# REPROJETANDO UM CENTRO CIRÚRGICO HOSPITALAR PRIVADO USANDO SIMULAÇÃO

**Mariana Alves Rios**
Gerência de Relacionamento e Operações, Rede Mater Dei de Saúde
Av. do Contorno, 9000, Barro Preto, Belo Horizonte, MG, 30110-062
mariana.alves@materdei.com.br

**Letícia de Souza Resende**
Departamento comercial, BVP Geotecnia e Hidrotecnia
R. Tomé de Souza, 616, Savassi, Belo Horizonte, MG, 30140-131
leticia.resende@bvp.eng.br

**João Flávio de Freitas Almeida**
Departmento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil. CEP: 31270-901
joao.flavio@dep.ufmg.br

## RESUMO

Hospitais têm recorrido a métodos da Pesquisa Operacional, frequentemente usados em outros setores da economia, para melhorar seus processos e eficiência operacional. Neste trabalho aplicamos a simulação computacional para verificar a viabilidade do redesenho dos processos de um centro cirúrgico, validando o projeto-piloto em um hospital-dia da maior rede de saúde privada de Minas Gerais, Brasil. Os resultados proporcionam um melhor entendimento de processo aos gestores hospitalares e sugerem que processos longos e burocráticos podem ter sua eficiência aumentada em até 14,22% implementando as alterações propostas nos cenários da simulação.

**PALAVRAS CHAVE. Cuidados em saúde, Análise em hospitais, Simulação por eventos discretos.**

## ABSTRACT

Hospitals have embraced Operational Research methods, often used in other industries, to improve their processes and operational efficiency. In this work, we used computer simulation to test the feasibility of redesigning surgical center processes validating a day-hospital project in the largest private hospitals' network of Minas Gerais, Brazil. The results provide a better understanding of the process for hospital's managers and suggest that numerous, and bureaucratic processes can have its efficiency increased by 14.22% by implementing the modifications proposed in the simulation scenarios.

**KEYWORDS. Health care planning, hospital analysis, Discrete event simulation.**

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

## 1. Introdução

A gestão hospitalar, tal como em uma indústria ou uma empresa de qualquer setor da economia, tem como foco a redução de custos dos serviços, mantendo ou aumentando a qualidade destes aos pacientes. Para tal, os serviços hospitalares têm buscado tecnologias e ferramentas da Pesquisa Operacional para um melhor aproveitamento dos seus recursos. Uma das abordagens consiste em projetar processos de maneira que ele funcione da forma eficaz e eficiente. Dentre os processos, o centro cirúrgico (CC) possui peculiaridades em seu funcionamento, sendo uma das unidades mais complexas de um ambiente hospitalar, pelo nível dos equipamentos tecnológicos, pela vulnerabilidade de variação de processos, pela complexidade logística e, principalmente, pelo risco de morte aos pacientes.

De forma geral, CCs utilizam apenas 38% de sua capacidade operacional, em média. As unidades possuem alto custo fixo, no entanto, atrasos, cancelamentos e a consequente não utilização do espaço geram a ociosidade e desperdícios [Portal Hospitais Brasil, 2019]. Algumas das principais causas para a ociosidade de salas cirúrgicas e atrasos de procedimentos em centros cirúrgicos estão relacionadas à cirurgia, à anestesia, ao paciente e ao hospital. A pesquisa de Suchitra [2017] mostrou que dentre as causas que geram ociosidade de salas cirúrgicas, fatores hospitalares geram atraso da cirurgia e são a principal causa, ou seja, 50,5% dos casos. 22,5% dos casos são atrasos eram relacionados aos cirurgiões e 18% dos casos são fatores relacionados aos pacientes.

Este estudo de caso propõe um modelo computacional de simulação por eventos discretos (SED) para analisar a eficiência operacional do CC e redesenhar o processo de atendimento de pacientes de uma unidade de uma rede de saúde privada localizada em Belo Horizonte-MG. A unidade foi inaugurada em 2014 e possui 195 leitos operacionais, 46 leitos de UTI e 1234 funcionários ativos [Ribeiro, 2021]. Quatro cenários foram propostos e analisados visando identificar os impactos causados pelas mudanças e a viabilidade da nova configuração. Através da análise dos resultados de diferentes cenários, o estudo propõe: avaliar a eficácia do método de SED aplicada à CC hospitalares; avaliar o nível de ocupação do CC estudado; dimensionar a redução de tempo na jornada do paciente no centro cirúrgico; estabelecer o desempenho de cada processo no CC; e comparar os resultados do processo atual do CC com os resultados dos cenários.

Para o desenvolvimento da pesquisa, adotou-se o método de estudo de caso com o apoio da SED, que permite aprofundar no objeto de estudo, estabelecendo as causas do problema e determinando as variáveis que devem ser alteradas no processo, permitindo a implementação de mudanças. A fim de se obter uma fundamentação teórica para o estudo, revisamos a literatura na Seção 2, que se trata de uma busca ordenada de procedimentos para alcance de soluções ao objeto de estudo. A Seção 3 apresenta a metodologia de simulação adotada. A Seção 4 apresenta os resultados e cenários propostos. Por fim, a Seção 5, apresenta as considerações finais, limitações do trabalho e direções de pesquisas futuras.

## 2. Revisão da literatura

A SED pode ser definida como uma representação da realidade, imitação do funcionamento de um processo e teste/ensaio de possíveis cenários [Chwif and Medina, 2006]. Os modelos, classificados em (i) estáticos ou dinâmicos, (ii) determinísticos ou estocásticos, (iii) contínuos ou discretos, permitem implementar regras de decisão, explorar procedimentos organizacionais sem interrupção do processo, testar layouts e fluxos de transportes sem prejudicar recursos e testar hipóteses sobre cenários [Law, 2007]. Assim, são usados para

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

responder perguntas do tipo "*o que ocorre se...*" [Santos, 2019]. Um visão geral de aplicações da SED em sistemas de saúde são descritas em Günal and Pidd [2010], Jacobson et al. [2013], Zhang [2018], e Forbus and Berleant [2022].

No contexto hospitalar, a SED pode ser aplicada em pelo menos quatro áreas, como na previsão de demanda, em que se estima o volume de pacientes a serem atendidos; na análise de desempenho de procedimentos padrões, no dimensionamento de recursos, em que se projeta layout, número de salas, equipamentos; e no dimensionamento de equipes [Sanches et al., 2000]. A SED também pode contribuir para o aumento da segurança operacional, da qualidade de operações com pacientes e funcionários, e no melhor gerenciamento de estoques quando implementado em conjunto com ferramentas do *lean healthcare* [Gaba, 2004; Swick et al., 2012; Bhat et al., 2007; Haddad et al., 2016; Bhosekar et al., 2023]. Alguns casos implementam a SED para a redução do tempo de permanência de pacientes em unidade de emergência trazendo maior interação entre a unidade de emergência e a UTI [Blasak et al., 2003], na elaboração de políticas de melhor alocação de leitos em hospitais [Oliveira et al., 2020], no dimensionamento de filas em laboratórios hospitalares [Corgozinho et al., 2020] e em estratégias operacionais para aumentar a eficiência de um centro cirúrgico [Hassanzadeh et al., 2023]. O número de publicações no tema é crescente nos últimos anos, revelando uma tendência na literatura, fator este, que motiva o desenvolvimento deste estudo de caso.

## 3. Metodologia

A metodologia de SED aplicada ao estudo de caso consistiu no recorte do problema, modelagem conceitual, coleta dos dados, seleção do *software* e modelagem computacional. Em seguida, realizou-se as verificações, validação prática, bem como a elaboração de cenários. O estudo de caso foi realizado em na unidade hospitalar de Belo Horizonte. Os dados coletados utilizados no estudo foram disponibilizados pela rede de saúde.

### 3.1. Descrição do sistema e contextualização do problema

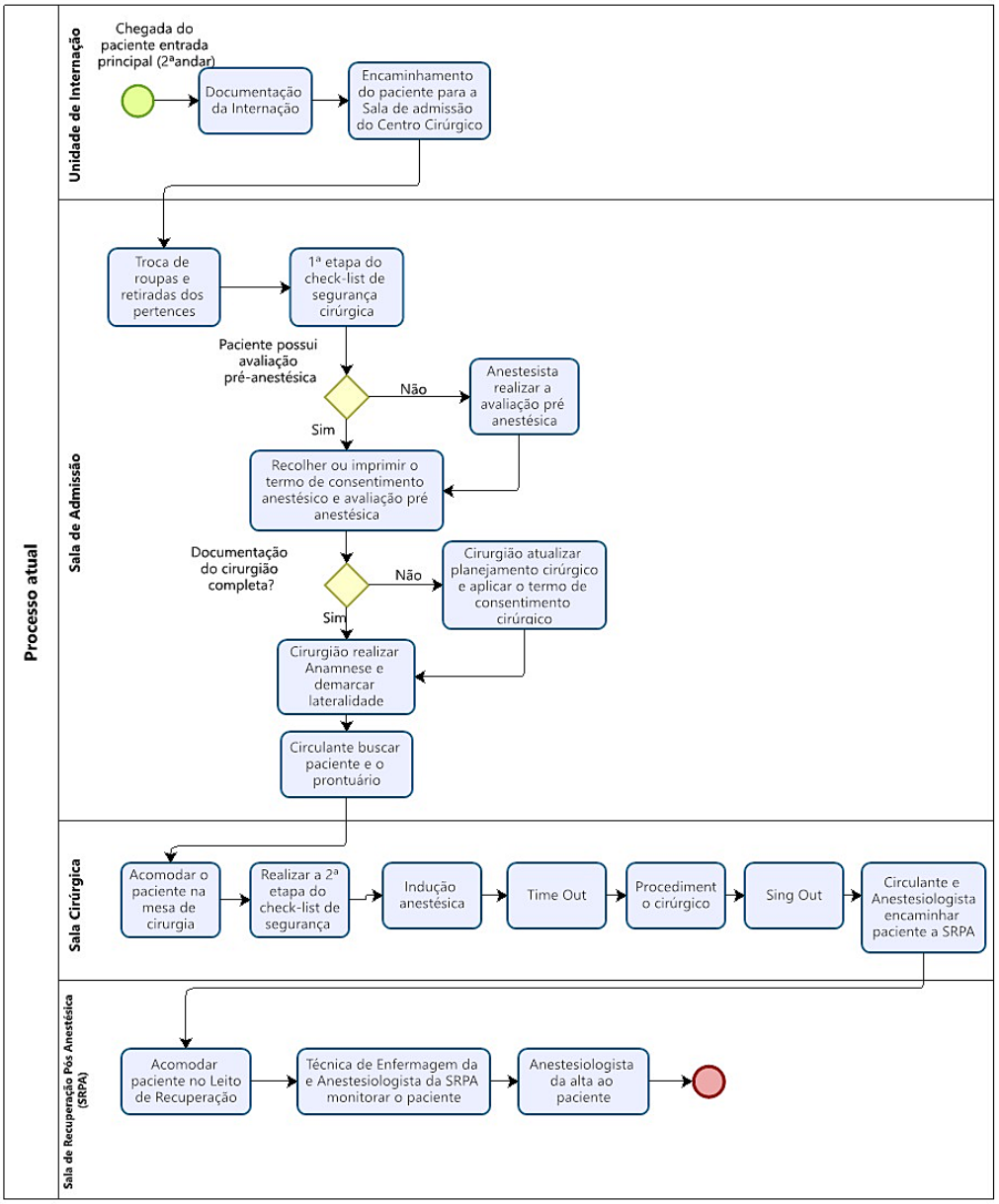
A estrutura física do CC é composta pela área de recepção dos pacientes, salas cirúrgicas, farmácia, lavabos, sala de espera dos acompanhantes, sala de armazenamento de materiais e equipamentos, sala administrativa, rouparia, sala de materiais de limpeza, expurgo, área de transferência de macas, corredores, copas, vestiários e sala de recuperação pós-anestésica, que é comum a outros CC [Sampaio, 1993]. A equipe é composta pelo cirurgião principal, cirurgião assistente e instrumentador; equipe de anestesiologia, que envolve o médico anestesiologista e o auxiliar de anestesia, sendo esse auxiliar, opcional; equipe de enfermagem, que contempla o enfermeiro coordenador, enfermeiro assistencial e técnico de enfermagem; e equipes de apoio, que possui o auxiliar administrativo e serviço de limpeza. Os CC são dependentes de centrais de materiais e esterilização (CME), que são unidades de apoio ao ambiente hospitalar em que são esterilizados os materiais e equipamentos utilizados nos procedimentos, como instrumentais cirúrgicos, serras, motores, furadeiras, entre outros [Ministério da Saúde, 2012]. O setor de CC possui muitos profissionais, tecnologia, equipamentos e medicamentos. Por ser uma dos setores de maior custo do hospital, melhorias operacionais nos CCs podem trazer grandes ganhos financeiros, além de segurança e satisfação dos pacientes.

A dinâmica do centro cirúrgico é marcada por atrasos que comprometem a eficiência operacional, acarreta perda financeira, causa insatisfação aos pacientes e nas equipes cirúrgicas. Os atrasos acontecem por diversas razões, como o atraso na chegada do cirurgião

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

responsável, atraso do paciente, processo de internação e admissão lentos e demorados, atrasos na entrega dos instrumentais estéreis por parte da CME, troca de sala morosa, falhas na gestão de alocação dos equipamentos, entre outros. O processo cirúrgico é composto pelas etapas de pré-operatório, transoperatório e pós-operatório. No processo pré-operatório, o paciente é admitido e internado; no transoperatório é realizada a indução anestésica, o procedimento cirúrgico; e no pós-operatório o paciente é assistido para a recuperação pós-anestésica. O processo é ilustrado na Figura 1.

Figure 1: Fluxograma - Processo Atual do Centro Cirúrgico




Este estudo propõe um fluxo alternativo para o CC do hospital-dia, uma modalidade de atendimento médico para pacientes que precisam permanecer sob cuidados por até 12 horas. Propõe-se a eliminação de algumas etapas e a antecipação de outras, a fim de

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

aumentar a agilidade ao processo, com o aumento do giro de sala e mitigação de atrasos. Os processos são descritos como segue.

Na consulta de avaliação pré-anestésica, o paciente consulta um anestesiologista que avalia sua aptidão para submeter-se à anestesia. Nessa consulta, o anestesiologista gera o documento de avaliação pré-anestésica, sinalizado se o procedimento é elegível para hospital-dia, com a entrega do termo de consentimento anestésico ao paciente, que assina e o devolve na data da cirurgia. A secretária da consulta pré-anestésica checa se o procedimento é elegível para hospital-dia. Se sim, ela monta o prontuário do paciente em uma versão eletrônica e outra física. Posteriormente, a secretária o orienta o caminho que ele deve percorrer para chegar ao bloco cirúrgico e entrega uma guia com o roteiro que ele deve seguir dentro do hospital. Diariamente, a secretária da consulta pré-anestésica checa o mapa cirúrgico do dia seguinte e verifica se os prontuários dos pacientes do hospital-dia do próximo dia estão completos. Caso os prontuários estejam incompletos, a secretária entra em contato com os pacientes e solicita a documentação pendente. A cópia do documento de identificação é encaminhada a unidade de internação no dia anterior à cirurgia. A documentação da internação é encaminhada à Sala de Recuperação Pós- Anestésica (SRPA) do bloco cirúrgico, no horário determinado *a priori*.

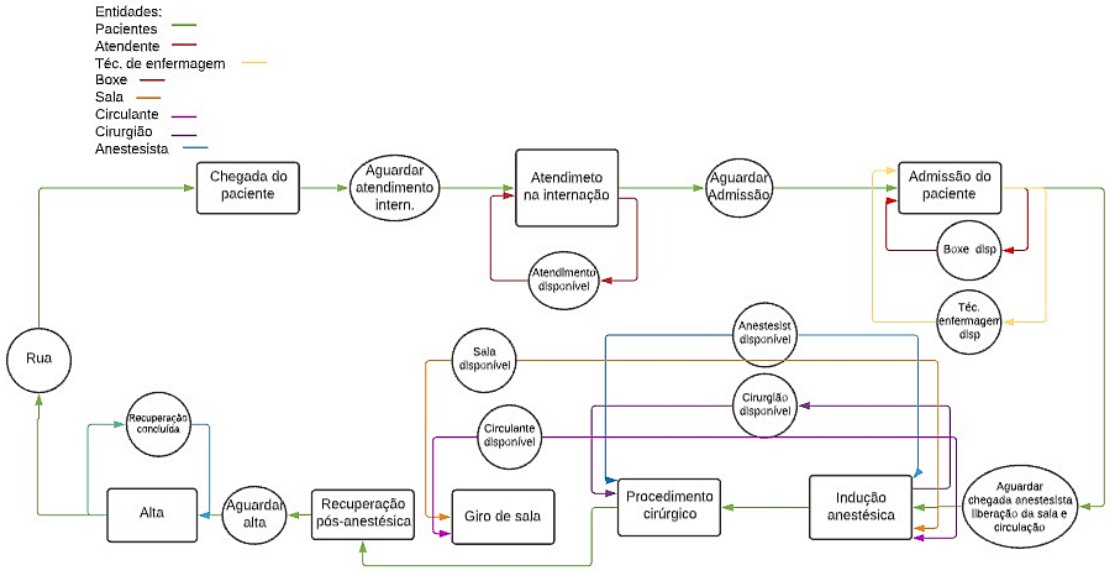
No Bloco Cirúrgico, o paciente, percorre o caminho descrito na guia até a antessala da SRPA. Na antessala, uma técnica de enfermagem o acolhe, o orienta na troca de roupa e retirada dos pertences, finaliza a 1ª etapa do *check-list* de segurança cirúrgica, colhe as assinaturas e o encaminha para o leito de punção na SRPA. No leito de punção, o anestesiologista da SRPA prepara o paciente para a anestesia que ele irá receber, de forma que, na sala cirúrgica, só os medicamentos sejam administrados. Concluída essa etapa, o paciente é encaminhado para a sala cirúrgica pelo anestesiologista responsável. A prática anestésica será iniciada no leito externo a sala cirúrgica, permitindo que a sala onde será realizada a cirurgia esteja limpa e preparada para o procedimento, diminuindo, assim, o tempo de utilização da sala e o tempo de espera do paciente. Após o paciente passar pela sala cirúrgica, ele é encaminhado à sala de recuperação pós-anestésica, até receber alta, como descrito no fluxo da Figura 1.

Para a elaboração do modelo, algumas premissas foram adotadas: o estudo foi realizado para as cirurgias de caráter eletivo, que representa cerca de 80% do volume cirúrgico total. O CC funciona 24 horas por dia, mas, para o estudo, foi considerado o horário de 7 horas às 19 horas, já que esse horário contempla a maioria das cirurgias de caráter eletivo. Existem 21 salas no CC, mas 16 encontram-se ativas, logo, a modelagem contemplou as salas ativas. No modelo conceitual, representado pelo Diagrama de Ciclos das Atividades (DCA), os pacientes são entidades temporárias com chegada infinita e, as salas, cirurgiões, anestesistas, atendentes, técnicos de enfermagem, circulantes e boxes são entidades permanentes. O diagrama do processo redesenhado proposto para o hospital-dia é elaborado no DCA e ilustrado na Figura 2.

A base de dados foi tratada de forma que fossem excluídos os *outliers* e selecionando os casos de cirurgias eletivas. Em seguida, adotou-se o *Input Analyzer*, para identificar a distribuição de probabilidade que melhor representa cada etapa do processo. Os tempos, em minutos, são relativos à chegada de pacientes $(13 + LOGN(1,83; 2,31))$, internação $(TRIA(20; 25; 40))$, admissão $(10+132*BETA(1,14; 1,36))$, ilustrado na Figura 3, indução anestésica aproximada pela distribuição $TRIA(10; 15; 20)$, procedimento cirúrgico $(10 + GAMM(86,7; 1,38))$ e giro de Sala $(TRIA(15; 20; 45))$. O modelo do DCA foi prototipado na versão estudante do Arena 16.1 (ver Figura 4), em uma máquina com processador Intel

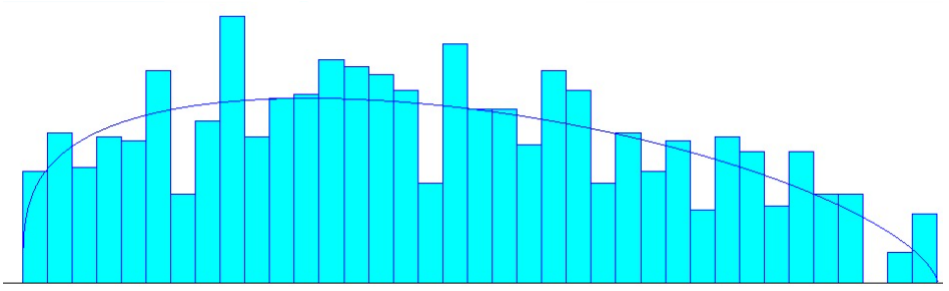
**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

Figure 2: Diagrama de Ciclos de Atividades do processo redesenhado proposto para o hospital-dia.



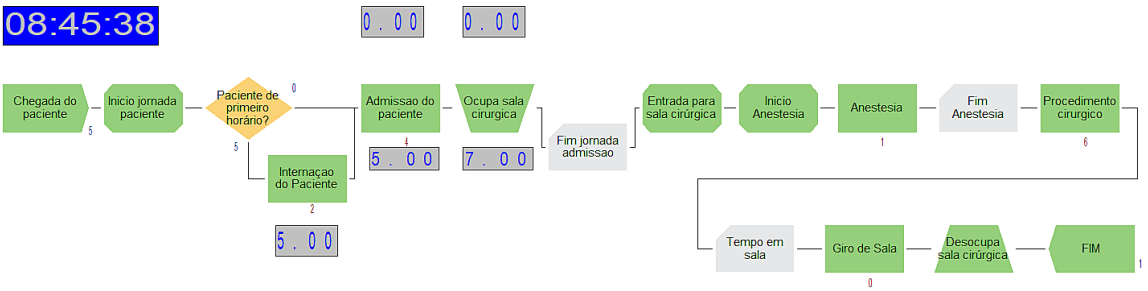

Core i3-7100U 4GB DDR4.

Figure 3: Distribuição do Procedimento de Admissão de Pacientes



*Expressão:* $10 + 132 * BETA(1,14; 1,36)$

Figure 4: Modelo Computacional - Processo Atual




**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

A simulação realizada nesse estudo é do tipo terminal, ou seja, o sistema tem o horário de início e término e segue o tempo de funcionamento do bloco cirúrgico de cirurgias eletivas, de 12 horas/dia. Assim, a simulação iniciou com uma amostra de 30 replicações.

Para estimar a precisão dos tempos de espera em sala e na entrada em um Intervalo de Confiança de 95% (IC 95%), consideramos $P(\bar{x} - h \leq \mu \leq \bar{x} + h) = 1 - \alpha$ em que $h = t_{n-1,1-\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$ , com $\bar{x}$ sendo a média amostral da métrica, $h$ a precisão, ou seja, meia largura do intervalo de confiança, $\mu$ a média da população, o número de replicações $n$, o desvio padrão da amostra $s$, e $t_{n-1,1-\alpha/2}$ como a distribuição t-student. Para atingir a precisão de três minutos em CI 95%, a simulação é dimensionada para 101 replicações, estimadas na equação $n^* = \lceil n(h/h^*)^2 \rceil$. Com esses dados, foi possível validar o modelo com os resultados presentes na Tabela 1 e projetar cenários dentro da precisão desejada para o tempo de espera dos processos.

$$h_{sala} = t_{29;0,025} * s_{sala}/\sqrt{30} = 5{,}51$$
$$h_{entrada} = t_{29;0,025} * s_{entrada}/\sqrt{30} = 2{,}45$$

$$n^* = [n(h/h^*)^2], \text{ sendo: } n^* = [30 * (5,51/3)^2] = 101 \text{ replicações}$$

Table 1: Resultado da simulação com a média dos tempos operacionais ao IC 95%.

| **Nº Repetições** | **Nº Pacientes Atendidos** | **Média e IC(95%) Pré-operatório (min)** | **Média e IC(95%) em sala (min)** | **Ocupação da sala** |
|---|---|---|---|---|
| 101 | 38,57 | 97,19 [96,08; 98,31] | 130,48 [127,87; 133,08] | 62,29% |

## 4. Resultados e discussão

A simulação validada torna-se uma poderosa ferramenta estatística para análise de cenários. Propomos quatro cenários para análise. Os cenários 1 e 2 consistem na alteração de recursos e chegada de pacientes, mantendo o processo vigente. Já os cenários 3 e 4 estão relacionados ao fluxo do hospital-dia, no qual etapas são adiantadas e/ou cortadas, a fim de se obter redução dos atrasos provenientes do longo processo de internação e de admissão de pacientes. O cenário 4, particularmente, considera um processo ideal, quando não há atrasos, seja pela equipe de apoio do centro cirúrgico ou pela equipe médica.

**Cenário 1: Fechamento de salas do bloco cirúrgico.** Atualmente, o hospital conta com 16 salas de cirurgias, ou seja, dispõe de 16 cirurgiões, 16 anestesiologistas e 16 circulantes. Neste cenário, reduziram-se os recursos para 14. Pode-se observar que não houve aumento do tempo na etapa dos procedimentos pré-operatórios e nem redução na quantidade de pacientes atendidos em um mesmo dia. Nota-se que a ocupação das salas aumentou de forma proporcional a redução das mesmas. Os resultados se encontram na Tabela 2. Nota-se que não houve mudanças significativas que inviabilizem o fechamento das salas. Os dados obtidos validam, então, o fechamento de duas salas do bloco cirúrgico, tendo uma capacidade disponível para atender o volume de urgência e emergências, sem comprometer com a qualidade do atendimento e do serviço prestado.

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

Table 2: Resultado do cenário 1: o fechamento de 2 salas cirúrgicas.

| **Nº Repetições** | **Nº Pacientes Atendidos** | **Média Pré-operatório (min)** | **Média em sala (min)** | **Ocupação da sala** |
|---|---|---|---|---|
| 101 | 38 | 98,84 | 130,76 | 71% |

**Cenário 2: Aumento do número de pacientes.** Este cenário baseia-se no aumento do volume de pacientes mantendo as 16 salas ativas. O desafio é encontrar o quanto é possível aumentar o volume de pacientes. Alterou-se, então, o intervalo entre chegadas dos pacientes de **13**+LOGN(1,83; 2,31) para **10**+LOGN(1,83; 2,31) limitando a ocupação até 80%, visto que cirurgias de urgência e emergência correspondem a cerca de 20% do total de cirurgias. Dessa forma, foi necessário realizar uma nova rodada do modelo. Assim, para 30 replicações, o IC da sala é de [122.72; 131.66], enquanto o IC da entrada é de [100.78; 107.32]. Para uma precisão de três minutos, foram estimadas 67 replicações, e calculadas novamente e precisão de $h$.

$$h_{sala} = t_{29;0,025} * s_{sala}/\sqrt{30} = 4{,}47$$
$$h_{entrada} = t_{29;0,025} * s_{entrada}/\sqrt{30} = 3{,}27$$

$$n^* = [n(h/h^*)^2], \text{ sendo: } n^* = [30 * (4,47/3)^2] = 67 \text{ replicações}$$

$$t_{66;0,025} = 1{,}9944 \qquad \text{Logo,}$$

$$h_{sala} = t_{66;0,025} * s_{sala}/\sqrt{67} = 2{,}57$$
$$h_{entrada} = t_{66;0,025} * s_{entrada}/\sqrt{67} = 1{,}57$$

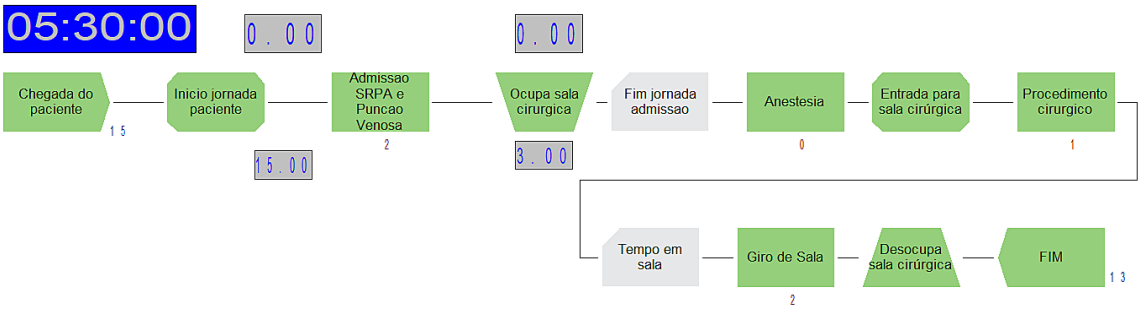
Dessa forma, 67 é um número adequado de replicações para a simulação deste cenário. Por conseguinte, o novo IC da sala passa a ser de $[125,26; 131,59]$, enquanto o IC da entrada é de $[100,21; 104,08]$. No processo convencional temos uma média de 760 pacientes/mês, que, neste cenário, foi aumentado para 960, o que corresponde a um aumento de 26%. Ajustando expressão de chegada de pacientes, os resultados são apresentados na Tabela 3 e revelam que é possível ter um aumento no número de pacientes atendidos/dia mantendo o mesmo volume de serviços de urgências e emergências. Esse cenário viabiliza mais uma possibilidade de decisão estratégica para o hospital em estudo, pois, se a gestão hospitalar optar por não fechar nenhuma sala cirúrgica atualmente ativa, pode-se adotar estratégias de captação de novos cirurgiões para, assim, conseguir aumentar o número de pacientes.

Table 3: Resultado do cenário 2: o aumento do número de pacientes.

| **Nº Repetições** | **Nº Pacientes Atendidos** | **Média e IC(95%) Pré-operatório (min)** | **Média e IC(95%) em sala (min)** | **Ocupação da sala** |
|---|---|---|---|---|
| 67 | 48 | 102,15 [100,21; 104,08] | 128,42 [125,26; 131,59] | 76,51% |

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

Figure 5: Modelo Computacional - Processo Proposto




**Cenário 3: Hospital-dia com quatro salas cirúrgicas.** O terceiro cenário se dá a partir do fluxo do processo redesenhado, conforme o modelo computacional da Figura 5. Neste cenário, considera-se apenas quatro salas cirúrgicas e procedimentos de curta duração e de baixa complexidade, ou seja, procedimentos de hospital-dia.

Através da análise dos dados disponibilizados pela rede de saúde para os procedimentos de hospital-dia, têm-se os tempos, em minutos, de chegada de pacientes $(45 + LOGN(1,83; 2,31))$, admissão e punção venosa $(6 + 209 * BETA(0,803; 2,05))$, indução anestésica $(1,5 + 19 * BETA(1,21; 0,679))$, procedimento cirúrgico $(10 + EXPO(50,6))$, e giro de sala $(TRIA(15; 20; 45))$. Assim, foi preciso realizar uma nova validação do modelo. Para 30 replicações, obteve-se um IC para sala de $[67,42; 78,76]$ e um IC para o pré-operatório de $[64,36; 73,04]$. O número de replicações necessárias foi calculado para uma precisão de cinco minutos, gerando 37 replicações e uma nova precisão de $h$. O novo intervalo de confiança passa a ser $IC^{95\%}_{sala} = [67,15; 76,54]$ e $IC^{95\%}_{entrada} = [65,94; 73,94]$. As médias obtidas com a simulação realizada estão apresentadas na Tabela 4.

$$h_{sala} = t_{29;0,025} * s_{sala}/\sqrt{30} = 5{,}52$$
$$h_{entrada} = t_{29;0,025} * s_{entrada}/\sqrt{30} = 4{,}34$$

$$n^* = [n(h/h^*)^2], \text{ sendo: } n^* = [30 * (5,52/5)^2] = 37 \text{ replicações}$$

$$t_{36;0,025} = 2{,}03 \quad \text{Logo,}$$

$$h_{sala} = t_{36;0,025} * s_{sala}/\sqrt{37} = 4{,}68$$
$$h_{entrada} = t_{36;0,025} * s_{entrada}/\sqrt{37} = 4{,}00$$

Table 4: Resultado do cenário 3: o redesenho do hospital-dia.

| **Nº Repetições** | **Nº Pacientes Atendidos** | **Média e IC(95%) Pré-operatório (min)** | **Média e IC(95%) em sala (min)** | **Ocupação da sala** |
|---|---|---|---|---|
| 37 | 15 | 69,64 [65,94; 73,94] | 71,8 [67,15; 76,54]4 | 51% |

Neste processo são retiradas algumas etapas que não agregam valor. Assim, observa-se a redução no tempo do paciente até a entrada da sala quando se comparado ao fluxo tradicional, contribuindo, assim, para a redução de atrasos. Apesar da redução do

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

tempo de entrada até a sala cirúrgica ser significativa, esse processo ainda precisa passar por adequações, pois, sabe-se que, na prática, os pacientes não chegam com uma hora de antecedência para a cirurgia e, como a duração média de admissão e punção venosa é de 69,64 minutos, isso implica que o procedimento cirúrgico já começa atrasado. O atraso também pode ocorrer com o atraso de chegada dos cirurgiões, que devem chegar 20 minutos antes do horário agendado da cirurgia para a realização da anamnese cirúrgica pelo cirurgião responsável. Nota-se, também, a redução do tempo do procedimento de anestesia (tempo médio em sala gasto para a etapa de anestesia) após a realocação do procedimento de punção venosa para fora da sala cirúrgica, essa redução foi de 15,21 para 13,41 minutos, aproximadamente 2 minutos, relativo ao tempo gasto para a realização da punção. Por fim, não foi observada uma alteração significativa no tempo de utilização da sala, ou seja, não houve melhoras na utilização do recurso.

**Cenário 4: Hospital-dia sem atrasos.** O quarto cenário se baseia em uma situação em que um controle adicional eliminaria atrasos de qualquer espécie antes do início do procedimento cirúrgico, como na chegada do cirurgião, atrasos da equipe de enfermagem, farmácia, CME, Órteses, Próteses e Materiais Especiais (OPME), internação. Os tempos, em minutos, seriam semelhantes ao cenário anterior, exceto a admissão e punção venosa, que duraria cerca de 40 minutos ($TRIA(35; 40; 45)$). Os resultados revelam um ganho significativo no tempo até a entrada para a sala cirúrgica, conforme a Tabela 5. Nota-se uma redução de 23 minutos, quase 33%, no tempo médio pré-operatório se comparado ao cenário 3. Os atrasos observados nos procedimentos pré-cirúrgicos geram ociosidade nas salas cirúrgicas, uma vez que elas não podem ser liberadas para outro procedimento. Como consequência tem-se o comprometimento da eficiência do CC e da produção cirúrgica. Assim, ao reduzir o tempo da admissão do paciente através da pontualidade médica e do bom desempenho da equipe de enfermagem, se torna possível o aumento da eficiência do CC, e a realização de mais cirurgias em um único dia com a mesma infraestrutura, pessoal e tempo de operação.

Table 5: Resultado do cenário 4: a eliminação de atrasos do hospital-dia.

| **Nº Repetições** | **Nº Pacientes Atendidos** | **Média Pré-operatório (min)** | **Média em sala (min)** | **Ocupação da sala** |
|---|---|---|---|---|
| 37 | 16 | 46,83 | 73,48 | 53,93% |

## 5. Conclusão

Os processos de CC podem ter sua eficiência aumentada em até 14,22%, melhorando a qualidade do serviço prestado aos pacientes do hospital. Neste estudo de caso, quantificamos o nível de utilização atual do CC via SED, e propomos melhorias e um redesenho das operações do hospital-dia que impactam sua eficiência operacional.

A simulação mostrou que o CC está com capacidade excedente, com ocupação média de 62,29%. Ainda existem as cirurgias de urgência e emergência, que correspondem a aproximadamente 20% do total de cirurgias, ou seja, o CC permanece com capacidade ociosa de cerca de 20%. O fechamento de duas salas aumentaria a ocupação média do CC para 71%. O aumento de pacientes levaria a um aumento de ocupação média das salas cirúrgicas para 76,51%, ou seja, um aumento de eficiência de 14,22% em relação à situação atual. Controlar a demanda de pacientes no hospital requer uma proatividade com médicos,

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

que fazem a indicação dos pacientes aos hospitais que trabalham. A atitude de fechar uma ou duas salas cirúrgicas, no entanto, tem impacto imediato na produtividade das salas.

O estudo possui algumas limitações, sendo a principal delas o acesso aos dados de custos das operações. Uma análise dos custos das operações integrado às simulações de novos cenários permitiria quantificar os ganhos financeiros pela redução de custos operacionais. Além disso, a apresentação de resultados baseada em custos operacionais é mais atrativa para a organização e deixa mais evidente os ganhos da implementação do projeto.

Para futuros trabalhos, pretende-se desenvolver mecanismos para garantir que as equipes médicas cheguem com pontualidade, promovendo o aumento de eficiência das salas cirúrgicas. Além disso, sugere-se operacionalizar o processo de indução anestésica de forma externa à sala cirúrgica, visto que o tempo médio de indução anestésica é de 15 minutos e, para os procedimentos de hospital-dia que são de baixa complexidade e curta duração, esse tempo representa um percentual significativo no tempo de duração total em sala cirúrgica, possibilitando uma maior produtividade das salas, ocorrendo a redução do tempo em sala e, consequentemente, a redução do custo operacional.

Pesquisas futuras podem explorar modelagens de CC integradas as outras unidades, fundamentais no seu funcionamento e impactam a disponibilidade dos CC, como os processos de CME. Ademais, pode-se explorar a implementação de modelos genéricos e robustos em linguagem de programação genérica, como Python, que possui módulos de SED, como o Simpy. Por fim, pesquisas podem também ocorrer no sentido de integrar os métodos de SED à otimização visando a maximização da eficiência ou minimizando os custos do CC, com garantias, ou seja, restrições, de eficácia no atendimento dos pacientes, garantindo, assim, a qualidade do serviço e a satisfação do paciente.

## Bibliography


Bhat, S., Gijo, E. V., and Jnanesh, N. A. (2007). Application of lean six sigma methodology in the registration process of a hospital. *BMJ Quality and Safety*, 13(5):613–643.

Bhosekar, A., Ekşioğlu, S., Işık, T., and Allen, R. (2023). A discrete event simulation model for coordinating inventory management and material handling in hospitals. *Annals of Operations Research*, p. 1–28.

Blasak, R. E., Armell, W. S., Starks, D. W., and Hayduk, M. C. (2003). The use of simulation to evaluate hospital operations between the emergency department and a medical telemetry unit. *Winter Simulation Conference*.

Chwif, L. and Medina, A. C. (2006). *Modelagem e simulação de eventos discretos*.

Corgozinho, M. C. B., Ferreira, V. A. S., and de Freitas Almeida, J. F. (2020). Scaling hospital laboratory queues via discrete event simulation using simpy. In *Operations Management for Social Good: 2018 POMS International Conference in Rio*, p. 119–128. Springer.

Forbus, J. J. and Berleant, D. (2022). Discrete-event simulation in healthcare settings: a review. *Modelling*, 3(4):417–433.

Gaba, D. (2004). The future vision of simulation in health care. *Quality and Safety in Health Care*.



**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br

Günal, M. M. and Pidd, M. (2010). Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature. *Journal of Simulation*, 4:42–51.

Haddad, M. G., Zouein, P. P., Salem, J., and Otayed, R. (2016). Case study of lean in hospital admissions to inspire culture change. *Engineering Management Journal*.

Hassanzadeh, H., Boyle, J., Khanna, S., Biki, B., Syed, F., Sweeney, L., and Borkwood, E. (2023). A discrete event simulation for improving operating theatre efficiency. *The International Journal of Health Planning and Management*, 38(2):360–379.

Jacobson, S. H., Hall, S. N., and Swisher, J. R. (2013). Discrete-event simulation of health care systems. *Patient flow: Reducing delay in healthcare delivery*, p. 273–309.

Law, A. M. (2007). Simulation modeling and analysis. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63.

Ministério da Saúde (2012). Resolução rdc nº 15, de 15 de março de 2012. dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para saúde e dá outras providências. *Diário Oficial da União*.

Oliveira, B. R. P., Vasconcelos, J. A., Almeida, J. F. F., and Pinto, L. R. (2020). A simulation-optimisation approach for hospital beds allocation. *International Journal of Medical Informatics*, 141:104174.

Portal Hospitais Brasil (2019). Centros cirurgicos utilizam, em media, 38% de sua capacidade operacional. URL http://portalhospitaisbrasil.com.br/centros-cirurgicos-utilizam-em-media-38-de-sua-capacidade-operacional/.

Ribeiro, A. (2021). Observatório anhap - associação nacional de hospitais privados. Technical report, ANAHP. URL https://www.anahp.com.br/pdf/observatorio-2021.pdf.

Sampaio, M. (1993). *Centro Cirúrgico: aspectos fundamentais para enfermagem.* Editora da UFSC.

Sanches, S. M., Ferrin, D. M., and Ogazon, T. S. J. A. (2000). Emerging issues in healthcare simulation. *Winter Simulation Conference*.

Santos, C. H. e. a. (2019). Aplicação da simulação a eventos discretos integrada com conceitos enxutos para a implementação de melhorias em um hospital militar de campo. *SPOLM2019*.

Suchitra, K. M. M. (2017). *Reasons for delay in turnover time in operating room-an observational study.* Bangladesh Journal of Medical Science, v. 16, n. 2, p. 245-251.

Swick, M., Doulaveris, P., Bagnall, T., and Womak, D. (2012). Application of simulation technology to enhance the role of the professional nurse. *The journal of nursing administration*, 42(2):95–102.

Zhang, X. (2018). Application of discrete event simulation in health care: a systematic review. *BMC health services research*, 18:1–11.

**DOI:** 10.59254/sbpo-2024-193868
https://proceedings.science/p/193868?lang=pt-br