

# UTILIZAÇÃO DO MODELO HÍBRIDO *SYSTEM DYNAMICS-FACTORY PHYSICS* PARA ALOCAÇÃO DE MELHORIA NO FLUXO DE PACIENTES EM UM HOSPITAL DE EMERGÊNCIA

Vitoria Volcov<sup>1</sup>, Marcel Heimar Ribeiro Utiyama<sup>2</sup>  
 1,2 Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI  
 volcov.vitoria@outlook.com, mutiyama@fei.edu.br

**Resumo:** A agilidade no atendimento de emergência torna-se crucial para o aumento das chances de sobrevivência dos pacientes. O presente trabalho tem por objetivo comparar o efeito de diferentes estratégias de alocação de melhoria para redução do tempo de fluxo de pacientes em um hospital de emergência com um recurso restrição de capacidade (RRC) por meio do uso do modelo híbrido *System Dynamics-Factory Physics* [1]. Os resultados obtidos garantiram reduções de até 33% no *lead time* dos pacientes 7% na utilização do recurso RRC.

## 1. Introdução

Os sistemas de saúde operam normalmente com pouca capacidade ociosa e um aumento repentino na demanda, como a ocasionada pelo coronavírus, apresenta um grande potencial de sobrecarregar os hospitais, uma vez que o aumento da demanda pode gerar filas e, conseqüentemente, sobrecarga na utilização da capacidade de atendimento de emergência. Frente a isso, a necessidade de melhoria dos fluxos hospitalares torna-se primordial para garantir a melhoria da qualidade da assistência médica [2].

Em uma iniciação científica orientada pelo proponente da pesquisa e conduzida pela aluna deste projeto [3] foi realizada uma revisão sistemática da literatura a respeito do tema variabilidade na gestão de fluxos hospitalares. Diversos trabalhos alertam a respeito da importância da variabilidade na gestão de fluxos hospitalares e a necessidade de incorporação da variabilidade nas decisões gerenciais [4;5]. Os resultados mostram alguns *gaps* de pesquisa, entre os quais o presente trabalho busca contribuir na incorporação da variabilidade na gestão de fluxos hospitalares e na quantificação dos efeitos dessa variabilidade.

Do exposto acima, define-se como objetivo geral do presente trabalho comparar o efeito de diferentes estratégias de alocação de melhoria para redução do tempo de fluxo de pacientes em uma unidade de emergência com um recurso restrição de capacidade.

## 2. Metodologia

O quadro 1 sumariza as escolhas metodológicas definidas para a realização deste trabalho.

Abordagem de pesquisa	Abordagem quantitativa
Método de pesquisa	Simulação/Modelagem
Técnica da pesquisa	Software Vensim

Quadro 1 – Escolhas metodológicas

## 3. Descrição do processo

A aplicação do modelo híbrido *System Dynamics-Factory Physics* foi baseada em dados e informações fornecidas por um grande hospital público da região metropolitana de São Paulo, especializado nas áreas de cardiologia e pneumologia. O fluxo de pacientes na unidade de emergência desse hospital pode ser representado pela figura 1.

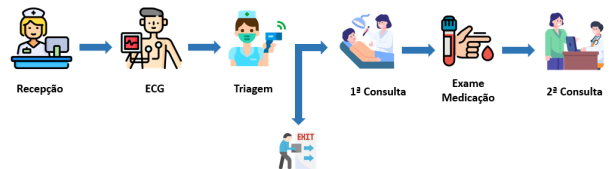


Figura 1 – Fluxograma da unidade de emergência

As etapas de exame/medicação e segunda consulta não foram contempladas no presente trabalho devido à falta de informações disponíveis dadas as devidas complexidades e variações nos presentes roteiros.

## 4. Resultados

A construção deste trabalho foi realizada a partir do uso do modelo *System Dynamics-Factory Physics* (SD-FP) adaptado para a unidade de emergência estudada. Tal adaptação foi realizada a partir da alteração das fórmulas referentes à taxa de produção e ao tempo médio entre filas considerando estações com dois ou mais recursos, conforme proposto na teoria *Factory Physics* [6]. Adicionalmente, foram realizadas adaptações no cálculo da taxa de saídas da triagem e nas nomenclaturas de algumas variáveis presentes no modelo original, conforme figura 2.

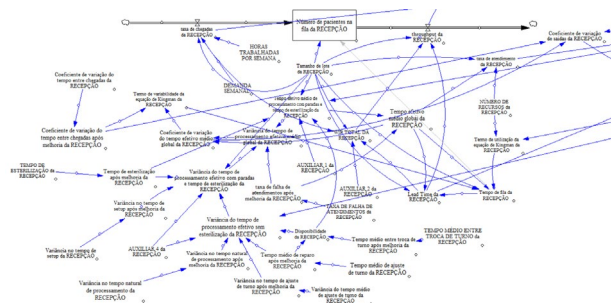


Figura 2 – Modelo híbrido adaptado SD-FP

A partir da adaptação do modelo híbrido SD-FP, foram construídos três cenários com diferentes configurações para a força do recurso restrição de capacidade (RRC). A cada um dos cenários de estudo foram aplicadas duas estratégias de alocação de melhoria para quatro variáveis do sistema, a saber: (i) estratégia concentrada no recurso RRC, a qual tem por objetivo promover melhorias focalizadas apenas no recurso RRC; (ii) estratégia distribuída, que visa incrementar pequenas melhorias fracionadas igualmente em todas as estações. Como medidas de desempenho, foram usadas as métricas de *lead time*, tempo de filas e utilização do sistema.

Os cenários de estudo simulados neste trabalho foram: (i) Cenário 1: A utilização do RRC (consulta) foi elevada para 85%; (ii) Cenário 2: A utilização do RRC (consulta) foi elevada para 92%; (iii) Cenário 3: A utilização do RRC (consulta) foi elevada para 98%.

As estratégias de alocação de melhoria são apresentadas na figura 3.

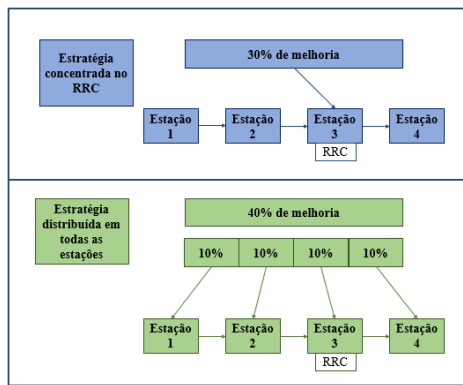


Figura 3 – Estratégias de alocação de melhoria

Os cenários foram simulados pelo modelo híbrido SD-FP no *software* Vensim. Para exemplificar os dados obtidos, a tabela 1 apresenta os resultados em relação ao *lead time* apenas para o cenário 1.

Caso		Lead Time (horas/paciente)				
		Recepção	ECG	Triagem	Consulta	Total
Melhoria no tempo médio entre falhas	Distribuída 4x10%	0,138	2,142	2,681	5,717	10,678
	RRC 30%	0,139	2,17	2,743	4,482	9,534
Melhoria no tempo médio de reparo	Distribuída 4x10%	0,138	2,138	2,669	5,456	10,401
	RRC 30%	0,139	2,17	2,743	3,712	8,763
Melhoria na variabilidade do tempo de processamento	Distribuída 4x10%	0,139	2,168	2,732	6,624	11,662
	RRC 30%	0,139	2,17	2,743	6,609	11,661
Melhoria na variabilidade do tempo entre as chegadas	Distribuída 4x10%	0,125	1,486	1,611	4,682	7,904
	RRC 30%	0,139	2,17	2,743	4,743	9,794

Tabela 1 – *Lead Time* após melhoria Cenário 1

O Quadro 2 apresenta os resultados para os três cenários estudados.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Tempo médio entre falhas	RRC 30%	RRC 30%	RRC 30%
Tempo médio de reparo	RRC 30%	RRC 30%	RRC 30%
CV de tempo de processamento	RRC 30%	RRC 30%	RRC 30%
CV de intervalo de chegadas	Distribuída 4x10%	Distribuída 4x10%	Distribuída 4x10%

Quadro 2 – Consolidação dos resultados dos cenários

Observa-se que, nos três cenários, a estratégia de alocação do tipo concentrada no recurso RRC foi a que apresentou maiores vantagens em relação à distribuída. A estratégia distribuída somente obteve vantagem no programa de melhoria direcionado à variabilidade do intervalo de chegadas.

#### 4. Conclusões

O presente trabalho trouxe contribuições importantes acerca do comparativo entre diferentes estratégias de alocação de melhorias para redução do tempo de fluxo de pacientes. Os principais resultados são:

- Redução de até 33% no *lead time*;
- Redução de até 7% na utilização do recurso RRC.

As melhorias propostas permitem um aumento de capacidade, atendimento mais ágil e maior probabilidade de salvar vidas. Além disso, este estudo endossa as constatações acerca da influência devastadora das variabilidades no *lead time* dos pacientes [1;2;3]. Por fim, as principais contribuições consistem na utilização combinada do modelo híbrido *System Dynamics-Factory Physics* (SD-FP) e da Teoria das Restrições (TOC) ao contexto da saúde.

#### 5. Referências

[1] GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Avaliando o impacto de programas alternativos de melhoria contínua em uma *flow shop* usando dinâmica de sistemas. *International Journal of Production Research*, v. 52, p. 1-18, 2013.

[2] HOPP, W. J.; LOVEJOY, W. S. (2012). *Hospital operations: Principles of high efficiency health care*. FT Press.

[3] VOLCOV, V. A variabilidade na gestão do fluxo de pacientes à luz da abordagem *Factory Physics*. Iniciação científica – Curso de Engenharia de Produção, Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2022.

[4] BRUIN, A. M. et al. *Modeling the emergency cardiac in-patient flow: an application of queuing theory*. *Health Care Manage Sci*, v. 10, n.2, p.125-137, abr. 2007.

[5] REYNOLDS, J. et al. *Design and analysis of a health care clinic for homeless people using simulations*. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, v.23, n.6, p. 607-620, jun. 2009.

[6] HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. A ciência da fábrica. Tradução de Paulo Norberto Migliavacca. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Título Original: *Factory Physics*.

#### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pelas instalações e concessão da bolsa de iniciação científica.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 05/2023 a 12/2023.