

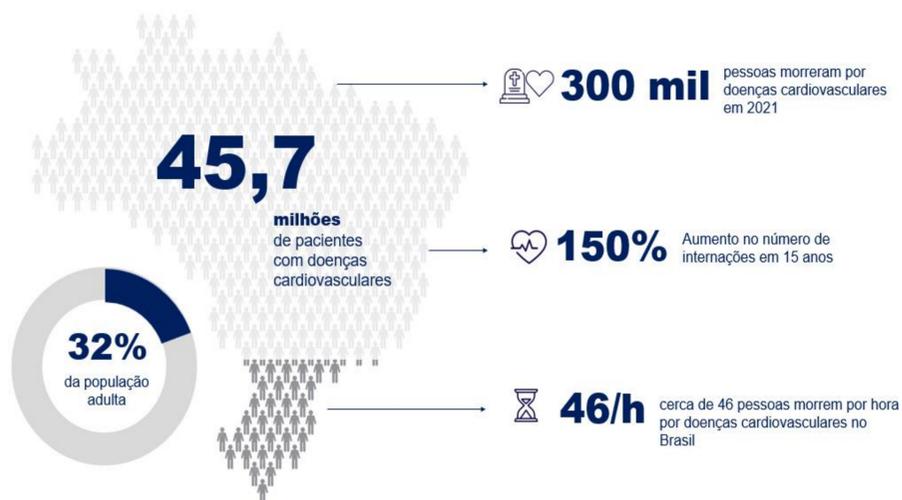


Introdução

A unidade de emergência é uma das áreas mais críticas e dinâmicas de um hospital, onde a agilidade de atendimento torna-se um fator decisivo de sucesso para redução das sequelas e aumento das chances de sobrevivência dos pacientes.

No âmbito da cardiologia, essa situação se intensifica, uma vez que a vida humana apresenta-se em situações críticas de grande complexidade e dramaticidade, cuja necessidade de intervenção intenta atendimento imediato. A ausência de socorro médico adequado se traduz em altas taxas de mortalidade por paradas cardíacas, já que o cérebro humano não responde positivamente quando exposto à falta de oxigenação por mais do que 3 minutos. A figura 1 apresenta dados da Sociedade Brasileira de Cardiologia (2022) reunidos pela Neomed (2022).

Figura 1 – Estatísticas de doenças cardiovasculares no Brasil em 2021



Fonte: Adaptado de Neomed (2022)

À vista disso, o uso combinado de abordagens de gestão criadas inicialmente na manufatura, como *System Dynamics - Factory Physics* (SD-FP) e Teoria das Restrições (TOC), apresenta-se como uma alternativa que possui cunho inovador no contexto da saúde com um grande potencial de trazer benefícios para a redução do *lead time* e das filas entre os processos. Isso porque a Teoria das Restrições (TOC) é conhecida pela identificação e bom gerenciamento dos recursos mais críticos, ou restrições, conforme explica Goldratt (1984), e o *Factory Physics*, desenvolvido por Hopp e Spearman (2008), é eficiente na identificação de *insights* de gestão e alocação correta de programas de melhoria.

Objetivo

O objetivo geral do presente trabalho é: 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.

Derivam-se do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos:

- Estudar e compreender os conceitos oriundos das filosofias *Factory Physics* e Teoria das Restrições (TOC) aplicados na gestão de fluxos hospitalares;
- Adaptar o modelo híbrido *System Dynamics - Factory Physics* para as características do cenário hospitalar;

- Utilizar os dados do hospital estudado a fim de propor novos cenários para desenvolvimento da simulação e modelagem por meio do modelo híbrido *System Dynamics - Factory Physics*;
- Propor estratégias de alocação de melhoria para redução do tempo de fluxo de pacientes como base para aplicação em cada um dos cenários propostos.

Metodologia

O quadro 1 ilustra as escolhas metodológicas.

Quadro 1– Escolhas metodológicas

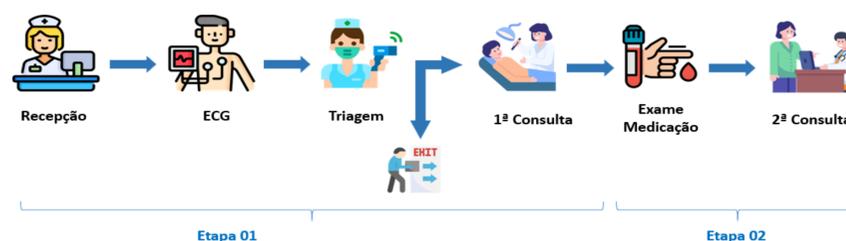
Abordagem de pesquisa	Abordagem quantitativa
Método de pesquisa	Simulação/Modelagem
Classificação da modelagem	Pesquisa empírica descritiva
Classificação da simulação	Simulação matemática-numérica
Técnica da pesquisa	Software Vensim

Fonte: Autoria própria

Descrição do processo

A aplicação do modelo híbrido *System Dynamics - Factory Physics* foi baseada em dados e informações fornecidas por um grande hospital público universitário 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 2.

Figura 2 – Fluxograma da unidade de emergência



Fonte: Autoria própria

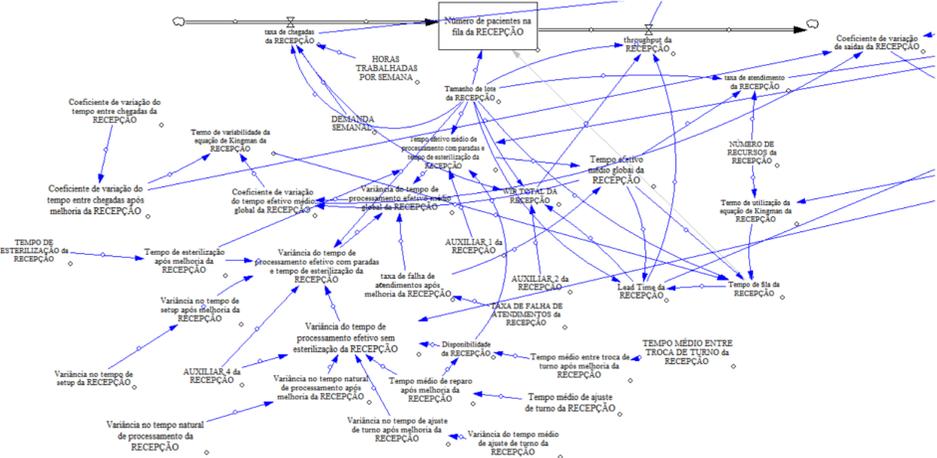
As etapas de exame/medicação e segunda consulta não foram contempladas no presente trabalho devido à falta de informações disponíveis dadas as devidas complexidades e variações presentes nos roteiros. Logo, para o presente trabalho, somente foi contemplada a etapa 1.

Adaptação do modelo híbrido SD-FP

O modelo híbrido *System Dynamics - Factory Physics* criado por Godinho Filho e Uzsoy (2009) foi desenvolvido inicialmente para o contexto de manufatura, o que exigiu a sua adaptação para as características do cenário hospitalar estudado neste trabalho. Para isso, foram alteradas as fórmulas referentes à taxa de produção e ao tempo médio entre filas considerando estações com dois ou mais recursos, conforme proposto por Hopp e Spearman (2008). Além disso, a equação referente ao cálculo da taxa de saídas da estação de triagem foi adaptada, uma vez que, segundo informações do hospital, na etapa de triagem cerca de 40% dos pacientes são dispensados. Adicionalmente, também foram realizadas adaptações nas nomenclaturas de algumas variáveis presentes no modelo original, a fim de adequá-las ao contexto da saúde, conforme figura 3.



Figura 3 – Modelo híbrido adaptado System Dynamics – Factory Physics

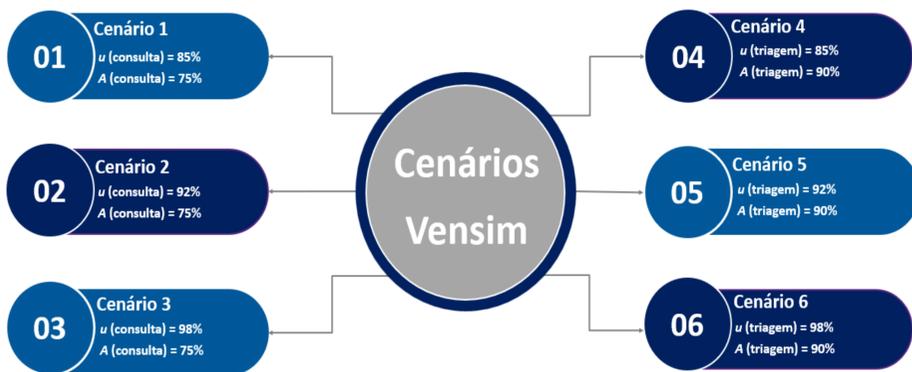


Fonte: Adaptado de Godinho Filho e Uzsoy (2009)

Aplicação do modelo híbrido SD-FP: Cenários de estudo

A partir da adaptação do modelo híbrido SD-FP, foram construídos seis cenários com diferentes configurações que apresentam variações na força do recurso RRC, nas disponibilidades das estações de consulta e triagem e na posição do recurso RRC. Para este estudo, as utilizações foram classificadas como moderada (85%), alta (92%) e muito alta (98%). A figura 4 ilustra os cenários propostos.

Figura 4 – Cenários e suas configurações



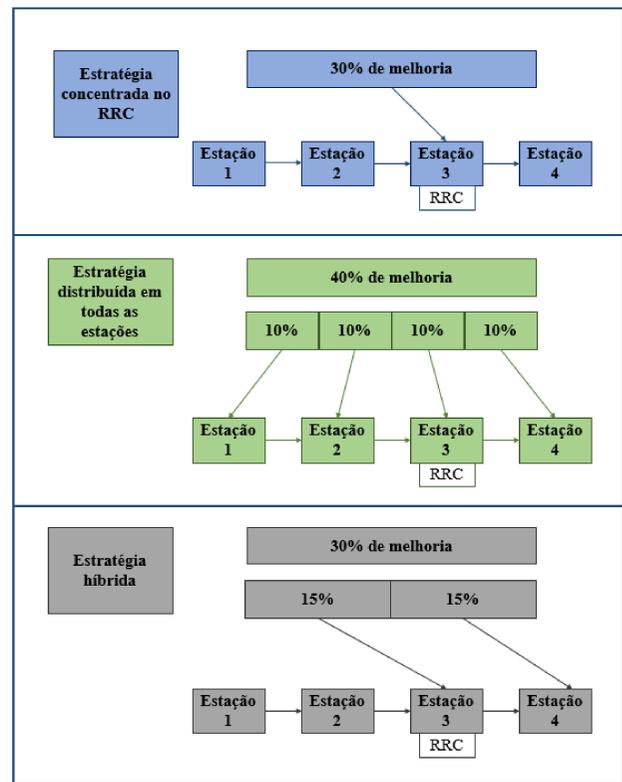
Fonte: Autoria própria

A cada um dos cenários de estudo foram aplicadas três estratégias de alocação de melhoria, conforme exposto na figura 5, para as seguintes variáveis: (i) tempo médio entre falhas (ou tempo entre troca de turno, para a recepção, e tempo entre indisponibilidade do profissional para as demais estações); (ii) tempo médio de reparo (ou tempo de ajuste de turno, para a recepção, e tempo de ausência do profissional para as demais estações); (iii) variabilidade do tempo de processamento; (iv) variabilidade do tempo entre chegadas dos pacientes.

Para este trabalho, foi adotada a premissa aplicada por Utiyama (2012) que enuncia uma suposição de investimento de que 30% de melhoria concentrada é equivalente a 40% de melhoria distribuída. Isso pode ser justificado pelo fato de que considerou-se que é mais fácil efetuar pequenas melhorias distribuídas em várias estações do que uma grande melhoria em um recurso restrição.

A comparação entre as estratégias de alocação de melhorias foi realizada por meio da avaliação do *lead time*, do tempo de fila e da utilização, bem como o *gap* da porcentagem de melhoria incremental da opção com melhor resultado em detrimento da opção com pior resultado.

Figura 5 – Estratégias de alocação de melhoria



Fonte: Autoria própria

Resultados e discussões

Os cenários foram simulados pelo modelo híbrido System Dynamics – Factory Physics no software Vensim. Nas tabelas 1 e 2 e na figura 6 estão apresentados os resultados para o cenário 1 e ao final a consolidação dos resultados de todos os cenários.

Tabela 1 – Lead Time após melhoria Cenário 1

		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	2,170	2,743	4,482	9,534
	Híbrida 15% x 15%	0,139	2,170	2,637	5,343	10,289
Melhoria no tempo médio de reparo	Distribuída 4x10%	0,138	2,138	2,669	5,456	10,401
	RRC 30%	0,139	2,170	2,743	3,712	8,763
	Híbrida 15% x 15%	0,139	2,170	2,616	4,945	9,870
Melhoria na variabilidade do tempo de processamento	Distribuída 4x10%	0,139	2,168	2,732	6,624	11,662
	RRC 30%	0,139	2,170	2,743	6,609	11,661
	Híbrida 15% x 15%	0,139	2,170	2,730	6,603	11,642
Melhoria na variabilidade do tempo entre as chegadas	Distribuída 4x10%	0,125	1,486	1,611	4,682	7,904
	RRC 30%	0,139	2,170	2,743	4,743	9,794
	Híbrida 15% x 15%	0,139	2,170	2,065	4,944	9,318

Fonte: Autoria própria

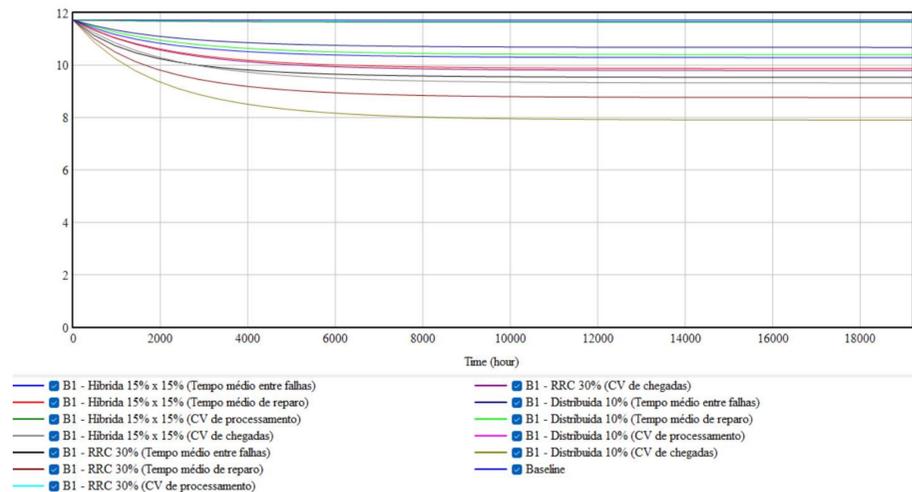
Tabela 2 – Taxas de utilização após melhoria Cenário 1

		Utilização (%)			
		Recepção	ECG	Triagem	Consulta
Melhoria no tempo médio entre falhas	Distribuída 4x10%	15,16%	70,38%	82,73%	83,31%
	RRC 30%	15,21%	70,59%	83,07%	80,41%
	Híbrida 15% x 15%	15,21%	70,59%	82,59%	82,49%
Melhoria no tempo médio de reparo	Distribuída 4x10%	15,15%	70,36%	82,70%	83,12%
	RRC 30%	15,21%	70,59%	83,07%	78,98%
	Híbrida 15% x 15%	15,21%	70,59%	82,51%	82,08%
Melhoria na variabilidade do tempo de processamento	Distribuída 4x10%	15,21%	70,59%	83,07%	85,19%
	RRC 30%	15,21%	70,59%	83,07%	85,19%
	Híbrida 15% x 15%	15,21%	70,59%	83,07%	85,19%
Melhoria na variabilidade do tempo entre as chegadas	Distribuída 4x10%	15,21%	70,59%	83,07%	85,19%
	RRC 30%	15,21%	70,59%	83,07%	85,19%
	Híbrida 15% x 15%	15,21%	70,59%	83,07%	85,19%

Fonte: Autoria própria



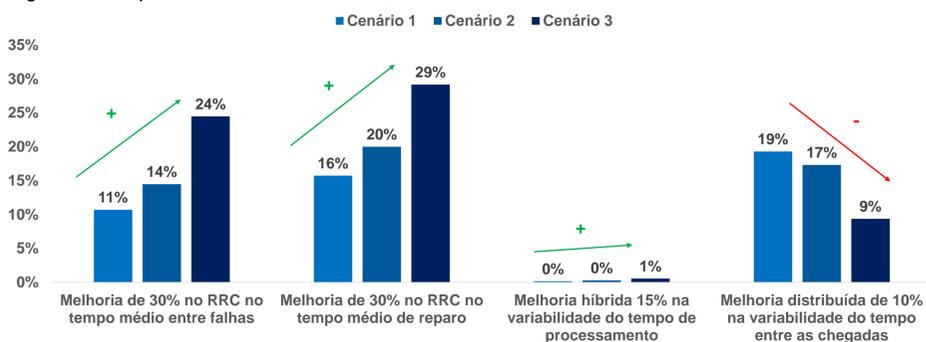
Figura 6 – Melhoria do lead time ao longo do tempo Cenário 1



A opção de investimento concentrada no RRC foi melhor que as opções de melhoria distribuída e híbrida nos programas de melhoria no tempo médio entre falhas e no tempo médio de reparo. Já para o programa de melhoria na variabilidade do tempo de processamento, a opção de investir em uma opção híbrida no RRC superou as outras duas estratégias de melhoria. Por fim, para o programa de melhoria na variabilidade do tempo entre as chegadas, nota-se que a opção de investir de maneira distribuída apresentou resultados mais positivos do que as outras estratégias de melhoria aplicadas. Além disso, observa-se que houve oscilação do recurso restrição na alocação das estratégias concentrada e híbrida para os tempos médios entre falhas e de reparo.

A figura 7 ilustra os gaps de melhoria para os cenários 1, 2 e 3.

Figura 7 – Gaps de melhoria cenários 1, 2 e 3



Nota-se, pela figura 7, que, à medida que houve um aumento da utilização do recurso RRC, houve também um aumento do gap das estratégias de alocação de melhoria concentrada e híbrida. Por sua vez, houve uma redução do gap da estratégia distribuída para a mesma situação.

O quadro 2 apresenta os resultados para os seis cenários.

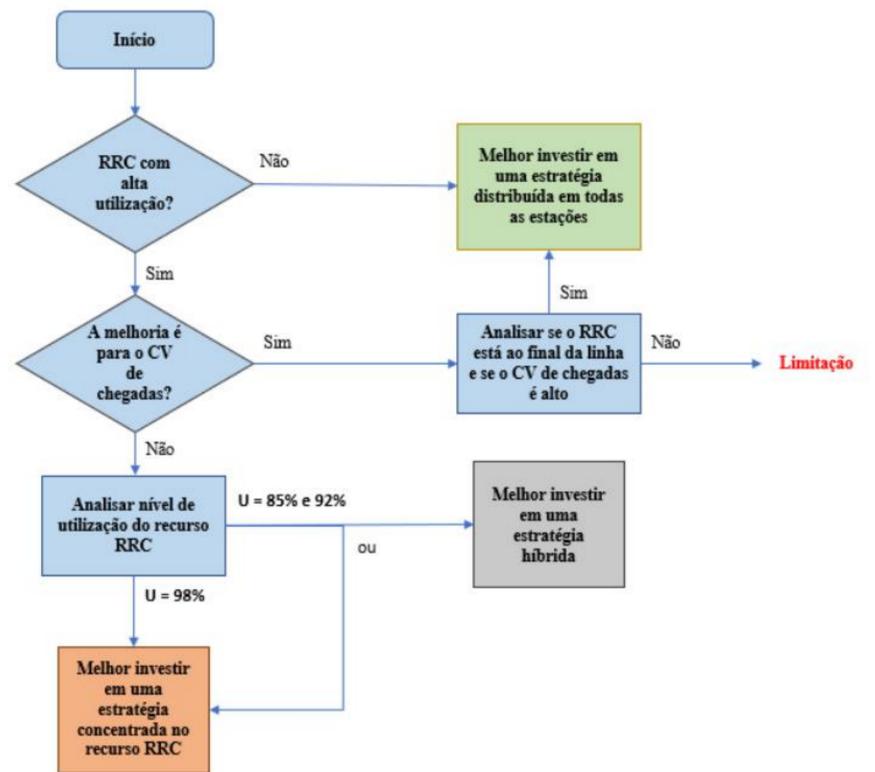
Quadro 2 – Consolidação dos resultados dos cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Tempo médio entre falhas	RRC 30%	RRC 30%	RRC 30%	Híbrida 15% x 15%	Híbrida 15% x 15%	RRC 30%
Tempo médio de reparo	RRC 30%	RRC 30%	RRC 30%	Híbrida 15% x 15%	Híbrida 15% x 15%	RRC 30%
CV de tempo de processamento	Híbrida 15% x 15%	Híbrida 15% x 15%	Híbrida 15% x 15%	RRC 30%	RRC 30%	RRC 30%
CV de intervalo entre chegadas	Distribuída 4x10%					

Fonte: Autoria própria

Observa-se que, nos cenários 1, 2, 3 e 6, a estratégia de alocação do tipo concentrada foi a que apresentou maiores vantagens em relação às demais. Já para os cenários 4 e 5, a estratégia do tipo híbrida mostrou-se mais vantajosa. Com base nos resultados obtidos, foi possível propor um algoritmo de decisão para auxiliar os gestores hospitalares na tomada de decisões para escolha da melhor estratégia de alocação de melhoria de acordo com as características do sistema hospitalar, conforme figura 8.

Figura 8 – Algoritmo de decisão para as estratégias de alocação de melhoria



A limitação apresentada no algoritmo pode ser justificada pelo fato de que a construção da modelagem e simulação foi baseada em dados reais que já possuíam as suas próprias configurações, o que significa que o coeficiente de variabilidade de chegadas não foi alterado, nem tampouco a posição do recurso RRC para as primeiras estações.

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 restrição de capacidade (RRC).

As melhorias propostas permitem um aumento de capacidade, atendimento mais ágil e maior probabilidade de salvar vidas. 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, bem como a proposição do algoritmo de decisão para as estratégias de alocação de melhoria de forma a obter a maior redução possível do tempo de fluxo e aumentar as chances de salvar vidas.