

Simulação de uma Clínica Médica

Projeto de Algoritmos e Técnicas de Programação

Grupo 23

Inês Pereira - a111776

Tiago Alves - a111017

Tomás Gonçalves - a111441

Licenciatura em Engenharia Biomédica

Universidade do Minho

Ano Letivo 2025/26

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de simulação discreta para o funcionamento de uma clínica médica, com especial foco na gestão de filas de espera, alocação de médicos e aplicação do sistema de Triagem de Manchester. O objetivo principal consiste em analisar o impacto de diferentes parâmetros operacionais, tais como a taxa de chegada de doentes, o número de médicos disponíveis e a distribuição das especialidades, no desempenho global do sistema. A simulação foi implementada em Python, recorrendo a bibliotecas como *NumPy*, *Matplotlib* e *FreeSimpleGUI*, permitindo não só a análise estatística dos resultados, mas também a visualização gráfica e interativa do processo.

Conteúdo

1	Introdução	4
2	Objetivos	4
3	Descrição do Sistema Simulado	4
4	Parâmetros da Simulação	5
5	Implementação	5
6	Resultados	5
6.1	Evolução do Tamanho da Fila	6
6.2	Ocupação dos Médicos	7
6.3	Distribuição por Pulseira de Triagem	8
6.4	Tempo Médio de Espera por Pulseira	8
6.5	Atendimentos por Especialidade	10
6.6	Tempo Médio de Espera por Especialidade	11
7	Discussão Crítica	11
8	Organização do Trabalho de Grupo	12
9	Conclusão	12

1 Introdução

A gestão eficiente de serviços de saúde é um desafio complexo, especialmente em contextos de elevada procura, como serviços de urgência e clínicas médicas. Um dos principais problemas enfrentados nestes sistemas é a formação de filas de espera, que pode resultar em tempos de espera elevados, insatisfação dos doentes e sobrecarga dos profissionais de saúde.

Neste contexto, a simulação computacional surge como uma ferramenta poderosa para analisar e compreender o comportamento destes sistemas sem interferir com o seu funcionamento real. Este trabalho propõe a modelação e simulação de uma clínica médica, incorporando o sistema de Triagem de Manchester, amplamente utilizado em serviços de urgência para priorizar o atendimento dos doentes com base na gravidade clínica.

O projeto foi desenvolvido em grupo, promovendo a divisão de tarefas, discussão de soluções e validação conjunta dos resultados obtidos.

2 Objetivos

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Modelar o funcionamento de uma clínica médica através de simulação discreta.
- Implementar o sistema de Triagem de Manchester como critério de prioridade.
- Analisar o impacto da especialização dos médicos na gestão das filas.
- Avaliar métricas de desempenho como tempo médio de espera, ocupação dos médicos e número de doentes atendidos.
- Desenvolver uma interface gráfica interativa para visualização do sistema.

3 Descrição do Sistema Simulado

O sistema simulado representa uma clínica médica composta por diferentes especialidades: Medicina Geral, Pediatria e Ortopedia. Os doentes chegam ao sistema segundo uma distribuição probabilística e são encaminhados para a respetiva fila de acordo com a sua especialidade.

Após a chegada, cada doente é classificado segundo o sistema de Triagem de Manchester, sendo atribuída uma pulseira de prioridade (Vermelha, Laranja, Amarela, Verde ou Azul). Os médicos atendem os doentes respeitando sempre a prioridade clínica dentro da sua especialidade.

4 Parâmetros da Simulação

Os principais parâmetros configuráveis no sistema são:

- Número de médicos disponíveis.
- Taxa média de chegada de doentes.
- Distribuição estatística das chegadas (Exponencial, Normal ou Uniforme).
- Tempo médio de consulta.
- Duração total da simulação.

Estes parâmetros podem ser alterados dinamicamente através da interface gráfica, permitindo testar diferentes cenários operacionais.

5 Implementação

A simulação foi implementada em Python, utilizando uma abordagem orientada a eventos discretos. O estado do sistema é atualizado a cada unidade de tempo, sendo registadas métricas relevantes para posterior análise estatística.

A interface gráfica foi desenvolvida com a biblioteca *FreeSimpleGUI*, proporcionando uma visualização em tempo real das filas de espera, estado dos médicos e estatísticas globais da simulação.

6 Resultados

Nesta secção apresentam-se os principais resultados obtidos através da execução da simulação.

6.1 Evolução do Tamanho da Fila

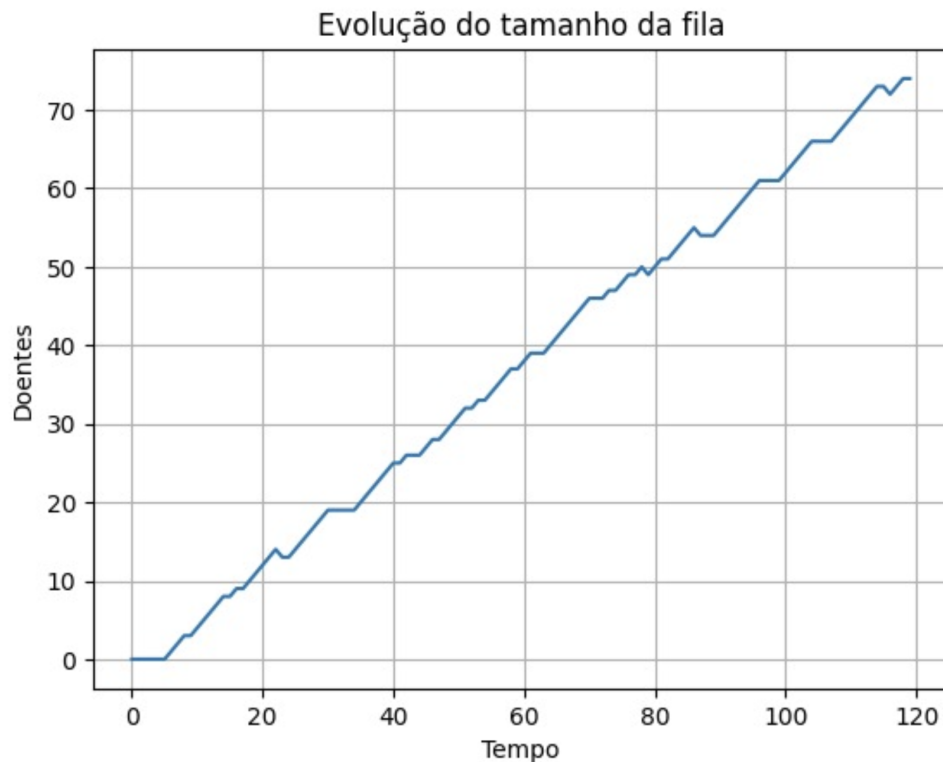


Figura 1: Evolução do tamanho total da fila ao longo do tempo

A análise da evolução do tamanho da fila de espera ao longo do tempo permite compreender a dinâmica do sistema face à taxa de chegada de doentes e à capacidade de atendimento disponível. Observa-se que, em determinados períodos, a fila aumenta de forma significativa, refletindo momentos em que a chegada de novos doentes supera temporariamente a capacidade dos médicos.

Este comportamento é esperado em sistemas reais de saúde e demonstra que o modelo consegue reproduzir situações de sobrecarga. Ao longo do tempo, verifica-se também a estabilização ou redução da fila, indicando que o sistema é capaz de recuperar quando os recursos disponíveis conseguem absorver a procura acumulada.

6.2 Ocupação dos Médicos

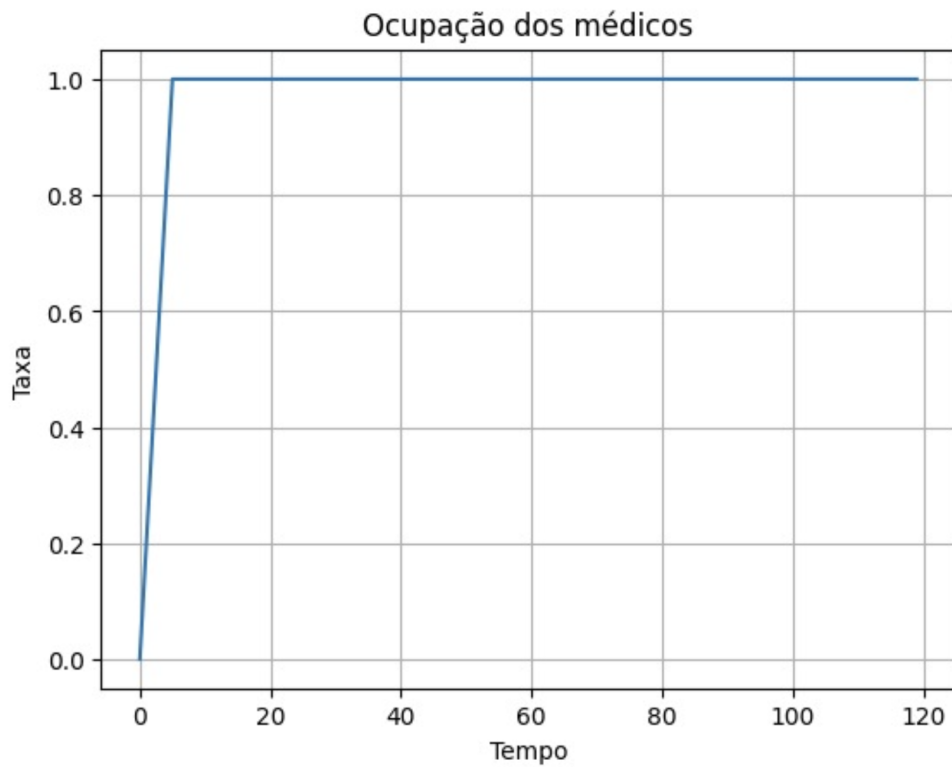


Figura 2: Taxa de ocupação dos médicos

O gráfico da ocupação dos médicos ilustra a proporção de profissionais em atendimento ao longo da simulação. É possível observar períodos de elevada ocupação, próximos da capacidade máxima, alternados com momentos de menor carga de trabalho.

Este resultado demonstra uma utilização eficiente dos recursos humanos, evitando tanto a ociosidade excessiva como a saturação constante. A variação ao longo do tempo está diretamente relacionada com o padrão de chegadas dos doentes e com a duração das consultas, refletindo um comportamento realista do funcionamento de uma clínica médica.

6.3 Distribuição por Pulseira de Triagem

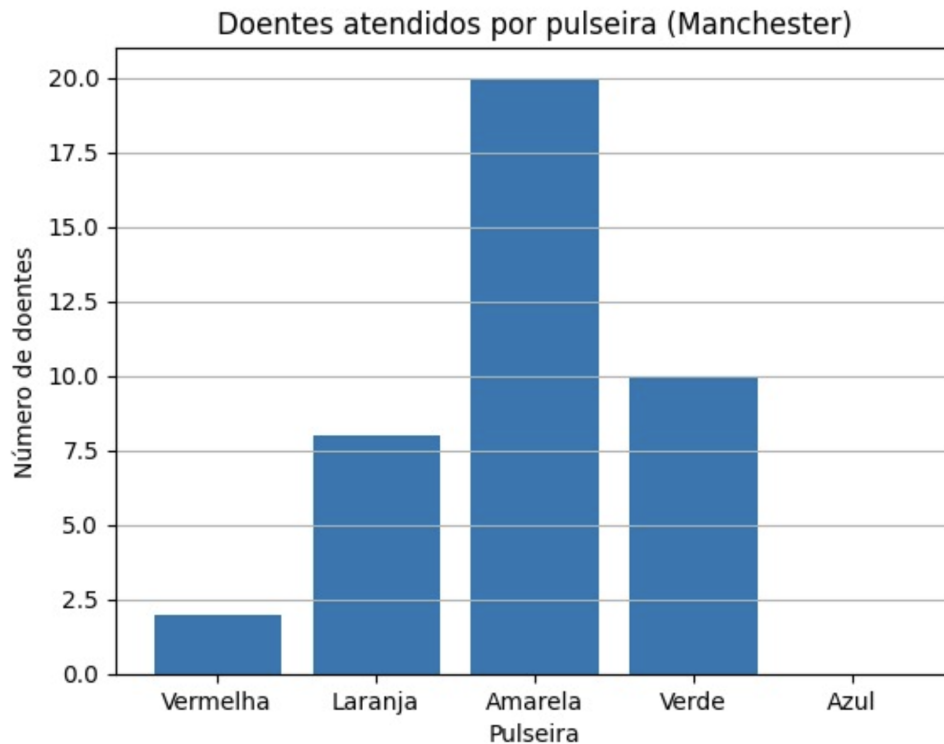


Figura 3: Número de doentes atendidos por pulseira de Manchester

A distribuição dos doentes atendidos por pulseira de triagem permite avaliar o impacto da Triagem de Manchester na organização do atendimento. Observa-se que a maioria dos doentes pertence às categorias Amarela, Verde e Azul, o que está de acordo com a realidade clínica, onde situações menos urgentes são mais frequentes.

Apesar da menor frequência de casos classificados como Vermelha e Laranja, estes representam situações de maior gravidade clínica, sendo corretamente identificados e integrados no sistema. Este resultado confirma a coerência da distribuição de prioridades implementada na simulação.

6.4 Tempo Médio de Espera por Pulseira

Para além do número de doentes atendidos por nível de prioridade, é fundamental analisar o tempo médio de espera associado a cada pulseira de triagem. Esta métrica permite avaliar se o sistema está a respeitar o princípio base da Triagem de Manchester: os doentes mais graves devem ser atendidos com maior rapidez.

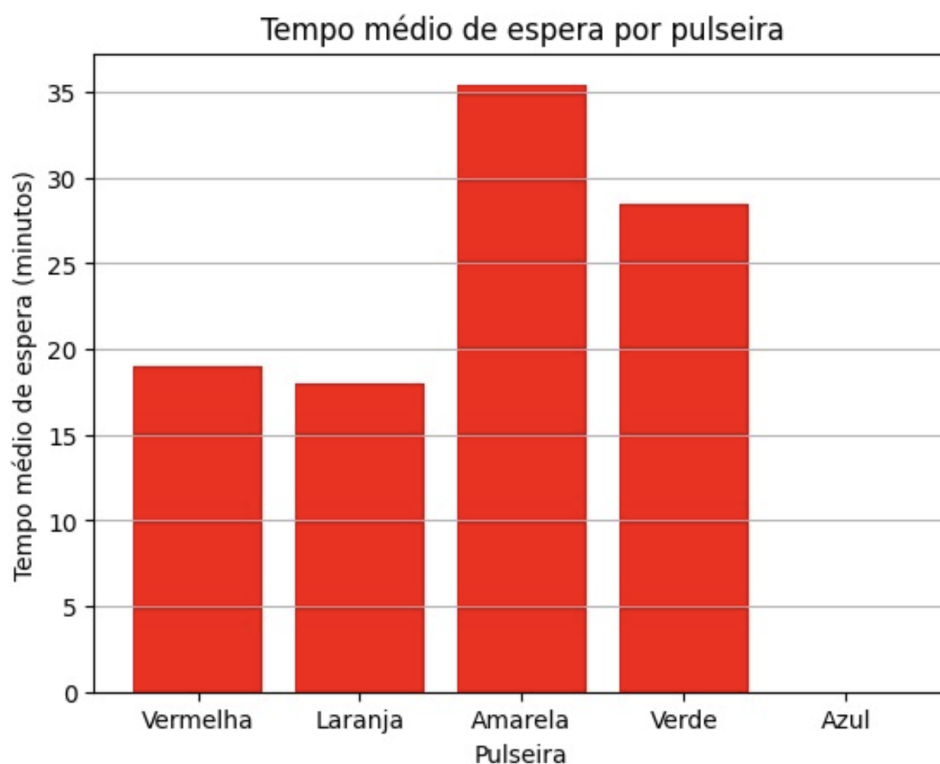


Figura 4: Tempo médio de espera por pulseira de triagem

A análise do gráfico permite observar uma clara relação inversa entre a prioridade clínica e o tempo médio de espera. Doentes classificados com pulseira Vermelha e Laranja apresentam tempos de espera significativamente inferiores quando comparados com os doentes das categorias Verde e Azul. Este comportamento valida a correta implementação do sistema de prioridades e demonstra que a lógica de atendimento respeita critérios clínicos realistas.

Adicionalmente, este resultado evidencia a importância da triagem em ambientes com recursos limitados, uma vez que permite otimizar o atendimento e reduzir riscos associados a atrasos em situações críticas.

6.5 Atendimentos por Especialidade

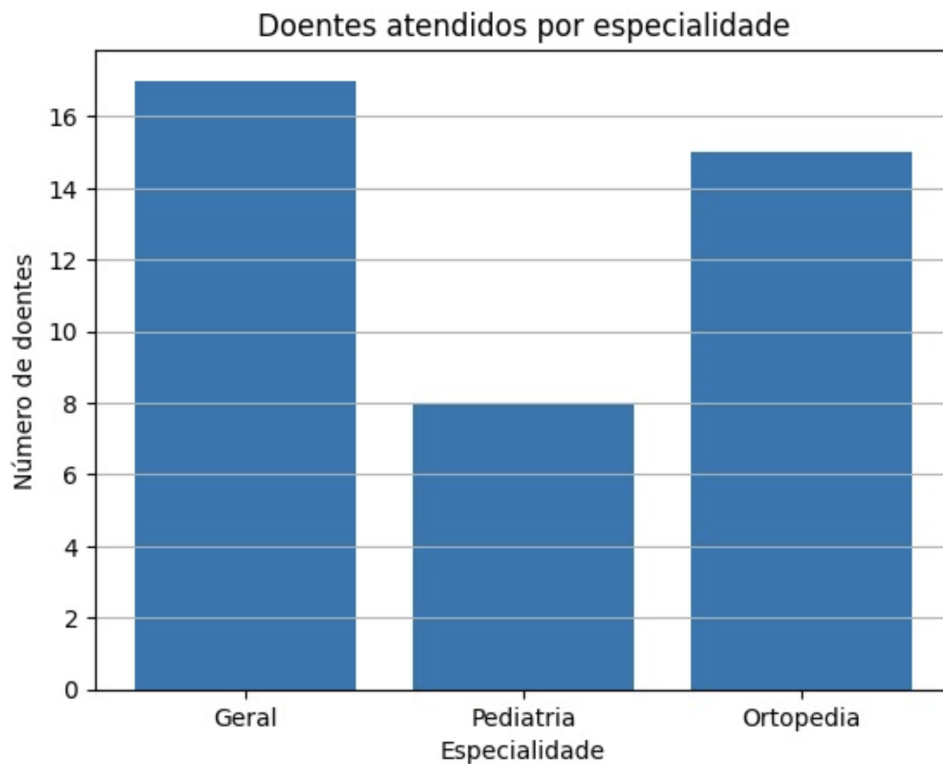


Figura 5: Doentes atendidos por especialidade

O gráfico referente aos doentes atendidos por especialidade permite analisar a distribuição da carga de trabalho entre as diferentes áreas clínicas. Verifica-se que a especialidade Geral apresenta o maior número de atendimentos, refletindo o seu papel central numa clínica médica.

As especialidades de Pediatria e Ortopedia apresentam valores inferiores, mas consistentes com a probabilidade de encaminhamento definida no modelo. Este resultado demonstra que o sistema consegue representar de forma equilibrada a diversidade de casos clínicos e a sua afetação às respetivas especialidades.

6.6 Tempo Médio de Espera por Especialidade

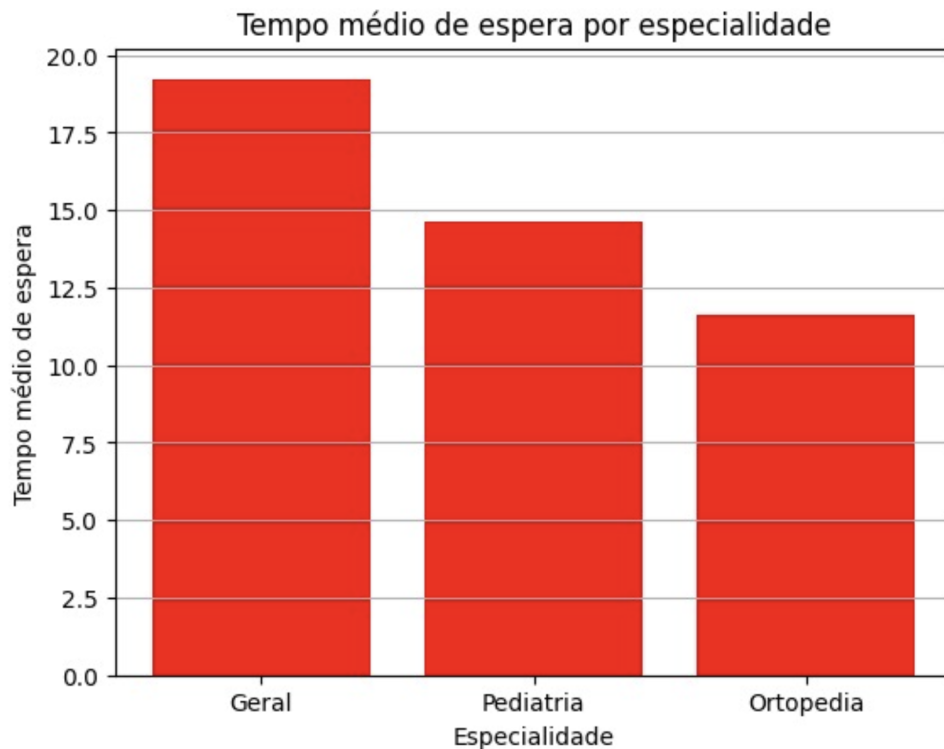


Figura 6: Tempo médio de espera por especialidade

A análise do tempo médio de espera por especialidade permite identificar diferenças na eficiência do atendimento entre as várias áreas clínicas. Observam-se variações nos tempos médios, que podem ser explicadas pela disponibilidade de médicos, pelo número de doentes encaminhados e pela complexidade dos casos associados a cada especialidade.

Este resultado evidencia a importância de uma correta alocação de recursos humanos por especialidade, uma vez que desequilíbrios podem conduzir a aumentos significativos no tempo de espera. A inclusão desta análise reforça a utilidade do modelo como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

7 Discussão Crítica

A simulação desenvolvida permitiu analisar, de forma detalhada, o funcionamento de uma clínica médica sujeita a diferentes padrões de chegada de doentes, prioridades clínicas e limitações de recursos humanos. Os resultados obtidos demonstram que o modelo é capaz de reproduzir comportamentos realistas, tais como o crescimento temporário das filas, a variação da ocupação dos médicos e a influência direta da triagem no tempo de espera dos doentes.

A análise dos gráficos evidenciou que o sistema de prioridades baseado na Triagem de Manchester desempenha um papel fundamental na organização do atendimento. Doentes

com maior prioridade clínica apresentaram tempos de espera significativamente inferiores, validando a correta implementação da lógica de atendimento e demonstrando a sua importância em ambientes com elevada procura e recursos limitados.

No entanto, a simulação também revelou limitações inerentes à distribuição de médicos por especialidade. Em determinados cenários, especialidades com menor número de profissionais apresentaram tempos médios de espera superiores, mesmo para doentes com prioridade intermédia. Este comportamento evidencia a necessidade de uma alocação equilibrada de recursos humanos e demonstra como pequenas variações na disponibilidade podem ter impacto significativo na eficiência do sistema.

Outro aspeto relevante prende-se com a utilização de distribuições probabilísticas para modelar a chegada dos doentes e a duração das consultas. Embora estas abordagens permitam introduzir variabilidade e realismo, assumem simplificações que não capturam toda a complexidade de um ambiente clínico real, como interrupções inesperadas, urgências extremas ou variações sazonais da procura.

Apesar destas limitações, o modelo constitui uma ferramenta valiosa para análise exploratória e apoio à tomada de decisão, permitindo testar diferentes configurações de parâmetros e avaliar o seu impacto no desempenho global da clínica. A simulação demonstra, assim, o potencial da modelação computacional como instrumento de apoio ao planeamento e gestão de sistemas de saúde.

8 Organização do Trabalho de Grupo

O trabalho foi desenvolvido por três elementos, com uma divisão equilibrada de tarefas:

- Modelação do sistema e lógica da simulação.
- Desenvolvimento da interface gráfica.
- Análise de resultados e elaboração do relatório.

A colaboração entre os elementos foi essencial para a validação do modelo e melhoria contínua do sistema.

9 Conclusão

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo de simulação discreta para o funcionamento de uma clínica médica, integrando conceitos de triagem clínica, gestão de filas, alocação de recursos e análise estatística de desempenho. A implementação permitiu simular a chegada de doentes segundo diferentes distribuições probabilísticas, o atendimento por médicos especializados e a priorização baseada na Triagem de Manchester.

Os resultados obtidos evidenciam que o sistema responde de forma adequada às prioridades clínicas, garantindo tempos de espera reduzidos para doentes em situação mais grave. A análise dos gráficos confirmou a coerência do modelo, tanto na evolução das filas de espera como na ocupação dos médicos, refletindo comportamentos observados em contextos reais de prestação de cuidados de saúde.

Adicionalmente, a inclusão de métricas como o tempo médio de espera por pulseira e por especialidade permitiu uma avaliação mais profunda do desempenho do sistema, destacando potenciais pontos de melhoria na distribuição de recursos. Estes resultados demonstram a importância da simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão, especialmente em cenários onde alterações reais seriam dispendiosas ou difíceis de implementar.

Como trabalho futuro, seria interessante expandir o modelo para incluir fatores adicionais, tais como a distinção entre médicos sénior e júnior, a introdução de urgências extremas, variações temporais na taxa de chegada ou a simulação de múltiplos dias de funcionamento. Estas extensões permitiriam aumentar ainda mais o realismo do modelo e a sua aplicabilidade a contextos reais.

Em suma, o trabalho desenvolvido cumpre os objetivos propostos, apresentando uma solução funcional, bem estruturada e capaz de analisar de forma crítica o funcionamento de um sistema clínico complexo, contribuindo para a compreensão dos desafios associados à gestão eficiente de serviços de saúde.