

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/228848883>

Estudo da taxa de ocupação do centro cirúrgico através da modelagem e simulação de sistemas

Article

CITATIONS

8

READS

1,329

4 authors, including:



Roberto Max Protil

Federal University of Viçosa

61 PUBLICATIONS 220 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Estudo da Taxa de Ocupação do Centro Cirúrgico Através da Modelagem e Simulação de Sistemas

Joelson Ricardo Stroparo¹, Gerson Linck Bichinho², Roberto Max Protil³

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR),

^{1,2}Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde (PPGTS)

³Programa de Pós-Graduação em Administração (PPAD)

Resumo - Este artigo descreve o método utilizado para modelar e simular um ambiente cirúrgico, definido a partir do estudo e alteração dos valores das variáveis envolvidas no processo de execução de cirurgias eletivas de um hospital de médio porte. Apresentamos também a validação do modelo proposto através da comparação dos resultados obtidos com e sem a simulação e exibimos os resultados que propiciam uma melhor utilização do centro cirúrgico. O presente estudo fornece subsídios para melhorar a utilização de profissionais envolvidos e aumentar a taxa de ocupação das salas cirúrgicas.

Palavras-chave: centro cirúrgico, modelagem de sistemas, simulação, otimização.

Abstract - This article describes a method employed to model and simulate a surgical environment. The parameters have been defined from the study and alteration of variable values involved in the process of carrying out elective surgical proceedings at medium size Hospital. We validated the implemented model through the comparison of results obtained with and without the simulation, and we present the results that optimize the use of the operating theater. From this study it is possible to gain subsidy to improve its use by the professionals involved and to increase the occupation rate of the operating rooms.

Key-words: surgical center, modeling of systems, simulation, optimization.

Introdução

Atualmente, pesquisadores e analistas de negócios estão começando a descobrir o potencial do uso da simulação dentro do ambiente hospitalar. Através do estudo das interações entre pacientes, médicos, enfermeiros e equipe técnica e de suporte, a simulação pode se tornar uma ferramenta muito útil na eliminação de ineficiências e a alocação de recursos para determinados setores otimizados. Inicialmente, a simulação foi utilizada no estudo da comparação entre diferentes sistemas para definição dos recursos ou requisitos a serem utilizados, entre eles o tempo de processamento dos sistemas, a quantidade de pacientes atendidas e o tempo de atendimento [1].

Dentro do ambiente hospitalar, está localizado o complexo sistema centro cirúrgico. O centro cirúrgico é uma unidade assistencial, onde são realizadas operações cirúrgicas, visando atender intercorrências clínicas, com suporte da ação de uma equipe de profissionais. Requer suporte adequado de modo que os aspectos técnico-administrativos referentes à planta física e localização, aos equipamentos, ao regimento, às normas, às rotinas e aos recursos humanos sejam assegurados como mecanismos que subsiditem a

prevenção e o controle dos riscos e sustentem, na prática, a proteção ético-legal da equipe e da instituição.

Algumas situações a que os pacientes são submetidos nos ambientes cirúrgicos, tornam necessária a aplicação de novas técnicas e procedimentos que facilitem a execução de tarefas nesses ambientes. Um exemplo de situação que poderia ser evitada é o atraso ou o cancelamento de cirurgias que muitas vezes acabam fazendo com que os preparos pré-cirúrgicos dos pacientes sejam perdidos, além dos custos adicionais à instituição, o desconforto causado tanto aos pacientes bem como para os demais profissionais envolvidos, e que nem sempre são os responsáveis diretos pelos atrasos ou cancelamentos. Estes são fatores que devem ser minimizados, objetivando assim a qualidade da prestação de serviço e a satisfação do quadro funcional.

Através da implantação de uma solução que permita confeccionar e adequar o mapa cirúrgico, teremos os seguintes benefícios:

- diminuir o tempo de ociosidade das salas cirúrgicas;
- melhorar a administração dos intervalos de utilização das salas, acarretando na diminuição dos atrasos;

- possibilitar uma maior flexibilidade na agenda dos cirurgiões;
- diminuir o tempo médio de dias de internamento, tendo em vista a facilidade em realizar o remanejamento das cirurgias quando for necessário;
- melhorar a previsão dos instrumentos, equipamentos e materiais necessários para realização de cirurgias;
- diminuir as situações de risco a que os pacientes são submetidos desnecessariamente, pois muitos preparos pré-operatórios e transferências entre a unidade de internação e o centro cirúrgico poderiam ser evitados.

Além disto, um modelo implementado através de uma ferramenta de simulação, poderá fornecer muitas informações essenciais na melhoria do processo de agendamento do mapa cirúrgico e desta forma possibilitar uma diminuição na ociosidade das salas cirúrgicas.

Metodologia

Para o desenvolvimento apropriado das tarefas dentro do centro cirúrgico, os pacientes devem ser escalados para os procedimentos cirúrgicos através do mapa cirúrgico, encaminhados para o ambiente cirúrgico, sendo neste local anestesiados, o procedimento cirúrgico é realizado pela equipe utilizando os materiais, instrumentos e equipamentos adequados a manutenção da vida do paciente.

Existem atualmente 6 salas cirúrgicas no hospital que está sendo estudado. As cirurgias eletivas ocorrem de segunda-feira a sábado. Para facilitar a criação do mapa, existe uma divisão das salas, criando assim uma agenda prévia dos dias da semana e turnos disponíveis para cada especialidade clínica, incluindo-se nesta as salas destinadas às cirurgias de emergência.

A partir do mapa ocorre a verificação da disponibilidade de leitos de internamento e suas respectivas reservas, preparo dos pacientes, adequação do ambiente cirúrgico, reserva de equipamentos e instrumentos necessários para o procedimento e também aquisição ou transporte dos materiais a serem utilizados nas cirurgias.

Para a confecção do mapa, são utilizados os avisos de cirurgias, que nada mais são que informativos de execução dos procedimentos elaborados pelos médicos. O preenchimento destes avisos pode ser efetuado em dois momentos: quando o paciente já está internado na instituição ou quando o médico verifica a necessidade da intervenção cirúrgica.

Nestes avisos as principais informações encontradas são a data e horário preferencial para

a cirurgia, a especialidade cirúrgica, o procedimento a ser realizado, os equipamentos, instrumentos e materiais necessários para a execução do mesmo. Através da visualização dos avisos e da disponibilidade das salas cirúrgicas, equipamentos, instrumentos e demais materiais necessários, é realizada uma análise do número de cirurgias já programadas para cada dia, turno e especialidade, permitindo assim confirmar o agendamento solicitado através deste, ou sugerir novas datas e horários para os mesmos.

A simulação consiste em descrever um modelo através de processos ou sistemas, a qual possui parâmetros que permitem a configuração do modelo, permitindo a tomada de decisão a respeito da execução prática do mesmo [2].

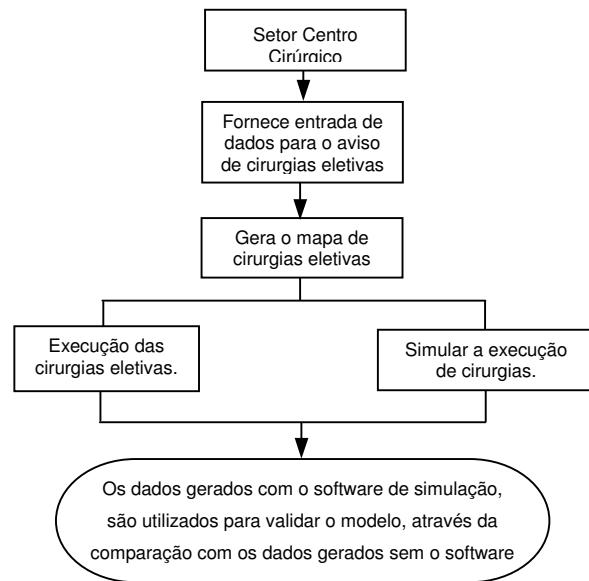


Figura 1: Interação entre a execução do procedimento cirúrgico e a simulação do mesmo

A ferramenta de simulação utilizada foi o ProModelPC que pertence a quarta geração dos simuladores, os quais são interativos e trabalhando no ambiente gráfico Microsoft Windows, a qual além de ser a mais popular, também apresenta muitos recursos aos quais os usuários já estão familiarizados. O modelo pode ser construído sem qualquer conhecimento de programação através do uso de caixas de diálogos, definição de tabelas e barras de ferramentas, as quais oferecem os diversos componentes necessários para a devida implementação do sistema. Todavia, caso seja necessário à utilização de funções lógicas ou estruturas de programação, as mesmas também podem ser utilizadas [3].

Através deste software é possível solucionar questões relacionadas a:

- análise de capacidades;
- planejamento de recursos e dos equipamentos;
- projeto das instalações;
- análise logística;
- planejamento da gestão do atendimento;
- projetos de novas instalações ou expansões das já existentes;
- otimização de setores de emergência, centros cirúrgicos, central de exames, entre outros; e
- reengenharia.

O ProModelPc trabalha com bibliotecas, as quais direcionam o fluxo do trabalho para áreas específicas do saber. Entre as bibliotecas existentes pode-se citar o Medmodel, que é voltada a área de saúde e sistemas relacionados, e foi utilizada para desenvolvimento e simulação do modelo.

Para o correto desenvolvimento de um modelo, o mesmo deve consistir nos seguintes componentes [4]:

– *Delimitação do intervalo e tempo de execução.* O intervalo utilizado para execução dos procedimentos acompanhou o horário real do setor, sendo de segunda a sexta feira das 7:00 às 12:00 e das 13:00 às 18:00 e nos sábados, das 7:00 às 12:00. Estes horários correspondem aos procedimentos eletivos, sendo que os últimos procedimentos da fila do período podem exceder o horário limite, portanto, este funciona apenas como limitador do início de execução. O tempo que o modelo foi processado foi de 30 dias, para possibilitar dessa forma o confrontamento dos dados encontrados com os reais.

– *Delimitação do escopo do modelo.* O estudo foi desenvolvido em apenas uma das salas do centro cirúrgico, tendo em vista que isto possibilitou obter uma visão detalhada dos processos / fluxos operacionais executados, todavia o modelo pode ser expandido para as demais salas. De acordo com a especialidade e procedimento cirúrgico a ser realizado, alguns detalhes podem vir a ser diferentes. Portanto, apenas um dos diversos processos / fluxos existentes no centro cirúrgico tornou-se o foco do trabalho, tendo em vista o escopo não ser todo o setor, mas apenas as cirurgias e salas do grupo ortopédico. Esta escolha ocorreu devido ao fato de que o hospital em que foi baseado o presente estudo é especializado em traumatologia. Temos ainda dois tipos básicos de atendimento: eletivos e de emergência. Para o efeito de levantamento do histórico de procedimentos executados, e também como o grupo de emergência não apresenta uma regularidade, apenas as cirurgias eletivas foram utilizadas.

– *Procedimento utilizado para tomada e distribuição dos tempos.* Para tomada dos tempos

foram realizadas visitas ao centro cirúrgico, nas quais foram avaliados os tempos entre chegada e saída de cada entidade do modelo, bem como todas as outras variáveis relacionados entre elas, ou seja, tempo de limpeza de sala, atraso médio, recuperação pós anestésica, etc. As variáveis foram definidas através da análise do fluxo operacional que contém os processos significativos a modelagem [5] e os seus respectivos tempos foram originados a partir dos tempos médios de um grupo restrito de procedimentos ortopédicos. Neste grupo, considerando pacientes eletivos, através de um estudo em uma série temporal que iniciou-se em 1998 e foi até o final de 2001, verificou-se que apenas 6 tipos procedimentos correspondem a 31% dos atendimentos (3111 procedimentos) e os outros 253 tipos de procedimentos aos 69% restantes. Sendo assim, o detalhamento dos processos foi feito a partir destes 6 tipos de procedimentos predominantes, pois através de análise em campo, verificou-se que os tempos dos processos aproximam-se muito.

– definição do *downtime*. Um componente importante do modelo é tempo de manutenção, também conhecido como *downtime*. Este refere-se aos intervalos de tempo quando nenhuma atividade estiver acontecendo (cirurgia, limpeza ou montagem da sala), normalmente devido a retardos (pessoal, paciente, ou equipamento não disponível) ou discrepâncias entre o horário da cirurgia marcada e o efetivo. É reconhecido que a grande maioria dos centros cirúrgicos em operação atualmente, possuem uma taxa de ocupação que varia entre 80% a 85% [6]. Neste trabalho utilizou-se a análise dos tempos médios de atraso dos procedimentos.

Após a definição e modelagem do fluxo e representação gráfica do mesmo através da ferramenta de simulação, partiu-se para a definição do resultado que independente de fatores técnicos ou clínicos, otimiza o processo de atendimento. Portanto, tecnicamente o problema é aumentar a quantidade de atendimentos reduzindo o tempo dos mesmos e clinicamente continuar provendo um atendimento de qualidade. Desta forma, mapeamos os principais fatores geradores de ociosidade, oferecendo subsídios para a equipe técnica e clínica para que reduzissem os mesmos. Entre estes fatores, pode-se citar: cancelamento de cirurgias devido a diversos fatores e atraso na execução de procedimentos.

Para possibilitar a diminuição da ociosidade gerada pelos fatores já citados, dois procedimentos costumam ser utilizados:

– encaixes de cirurgias não agendadas para o mesmo dia. Para a execução deste procedimento, é necessário que o banco de dados de avisos de

cirurgias seja analisado. Esta análise refere-se a verificação da compatibilidade de duração de cirurgias, equipamentos e materiais necessários e principalmente, disponibilidade da equipe cirúrgica e do paciente (em muitos casos o paciente não está internado). Portanto, este procedimento não se enquadra no escopo deste trabalho devido a dois motivos. Primeiro porque além de ser necessário a integração da ferramenta de simulação com o banco de dados, seria também necessário a implementação de técnicas de gerenciamento que possibilitassem o encaixe. E em segundo lugar, como já citado anteriormente, a maior parte dos cancelamentos ocorrem horas antes da execução do procedimento, não existindo assim tempo hábil para que o fluxo de execução de cirurgias eletivas fosse realizado.

- remanejamento do mapa cirúrgico. Neste caso, a idéia seria liberar espaços na agenda da sala para o fim do período ou dia, o que resulta nos seguintes aspectos. Primeiramente, possibilitaria-se um tempo maior para análise do mapa cirúrgico do período / dia seguinte e consequentemente, criar novos horários disponíveis nos períodos / dias subsequentes e no final, aumentar a taxa de ocupação do centro cirúrgico. Como o hospital em estudo também apresenta atendimento de emergência, este novo horário disponível poderá ser utilizado para algum procedimento deste grupo e um estudo deverá ser efetuado com o objetivo de avaliar quais os horários de maior incidência deste tipo de procedimento.

Devido as características citadas, dos recursos computacionais disponíveis e do fato do mapa cirúrgico do dia estar disponível, o artifício de remanejamento do mapa cirúrgico foi o implementado.

A partir do estudo do mapa cirúrgico e do fluxo operacional existente no setor, foram definidas as variáveis necessárias para a implementação da simulação, resultando na validação do modelo. Estas variáveis foram divididas em dois grupos. O primeiro utilizado para a definição do escopo do trabalho e o segundo na implementação dentro da ferramenta.

O primeiro grupo é composto por:

- especialidade clínica do(s) procedimento(s);
- procedimento(s) a serem executados;
- sala cirúrgica;
- tipo de atendimento.

O segundo grupo, o qual se refere propriamente a ferramenta, abrange as seguintes variáveis:

- tempo de limpeza da sala;
- tempo de recuperação pós-anestésica;
- tempo de execução do procedimento cirúrgico;

- tempo de execução do procedimento anestésico;
- tempo de entrada do material e do anestesista na sala;
- tempo de limpeza e preparo da sala cirúrgica;
- tempo de translado do paciente até o centro cirúrgico;
- média de cancelamentos existentes;
- tempo médio de atraso;
- tipos e quantidades de profissionais envolvidos;
- cronograma de atendimento (dias da semana e horários).

A partir da análise das variáveis do segundo grupo, o gráfico abaixo foi definido. Este exibe o tempo total de duração de um procedimento conforme os critérios citados anteriormente.

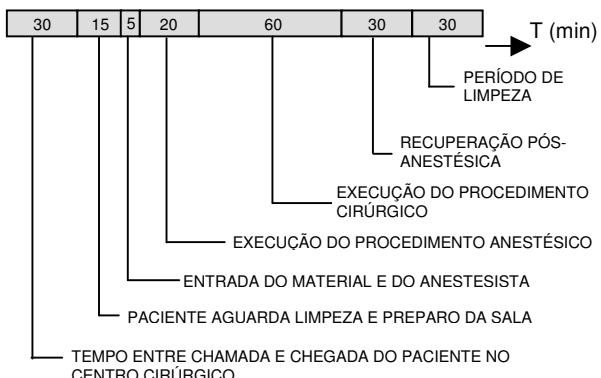


Figura 2: Duração da execução de um procedimento.

Alguns outros fatores podem compor o tempo total de duração do procedimento, todavia devido as suas freqüências de ocorrência, os mesmos não são considerados.

Resultados

A validação deste modelo foi realizada através da comparação dos dados estatísticos de um mês de 2004 obtidos através do sistema de informação hospitalar (SIH), e os dados fornecidos após a otimização do modelo no mesmo período. Após a execução do modelo, as variáveis estatísticas comparadas foram: o número de procedimentos executados e a taxa de ocupação das salas cirúrgicas. A tabela 1 exibe estes dados.

Tabela 1: Comparaçao entre os resultados do Medmodel e o SIH

Resultados	Procs. executados	Cancelamentos	Taxa de ocupação
SIH	156	48	72,5 %
Medmodel	164	51	77%

Estes dados foram adquiridos considerando uma sala cirúrgica no período de um mês.

Os motivos com maior incidência na ocorrência de cancelamentos são pacientes que não apresentam condições de execução de cirurgia, médico não apto a execução ou motivos administrativos da instituição. Estes foram tratados no modelo como uma variável de ocorrência aleatória, com padrão de incidência igual a 25%. Outra variável importante analisada foi o tempo de *downtime*. Através da análise das informações disponíveis, o tempo utilizado no simulador foi de 67 minutos.

Como citado anteriormente, o remanejamento do mapa cirúrgico também nos permite reduzir a ociosidade das salas cirúrgicas, com este objetivo duas simulações foram executadas.

A primeira refere-se a busca, no fim da fila de execução de procedimentos do período ou dia, de um procedimento igual ao cancelado e consequentemente efetuar a troca. O segundo refere-se ao adiantamento de todos os procedimentos subsequentes ao cancelado.

Tabela 2: Comparação entre os resultados obtidos pela troca de procedimentos e pelo adiantamento da fila de execução em um período de 30 dias

Simulação	Períodos livres	Procedimentos que podem ser executados
Troca procedimentos	4	4
Adiantamento	51	Não definido

Em ambos os casos, ocorrerá a liberação do último horário. Para que a troca seja mais facilmente efetuada, é necessário a existência do mesmo procedimento que está sendo cancelado no fim do período. Na situação de adiantamento, não existe na simulação, fatores que a impossibilitem, entretanto, no modelo real o que pode ocorrer é a sua não efetivação, sendo o procedimento executado no horário previsto inicialmente.

De acordo com a tabela 2, em situações de adiantamento, não foi possível na simulação definir a quantidade de procedimentos que podem ser efetivamente executados, devido a aleatoriedade dos atrasos, os quais podem impossibilitar o início do procedimento antes do fim do período. Na prática, isso não ocorre, pois estes podem ser iniciados mesmo após as 18:00 horas.

Discussão e Conclusões

Um modelo de simulação pode ser desenvolvido utilizando suposições que simplificam o esforço da modelagem para eliminar parâmetros

e / ou eventos insignificantes, mas existentes no processo real, que podem impossibilitar a sua implementação [7]. Entre as suposições utilizadas no presente modelo estão:

- possibilidade de ocupação de determinada sala por uma especialidade que não estava programada previamente. Isto pode ocorrer caso não exista um número de avisos de cirurgias suficiente para preencher toda a programação do turno. Este procedimento não é muito comum, pois a análise dos locais disponíveis somente acontece com um dia de antecedência, não existindo muitas vezes tempo hábil para o internamento do paciente ou levantamento dos recursos físicos necessários para a execução da cirurgia;
- devido a característica do hospital em questão ser de emergência, o número de cirurgias deste tipo pode ser significativo. Cirurgias de emergência dependem de fatores atípicos, os quais não foram ainda devidamente estudados, caso seja necessário a utilização de uma das salas reservadas para cirurgia eletiva, este encaixe pode ocasionar um cancelamento ou atraso no mapa cirúrgico eletivo;
- não sendo possível o agendamento de novas cirurgias em determinadas especialidades, ocorre uma redistribuição na escala, criando uma homogeneidade no número de cirurgias das salas. Portanto, os itens caracterizados acima são provavelmente a origem dos 5% existentes na diferença entre as taxas de ocupação verificados na tabela 1, tendo em vista que não foram tratados na simulação, entretanto ocorrem no processo real;
- durante a execução da simulação do modelo que propiciou a diminuição da ociosidade das salas cirúrgicas, algumas das diferentes análises que são executadas nas variáveis existentes no processo real são desprezadas, dentre elas pode-se citar a disponibilidade da equipe médica, do paciente, recursos materiais, equipamentos, etc. Alguns desses possuem um peso maior ou menor, dependendo se for troca ou adiantamento. Todavia deve ser levado em consideração que no caso do adiantamento, a proximidade dos horários de inícios dos procedimentos, facilita o real adiantamento, enquanto que no caso da troca, a diferença pode até mesmo chegar a 11 horas.

A utilização do modelo proposto e simulado neste trabalho nos oferece a possibilidade de facilitar e melhor avaliar as modificações a serem implementadas, e também nos possibilitará a definição de novos fluxos e modelos que possam vir a ser implementados, melhorando assim a utilização do centro cirúrgico, bem como oferecendo um vasto campo de trabalho a novos pesquisadores.

Referências

- [1] Lowery, Julie C., 1998. Getting Started in Simulation in Healthcare. *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, ed. D. J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, 31-34
- [2] CARSON, John S., 2003. Introduction to Modeling and Simulation. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, ed. S. Chick, P. J. Sánchez, D. Ferrin, and D. J. Morrice, p. 7-13.
- [3] Weng, M.L., Houshmand A.A. 1999. Healthcare simulation: a case study at a local clinic. *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, ed. P.A. Farrington, H.B. Nembhard, D.T. Sturrock, and G.W. Evans, p. 1577-1584.
- [4] Lowery, J.C., Davis, J.A. 1999. Determination of Operating Room Requirements Using Simulation. *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, ed. P.A. Farrington, H.B. Nembhard, D.T. Sturrock, and G.W. Evans, p. 1568-1572,
- [5] CAJURU, Hospital Universitário. *Projeto de Reorganização do Hospital Universitário Cajuru*. Ago/1999. PUCPR.
- [6] Rinde A., Blakely t. 1976. Operating room resource utilization. *Chicago area survey findings and recommendations*. Chicago: Chicago Hospital Council
- [7] Rossetti M.D., Trzcinski G. F., and Syverud S.A. 1999. Emergency Department Simulation and Determination of Optimal Attending Physician Staffing Schedules. *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, ed. P.A. Farrington, H.B. Nembhard, D.T. Sturrock, and G.W. Evans, p. 1532-1540.

Contato

Joelson Ricardo Stroparo, mestrando, é Analista de Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, rua Imaculada Conceição, 1155 - Curitiba - PR. Fone: (41) 271-1736. joelson@rla13.pucpr.br