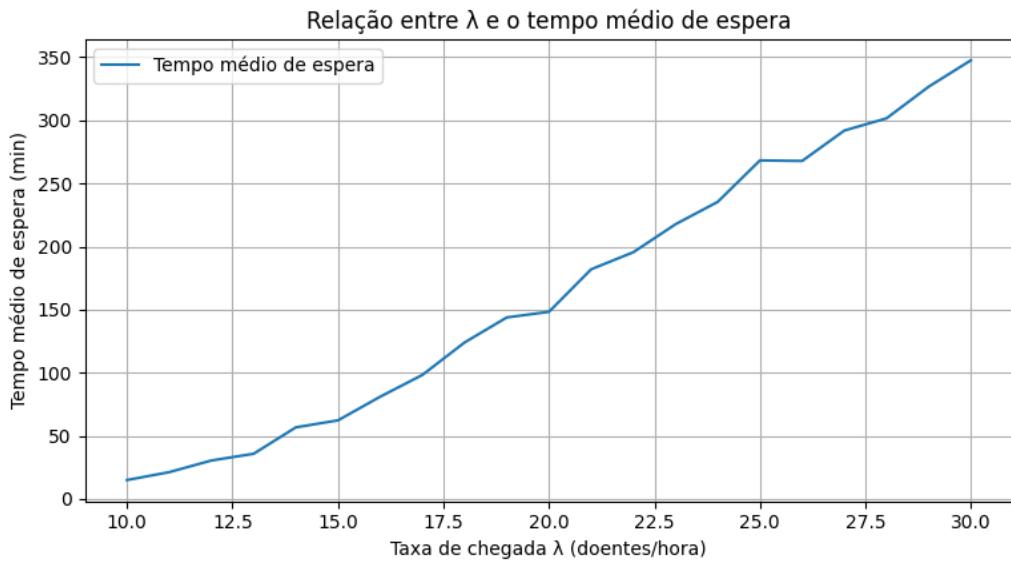


Figura 4: Relação entre a taxa de chegada de doentes e o tempo médio de espera

Verifica-se que o tempo médio de espera tende a aumentar com λ , pois o sistema aproxima-se progressivamente da sua capacidade máxima de atendimento. Quando a taxa de chegada é elevada, pequenas variações no serviço podem gerar aumento significativo da fila e do tempo de espera.

6.2 Distribuição dos Tempos de Espera

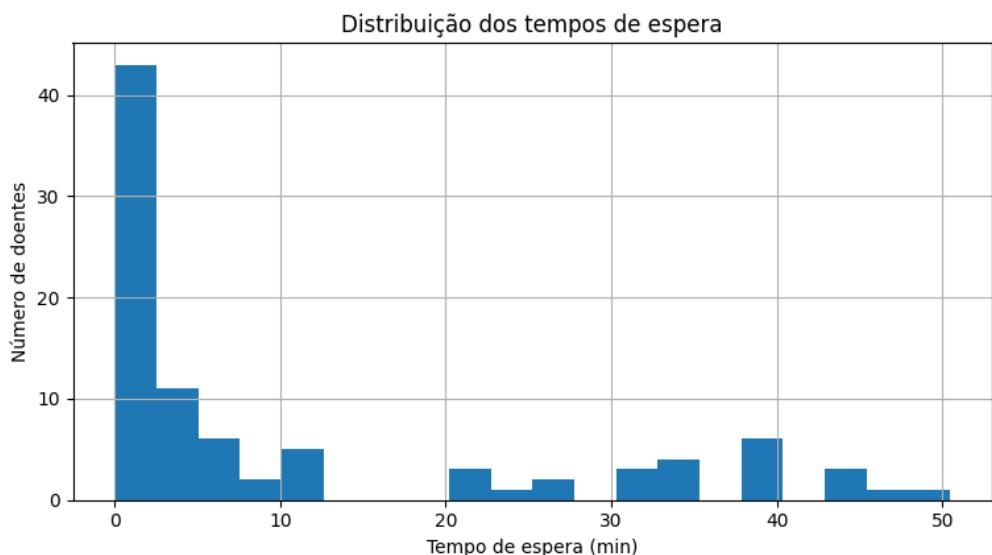


Figura 5: Histograma da distribuição dos tempos de espera

A distribuição dos tempos de espera apresenta tipicamente uma assimetria à direita: a maioria dos doentes espera pouco tempo, mas existem alguns casos em que a espera é elevada, especialmente em períodos de congestionamento.

7 Conclusões

A simulação desenvolvida permitiu modelar de forma realista o funcionamento de uma clínica médica e analisar o impacto da taxa de chegada de doentes nas métricas de desempenho.

Conclui-se que o aumento de λ conduz a um crescimento do tempo médio de espera e a maior ocupação dos médicos, podendo levar à saturação do sistema. Assim, o modelo pode ser utilizado como ferramenta de apoio ao dimensionamento de recursos e ao estudo de cenários de maior procura.