CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
JORGE LUIZ SAGAYAMA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PROCESSO CIRÚRGICO DE ESTIMULAÇÃO CARDÍACA ARTIFICIAL, pelos métodos *value stream mapping* e simulação por eventos discretos

São Bernardo do Campo
2017

JORGE LUIZ SAGAYAMA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PROCESSO CIRÚRGICO DE ESTIMULAÇÃO CARDÍACA ARTIFICIAL, pelos métodos *value stream mapping* e simulação por eventos discretos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica – área de concentração Produção. Orientado pelo Prof. Dr. João Chang Junior.

São Bernardo do Campo

2017

Sagayama, Jorge Luiz .
Avaliação do desempenho do processo cirúrgico de estimulação cardíaca artificial, pelos métodos value stream mapping e simulação por eventos discretos / Jorge Luiz Sagayama. São Bernardo do Campo, 2017.
77 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. João Chang Junior.

1. Lean Healthcare. 2. Value Stream Mapping. 3. Simulação na Área de Saúde. 4. Custo da Cirurgia. I. Chang Junior, João, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

centro universitário FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA EXAMINADORA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica

Mestrado

PGM-10

Aluno: Jorge Luiz Sagayama **Matrícula:** 216116-4

Título do Trabalho: Avaliação do desempenho do processo cirúrgico de estimulação cardíaca artificial, pelos métodos value stream mapping e simulação por eventos discretos.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. João Chang Junior

Data da realização da defesa: 25/08/2017

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, 25 / 08 / 2017.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	
Prof. Dr. João Chang Junior	Ass.:
Prof. Dr. Dário Henrique Alliprandini	Ass.:
Prof. Dr. Alfredo Manoel da Silva Fernandes	Ass.:

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒ REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

Dedico esta pesquisa para minha querida esposa Dora e minha filha Patricia pelo apoio e fé na conquista deste objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a minha querida esposa Dora pelo incentivo e apoio, além da dedicação e compreensão do objetivo.

Agradeço a minha filha Patricia pelo apoio e contribuição durante a jornada.

Agradeço ao Doutor Alfredo Manoel da Silva Fernandes pelo direcionamento da unidade de análise e orientações na Qualificação.

Agradeço ao Doutor Roberto Costa pela aceitação da pesquisa e liberdade de transitar nos recintos do centro cirúrgico.

Agradeço a Enfermeira Aline Barbosa pelo apoio, acompanhamento e total facilitação de circulação pelo hospital.

Agradeço aos demais integrantes da programação, centro cirúrgico, farmácia, suprimentos e unidade de informações médicas e hospitalares pelas informações fornecidas.

Agradeço ao Professor Doutor João Chang Junior pela orientação e prestimosa atenção.

Agradeço ao Professor Doutor Dario Henrique Alliprandini pelas orientações na Qualificação.

Agradeço aos demais professores da produção do Centro Universitário FEI pelos ensinamentos.

Agradeço aos Professores Mestre Jose Germano Buchain e Doutor Pedro Bueno Neto por contribuírem e indicarem o curso de mestrado no Centro Universitário FEI.

Agradeço ao senhor Nelson do Nascimento e Castro por possibilitar pesquisa de conclusão de disciplina em sua empresa Cory.

“Você tem de confiar em alguma coisa: sua intuição, seu destino, seu carma, seja o que for. Essa abordagem nunca me desapontou, e fez toda diferença na minha vida”.

Steve Jobs

RESUMO

Poucas pesquisas na área de saúde foram encontradas utilizando-se a técnica de simulação por eventos discretos e a técnica de melhoria do *lean*. Para avaliar o desempenho de um processo cirúrgico de estimulação cardíaca artificial, este trabalho utilizou a simulação por eventos discretos juntamente com o *value stream mapping (VSM),* de um hospital em sua unidade cirúrgica de estimulação cardíaca artificial devido à necessidade no aumento de cirurgias. Através da integração de uma técnica da pesquisa operacional e uma técnica de melhoramento contínuo, este trabalho objetiva analisar melhorias no fluxo de valor em pacientes de uma unidade de cirurgia de implante de dispositivo de estimulação cardíaca artificial que regula o batimento cardíaco do paciente causado por arritmia do coração. Esta pesquisa realizou o mapa do estado atual do paciente para identificar os desperdícios. Este mapa serviu para operacionalização da modelagem e simulação, tendo dado origem ao cenário atual e contemplado as etapas de conceitualização, modelagem e validação. Através da sua análise em conjunto com o mapa do estado atual foi possível desenvolver e simular o cenário com a melhoria proposta. A melhoria proposta de utilização do tempo desperdiçado durante a jornada disponível resultou em um aumento potencial de 15,3% na quantidade de cirurgias. Este estudo também proporciona a demonstração do impacto financeiro potencial causado pelo aumento no consumo do dispositivo de estimulação cardíaca artificial e a potencial redução do custo direto do médico cirurgião e equipe composta de médico anestesista, técnico de instrumentação, dois cirurgiões assistentes, técnico de enfermagem e técnico radiologista.

Palavras-chave: *Lean healthcare*. *Value Stream Mapping*. Simulação na Área de Saúde. Custo da Cirurgia.

ABSTRACT

Few researches in healthcare were found using the discrete event simulation technique and the lean improvement technique. To evaluate the performance of a surgical procedure of artificial cardiac stimulation, this work used the discrete event simulation together with the value stream mapping (VSM) of a hospital in its surgical unit of artificial cardiac stimulation due to the need to increase surgeries. Through the integration of a technique of operational research and a continuous improvement technique, this work aims to analyze improvements in the value flow in patients of an implant surgery unit of artificial cardiac pacing device that regulates the patient's heart beat caused by heart arrhythmia. This research mapped the current state of the patient flow to identify the wastes. Whose map served to operationalize the modeling and simulation, have given rise to the current scenario and contemplated the stages of conceptualization, modeling and validation. Through its analysis in conjunction with the current state map it was possible to develop and simulate the scenario with the proposed improvement. The proposed improvement by using the wasted time during the available run resulted in a potential increase of 15.3% in the number of surgeries. This study also provides a demonstration of the potential financial impact caused by increased consumption of the artificial cardiac pacing device and the potential reduction of the direct cost of the surgeon and team composed by anesthesiologist, instrumentation technician, two assistant surgeons, nursing technician and radiologist.

Keywords: Lean Healthcare. Value Stream Mapping. Healthcare Simulation. Surgery Cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Integração da simulação por eventos discretos e *VSM* 15
Figura 2 - Um sistema integrado 18
Figura 3 - Cronologia do desenvolvimento do *lean* 19
Figura 4 - Custo relativo do dispositivo de ECA e total de custo da área de saúde na Europa 36
Figura 5 - Modelo de pesquisa para simulação 39
Figura 6 - Mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente e dispositivo 42
Figura 7 - Mapa do estado atual do fluxo de valor da informação 43
Figura 8 - Mapa do estado atual do fluxo de valor do dispositivo de ECA 45
Figura 9 - Mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente 47
Figura 10 - Simulação do cenário atual da sala 8 51
Figura 11 - Simulação do cenário atual da sala 14 52
Figura 12 - Simulação do cenário atual da limpeza, transporte e instrumento da sala 8 53
Figura 13 - Simulação do cenário atual da limpeza, transporte e instrumento da sala 14 54
Figura 14 - Simulação do cenário atual da seleção do dispositivo, preparação e cirurgia na sala 8 55
Figura 15 - Simulação do cenário atual da seleção do dispositivo, preparação e cirurgia na sala 14 56
Figura 16 - Utilização do cirurgião e equipe no cenário atual das salas 8 e 14 58
Figura 17 - Valores do SUS 59
Figura 18 - Tempo em desuso - 13 de outubro de 2016 60
Figura 19 - Simulação do cenário proposto da sala 8 62
Figura 20 - Simulação do cenário proposto da sala 14 63
Figura 21 - Utilização do cirurgião e equipe no cenário proposto das salas 8 e 14 64
Figura 22 - Redução do *set up* 66
Figura 23 - Redução do set up 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Regras de projeto do trabalho do STP 20
Tabela 2 - Cinco princípios do TPS adaptados ao PPC 20
Tabela 3 - Artigos com relato de impacto no desempenho 21
Tabela 4 - Classificação do nível de maturidade da abordagem *lean* nos diversos hospitais 24
Tabela 5 - Cinco princípios de Womack e Jones 26
Tabela 6 - Razões pelas quais o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta essencial 26
Tabela 7 - Quatorze princípios de gestão do maior fabricante do mundo 27
Tabela 8 - Ícones do mapa de fluxo de valor 28
Tabela 9 - Sete tipos de perda 29
Tabela 10 - Conceito de simulação computacional 38
Tabela 11 - Programação de chegada do paciente na sala 8 44
Tabela 12 - Programação de chegada do paciente na sala 14 44
Tabela 13 - Probabilidades de procedimentos 46
Tabela 14 - Atividades e respectivos tempos em minutos 49
Tabela 15 - Validação do modelo de simulação pelo cenário atual 56
Tabela 16 - Quantidade de dispositivo de ECA consumido e simulado em novembro e dezembro de 2016 57
Tabela 17 - Preços dos dispositivos de ECA faturados 58
Tabela 18 - Remuneração com encargo mensal por função 59
Tabela 19 - Demonstrativo do tempo de perda em minutos 61
Tabela 20 - Custo comparativo bimestral entre cenário proposto e atual, redução do custo anual 65
Tabela 21 - Previsão de consumo do dispositivo de ECA por bimestre 65

LISTA DE SIGLAS

AV Agrega Valor

AVC Acidente Vascular Cerebral

DMAIC Definir Medir Analisar Implantar Controlar

ECA Estimulação Cardíaca Artificial

MIT Massachusetts Institute of Technology

NAV Não Agrega Valor

NAVD Não Agrega Valor e Desnecessário

NAVN Não Agrega Valor e Necessário

PDCA Plan Do Check Act

PPC Perfect Patient Care

QALY Quality Adjusted Life Year

SMED Single Minute Exchange Die

STP Sistema Toyota de Produção

SUS Sistema Único de Saúde

TCO Tempo de Ciclo de Operação

TQM Total Quality Management

UIMH Unidade de Informações Médicas e Hospitalares

VSM Value Stream Mapping

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 17

2.1 LEAN HEALTHCARE 17

2.2 O VALUE STREAM MAPPING – VSM 25

2.4 SIMULAÇÃO POR EVENTOS DISCRETOS 31

2.4.1 Integração da Simulação com VSM 32

2.4.2 Utilização da simulação por evento discreto na área da saúde 34

2.5 CUSTOS DO DISPOSITIVO DE ECA 35

3 METODOLOGIA 37

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO MODELO DE PESQUISA 37

3.2 OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA 39

3.2.1 Conceitualização 40

3.2.1.1 Mapa do fluxo de valor do estado atual do paciente e dispositivo 41

3.2.1.2 Mapa do estado atual do fluxo de valor da informação 43

3.2.1.3 Mapa do estado atual do fluxo de valor do dispositivo de ECA 45

3.2.1.4 Mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente 46

3.2.2 Modelagem no *software* 48

3.2.3 Validação da simulação 50

3.3 PREÇOS DOS DISPOSITIVOS DE ECA E REMUNERAÇÃO POR FUNÇÃO 58

4 DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO PROPOSTO E RESULTADOS 60

5 DISCUSSÃO 66

6 CONCLUSÃO 68

REFERÊNCIAS 70

1 INTRODUÇÃO

Considerando a junção dos aspectos descritos a seguir:

a) o problema de insuficiência cardíaca é um fenômeno global e atinge, segundo estimativa, de 1 a 2% da população (COOK et al., 2014; AMBROSY et al., 2014);
b) no Brasil, em 2010, esta insuficiência cardíaca ocasionou 326.000 mortes, sendo 25.000 foram causadas por arritmias cardíacas (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2014);
c) têm ocorrido sucessivas elevações na expectativa de vida das pessoas e a faixa etária que concentra a maior taxa de morbidade é a dos idosos (ASSIS; JESUS, 2012);
d) o custo inicial do implante do dispositivo de estimulação cardíaca artificial (ECA) representa um alto ônus (em média R$ 30 mil/paciente) para o sistema público de saúde (RIBEIRO et al., 2010).

O hospital objeto desta pesquisa em sua unidade cirúrgica de ECA precisa revisar suas práticas de gestão e elevar seu desempenho e se preparar para o aumento de cirurgias de implante de dispositivo de ECA, cuja terapia é a mais recomendada nos casos de arritmias cardíacas, pois aumenta o ciclo de vida do paciente reduzindo o risco de morte súbita, mesmo que o custo inicial seja dispendioso para o sistema público de saúde (RIBEIRO et al., 2010; ATHERTON et al., 2016).

Ribeiro et al. (2010) enfatizam que estudos adicionais para a redução do custo do dispositivo de ECA devem ser organizados para se reduzir o impacto nas decisões dos administradores da saúde pública no Brasil e propiciar a ampliação do número de cirurgias de ECA. Estudos realizados na Europa por outros autores abordam o tema do custo do dispositivo de ECA comparativamente ao dispêndio total do gasto efetuado no trato da saúde geral, representando uma parcela considerada pequena de 0,2% (CAMM; KLEIN; NISAM, 2007).

Para auxiliar os profissionais da área de saúde a localizarem oportunidades de melhoria, a metodologia do *lean healthcare* contribui para a redução do custo pela integração interna da organização, como comprovado recentemente em trabalhos de Dobryzykowiski, Mcfadden, Vonderembse (2016) e Fullerton, Kennedy, Widener (2014).

Adicionalmente, é preciso dar mais ênfase ao *lean healthcare,* pois auxilia nas dimensões de redução do desperdício, padronização das práticas e desenvolvimento de líderes em todas as áreas (WARING; BISHOP, 2010).

O *lean* apresenta um conjunto de ferramentas descritas por Warner et al. (2013), que podem ser transmitidas para todos os níveis da organização, e uma dessas ferramentas é o mapeamento do fluxo de valor (*value stream mapping – VSM)*, cujo principal objetivo é ensinar as pessoas a identificarem as oportunidades pela classificação das atividades que agregam valor e as que não agregam valor no mapa de fluxo de valor (WOMACK; JONES, 1998).

A aplicação do *VSM* tem se diversificado em vários segmentos da área de saúde, mas pouco estudo tem sido realizado para demonstrar os benefícios do *lean* em salas cirúrgicas (AGARWAL et al., 2016).

Como metodologia complementar ao *lean*, a simulação por eventos discretos possibilita modelar e analisar os fluxos de pacientes e desenvolver o debate de alternativas e o ajuste de ideias e conflitos antes da mudança do mundo real, ou seja, os dados de alteração de alguma atividade serão realizados virtualmente no modelo de simulação sem que seja alterada a atividade real reduzindo o risco e economizando despesas, podendo ser acompanhada imediatamente o seu impacto (ROBINSON et al., 2012). Entretanto, pouco estudo tem sido aplicado utilizando em conjunto com as técnicas de simulação e *lean* (BARIL et al., 2016; ROBINSON et al., 2012).

Robinson et al. (2012) assinalaram que a utilização em conjunto destas duas técnicas será crescente na área de saúde devido à necessidade da melhoria na eficiência dos serviços, pois o seu uso em separado está consolidado.

Baril et al. (2016) ressaltaram a utilização da simulação por eventos discretos e *lean* por uma abordagem facilitada pelos pesquisadores Robinson, Worthington, Burgess e Radnor (2014); e num evento *kaizen* realizado pelos pesquisadores Robinson, Radnor, Burgess e Worthington (2012).

Com o objetivo de verificar a tendência de utilização em conjunto das técnicas do *lean* e simulação por eventos discretos realizou-se em 13 de julho de 2017 uma verificação no site da *Scopus* e *Web of Sciense* utilizando as palavras chaves: *lean hospital* e *discrete event simulation*. Nota-se que é crescente a utilização das duas técnicas em conjunto, do *lean* com a simulação por eventos discretos, tomando como base a edição de 4 trabalhos até 2012 e 12 trabalhos até 2017. Verifica-se um crescimento levemente acentuado com a utilização em conjunto das técnicas, do *VSM* e simulação por eventos discretos, quando utilizamos as palavras chaves: *VSM, discrete event simulation* e *hospital*, tomando como base a edição de 3 trabalhos até 2012 e 8 trabalhos até 2017. A base de referência do ano de 2012 foi usada devido ao trabalho de Robinson et al. (2012).

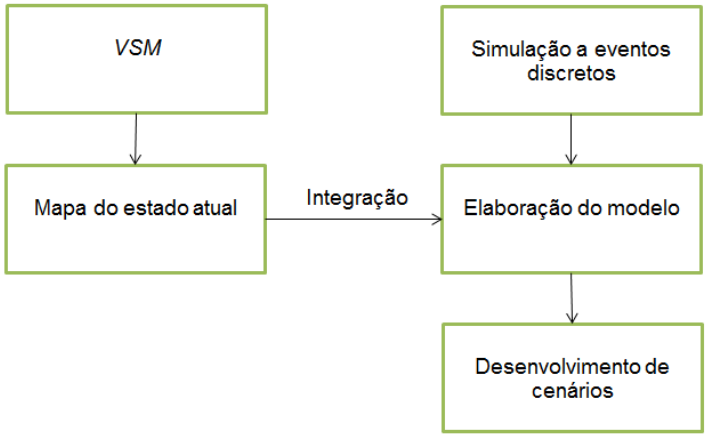
Em recente estudo realizado por Agarwal et al. (2016) enfatizaram a importância da utilização da técnica *lean* e mais especificamente o *VSM* num laboratório de cateterismo com o objetivo de melhorar a eficiência e a taxa de saída dos pacientes. Com o uso do *VSM* foi possível entender as causas potenciais dos atrasos no fluxo do laboratório, como por exemplo, o atraso na preparação do paciente na área da enfermagem, assim como o atraso na chegada do cirurgião.

Goldberg et al. (2014) assinalam que a simulação por evento discreto tem sido utilizada por cerca de quarenta anos na área de saúde para se avaliar a utilização dos recursos em diversas operações hospitalares, permitindo a rápida visualização dos efeitos operacionais, assim como a projeção futura para outras instalações físicas.

Bal, Ceylan e Taçoglu (2017) comentam a importância de se utilizar a simulação por eventos discretos juntamente com o *VSM*, permitindo que a equipe teste as soluções desenvolvidas no modo digital sem a participação do paciente, eliminando completamente qualquer risco.

Esta pesquisa visa preencher esta lacuna na literatura, utilizando as duas técnicas em conjunto para atender a crescente necessidade de se avaliar melhorias de desempenho no atendimento de cirurgias deste hospital referência no trato de insuficiências cardíacas, utilizando a integração da figura 1. Através da utilização técnica *VSM* será desenvolvido o mapa atual de fluxo do paciente e dispositivo da unidade cirúrgica de ECA, que servirá de base para integração à elaboração do modelo de simulação por eventos discretos, passará por validação, análise conjunta com *VSM*, identificação de perdas e suas causas e finalmente, desenvolvimento de cenários de melhorias.

Figura 1 - Integração da simulação por eventos discretos e *VSM*



Fonte: Autor

A escolha da unidade cirúrgica de ECA foi definida segundo os critérios:

a) a tendência crescente da fila na programação de pacientes requerendo cirurgias para implante do dispositivo de ECA;
b) o hospital tem interesse em adotar outras técnicas para ampliação dos conhecimentos dos profissionais.

Finalmente diante destes desafios, como ajudar os profissionais do centro cirúrgico de ECA, de um hospital público a identificarem as oportunidades de melhoria e decidirem por aquelas que beneficiem o paciente e o hospital?

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o desempenho do processo cirúrgico de ECA através da utilização das técnicas do *VSM* e simulação por eventos discretos.

Os objetivos específicos foram:

a) identificar as atividades que agregam e não agregam valor no mapa de fluxo do paciente de ECA;
b) identificar os desperdícios e suas causas raiz na análise conjunta da modelagem e simulação por eventos discretos e *VSM*;
c) demonstrar o potencial de redução de custo pela remuneração causado pelo aumento na quantidade cirurgias;
d) demonstrar o impacto financeiro causado pelo aumento no consumo do dispositivo de ECA.

Na sequência deste capítulo, esta pesquisa descreve no capítulo 2 a fundamentação teórica na qual detalha toda literatura abordada nas áreas de simulação e *lean*. A estrutura metodológica que compõe o capítulo 3 aborda o desenvolvimento da utilização das ferramentas do *VSM*, simulação no centro cirúrgico de ECA, contendo a validação do modelo de simulação. O desenvolvimento do cenário proposto e os resultados da simulação estão ilustrados no capítulo 4. Uma discussão sobre outra alternativa compõe o capítulo 5. No capítulo 6 se encerra com a conclusão, limitação deste estudo e recomendações para futuras pesquisas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A área da saúde apresenta um conjunto de oportunidades para a aplicação de técnicas da pesquisa operacional, que propicia forte abordagem na melhoria dos processos e procedimentos em vários segmentos (RAIS; VIANA, 2010). O enriquecimento do conhecimento que os especialistas da medicina podem adquirir com as metodologias que foram aplicadas em segmentos da indústria metalúrgica, através das pesquisas conduzidas pelos profissionais da engenharia, contribui para a melhoria do resultado das organizações da área de saúde, ou mais especificamente, temas voltados à padronização, medição, cadeia de abastecimento, mapeamento do fluxo de valor e cultura. A reciprocidade do aprendizado para profissionais da engenharia com os especialistas da área médica, também auxiliará na ampliação do campo de atuação, ou mais especificamente temas voltados aos clínicos e à saúde das pessoas (BOYER; PRONOVOST, 2010).

A revisão da literatura foi elaborada através da análise de publicações dos últimos dez anos (2007-2017), utilizando palavras-chave como: *lean hospital, value stream mapping, surgery cost, healthcare simulation.* As principais fontes de pesquisa foram: *Scopus*; *Web of Sciense*; Portal Periódicos CAPES.

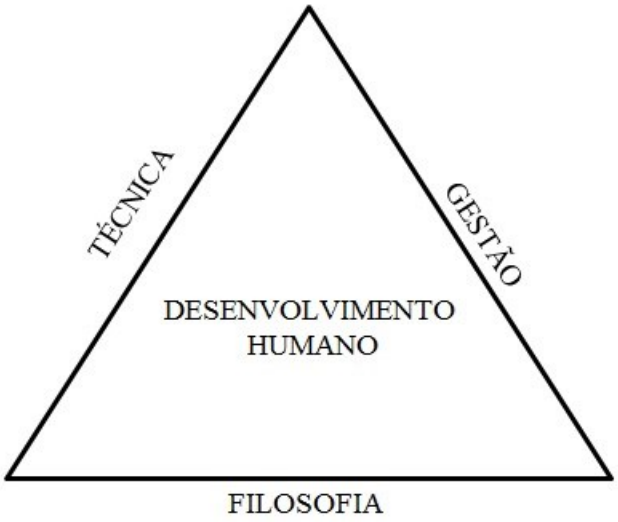
2.1 LEAN HEALTHCARE

Segundo Graban (2008) o termo *lean* foi criado por Jon Krafcik do *MIT's International Motor Vehicle Program*, para descrever o Sistema Toyota de Produção (STP). O mesmo autor cita a definição dada pelo mentor do STP Taiichi Ohno:

> Tudo o que estamos fazendo é olhar para a linha de tempo a partir do momento em que um cliente nos dá um pedido até o momento em que coletamos o dinheiro. E estamos reduzindo essa linha de tempo removendo as perdas sem valor (GRABAN, 2008, p. 21).

O *lean* iniciou sua difusão no mundo pelas indústrias automobilísticas, logo após a tomada de conhecimento pelo lado ocidental da aplicação do STP no início da década de 1970, cuja instituição da transformação cultural ocorreu pela motivação dos profissionais em mudar a padronização das operações e dos processos, melhorando continuamente o fluxo do valor e a satisfação dos clientes adotando-se o triângulo Toyota ilustrado na figura 2 (GRABAN, 2008, p. 21).

Figura 2 - Um sistema integrado



Fonte: Autor "adaptado de" Graban, 2008, p. 21

Graban (2008) assinala que a base do triângulo é sustentada por uma filosofia de decisões administrativas de longo prazo. As técnicas utilizadas são:

a) o *Kanban* que administra estoques reguladores de sistemas padronizados para alimentar operações que apresentam alguma restrição;
b) 5*S* são cinco siglas japonesas, *Seiri* (utilização), *Seiton* (organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização), *Shitsuke* (autodisciplina), que juntas preparam o terreno para a melhoria contínua;
c) o *Kaizen* é uma filosofia de pequenas melhorias e de forma contínua;
d) o sistema à prova de erro para evitar que as falhas se propaguem;
e) o gerenciamento visual proporciona a comunicação clara e em tempo real das melhorias;
f) o *VSM* para a identificação das atividades que agregam e não agregam valor.

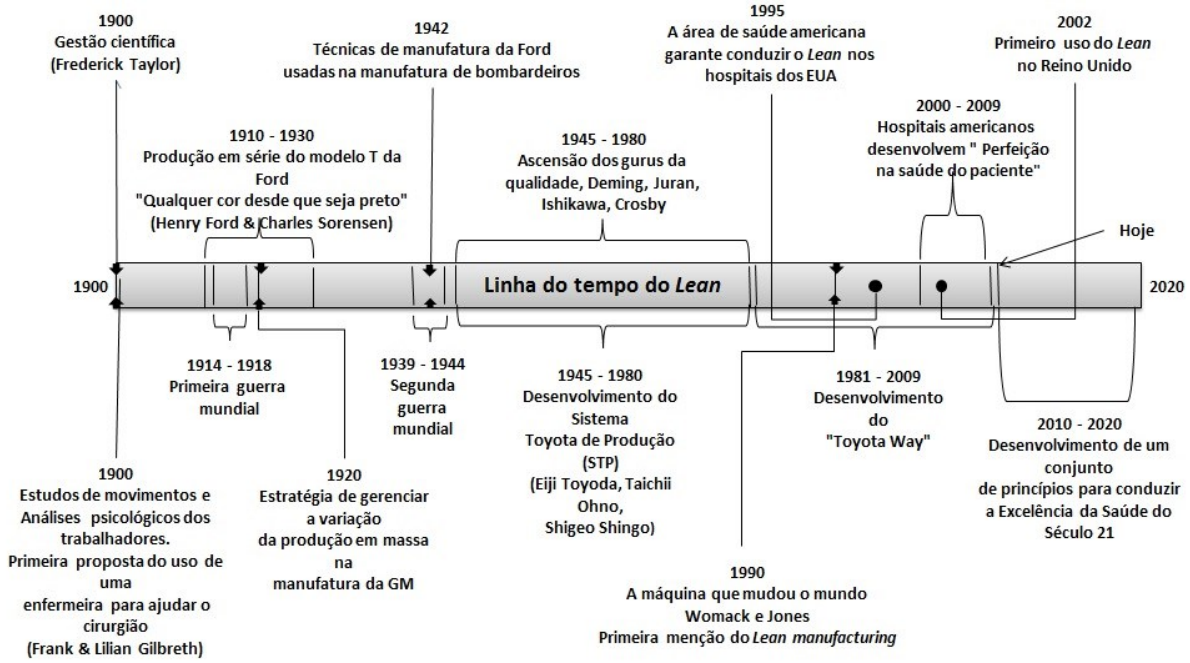
Graban (2008) enfatiza que a gestão baseia-se em métodos de análise e solução de problemas através da observação pessoal para compreender a situação, incentivando a aprendizagem e melhoria contínua, tomando as decisões de forma lenta pelo consenso, contudo implantando-os com rapidez. No desenvolvimento humano os colaboradores e parceiros são respeitados, desafiados e desenvolvidos trabalhando em equipe, transformando-os em líderes que vivenciam a filosofia.

Dickson et al. (2009a) expõem que, a partir do ano 2000, o *lean* passou também a se expandir e integrar a indústria da saúde. Radnor, Holweg, Waring (2012) descreveram como

lean healthcare. A sua rápida expansão tomou proporções consideráveis, tendo sido um marco de referência a publicação do livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). As primeiras incursões do *lean healthcare* se deram nos hospitais americanos e em seguida na Europa, como pode ser vista na figura 3 adaptada, que está representando a cronologia do desenvolvimento do *lean* (GROVE et al., 2010).

Segundo Berwick (1992) enfatiza a necessidade dos hospitais adotarem a prática do *Total Quality Management* (TQM), um programa de melhoria contínua de qualidade para sanar a crise instalada na saúde americana e conter o crescente aumento nos gastos.

Figura 3 - Cronologia do desenvolvimento do *lean*



Fonte: Autor "adaptado de" Grove et al., 2010, p. 2

Grove et al. (2010) após sua pesquisa durante treze meses no Sistema Nacional de Saúde do Reino Unido *(National Health System United Kingdon)* sobre a adoção das ferramentas do *lean* (como por exemplo o *VSM* e estudo de tempos e movimentos) verificaram significativa redução de desperdícios pela simplificação das tarefas e padronização dos processos. Este bem sucedido método de melhoria foi fundamental para o sistema de saúde, assim como seus benefícios terem sido convertidos para o paciente, uma vez que estes resultados são atingidos sem a necessidade de investimento.

Segundo Castle e Bost (2009) o *Perfect Patient Care* (PPC), programa usado pelos hospitais americanos no período de 2000 a 2009, utilizou uma base de regras de projeto do

trabalho e um conjunto de cinco princípios derivados do TPS, ilustrado na tabela 1 e na tabela 2, respectivamente. A utilização do PPC propiciou no *University of Pittsburgh Medical Center* a melhoria na segurança do paciente, redução de infecções, redução de mortes, melhoria nos procedimentos de análise e redução de erros de diagnóstico.

Tabela 1 - Regras de projeto do trabalho do STP

Regra 1: Atividades	Todo o trabalho deve ser altamente especificado quanto ao conteúdo, sequência, tempo e resultado.
Regra 2: Conexões	Toda conexão cliente-fornecedor deve ser direta e deve haver um ambiente inequívoco.
Regra 3: Caminho	O caminho para cada produto e serviço deve ser simples e direto.
Regra 4: Melhoria	Qualquer melhoria deve ser feita de acordo com um método científico, sob a orientação de um professor, o mais próximo possível do trabalho na organização.

Fonte: Autor "adaptado de" Castle e Bost, 2009, p. 258

Tabela 2 - Cinco princípios do TPS adaptados ao PPC

Todo o trabalho deve se concentrar em atender às necessidades dos pacientes.
Dar ferramentas aos trabalhadores para solucionar problemas, ajudá-los a atender melhor as necessidades dos pacientes, um por um.
Criar um ambiente de trabalho sem culpa e que facilite a denúncia de erros.
Criar equipes de apoio aplicando o método científico para testar mudanças de projeto de trabalho.
Fornecer aos trabalhadores uma cadeia de ajuda incluindo gerentes quando necessário, para ajudar os trabalhadores a resolver problemas.

Fonte: Autor "adaptado de" Castle e Bost, 2009, p. 258

Segundo Graban (2008) para o desenvolvimento interno do *lean healthcare* é importante o desenvolvimento das seguintes competências:

a) competência 1 – os profissionais devem, através da observação aguçada, buscar e registrar a padronização das tarefas de modo que todos executem da mesma maneira;

b) competência 2 – adotar um método de Análise e Solução de Problema, como o método de W. Edwards Deming (*PDCA – Plan, Do, Check, Act)*;
c) competência 3 – ensinar a todos aquilo que foi aprendido pela experiência vivida nas soluções de problemas;
d) competência 4 – incentivar e desafiar a todos para se transformarem em líderes.

D'Andreamatteo et al. (2015) em sua revisão de literatura sobre o *lean* na área de saúde, constataram que nos quinze anos passados o crescimento da adoção desta metodologia tem crescido significativamente. A quantidade de artigos com relatos de impacto no desempenho separados por países pode ser visto na tabela 3, sendo que 167 de 243 artigos se referem a publicações com resultados em impacto no desempenho.

Tabela 3 - Artigos com relato de impacto no desempenho

Foco/países	Resto do mundo	Resto da Europa	Austrália	Estados Unidos	Reino Unido	Total
Produtividade e eficiência no custo	9	17	5	50	13	94
Qualidade clínica		4	1	6	3	14
Segurança do paciente	2	2	1	12	1	18
Segurança do trabalhador		1			1	2
Satisfação do trabalhador			2	1		3
Satisfação do paciente	1	2	4	8	2	17
Resultado financeiro	1	5		13		19
Subtotal	13	31	13	90	20	167

Fonte: Autor "adaptado de" D'Andreamatteo et al., 2015, p. 1201

Algumas instituições com grande esforço dispendido para a implantação do *lean* tiveram pobres resultados, requerendo profunda análise dos pesquisadores, deixando recomendações que servem de base para os profissionais que queiram ingressar na jornada do *lean*:

a) o *lean* deve ir além da redução de custo e perpetuar os princípios mencionados por Womack e Jones (1998), ou seja, reforçar os tempos de saída e eliminação de perdas. O *lean* deve ser visto como parte principal e um resultado da estratégia operacional e não como um direcionador (MATHIAS; BROWN, 2016).

b) organizações de sucesso que optaram pela escolha do *lean* se utilizaram de requisitos chave como por exemplo eleger a técnica de gestão de melhoria para a sua implantação, promover o apoio da alta administração, elaborar uma estratégia de longo prazo com treinamento intensivo, implantar comunicação clara e aberta, assumir o compromisso de retenção do pessoal, olhar o fluxo de valor por completo abolindo a visão simplista. A jornada da melhoria contínua é longa e a liderança deve se aprofundar no conhecimento e se comprometer com o resultado investindo numa base de longo prazo (GIRALDO; MOTHERSELL; MOTWANI, 2015);
c) a liderança deve atuar em fatores chaves levando em conta principalmente os aspectos humanos, com senso de urgência, com plano exequível e revestido de significado, transmitindo a todos claramente numa via de mão dupla (LONGENECKER, 2014);
d) sustentar e gerir a nova cultura considerando os aspectos do local e da organização (ANDERSEN; ROVIK; INGEBRIGTSEN, 2014);
e) Dickson et al. (2009b) afirmam que o *lean* é uma técnica de direcionamento de valor e não de redução de custo, utilizando e instituindo uma metodologia de implantação de 5 dias de evento *kaizen,* com treinamento da técnica para o grupo de gerentes e profissionais diretos na operação, construindo *VSM* e gerando alternativas de solução para redução dos desperdícios e geração de fluxo no *VSM*. Recomendam que as organizações que quiserem seguir na jornada do *lean* foquem nos 5 princípios de Womack e Jones (1998) ao invés de copiarem projetos que outras organizações fizeram. O que foi produzido nestas organizações com esta metodologia de implantação se resume a alterações de procedimentos de um profissional de um departamento específico;
f) apresentar evidências estatísticas, uma vez que é dominante a quantidade de pesquisa sem a evidência estatística (NICOLAY et al., 2012).

Curatolo et al. (2013) em suas análises críticas da revisão de literatura assinalam que, com a crescente necessidade por redução de custo ao mesmo tempo em que cresce a necessidade de atender mais pacientes, reportam que os hospitais que decidiram por implantar o *lean healthcare* tiveram variados resultados, alguns bem sucedidos e outros com falhas como pode ser visto na tabela 4. As causas foram classificadas pela utilização desuniforme de todas as ferramentas, ou até mesmo a desconsideração de algumas durante a jornada de implantação.

Ainda sobre os autores, estes recomendam que se inicie por num nível micro e em um único processo operacional usando uma abordagem "sistema-dirigido" de Edwards e Nielsen (2010). Este, é uma abordagem de classificação da sua pesquisa utilizando uma metodologia de testes de hipóteses onde ficaram comprovadas três condições individuais que afetam o sucesso da implantação do *lean* na área da saúde: primeiro que há uma falta geral de conhecimento acerca do *lean* nas organizações que garanta o seu sucesso, segundo que a natureza dos processos de trabalho é uma barreira e finalmente, a existência de diferentes racionalidades é uma barreira.

Segundo Curatolo et al. (2013, p. 437-438) adotaram as seguintes definições para a classificação do nível de maturidade da abordagem *lean* nos diversos hospitais:

a) "nível 0: A abordagem *lean* não é descrita ou pobremente descrita;
b) nível 1: A abordagem *lean* é descrita, mas sem estrutura e com um modelo de procedimento;
c) nível 2: A abordagem *lean* é estruturada com um modelo de procedimento;
d) nível 3: A abordagem *lean* é estruturada com um modelo de procedimento e uma ou mais técnicas são descritas para alguma atividade (nível 3A) ou para todas as atividades (nível 3B) do modelo de procedimento;
e) nível 4: A abordagem *lean* é estruturada com um modelo de procedimento, com técnicas e os resultados de algumas das atividades (nível 4A) ou todas as atividades (nível 4B) são descritas;
f) nível 5: A abordagem *lean* é estruturada com um nível 4, mas para cada atividade de função são definidas;
g) nível 6: A abordagem *lean* é estruturada como um nível 5, mas um modelo de informação é fornecido".

Tabela 4 - Classificação do nível de maturidade da abordagem *lean* nos diversos hospitais

Nível de maturidade da metodologia	Descrição do nível	No. de artigos classificados	Sub nível	Descrição do sub nível	No. de artigos classificados
0	Sem descrição ou descrição pobre da abordagem do *lean*	84			
1	Abordagem do *lean* é descrita mas sem estrutura	40			
2	Abordagem do *lean* é estruturada com um modelo de procedimento	0			
3	Nível 2 + técnicas	10	A B	Para algumas atividades Para cada atividade	10 0
4	Nível 3 + resultados	7	A B	Para algumas atividades Para cada atividade	4 3
5	Nível 4B + função definida para cada atividade	0			
6	Nível 5 + informação do modelo	0			

Fonte: Autor "adaptado de" Curatolo et al., 2013, p. 438

Souza (2009) ressalta que, para a avaliação dos resultados da implantação do *lean healthcare,* os níveis são divididos em micro, mediano e macro. O micro representa os resultados obtidos pelo *lean* no aspecto operacional do fluxo do paciente (como por exemplo, a redução do tempo de espera do paciente). O mediano, as melhorias abordam os resultados econômicos e a satisfação dos profissionais. O macro, os resultados são obtidos por uma política de governo, como a que foi institucionalizada pelo Reino Unido, tornando o *lean* uma técnica para ser utilizada por todo o setor público.

É comprovado que a aplicação da metodologia *lean* tem impacto positivo na segurança do paciente, sendo por si só motivo necessário e suficiente para a adoção do *lean* pela área da saúde, embora também tivesse sido comprovado que o desempenho financeiro diretamente não é influenciado pelas práticas do *lean.* A integração desta técnica na gestão dos processos e procedimentos hospitalares, combinada com a técnica da complexidade da operação das

diversas especialidades médicas gera influência direta e positiva no desempenho econômico e financeiro dos hospitais (DOBRZYKOWISKI; MCFADDEN; VONDEREMBSE, 2016).

Uma das mais importantes integrações que devem ser realizadas é uma forte relação de trabalho entre a equipe da contabilidade e operacional, ou seja, a perfeita integração dos controles de variáveis do *lean* com as medições visuais do desempenho da operação com o desempenho financeiro, que propiciam o ganho financeiro desejado pela organização da área da saúde (FULLERTON; KENNEDY; WIDENER, 2014).

Outra importante integração ocorre quando uma equipe composta por cirurgiões, anestesistas, enfermeiras, residentes, instrumentistas, dentre outros, executam em conjunto uma cirurgia de otorrinolaringorologia em um paciente e identificaram oportunidades de melhoria de eficiência através da utilização da técnica do *lean,* ou seja, criando um fluxo contínuo e enxuto entre a preparação e a cirurgia (COLLAR et al., 2012).

A definição dos membros da equipe, a correta definição do problema, sua mensuração, análise das causas, ações para a melhoria e a continuidade das observações, fazem parte da ferramenta do *lean,* que precisam ser incorporadas na cultura da organização, de forma a erradicar os desperdícios de tempo, principalmente aqueles que o sistema percebe, mas desconhece seu real impacto (WARNER et al., 2013).

A má escolha dos profissionais que irão atuar nos procedimentos do *lean,* frequentemente resulta em insucesso do projeto, uma vez que todos os profissionais, incluindo os gestores, devem atender e concordar com a origem da perda e com a solução potencial, além de focar em poucos problemas (KNECHTGES; DECKER, 2014).

2.2 O VALUE STREAM MAPPING – VSM

O *Value Stream Mapping (VSM)* ou Mapeamento do Fluxo de Valor é uma técnica que deve ser utilizada em conjunto com os princípios advindos do STP ou os 5 princípios de Womack e Jones (1998, p. 21-101) que estão descritos na tabela 5. Estes, permitem a visualização rápida por todos na organização, possibilitando a identificação das atividades que agregam e não agregam valor, gerando ideias de consenso para a eliminação dos desperdícios (ROTHER; SHOOK, 2003). Dentre as ferramentas do *lean,* o *VSM* é uma das mais utilizadas, tendo sua origem no Sistema Toyota de Produção (STP) e amplamente aplicada pelas indústrias metalúrgicas e da saúde (ROTHER;SHOOK, 2003; LIN et al., 2013).

Tabela 5 - Cinco princípios de Womack e Jones

1. Especifique o valor desejado pelo cliente.
2. Identifique o fluxo de valor para cada produto/serviço provendo valor e desafio para todas as etapas desperdiçadas.
3. Faça o produto fluir continuamente. Padronize os processos através das melhores práticas permitindo que fluam mais suavemente, libertando tempo para criatividade e inovação.
4. Introduza o sistema "puxado" em todas as etapas onde o fluxo contínuo seja impossível. Foco na demanda do cliente e dispare eventos retornando através do fluxo de valor.
5. Supervisione em busca da perfeição de modo que as atividades que não agregam valor sejam removidas do fluxo de valor cuja quantidade de etapas, tempo e informação tenham sido necessárias para falhas contínuas para o cliente.

Fonte: Autor "adaptado de" Radnor; Holweg; Waring, 2012, p. 365

Rother e Shook (2003) descrevem na tabela 6 os motivos que tornam o *VSM* ferramenta essencial.

Tabela 6 - Razões pelas quais o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta essencial

Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais.
Ajuda a identificar mais do que desperdícios. Mapear as fontes de desperdício no fluxo de valor.
Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura.
Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que você pode discuti-las.
Junta conceitos e técnicas enxutas, que ajudam a evitar a implementação de técnicas isoladamente.
Forma a base de um plano de implementação.
Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.
O mapa de fluxo de valor é uma ferramenta qualitativa com a qual você descreve em detalhe como a sua unidade produtiva deveria operar para criar o fluxo.

Fonte: Autor "adaptado de" Rother e Shook, 2003, p. 4

Diversos autores na literatura definem valor. Young e McClean (2008, p. 382) descrevem como "o melhor valor para manter serviços e atingir o máximo de ganho de saúde para os mais necessitados". Wong et al. (2012, p. 184) afirmam como "sendo possível pela simples eliminação da atividade que não agrega valor e conquistar aumento de

produtividade". Clark, Silvester e Knowles (2013, p. 638) declaram "valor é criado para satisfazer a necessidade ou resolver o problema do cliente". Dickson et al. (2009a, p. 180) expõem como a resposta para a seguinte pergunta: "o paciente desejaria pagar somente por esta parte do processo?". Por último Graban (2008, p. 41-43) define valor pelo cumprimento das regras, ou seja, "o cliente deve concordar em pagar pela atividade, deve transformar o produto ou serviço de alguma forma e ser feita corretamente da primeira vez".

Para o levantamento do mapa do fluxo de valor (*VSM*) é fundamental utilizar o princípio descrito na tabela 7, qual seja, *genchi genbutsu* (ver por si mesmo para compreender completamente a situação) estabelecido no STP (LIKER, 2005).

Tabela 7 - Quatorze princípios de gestão do maior fabricante do mundo

1	Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
2	Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
3	Usar sistemas "puxados" para evitar a superprodução.
4	Nivelar a carga de trabalho.
5	Construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa.
6	Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.
7	Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
8	Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.
9	Desenvolver líderes que compreendam totalmente o trabalho, viva a filosofia e a ensinem aos outros.
10	Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
11	Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
12	Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*genchi genbutsu*).
13	Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez.
14	Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua.

Fonte: Autor "adaptado de" Liker, 2005, p. 28

O mapa de fluxo de valor é uma representação visual do processo alvo, através de ícones demonstrados na tabela 8, que são interligados sequencialmente nos detalhes que o pesquisador desejar, elaborando o fluxo da informação, das atividades e das pessoas que as

executam. A coleta de dados é fundamental para definir o mapa do estado atual do fluxo de valor, principalmente o tempo para realizar a tarefa, o tempo *takt* e o *lead time* (ROTHER; SHOOK, 2003).

Tabela 8 - Ícones do mapa de fluxo de valor

	Local de procedência do paciente ou destino
	Transporte do paciente
	Processo do paciente, comunicação ou setor
	Fluxo do processo puxado
	Fluxo do processo empurrado
	Fluxo da comunicação eletrônica
	Fluxo da comunicação manual
AV	Agrega valor
NAVN	Não agrega valor e necessário
NAVD	Não agrega valor e desnecessário
tco	Tempo de ciclo de operação
	Estoque, espera

Fonte: Autor "adaptado de" Rother e Shook, 2003, apêndice A

O *takt time* é o tempo de cirurgia solicitado pelo paciente, que no caso do hospital é o tempo programado pelo cirurgião. O *lead time* é o tempo total real consumido na cirurgia por cada paciente. Tais tempos são dependentes do início e fim do fluxo de valor que o pesquisador ou profissional estabeleceu para estudo (BAL; CEYLAN; TAÇOGLU, 2017).

Os vários segmentos da área da saúde têm utilizado o *VSM* para a melhoria do seu fluxo e obtenção dos benefícios resultantes da eliminação dos desperdícios que são identificados e denominados em japonês como *Muda* (valor não agregado), *Mura* (desnivelamento da programação) e *Muri* (sobrecarga de pessoas ou equipamento). Além de promover a melhoria contínua através da participação e comprometimento em alto nível de todos os trabalhadores (AGARWAL et al., 2016; LIKER, 2005).

Uma vez desenvolvido o mapa de fluxo de valor, o pesquisador e profissionais envolvidos no projeto necessitam efetuar a classificação das operações do fluxo que agregam

valor (AV) e as que não agregam valor (NAV) (LIN et al., 2013; TEICHGRAEBER; BUCOURT, 2012), tomando também como base os sete tipos de perdas (RADNOR; HOLWEG; WARING, 2012) ilustrado na tabela 9 e as definições de valor (YOUNG; MCCLEAN, 2008, p. 382; WONG et al., 2012, p. 184; DICKSON et al., 2009a, p. 180; GRABAN, 2008, p. 41-43).

Tabela 9 - Sete tipos de perda

Tipos	Exemplos de perda
1. Transporte	Trabalhadores caminham para a enfermaria para pegar anotações. Estocagem de equipamentos longe do local de uso e que são normalmente utilizados.
2. Estoque	Excesso de estoque no almoxarifado que não são usados. Pacientes esperando para serem dispensados. Lista de espera.
3. Movimento	Movimentos desnecessários dos trabalhadores procurando por instruções. Inexistência de equipamentos básicos nas salas de exame.
4. Espera	Pacientes, sala, resultados do trabalhador, prescrição e remédios. Médicos para liberar o paciente.
5. Superprodução	Solicitação de exames desnecessários para a patologia. Foco em pontos isolados.
6. Excesso de processo	Informação duplicada. Perguntar por detalhe do paciente repetidas vezes.
7. Defeitos	Readmissão devido à falha na liberação. Repetidos testes devido à falha de informação.

Fonte: Autor “adaptado de” Radnor; Holweg; Waring, 2012, p. 365

Segundo Teichgraeber e Bucourt (2012) as NAV recebem duas classificações, as que não agregam valor, mas são necessárias (NAVN) e as que não agregam valor e são desnecessárias (NAVD). O transporte do paciente com a maca para a sala de cirurgia é um exemplo classificado como NAVN. A espera do paciente que aguarda liberação do médico é um exemplo de NAVD.

A análise do tipo de fluxo deve ser realizada no conjunto de informações contidas no mapa de fluxo de valor e, de acordo com Graban (2008), o tipo puxado é aquele em que a atividade anterior conduz o paciente somente quando a atividade subsequente está livre. Caso contrário, o tipo de fluxo é empurrado, ou seja, independentemente se a atividade posterior esteja ocupada ou não, o paciente é conduzido, dando origem à fila.

Através do *VSM,* diversos hospitais dos Estados Unidos e Europa vêm obtendo bons resultados com o desenvolvimento do fluxo de valor dos pacientes ou espécimes. Percebe-se que é crescente a aplicação desta ferramenta em hospitais que executam os exames em seus laboratórios. No laboratório de patologia, alcançou-se a redução do tempo de execução do exame, diminuição de erros, melhor utilização do espaço e aumento da produtividade, sem a realização de investimentos (CLARK; SILVESTER; KNOWLES, 2013). Foi aplicado para o aumento da produtividade e redução do tempo de retorno num laboratório de imagem de uma clínica ginecológica (WONG et al., 2012). Foi realizado para o aumento de produtividade e redução do tempo de permanência num laboratório de histologia e patologia, assim como a satisfação do cliente em alto nível (SERRANO et al., 2010).

A ferramenta foi utilizada numa diversidade de clínicas, hospitais clínicos e hospitais de emergência, para a redução do tempo de espera do paciente e o tempo do exame numa clínica de otorrino, além da redução da movimentação do paciente com o comprometimento da liderança e trabalhadores (LIN et al., 2013). Na melhoria na eficiência da chegada do paciente para o preparo operatório num hospital de cirurgia vascular, com significativa redução de custo (WARNER et al., 2013). Na redução do tempo da necessidade da aplicação (*door-to-needle)* vascular em uma clínica de AVC sem comprometer a segurança do paciente (FORD et al., 2012). No aumento da capacidade de cirurgias num hospital de clínica geral sem o crescimento do contingente de recurso humano (SCHWARZ et al., 2012). Na área de suprimentos de *stents* para cirurgia do coração, com eliminação de perdas de tempo no fluxo interno reduzindo o estoque pela implantação do sistema consignado, ou seja, puxado (TEICHGRÄBER; BUCOURT, 2012). Na redução do custo do medicamento e melhoria da eficiência de sua utilização num hospital pediátrico (HOMMEDIEU; KAPPELER, 2010). Na redução do tempo de permanência numa emergência de uma clínica de traumatologia, aumentando o valor para o paciente (DICKSON et al., 2009a).

Alguns pesquisadores preferiram adotar um conjunto de ferramentas e os 14 princípios do STP para abordarem em seus trabalhos (LIKER, 2005), obtendo redução de tempo de exames de laboratório de um hospital infantil universitário, assim como a redução de espaço pela análise do *layout* e redução de custo (RUTLEDGE; XU; SIMPSON, 2010). Na aplicação

de análise e solução de problemas conquistando a redução de custo em hospital de cirurgia do coração (CULIG et al., 2011). Na redução de custo pela padronização de procedimentos em hospitais de cirurgias (LANGELL et al, 2016). Por último, na redução de desperdício pela aplicação do *kaizen* (AGARWAL et al., 2016).

2.4 SIMULAÇÃO POR EVENTOS DISCRETOS

É uma das técnicas da pesquisa operacional que a área da saúde tem recorrido para melhorar a sua entrega para os pacientes. Tem sido utilizada como suporte para analisar o fluxo de processos que envolvem um hospital, produzindo bons efeitos imediatos através da uniformização de ideias, fornecendo subsídios para tomada de decisão antes da alteração definitiva da realidade, além de eliminar o ceticismo (BARIL et al., 2016).

Baril et al. (2016) aplicou esta técnica numa clínica de hematologia e oncologia, envolveu uma equipe multidisciplinar composta por pessoas da universidade, um facilitador do *lean,* funcionários e gerente da clínica, gestores do hospital e uma equipe *kaizen* composta por duas enfermeiras, um escriturário, dois médicos, farmacêuticos, balconistas, farmacêuticos assistentes. Utilizou-se da metodologia do *lean six sigma* com as fases de Definir, Medir, Analisar, Implantar e Controlar (DMAIC). Empregou um evento *kaizen* com a metodologia jogo de negócios, trazendo bons resultados como a redução do tempo de processamento dos exames e integração de todos os participantes da clínica pela geração de ideias e sua verificação imediata na simulação dos cenários. Contudo, os autores afirmam que poucos estudos seguem esta estrutura de utilização conjunta da simulação e *lean*.

Abordagem diferente foi utilizada por Robinson et al. (2012), que aplica o modelo de simulação antes do evento *kaizen,* ou seja, as técnicas são desenvolvidas antes de submetê-las à equipe e foram denominadas pelos autores de *Simlean* educação, *Simlean* facilitação, *Simlean* avaliação, demonstrando a integração das técnicas do *lean* e simulação.

Numa clínica de colonoscopia foram obtidos bons resultados no tempo de atendimento pela alteração de chegada de pacientes através da simulação por eventos discretos. Recomendam a ampliação da utilização desta técnica da pesquisa operacional para provocar mais benefícios para a área da saúde (BERG et al., 2010).

O método *PartSim* desenvolvido por Tako e Kotiadis (2015) utiliza uma combinação conceitual de paradigmas da simulação por eventos discretos (*hard*) e a modelagem do sistema (*soft*), ou seja, uma combinação de paradigmas e metodologias múltiplas. Na prática, reúnem o conhecimento dos profissionais da área da saúde com profissionais da área de

modelagem em quatro workshops, na qual todas as definições e decisões são organizadas em conjunto. Este método *PartSim* é definido como um modelo participativo e facilitativo de uma estrutura da simulação por evento discreto.

Um modelo parecido com o anterior foi desenvolvido por Kotiadis, Tako e Vasilakis (2014) na qual foi proposta uma estrutura com participação e facilitação dos profissionais da área da saúde desde o desenvolvimento do modelo conceitual do evento em duas etapas de encontros de trabalho. Considerou-se todo o conhecimento tácito sobre o evento, propiciando o comprometimento destes profissionais e o seu engajamento para o desenvolvimento do sentimento de propriedade do projeto, facilitando a validade, dando credibilidade, utilidade e viabilidade do modelo.

Franco e Montibeller (2010) propõem uma estrutura de um modelo de facilitação com a participação do cliente na definição do problema junto a um modelador facilitador, que se incumbe de desenvolvê-lo no modo diferenciado do modelador tradicional, chamado de especialista, normalmente adotado por consultores contratados da pesquisa operacional. A diferença principal está no relacionamento constante e direto em todas as fases do processo, realizado pelo modelador facilitador.

A participação e comprometimento ativo dos profissionais em todas as fases da simulação devem ser contemplados no mapa de fluxo de valor, a utilização destes deve ser na linha de frente e jamais podem ser postos no plano secundário, sob o risco de comprometimento dos futuros desenvolvimentos pela redução da motivação. Ademais, o desenvolvimento de alternativas está muito dependente destes profissionais. O aprendizado proporcionado pela utilização do arsenal de ferramentas da metodologia *lean* aplicados num hospital de atendimento em emergência reduziu o desperdício de tempo e alterou o *layout* para melhor aproveitamento do espaço e encurtamento das distâncias percorridas (KHURMA; BACIOIU; PASEK, 2008).

2.4.1 Integração da Simulação com *VSM*

Baril et al. (2016) enfatizam que no segmento da saúde poucas pesquisas foram encontradas envolvendo a utilização em conjunto das técnicas de melhoria e simulação, sendo, portanto, menor ainda a quantidade de pesquisas enfocando a simulação em conjunto com o *VSM*, sendo esta última uma das ferramentas empregadas no *lean*. Estes autores utilizam a metodologia DMAIC e a integração ocorre na fase de análise para avaliar os

cenários de melhoria antes do evento de criação de melhoria contínua (*kaizen*) e medir o impacto das ideias derivadas no evento *kaizen*.

Segundo Robinson et al. (2012) demonstraram que o *lean* e a simulação são metodologias complementares e que raramente são utilizadas em conjunto, mesmo que tenham os mesmos objetivos de melhorar os processos e a entrega dos serviços. A integração das duas metodologias decorre da necessidade de se transpor o mapa de fluxo de valor em um ambiente de modelagem computacional para possibilitar a Educação, Facilitação e Avaliação.

Por outro lado, em áreas fora do âmbito da saúde foram encontrados pelo menos 44 artigos nos quais foram utilizadas as técnicas do *VSM* em conjunto com a simulação.

Foram aplicados o *VSM* e a simulação por evento discreto num laboratório de cateterismo cardíaco, com o objetivo de propor alternativas para a redução do tempo de permanência. Resultaram em expressiva quantidade de possibilidades, auxiliando no convencimento da gestão do hospital a adotar a técnica *lean* na jornada da melhoria contínua (RAGHAVAN et al., 2010). A integração das duas metodologias ocorre após o desenvolvimento do *VSM* atual, tendo sido validado em comparação com os dados reais da saída de pacientes atendidos.

Proposições de alternativas para redução do tempo de permanência, redução do tempo de espera e eliminação de valor não agregado, compuseram o resultado do estudo de outro laboratório de cateterismo cardíaco com a utilização do *VSM* e simulação (VENKATADRI et al., 2011). A integração entre as metodologias ocorre logo após o desenvolvimento do *VSM* do cenário atual.

Outros estudos empregando a simulação e *VSM* foram encontrados na literatura, como a melhoria no tempo de espera num hospital de emergência e elevação no nível de serviço (WANG et al., 2015). A integração entre as metodologias ocorre logo após o *VSM* atual, com a verificação e validação confrontada com a realidade.

Redução do ciclo de análise do laboratório e do tempo de espera, utilizando o conceito puxado pelo cliente (YANG et al., 2015). A integração ocorre durante a análise e desenvolvimento de cenários dos *VSM* atual e futuro.

Robinson et al. (2014) em sua pesquisa numa clínica de oftalmologia, constatou-se que a integração das duas metodologias ocorre logo após o *VSM* do primeiro dia de trabalho em equipe, passando por entendimento do modelo, validação no segundo dia e solução de problema e implantação no terceiro dia.

Em resumo, afirmam Bal, Ceylan e Taçoglu (2017) que a integração entre as metodologias ocorrem devido:

a) os eventos proporcionados pelo *lean* seguirem uma sequência estocástica e ocorrerem numa ordem cronológica baseada no tempo;
b) aos testes dos cenários realizados num ambiente virtual sem modificar a realidade;
c) a visualização rápida e fácil da utilização dos recursos.

Bal, Ceylan e Taçoglu (2017) utilizaram *VSM* e simulação por evento discreto para melhorar a eficiência do departamento de emergência, e a integração ocorreu logo após o *VSM* futuro com dois cenários propostos de melhoria. Ressaltaram a relevância da utilização das metodologias em conjunto para identificar as causas da superlotação da emergência, criar um fluxo balanceado dos pacientes e reduzir o tempo de espera.

2.4.2 Utilização da simulação por evento discreto na área da saúde

Pela flexibilidade e facilidade a simulação por evento discreto passou a ser uma técnica de modelagem preferencial (MIELCZAREK; MYDLIKOWSKA, 2012). Possibilitou sua aplicação na área da saúde para dimensionar a quantidade de leitos numa unidade de tratamento de acidente vascular cerebral (AVC), assim como para verificar o impacto do aumento na quantidade de pacientes (GOLDBERG et al., 2014). Para desenvolver o *stratBam* e dimensionar a capacidade leitos de um hospital (DEVAPRIYA et al., 2015). Para dimensionar o serviço de atendimento de unidades móveis em um hospital de emergência (ABOUELJINAME et al., 2014). Para estudar o tempo de permanência e espera num hospital de acidente vascular cerebral (CHEMWENO et al., 2014). Para estudar o fluxo de pacientes em hospitais (BHATTACHARJEE; RAY, 2014). Para avaliar o tempo de atendimento, a quantidade de pacientes atendidos pelo médico e a proporção de tempo ocupado pelo médico (BARIL; GASCON; CARTIER, 2014). Para estudar a redução do tempo de espera em clínica oftalmológica com equipe de enfermeiras, gerentes e pesquisadores, num *workshop* facilitado (ROBINSON et al., 2014). Para dimensionar a capacidade dos equipamentos para pacientes com AVC (CHEMVENO et al., 2014). Para estudar o impacto da implantação de novas enfermarias num hospital ambulatorial ortopédico (WEERAWAT; PICHITLAMKEN; SUBSOMBAT, 2013). Para estudar a redução do tempo de permanência adicionando um provedor de triagem em um hospital de emergência (DAY; AL-ROUBAIE; GOLDLUST, 2013). Para estudar o melhor local para as ambulâncias em hospital de primeiro socorro (ABOUELJINANE; SAHIN; JEMAI, 2013). Para estudar o fluxo completo de um hospital de emergência (ABO-HAMAD; ARISHA, 2013). Para examinar o fluxo de pacientes lotados num hospital acadêmico urbano de emergência (HAMROCK et al., 2013). Para dimensionar a

quantidade de médicos, enfermeiras e *scanner* (ZENG et al., 2012). Para reduzir o tempo de espera e permanência numa clínica oftalmológica (ARAIDAH; BORAN; WAHSHEH, 2012). Para avaliar a influência das condições ambientais sobre as crianças num hospital de asma (FABIAN et al., 2012). Para atender os objetivos da gestão estratégica (SOBOLEV; SANCHEZ; VASILAKIS, 2011). Para estudar o tempo de espera e permanência numa clínica ortopédica (ROHLEDER et al., 2011). Para avaliar o projeto do prédio através do fluxo de pacientes (PARKS et al., 2011). Para avaliar a programação e recursos disponíveis num ambulatório clínico de pacientes ortopédicos (WHITE; FROEHLE; KLASSEN, 2011). Para estudar a melhora da utilização pré e pós-cirurgia num hospital com diversas especialidades (STEINS; PERSSON; HOLMER, 2010).

2.5 CUSTOS DO DISPOSITIVO DE ECA

Este capítulo apresenta alguns aspectos da literatura sobre os custos do dispositivo de ECA para auxiliar os profissionais do hospital objeto deste estudo a terem uma base para o convencimento dos gestores que decidem por limitar os recursos financeiros na sua aquisição.

A proporção de pacientes que requerem implante de dispositivo de ECA varia entre os países, como por exemplo, nos EUA é de 1,9% e na Itália é de 5,6% da população acima de 20 anos (PEDRETTI et al., 2010). Estas cifras podem ser maiores pelos registros catalogados por vários países, pois muitos pacientes são dispensados sem a correta avaliação do momento apropriado para o implante, requerendo mais investigação numa base de dados aprimorada (AMBROSY et al., 2014).

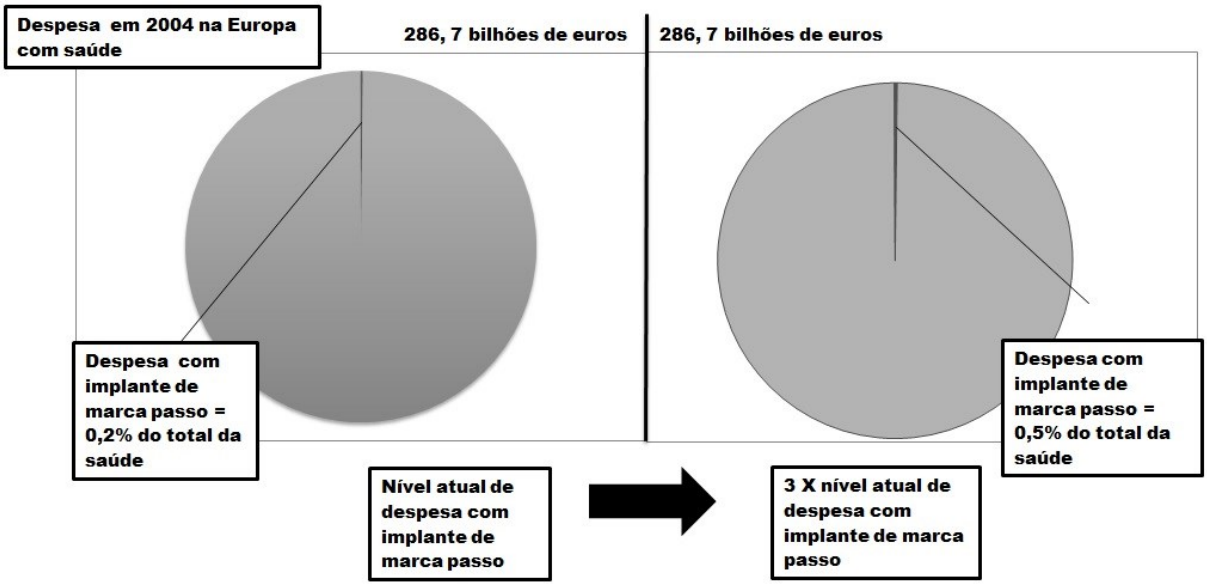
O Brasil figura na liderança dos encargos com a insuficiência cardíaca na América Latina, cuja distribuição destes custos se divide em 14% para custos indiretos e 86% para custos diretos. Os custos diretos são compostos por despesas do hospital com os serviços, medicações, custos com os médicos, custos primários da saúde e acompanhamento. Os custos indiretos são as despesas da perda de produtividade resultado da morbidade e mortalidade, auxílio doença e seguro saúde (COOK et al., 2014). Tais custos apresentam maior incidência na cirurgia do implante do dispositivo de ECA e menor durante o acompanhamento posterior à saída do hospital (BRAUNSCHWEIG; COWIE; AURICHIO, 2011).

O custo efetivo da terapia da implantação do dispositivo de ECA é favorável em relação à terapia medicinal por drogas utilizando-se como fator de análise o QALYs (*Quality Adjusted Life Years*) e os anos de vida do paciente, para estudos conduzidos no Reino Unido (YAO et al., 2007) e no Brasil (RIBEIRO et al., 2010). Por outro lado, Garcia-Pérez et al.

(2015) apresentou em seu trabalho que um conjunto de pesquisas realizadas em países desenvolvidos comprovou a efetividade do custo da terapia do dispositivo de ECA quando a prevenção é secundária, e para o conjunto total de países a análise do custo requer mais investigação para diferentes subgrupos de pacientes, quando a prevenção é primária. Em pesquisa mais recente realizada no Reino Unido confirmou a vantagem da terapia do dispositivo de ECA em relação à terapia medicinal, considerando o custo efetivo, os fatores QALYs e anos de vida (MEALING et al., 2016). Já Atherton et al. (2016) sugerem a implantação de política de liberação do paciente no mesmo dia da cirurgia como forma de redução do custo do implante do dispositivo de ECA.

Diante deste quadro, administradores da área de saúde, médicos e outros agentes que decidem sobre a destinação dos recursos, olham com ceticismo para a terapia do dispositivo de ECA, porém sem considerarem o aspecto geral da área de saúde. Na figura 4 está demonstrado o estudo realizado na Europa, o qual revelou que o montante total dispendido nas cirurgias, incluindo seu acompanhamento, totaliza um montante de 0,2% quando comparado com a despesa total na área de saúde. Triplicando-se o número de pacientes atendidos com esta terapia, o montante atinge somente a taxa de 0,5%, indicando aos administradores, médicos e agentes da saúde que a estratégia de direcionar mais recursos para o implante do dispositivo de ECA é um caminho promissor. Nestas análises não foram incluídos os aspectos dos benefícios do aumento do tempo de vida e nem a qualidade de vida (CAMM; KLEIN; NISAM, 2007).

Figura 4 - Custo relativo do dispositivo de ECA e total de custo da área de saúde na Europa



Fonte: Autor “adaptado de” Camm; Klein; Nisam, 2007, p. 39

3 METODOLOGIA

Para auxiliar os gestores das áreas de produtos e serviços na tomada de decisão, a engenharia de produção utiliza um conjunto de técnicas da pesquisa operacional e particularmente a modelagem e simulação computacional desde o seu surgimento na década de 1960/70. Dificuldades de capacidade dos *hardwares* foram sendo superadas incluindo o desenvolvimento de *softwares* que permitem que a modelagem seja rápida mesmo para sistemas de alta complexidade, podendo ser aplicada em diversas áreas (ARENALES, 2007; MIGUEL et al. 2012).

A partir de 1990 os *softwares* de simulação atingiram um bom grau de maturidade, permitindo que a dedicação do tempo dispendida nas pesquisas seja investida nas análises do resultado e menos na programação. Com base em um modelo matemático computadorizado integrado ao *Windows* é possível inserir sistemas complexos sem interferir no mundo real, permitindo que se analisem os resultados e se formulem alternativas para sua melhoria (MARTINS; MELLO; TURRIONI, 2014).

Banks J. (1998) afirma que a simulação é uma representação de um processo ou sistema existente no mundo real, cuja metodologia é indispensável para resolução de problemas reais através da análise de comportamento, desenvolvendo perguntas "o que" e "se" acerca do sistema, ajudando na criação de cenários para a evolução do sistema real.

O modelo quantitativo foi elaborado através da análise de publicações dos últimos dez anos (2007-2017), utilizando palavras-chave como: *lean hospital, value stream mapping, surgery cost, healthcare simulation.* As principais fontes de pesquisa foram: *Scopus*; *Web of Sciense;* Portal Periódicos CAPES.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO MODELO DE PESQUISA

Segundo Miguel et al. (2012) definem que os "modelos quantitativos são modelos abstratos descritos em linguagem matemática e computacional, que utilizam técnicas analíticas (matemáticas, estatísticas e experimentais de simulação) para calcular valores numéricos das propriedades do sistema composto de componentes ou entidades interativos".

Martins, Mello e Turrioni (2014) explicam que os sistemas podem ser discretos ou contínuos, ou uma combinação de ambos. Os sistemas discretos são aqueles em que as variáveis assumem valores finitos ou infinitos numeráveis, e os sistemas contínuos são aqueles em que as variáveis mudam continuamente com o tempo. Os modelos determinísticos

são caracterizados pelas variáveis que dão entrada no sistema por serem exatos. Quando se utiliza uma distribuição de probabilidades para os valores de entrada o modelo passa a se denominar modelo estocástico. O modelo é estático quando os modelos de simulação representam o sistema sem levar em conta sua variabilidade com o tempo. O modelo é dinâmico quando representa o sistema a qualquer tempo. Quando se deseja estudar a simulação em um determinado intervalo de tempo o modelo é considerado terminante. Em oposição, quando se deseja estudar a partir de um momento até atingir um estado estável o modelo é não terminante, conforme se demonstra na tabela 10.

Tabela 10 - Conceito de simulação computacional

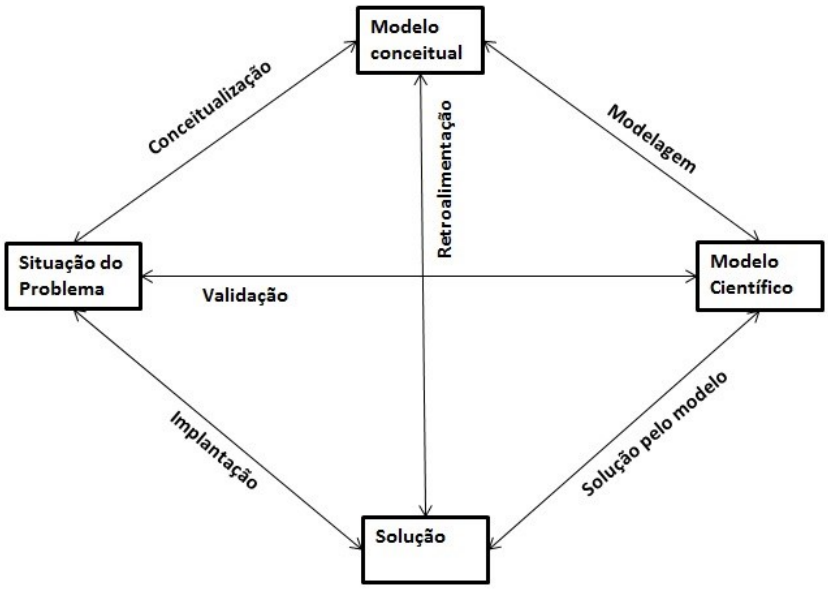
SISTEMA	MODELO		SIMULAÇÃO
DISCRETO: Variáveis envolvidas assumem valores finitos ou infinitos numeráveis.	DETERMINÍSTICO: Variáveis assumem valores determinados	ESTÁTICO: Estuda o sistema sem levar em conta sua variabilidade com o tempo.	TERMINANTE: Há interesse em se estudar o sistema num dado intervalo de tempo.
CONTÍNUO: Variáveis mudam constantemente com o tempo	ESTOCÁSTICO: Variáveis assumem valores diversos segundo uma determinada distribuição de probabilidades	DINÂMICO: Representa o sistema a qualquer tempo	NÃO TERMINANTE: Há interesse em estudar o sistema a partir de um determinado estado estável, podendo o estudo prolongar-se indefinidamente.

Fonte: Autor “adaptado de” Martins; Mello; Turrioni, 2014

Esta pesquisa segue uma abordagem de um modelo discreto, determinístico, estático e terminante.

Segundo Bertrand e Fransoo (2002) as pesquisas quantitativas devem seguir os modelos empírica descritiva, empírica normativa, axiomática descritiva ou axiomática normativa. Os autores basearam-se no modelo de pesquisa para simulação da figura 5 elaborada por Mitroff et al. (1974) para definirem a classificação da operacionalização da pesquisa.

Figura 5 - Modelo de pesquisa para simulação



Fonte: Autor "adaptado de" Mitroff et al., 1974, p. 48

Na empírica descritiva, o pesquisador segue as fases de conceitualização, modelagem e validação, pela representação do objeto a partir de dados reais.

Na empírica normativa, o pesquisador segue as fases de conceitualização, modelagem, validação e implantação, pela representação generalizada de todas as situações possíveis do objeto de estudo, ou seja, com todas as variáveis existentes do objeto representadas.

Na axiomática descritiva, o pesquisador consegue representar o objeto de estudo através de um modelo matemático, partindo de um modelo conceitual, elaborando um modelo científico, ganhando maior conhecimento a partir dele, avançando para a fase de solução pelo modelo, concentrando na fase de modelagem.

Na axiomática normativa, o pesquisador parte diretamente para a solução do modelo matemático, usando somente as fases de modelagem e solução pelo modelo.

Esta pesquisa segue a classificação de operacionalização em empírica descritiva.

3.2 OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA

O hospital pesquisado é uma autarquia estatal, um organismo público que atende a várias demandas com os seguintes dados do ano de 2015: 222 mil consultas médicas, 14 milhões de atendimentos multiprofissionais, 13 mil internações, 4,5 mil cirurgias, 3,4 milhões de exames de análises clínicas e 194 mil exames de diagnósticos de alta complexidade.

O centro cirúrgico deste hospital possui diversas especialidades no trato das insuficiências do coração, assim como profissionais especializados e dedicados para cada intervenção cirúrgica. O foco desta pesquisa está concentrado na unidade do centro cirúrgico de ECA.

3.2.1 Conceitualização

Com o objetivo de avaliação do desempenho do centro cirúrgico de ECA, motivado pela declaração do problema de aumento de pacientes aguardando cirurgias numa fila virtual no setor de programação e a necessidade do uso de outras técnicas, a princípio foram instruídos os detalhes do funcionamento das técnicas do *VSM* e simulação por eventos discretos pelo pesquisador a um grupo de profissionais do centro cirúrgico de ECA composta do cirurgião coordenador, programadora, profissional de suprimentos e farmácia, que referendaram os trabalhos.

Este hospital não passou por nenhum processo de implantação das técnicas do *lean* e simulação, e desta forma a abordagem seguiu a uma adaptação sugerida por Curatolo et al. (2013) utilizando uma única unidade de análise, um único fluxo de processo operacional e um nível intermediário entre micro e mediano do "sistema dirigido" de Edwards e Nielsen (2011) e Souza (2009), ou seja, desenvolvimento do mapa do fluxo de valor do paciente no centro cirúrgico de ECA com simulação de cenários e com foco no desempenho na quantidade de cirurgias.

Este modelo estrutural se aproxima de Franco e Montibeller (2010) uma vez que o pesquisador atuou como facilitador do modelo de simulação, buscando a definição do objetivo junto ao coordenador do centro cirúrgico de ECA, assim como o sua aprovação para o modelo conceitual e validação. O mapa do fluxo de valor atual foi desenvolvido pelo pesquisador e apresentado ao coordenador do centro cirúrgico de ECA, tendo sido explanado toda conceituação do *VSM,* fornecendo subsídios para que a classificação da agregação e não agregação de valor fosse facilitada e absorvida, de modo que se desenvolvessem alternativas de cenários para a simulação futura. Esta abordagem diferiu das desenvolvidas até então, pois o mapa do fluxo de valor futura foi suprimida, como é requerida no *lean* e constou de etapa concomitante à simulação de cenário proposto, sendo então possível visualizar diretamente o resultado, antes de testes reais.

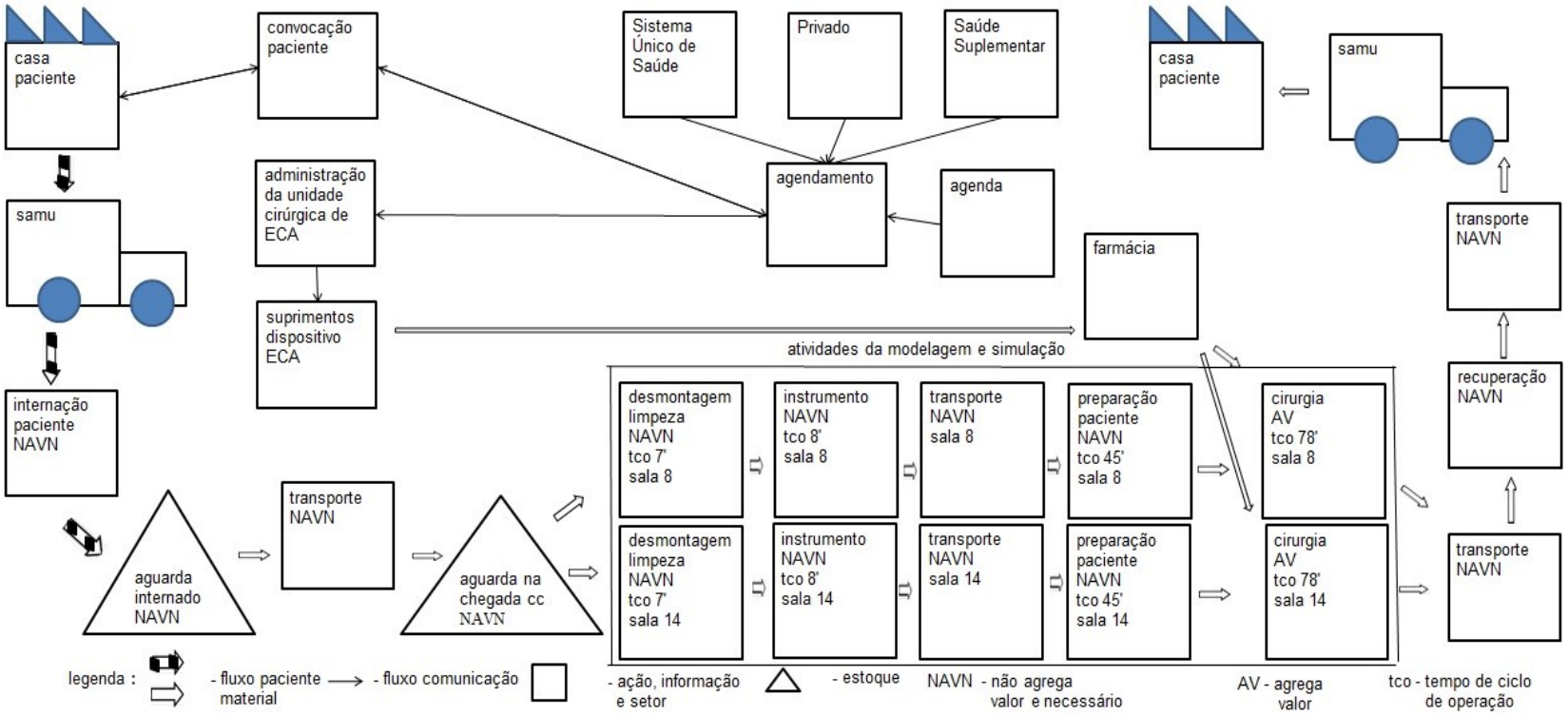
A abordagem para a técnica da simulação também foi diferente da literatura, cuja metodologia diferiu das aplicadas por Baril et al. (2016), Robinson et al. (2014), Tako e

Kotiadis (2015) e Kotiadis, Tako e Vasilakis (2013). A modelagem se apoiou no mapa atual de fluxo valor e foi desenvolvida, facilitada e apresentada ao coordenador do centro cirúrgico de ECA para a sua validação e extração de dados do modelo simulado, para a decisão de escolha de alternativas de cenários combinada com a especialidade médica.

3.2.1.1 Mapa do fluxo de valor do estado atual do paciente e dispositivo

Baseando-se nas informações fornecidas pelos profissionais dos departamentos de programação, suprimentos e farmácia, foi desenhado o mapa do fluxo de valor da informação do paciente e do dispositivo de ECA. Através das observações realizadas no centro cirúrgico de ECA, foi desenhado o mapa do fluxo de valor do processo do paciente. O centro cirúrgico de ECA faz parte de um complexo de cirurgia compostas de várias especialidades e divididas por salas de cirurgia. As salas que foram objeto de análise recebem a denominação de sala 8 e 14. O mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente e dispositivo de ECA está ilustrado na figura 6.

Figura 6 - Mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente e dispositivo



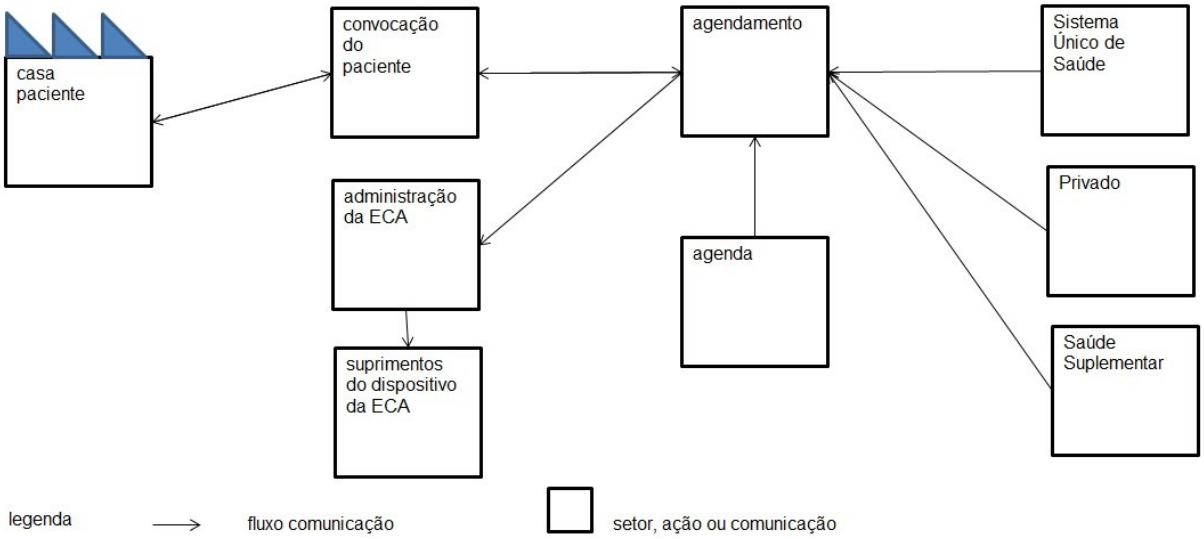
Fonte : Autor

A essência da avaliação do fluxo de valor é identificar as operações que agregam valor (AV), as que não agregam valor e necessárias (NAVN) e as que não agregam valor e são desnecessárias (NAVD), de modo a desenvolver alternativas de solução para as que representam perdas, ou seja, as NAV (ROTHER; SHOOK, 2003). O conceito de (AV) definido pelo *lean* é a operação que transforma o valor do produto ou serviço, e no caso da cirurgia, é o paciente (ROTHER; SHOOK, 2003).

3.2.1.2 Mapa do estado atual do fluxo de valor da informação

O fluxo da informação está representado por uma seta em linha contínua e linear conforme ilustrado na figura 7, cujo significado é de um sistema de comunicação manual, ou seja, ocorrem manuseios dos dados da comunicação, indicando um potencial de surgimento de problemas (ROTHER; SHOOK, 2003).

Figura 7 - Mapa do estado atual do fluxo de valor da informação



Fonte: Autor

A situação real apontada pelo departamento de programação é que existe um acúmulo de pacientes aguardando as intervenções cirúrgicas de ECA, provocada pela demanda maior do que a capacidade do centro cirúrgico de ECA. As demandas são provenientes do Sistema único de Saúde (SUS), do setor Privado e da Saúde Suplementar. As intervenções são classificadas como troca de gerador, implante de gerador de pulso de câmara única ou dupla, implante de gerador de pulso multisítio, implante de gerador de pulso cardioversor desfibrilador câmara única ou dupla, implante de gerador de pulso cardio desfibrilador

multisítio e troca de eletrodos. As demais intervenções são adicionais a implante de gerador de todos os tipos como descrito a seguir: substituição da válvula aórtica e instalação do circuito de circulação extracorpórea convencional, plástica de loja de gerador de pulsos, correção do arco aórtico, instalação do circuito de circulação extracorpórea convencional e drenagem do pericárdio e drenagem pleural, cateterismo da artéria radial e passagem de cateter central, toracotomia exploradora e drenagem do pericárdio e drenagem pleural, troca de válvula tricúspide e criação/ampliação de comunicação interatrial, simpatectomia torácica, tratamento cirúrgico da válvula mitral e outros procedimentos da válvula tricúspide e drenagem pleural.

O setor de agendamento convoca o paciente conforme a prioridade clínica estabelecida pelo departamento clínico de ECA, ao mesmo tempo em que informa à administração do centro cirúrgico de ECA a vinda do paciente. A quantidade de pacientes convocados obedece a um cronograma pré-estabelecido pelo coordenador do centro cirúrgico de ECA, estabelecendo-se uma agenda diária. O cronograma de cirurgias é esquematizado de segunda à sexta feira para a sala 8 e segunda e terça feira para a sala 14, conforme tabelas 11 e 12. As salas estão liberadas para trabalho no período de 7 às 19 horas.

Tabela 11 - Programação de chegada do paciente na sala 8

Hora chegada	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07h00min	1 paciente	1 paciente	1 paciente	1 paciente	1 paciente
10h00min	1 paciente	1 paciente	1 paciente	1 paciente	1 paciente
13h30min	1 paciente	1 paciente	1 paciente	0 paciente	0 paciente
16h00min	1 paciente	1 paciente	1 paciente	1 paciente	1 paciente

Fonte: Autor

Tabela 12 - Programação de chegada do paciente na sala 14

Hora chegada	Segunda	Terça
07h00min	1 paciente	1 paciente
10h00min	1 paciente	1 paciente
13h30min	1 paciente	1 paciente

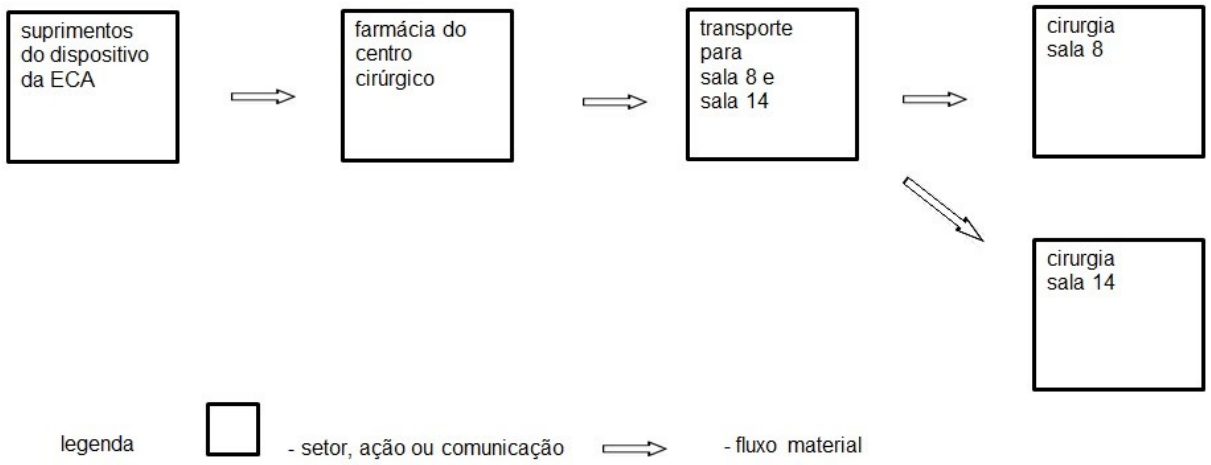
Fonte: Autor

A administração do centro cirúrgico de ECA analisa o prontuário do paciente e solicita ao setor de suprimentos para o envio dos dispositivos e demais acessórios para o setor da farmácia do centro cirúrgico.

3.2.1.3 Mapa do estado atual do fluxo de valor do dispositivo de ECA

O mapa do fluxo de valor do dispositivo de ECA está representado por uma seta com linhas contínuas e paralelas conforme pode ser visto na figura 8, cujo significado é de um processo puxado pelo cliente. A própria concepção da cirurgia obriga a este requisito do *lean*, segundo definição de Graban (2008), o dispositivo de ECA chega à sala no momento da cirurgia.

Figura 8 - Mapa do estado atual do fluxo de valor do dispositivo de ECA



Fonte: Autor

O setor de suprimentos separa o dispositivo de ECA e acessórios e os encaminha para o setor da farmácia do centro cirúrgico, e no momento apropriado libera para as salas 8 e 14 de cirurgia.

A análise do banco de dados do hospital revelou que existe uma distribuição de probabilidade de intervenções cirúrgicas que estão resumidas na tabela 13. Estes dados se referem aos meses de setembro a dezembro de 2016.

Tabela 13 - Probabilidades de procedimentos

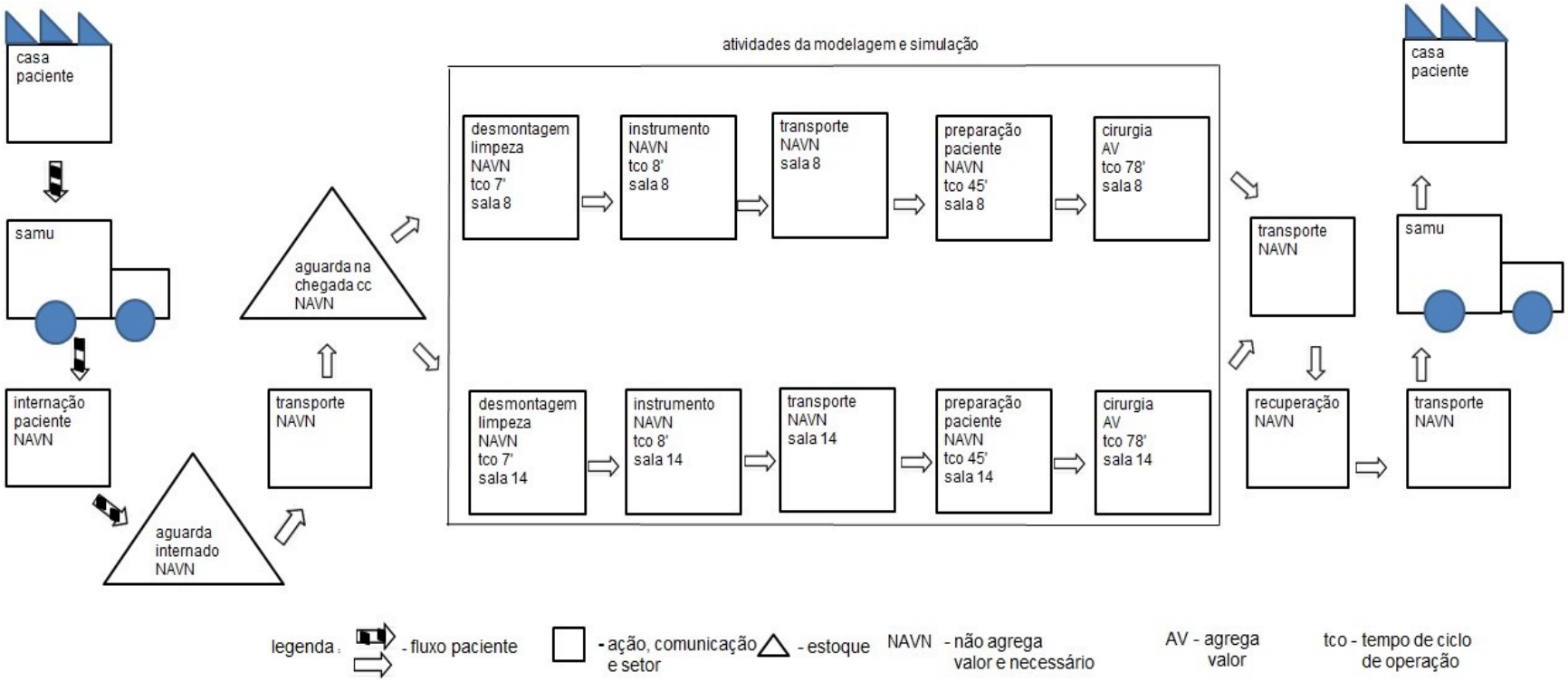
Procedimento	Probabilidade (%)
Troca Tgerador – todos os tipos	39
Implantem – gerador de pulso câmara única ou dupla	44
Implantec – gerador de pulso multisítio	8
Implantea – gerador de pulso cardioversor desfibrilador câmara única ou dupla	6
Implantex – gerador de pulso cardiodesfibrilador multisítio ou troca de eletrodos	3

Fonte: Autor

3.2.1.4 Mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente

O mapa do estado atual do fluxo de valor está demonstrado na figura 9. O paciente chega ao hospital por transporte próprio ou por ambulância no setor de internação, o paciente aguarda internado até o momento da cirurgia, o paciente é transportado por maca apropriada até a sala de chegada do centro cirúrgico para aclimatação do corpo à temperatura requerida. Logo após é encaminhado para a sala 8 (de segunda a sexta-feira) ou para a sala 14 (segunda e terça-feira). As salas recebem limpeza no momento apropriado e montagem dos instrumentos. Uma vez o paciente estando na mesa cirúrgica inicia-se sua preparação com uma equipe composta por um médico anestesista, dois médicos cirurgiões assistentes, uma auxiliar de enfermagem, um técnico de radiologia (requerido quando o procedimento é para implante ou qualquer outro procedimento exceto troca de gerador), um técnico do fabricante e um técnico de instrumentação. Uma vez preparado o paciente o médico cirurgião procede a operação. Foram cronometradas as atividades da equipe de limpeza, desmontagem e montagem dos instrumentos pelo técnico de instrumentação, preparação do paciente pela equipe (médico anestesista, dois médicos cirurgiões assistentes, auxiliar de enfermagem), cirurgia do paciente pelo cirurgião, que estão indicadas por TCO (Tempo de Ciclo da Operação).

Figura 9 - Mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente



Fonte: Autor

Segundo Graban (2008) o conceito de fluxo do paciente é puxado a partir do momento em que ele é transportado para o centro cirúrgico, pela própria característica da natureza da atividade, pois o próximo paciente só é conduzido para o centro cirúrgico quando o paciente atual terminar a intervenção cirúrgica. Em oposição, o conceito é empurrado a partir da saída do paciente da sua residência até o momento em que aguarda internado.

Neste fluxo estão assinaladas as atividades que agregam valor (AV) e as atividades que não agregam valor e necessárias (NAVN).

São possíveis de se determinar, com os dados ilustrados nos mapas, que o *Lead time* (tempo médio consumido por cada paciente) é de 138 minutos e o *Takt time* (tempo demandado na programação para cada paciente) é de 177 minutos.

Lead time = tco desmontagem/limpeza + tco instrumento + tco preparação + tco cirurgia.

Lead time = 7’ + 8’ + 45’ + 78’ = 138 minutos/paciente

Takt time = tempo total disponível dos meses de novembro e dezembro dividido pela quantidade de pacientes programados nos meses de novembro e dezembro.

Takt time = 37.620 minutos/212 pacientes = 177 minutos/paciente

3.2.2 Modelagem no *software*

Para a construção do modelo, utilizou-se as orientações relatadas por Hamrock et al. (2013):

a) as entidades são os elementos que fluem por meio da simulação, sendo geralmente representadas pelos pacientes;
b) os recursos são os elementos demandados pelas entidades em tempos específicos, ou seja, um paciente doente pode demandar múltiplos recursos (recursos humanos, equipamentos);
c) os locais são áreas físicas onde as entidades são processadas;
d) o tempo de serviço ou operação é definido como o tempo necessário para o processamento das entidades nos locais determinados no fluxo;
e) taxas de chegada são definidas como a taxa que as entidades chegam num local específico, como por exemplo: a frequência com que os pacientes chegam ao hospital ou numa agenda de cirurgia;

f) as taxas de chegada, assim como as das operações devem ser representadas com o tempo e a sua distribuição, como por exemplo, exponencial, normal, lognormal e outras.

Para a modelagem no *software Anylogic* 7.3.6, no ambiente *Windows*, foi integrado o mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente da figura 9, considerando que a modelagem se inicia e termina no local da chegada do paciente no centro cirúrgico (indicada como atividades da modelagem e simulação), seguindo as especificações a seguir que foram consideradas no modelo:

a) locais – chegada do paciente, chegada do paciente1, guarda do dispositivo, guarda do dispositivo1, preparação sala 8, preparação sala 14, cirurgia sala8, cirurgia sala 14, saída;
b) entidade – paciente;
c) rede de caminhos – distância percorrida pela enfermeira com paciente: 8 metros para sala 8 e 10 metros para sala 14;
d) atividades – enunciadas na tabela 14 com seus respectivos tempos e distribuições;
e) chegada – o paciente é organizado segundo uma programação do setor de agendamento, seguindo a tabela 11 para a sala 8 e tabela 12 para a sala 14.

Tabela 14 - Atividades e respectivos tempos em minutos

Desmontagem/limpeza da sala	Triangular (7, 8, 9) (min, moda, máx).
Instrumentação	Triangular (6, 7, 8) (mín, moda, máx).
Preparação do paciente	Triangular (43, 45, 47) (mín, moda, máx).
Cirurgia Tgerador	Normal (45, 54) (desvio padrão, média).
Cirurgia implantem	Normal (81, 104) (desvio padrão, média).
Cirurgia implantec	Normal (56, 131) (desvio padrão, média).
Cirurgia implantea	Normal (92, 112) (desvio padrão, média).
Cirurgia implantex	Normal (45, 130) (desvio padrão, média).

Fonte: Autor "adaptado de" planilha do setor de Unidade de Informações Médicas e Hospitalares – UIMH
Legenda: informações obtidas da planilha do profissional do setor UIMH

Segundo definição da *Wikipédia*, a distribuição triangular é normalmente usada quando existe uma ideia subjetiva da população, através dos seus extremos e da sua moda. A distribuição normal é utilizada para modelar fenômenos naturais, através da média e desvio padrão.

Dados de tempos de cirurgia, tempos de preparação do paciente e a quantidade de procedimentos pelo tipo de implante ou troca de gerador foram obtidos do banco de dados do hospital dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2016. A distribuição e os cálculos foram obtidos através do *software statfit3*, conforme descrito na tabela 14 e os tempos foram comprovados por amostragem real de cronometragem. O tempo de transporte pela enfermeira está englobado no tempo de preparação. No modelo de simulação, os procedimentos de implante seguiram uma classificação por probabilidades de acordo com os dados reais históricos ocorridos durante o período citado, conforme ilustração da tabela 13.

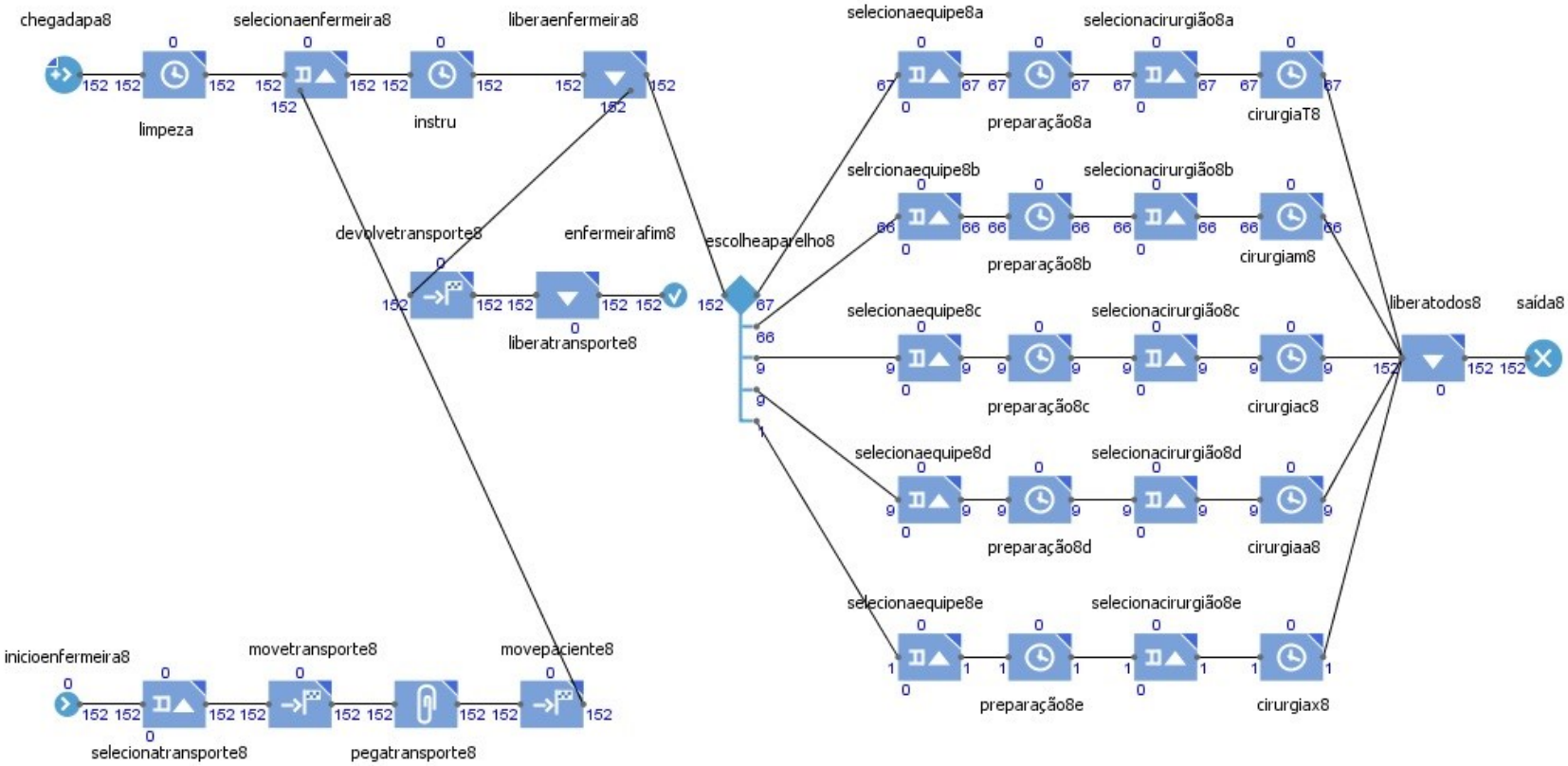
3.2.3 Validação da simulação

A validação da modelagem e simulação foi realizada de acordo com as técnicas contextualizadas por Martins, Mello e Turrioni (2014, p. 116-117): "(1) comparação com o sistema atual; (2) observação de animação e (3) desenvolvimento do modelo juntamente com o usuário".

A análise comparativa das quantidades do cenário atual segue o teste estatístico "t" de *student* obtido do *software Minitab* com nível de significância $\alpha = 0,05$.

Esta simulação foi validada em conjunto com o coordenador do centro cirúrgico de ECA, através da consistência dos dados simulados com o dado histórico do mundo real, nos referidos meses de novembro e dezembro de 2016, conforme ilustrado na tabela 15. Assim como a verificação das etapas ilustradas na figura 10, que representa a simulação do cenário atual da sala 8, e a figura 11 que representa a simulação do cenário atual da sala 14.

Figura 10 - Simulação do cenário atual da sala 8



Fonte: Autor “adaptado de” Anylogic, 2017

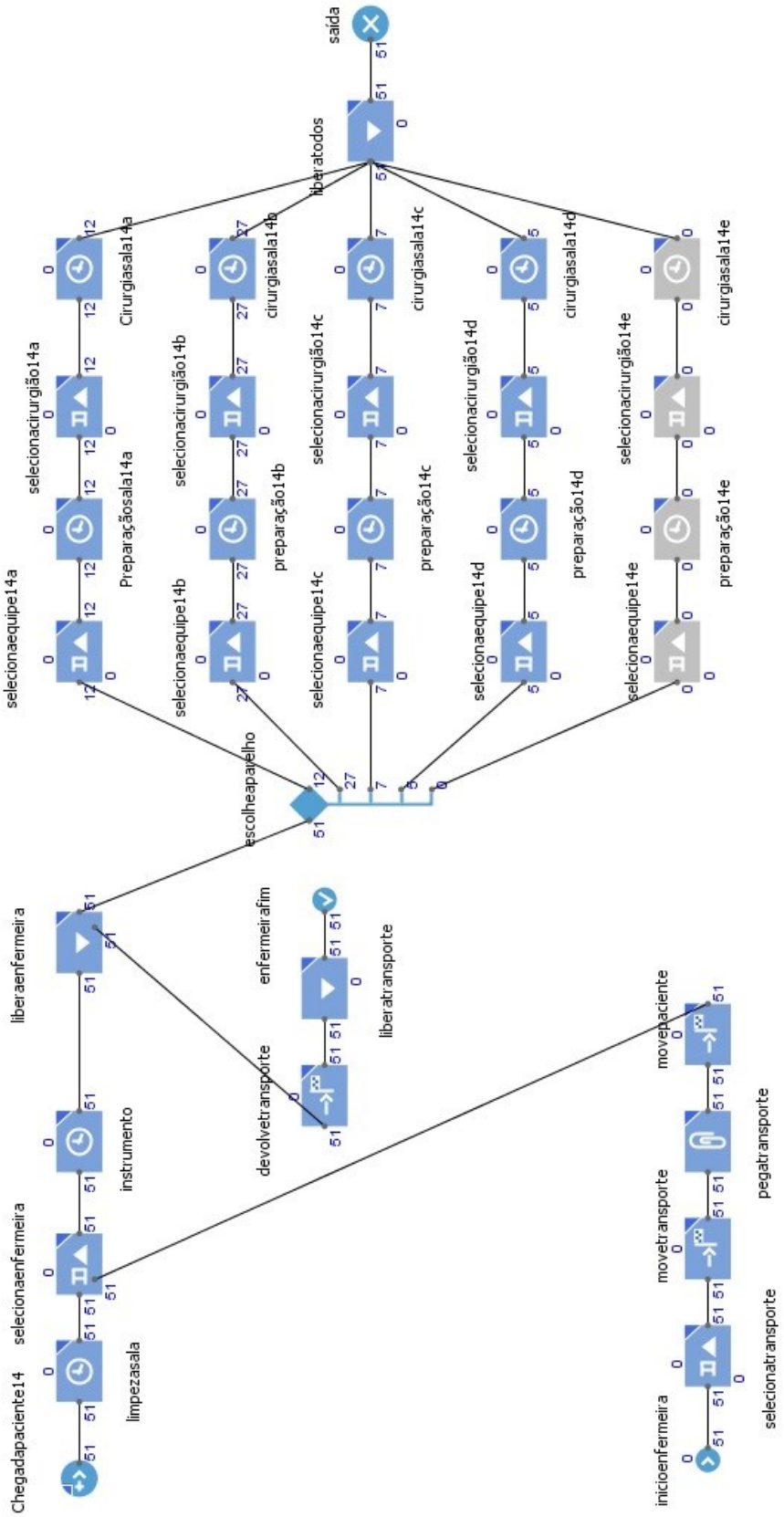


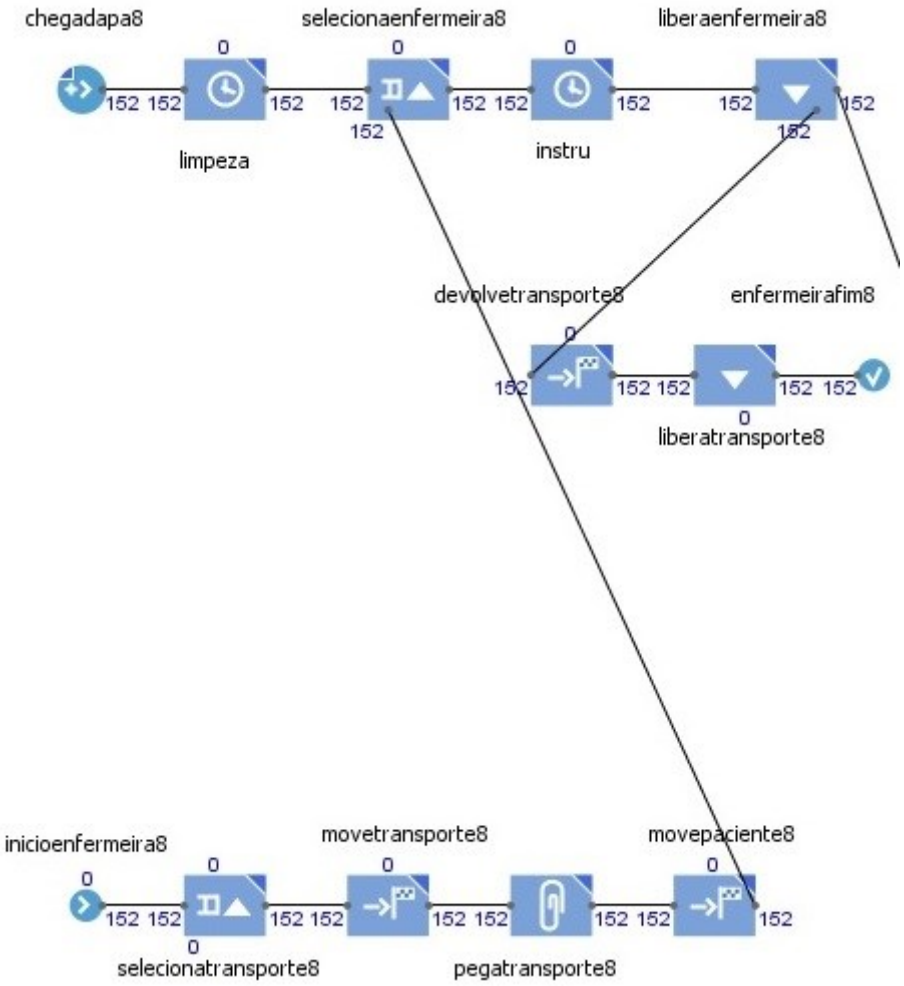
Figura 11 - Simulação do cenário atual da sala 14

Fonte: Autor "adaptado de" Anylogic, 2017

As figuras 12 e 13 ilustram as atividades do fluxo da sala 8 e 14 respectivamente, da limpeza da sala, transporte do paciente pela enfermeira em maca apropriada do local, chegada

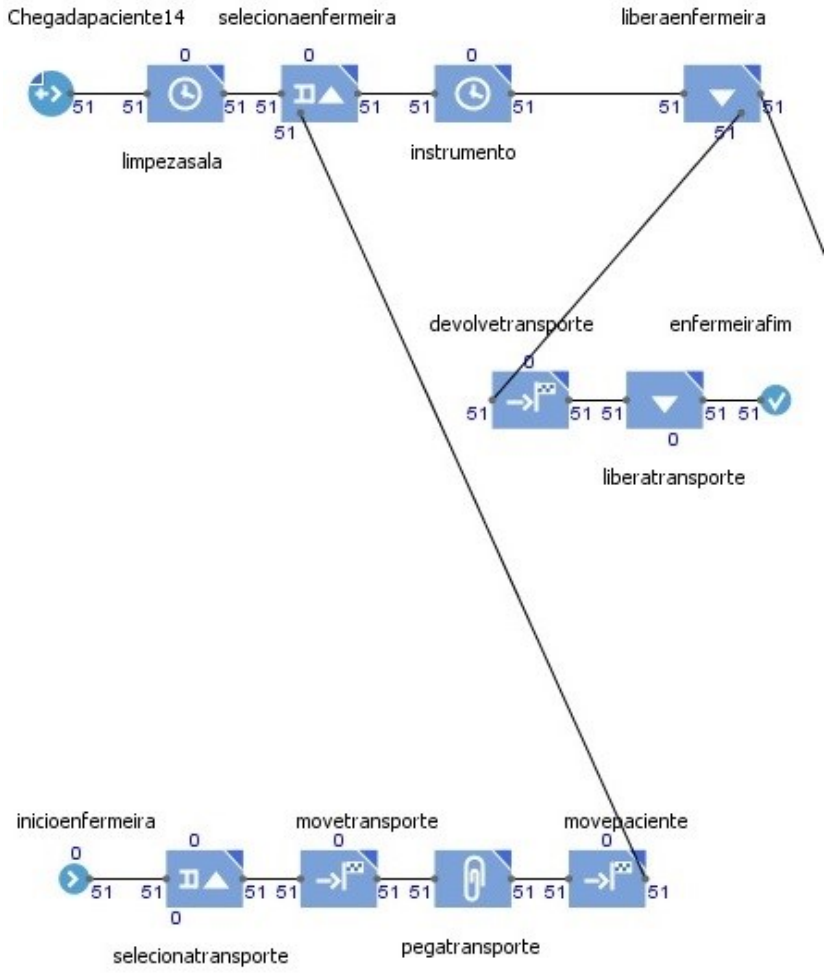
ao centro cirúrgico para a respectiva sala e a montagem dos instrumentos. Após a transferência do paciente da maca para a mesa cirúrgica, a auxiliar de enfermagem retorna com a maca para o local de chegada do paciente.

Figura 12 - Simulação do cenário atual da limpeza, transporte e instrumento da sala 8



Fonte: Autor "adaptado de" Anylogic, 2017

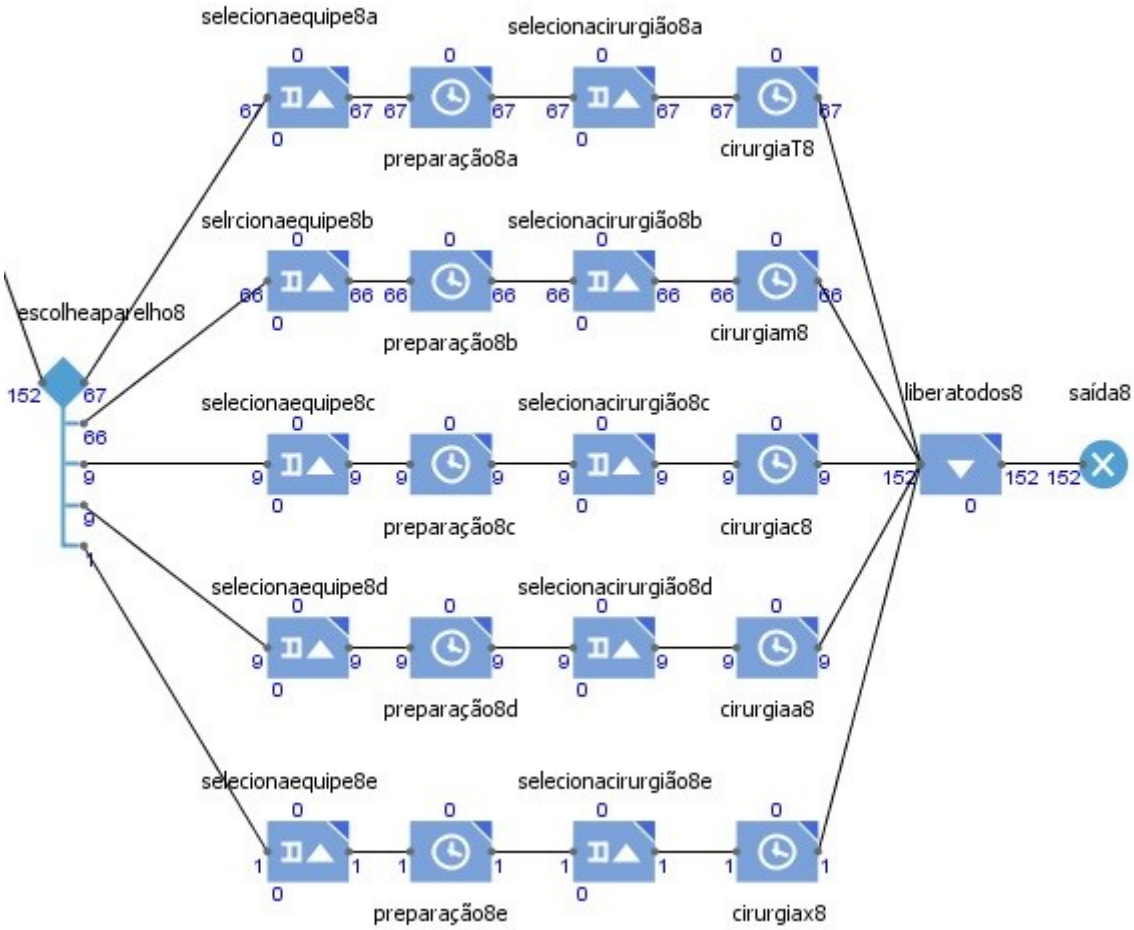
Figura 13 - Simulação do cenário atual da limpeza, transporte e instrumento da sala 14



Fonte: Autor "adaptado de" Anylogic, 2017

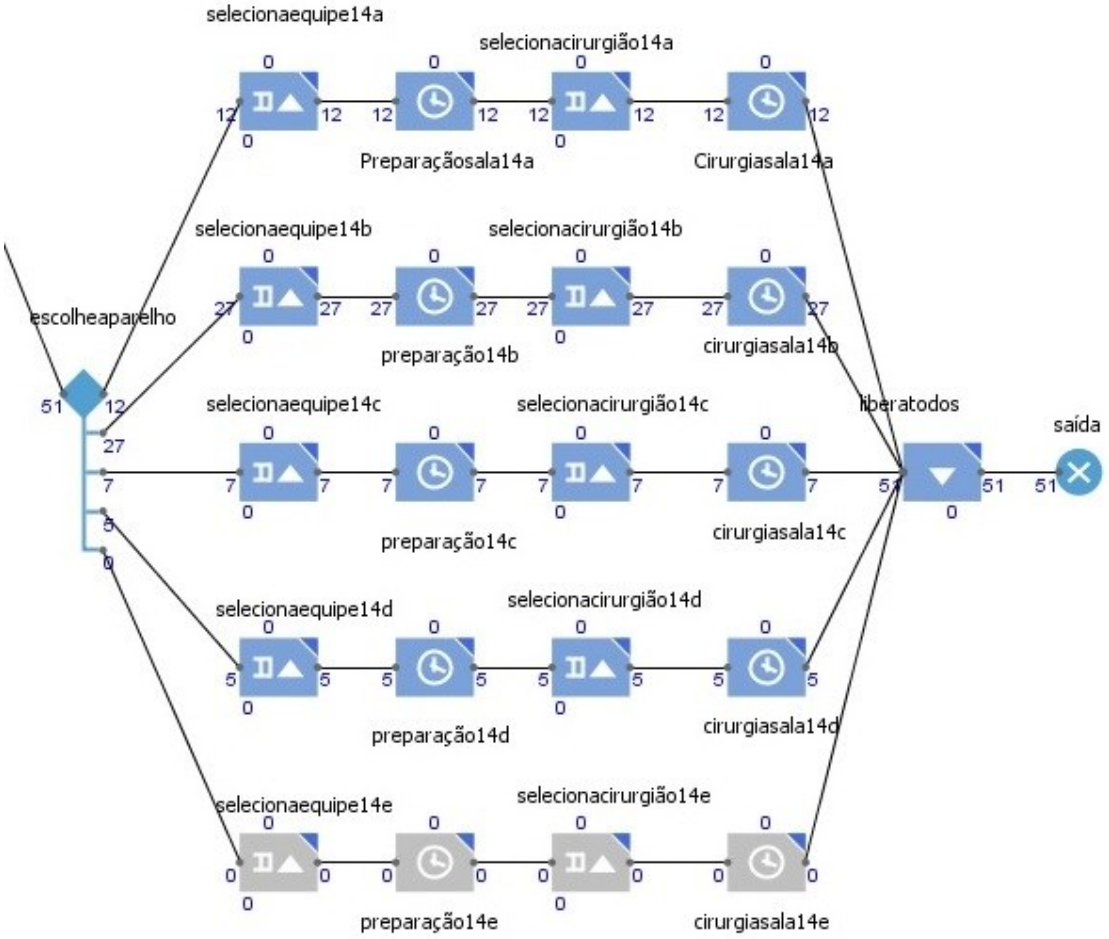
As figuras 14 e 15 ilustram as atividades das salas 8 e 14 respectivamente, da seleção do dispositivo de ECA, preparação do paciente pela equipe composta de médico anestesista, dois médicos cirurgiões assistentes, auxiliar de enfermagem, técnico de radiologia, técnico de instrumentação e técnico do fabricante do dispositivo, e a cirurgia propriamente dita realizada pelo médico cirurgião. A modelagem e simulação se encerram com a saída do paciente da sala de cirurgia.

Figura 14 - Simulação do cenário atual da seleção do dispositivo, preparação e cirurgia na sala 8



Fonte: Autor "adaptado de" Anylogic, 2017

Figura 15 - Simulação do cenário atual da seleção do dispositivo, preparação e cirurgia na sala 14



Fonte: Autor "adaptado de" Anylogic, 2017

As quantidades de cirurgias extraídas da simulação da sala 8 correspondem a 152 e da sala 14 corresponde a 51, cuja somatória perfaz um total de 203. Verifica-se que a quantidade é mesma de 203 pacientes operados na realidade, conforme ilustrado na tabela 15.

Tabela 15 - Validação do modelo de simulação pelo cenário atual

	Real de novembro e dezembro de 2016	Simulado de novembro e dezembro de 2016
Pacientes operados	203	203

Fonte: Autor
Legenda: Real de novembro e dezembro de 2016 retirado de planilha do profissional de programação

Foram consumidos no período de novembro e dezembro de 2016 os dispositivos de ECA de acordo com cada procedimento e o extrato está ilustrado na tabela 16, no qual foi

realizado o teste “t” para comprovar se havia diferença entre o programado e o realizado na simulação.

Tabela 16 - Quantidade de dispositivo de ECA consumido e simulado em novembro e dezembro de 2016

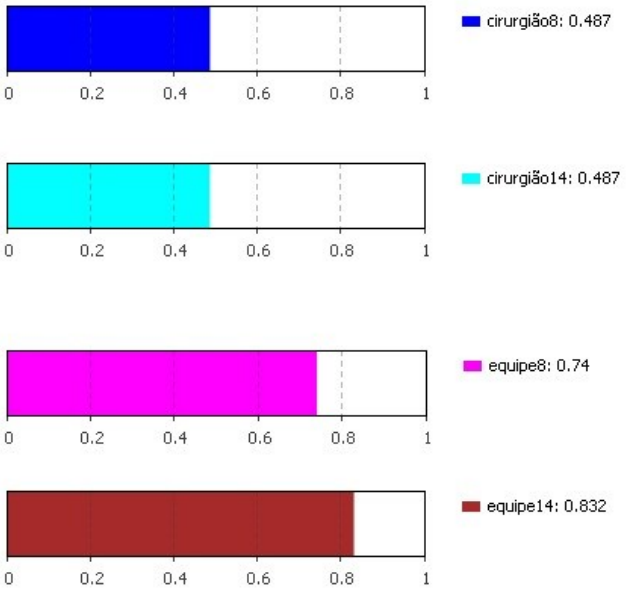
Procedimento	Simulado na sala 8	Simulado na sala 14	Total simulado	Total consumido	t student pvalor $\alpha = 0,05$
Tgerador	67	12	79	83	0,5
Implantem	66	27	93	90	0,5
Implantec	9	7	16	16	0,5
Implantea	9	5	14	11	0,5
Implantex	1	0	1	3	0,5
Total	152	51	203	203	

Fonte: Autor
Legenda: Total consumido retirado da planilha do profissional de programação

As taxas de utilizações dos cirurgiões e equipes nas respectivas salas 8 e 14 estão representadas na figura 16. Estas taxas convertidas para percentuais correspondem ao tempo efetivamente usado pelos grupos de profissionais em relação ao montante total de tempo dispendido na utilização das salas.

a) cirurgião: 48,7% na sala 8 e 48,7% sala na14.
b) equipe: 74,0% na sala 8 e 83,2% sala na 14.

Figura 16 - Utilização do cirurgião e equipe no cenário atual das salas 8 e 14



Fonte: Autor "adaptado de" Anylogic, 2017

3.3 PREÇOS DOS DISPOSITIVOS DE ECA E REMUNERAÇÃO POR FUNÇÃO

O hospital é reembolsado pelo Sistema Único de Saúde (SUS) pela cirurgia realizada, assim como pelo componente implantado no paciente. A tabela 17 descreve os principais componentes e seus respectivos preços faturados pelos fornecedores, cuja base é de 2016.

Tabela 17 - Preços dos dispositivos de ECA faturados

Tipo	Preço unitário R$
Gerador de Pulso câmara dupla	5.000,00
Gerador de Pulso câmara única	4.100,00
Gerador de Pulso Multisítio	15.405,00
Gerador de Pulso Cardioversor desfibrilador câmara única	27.564,00
Gerador de Pulso Cardioversor desfibrilador câmara dupla	29.000,00
Gerador de Pulso Cardioversor desfibrilador multisítio	49.962,00

Fonte: Autor “adaptado de” Setor Suprimentos Hospital, 2016
Legenda: material retirado de planilha do responsável pelo setor de suprimentos

Os valores faturados para o hospital são reembolsados pelo SUS praticamente pelo mesmo valor, conforme exemplo destacado em azul na figura 17, correspondente ao item de maior preço.

Figura 17 - Valores do SUS

Código	Descrição	Modalidade	Registro	Sexo	Qtd	Ptos	Idade Max An	preço R$
070204002	ANEL P/ ANELOPLASTIA VALVULAR	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	2	0	833	218,12
070204013	CATETER GUIA P/ ANGIOPLASTIA TRANSLUMINAL PERCUTANEA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	2	0	833	195,45
070204054	PROTESE VALVULAR BIOLOGICA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	2	0	833	937,93
070204005	GERADOR- PARA CARDIOVERSOR DESFIBRILADOR IMPLANTÁVEL (CDI)	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	29.015,11
070204001	AGULHA P/ PUNCAO TRANSEPTAL	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	324,51
070204028	ENDOPROTESE AORTICA BIFURCADA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	14.000,00
070204003	BAINHA P/ PUNCAO TRANSEPTAL	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	2	0	833	324,51
702040045	CARDIOVERSOR DESFIBRILADOR C/ MARCAPASSO MULTI-SITIO	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	50.000,00
070204006	CARDIOVERSOR DESFIBRILADOR IMPLANTAVEL	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	36.089,38
070204009	CATETER BALAO P/ SEPTOSTOMIA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	500,00
070204012	CATETER DE TROMBECTOMIA MECANICA PERCUTANEA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	195,45
070204010	CATETER BALAO P/ VALVOPLASTIA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	1.332,14
070204008	CATETER BALAO P/ ANGIOPLASTIA TRANSLUMINAL PERCUTANEA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	2	0	833	500,00
070204007	CATETER BALAO P/ ANGIOPLASTIA PERIFERICA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	1	0	833	499,14
070204051	STENT PARA ARTÉRIA PERIFÉRICA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	2	0	833	2.034,50
070204039	GUIA E FILTRO P/ VEIA CAVA	Hosp.	AIH (Esp.)	Ambos	2	0	833	3.580,00

Fonte: Autor "adaptado de" Tabela SUS, 2016
Legenda: material retirado de planilha do responsável pelo setor de custos

As remunerações mensais com encargos dos profissionais estão assinaladas na tabela 18.

Tabela 18 - Remuneração com encargo mensal por função

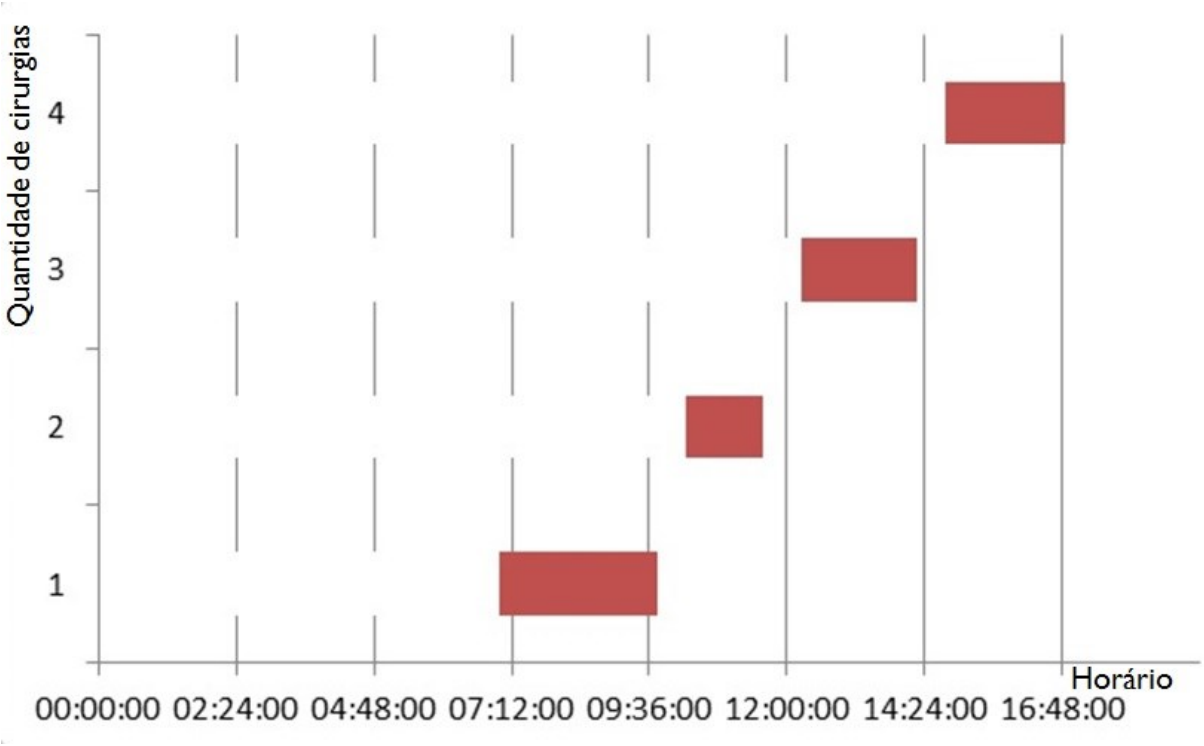
Função	Remuneração com encargo – R$
Médico Cirurgião	33.170,74
Médico Anestesista	26.021,18
Cirurgião assistente	7.502,02
Técnico de Instrumentação	4.632,70
Técnico de enfermagem	3.725,68
Técnico de Radiologia	2.961,36

Fonte: Autor "adaptado de" Setor de RH de abril de 2017
Legenda: valores obtidos da planilha do profissional de recursos humanos

4 DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO PROPOSTO E RESULTADOS

Os valores calculados do *Takt time* = 177 e *Lead time* = 138 no capítulo 3.2.1.4 revelam que a capacidade da cirurgia atende com folga a necessidade da programação. A utilização do médico cirurgião de 48,7% na sala 8 e de 48,7% na sala14 e a utilização da equipe de 74% na sala 8 e 83,2% na sala 14 (dados oriundos do capítulo 3.2.3) indicam que existe ociosidade em ambas as funções. Através da análise do banco de dados do hospital no período de set à dez de 2016, revelou que existem momentos de tempos em desuso, como por exemplo, no dia 13 de outubro de 2016 – quinta feira, conforme demonstrado na figura 18.

Figura 18 - Tempo em desuso - 13 de outubro de 2016



Fonte: Autor
Legenda: informações obtidas da planilha do profissional do setor UIMH

Com base do mesmo banco de dados do hospital, realizou-se o seguinte inventário. Do total de tempo útil dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2016, subtraindo-se o tempo de almoço, de limpeza da sala, de preparação do paciente, de preparação dos instrumentos e o de cirurgia de todos os dias disponíveis, resultaram num saldo de perda de 11550 minutos, ou seja, 15,8%, conforme demonstrado na tabela 19.

Tabela 19 - Demonstrativo do tempo de perda em minutos

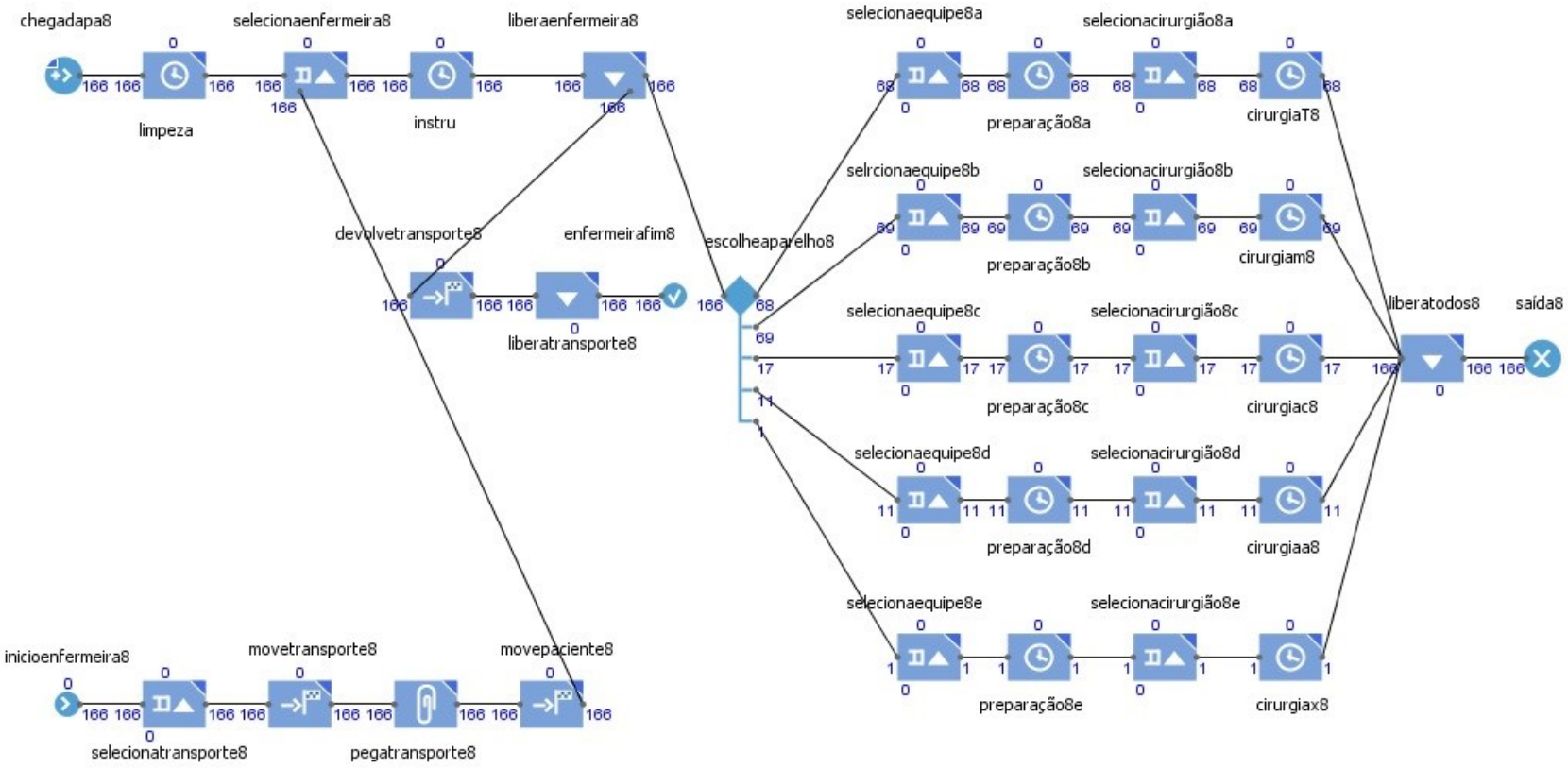
	Set/16	Out/16	Nov/16	Dez/16	Total	% perda
Perda	5381	1651	2089	2433	11550	15,8
Total útil	18840	19140	17160	17820	72960	

Fonte: Autor
Legenda: informações obtidas da planilha do profissional do setor UIMH

Através da exposição das oportunidades em reunião apropriada, contando com a presença de profissionais da programação e o coordenador da administração do centro cirúrgico de ECA, explorou-se a criatividade das pessoas participantes, buscando principalmente as alternativas para utilização do tempo em desuso, conforme explanado no parágrafo anterior. Associado à oportunidade de elevar os percentuais de utilização dos médicos cirurgiões e equipes nas duas salas. As causas relatadas pelo coordenador do centro cirúrgico de ECA foram, dentre elas, a falta de componentes de dispositivo de ECA, a ausência do profissional denominado de técnico de enfermagem e a ausência do profissional técnico de instrumentação.

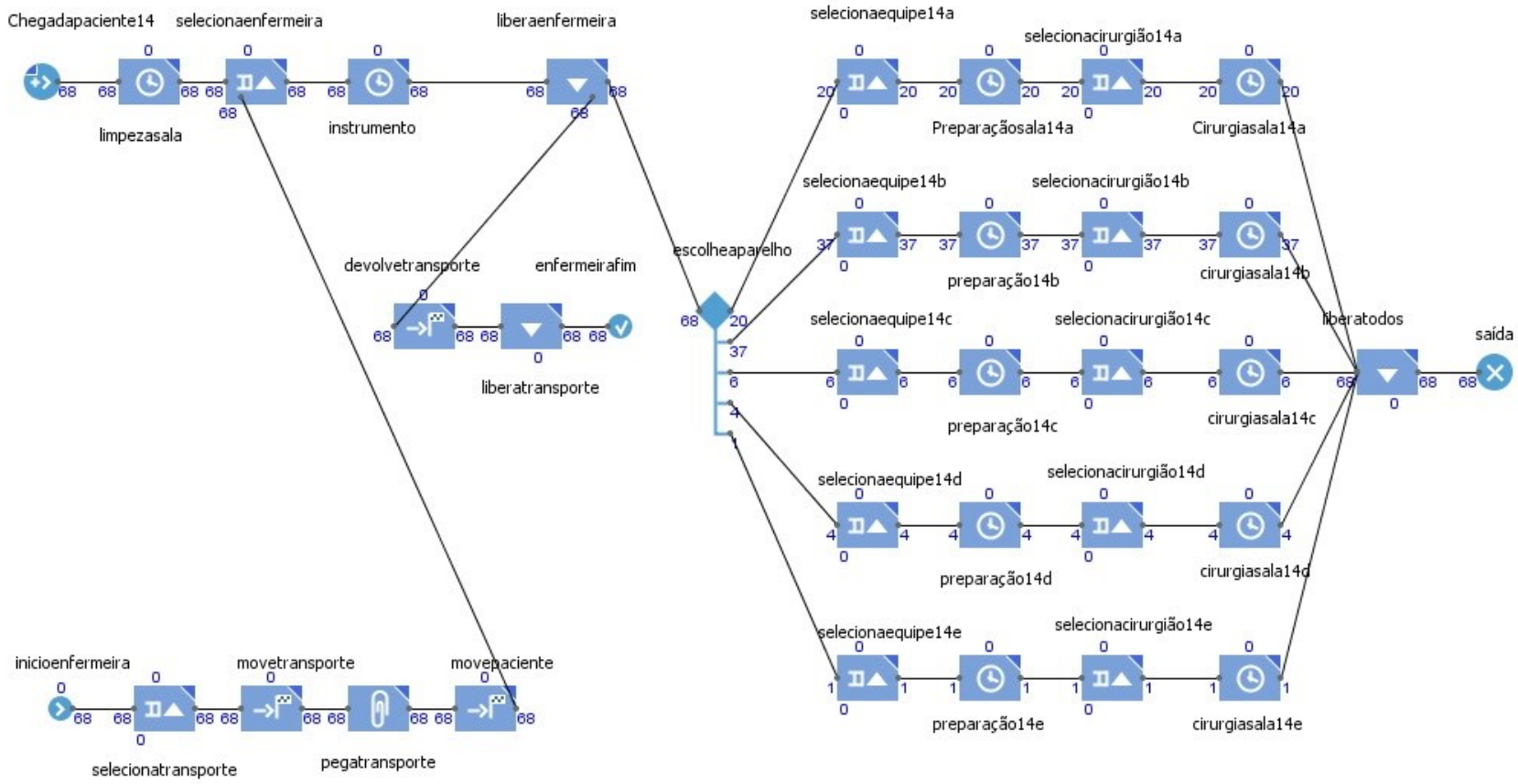
Devido ao fato de que as causas relatadas poderão ser resolvidas por gestão administrativa, foi elencada a utilização do tempo de 15,8% como cenário proposto, dando origem aos resultados da simulação na figura 19 (do cenário proposto da sala 8), e na figura 20 (do cenário proposto na sala 14).

Figura 19 - Simulação do cenário proposto da sala 8



Fonte: Autor “adaptado de” Anylogic, 2017

Figura 20 - Simulação do cenário proposto da sala 14

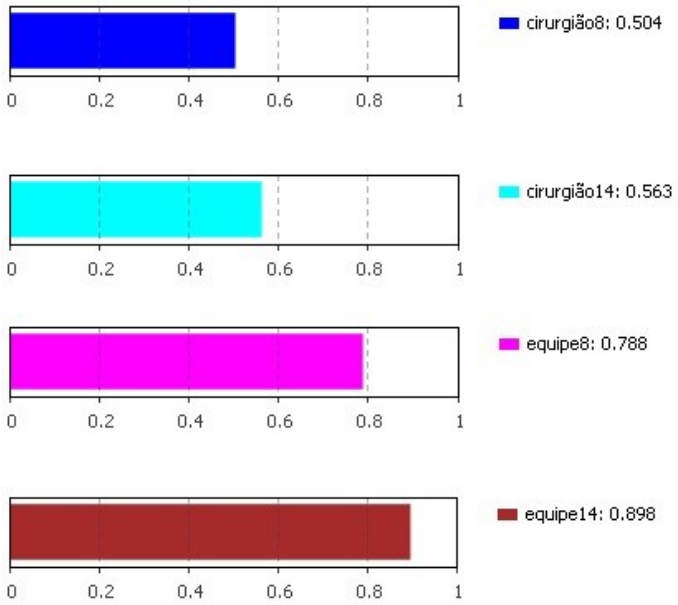


Fonte: Autor “adaptado de” Anylogic, 2017

Ressalta-se que, no cenário proposto, nenhum dos tempos foi alterado. Foi ajustado somente o cronograma de chegadas, elevando a quantidade de cirurgias somadas entre as duas salas para 234 (166 da sala 8 e 68 da sala 14) nos meses de novembro e dezembro de 2016, representando um aumento de 15,3%.

As utilizações dos cirurgiões melhoraram 1,7% na sala 8 e 7,6% na sala 14, e as utilizações das equipes melhoraram 4,8% na sala 8 e 6,6% na sala 14, conforme ilustrado na figura 21.

Figura 21 - Utilização do cirurgião e equipe no cenário proposto das salas 8 e 14



Fonte: Autor adaptado de Anylogic, 2017

Os gráficos de utilização dos profissionais, após a eliminação dos tempos em desuso, indicam que ainda persistem oportunidades de melhoria, principalmente referentes aos dos cirurgiões, pois o ideal é que fossem próximos de 100%. Ressalta-se que os tempos de cirurgia, conforme conceitos do STP que agregam valor não devem ser alterados.

Este aumento no número de pacientes operados resulta na potencial diminuição anual de custo no valor de R$ 454.729,00, demonstrado na tabela 20. Este resultado é decorrente do fato que a mesmas equipes e cirurgiões lotados nas salas 8 e 14 farão as 31 cirurgias adicionais bimestrais.

Tabela 20 - Custo comparativo bimestral entre cenário proposto e atual, redução do custo anual

Custo total no bimestre – R$	616.165
Pacientes operados cenário atual	203
Custo cenário atual/paciente – R$	3.035
Pacientes atendidos cenário proposto	234
Custo cenário proposto/paciente – R$	2.663
Redução de custo %	12,3%
Redução de custo anual – R$	454.729

Fonte: Autor

Com o aumento de pacientes a serem operados no bimestre e pela elevação do consumo do dispositivo de ECA, haverá um potencial dispêndio maior de caixa para o hospital e consequentemente para o SUS, no valor de R$ 306.537,00 por bimestre, conforme tabela 21, considerando apenas o custo direto do dispositivo.

Tabela 21 - Previsão de consumo do dispositivo de ECA por bimestre

Tipo de gerador	Preço R$	Consumo unitário	Total R$
Gerador de pulso câmara dupla	5.000	7	35.000
Gerador de pulso câmara única	4.100	6	24.600
Gerador de pulso multisítio	14.405	7	100.835
Gerador de Pulso Cardioversor desfibrilador câmara única	27.564	0	0
Gerador de Pulso Cardioversor desfribilador câmara dupla	29.000	1	29.000
Gerador de Pulso Cardioversos desfribilador multisítio	49.962	1	49.962
Troca de gerador	7.640	9	67.140
Total		31	306.537

Fonte: Autor

5 DISCUSSÃO

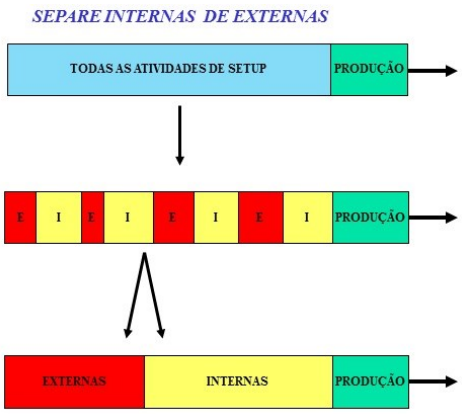
O *VSM* e a simulação por eventos discretos apresentam a mesma motivação de indicar oportunidades de melhoria. O mapa do estado atual do fluxo de valor do paciente apresenta um conjunto de atividades que não agregam valor que, adicionado ao gráfico de utilização do médico cirurgião, indicam que os profissionais devem se concentrar em solucionar as causas que afetam este desempenho.

Uma possibilidade para a redução de tempo das atividades que não agregam valor que poderia ser considerada para o desenvolvimento de melhorias, é a utilizada através da pesquisa desenvolvida por Agarwal et al. (2016), na qual a preparação do paciente para a intervenção de cateterismo é realizada num fluxo paralelo, utilizando o conceito do *SMED (Single Minute Exchange Die)*, ou seja, troca rápida de ferramenta, largamente difundida na indústria metalúrgica (SHINGO, 2000).

Para a utilização do método aplicado por Shingo (2000) será preciso efetuar uma adaptação para a área da saúde. Este, denomina esta atividade como redução do *set up* (redução do tempo de troca de ferramenta). O conceito fundamental é medir o tempo do *set up* a partir da última peça fabricada até a próxima primeira peça aprovada da nova ferramenta. Como sugestão para aplicação deste conceito na área da saúde, aplicar como tempo de *set up* para cirurgia de ECA o intervalo da entrada do paciente na sala até o início da cirurgia.

A próxima etapa será separar todas as atividades que poderiam ser feitas paralelamente em outra sala, enquanto se realiza a cirurgia de outro paciente e classificá-las como externas. As atividades internas são todas que pertencem ao ato cirúrgico conforme ilustração da figura 22.

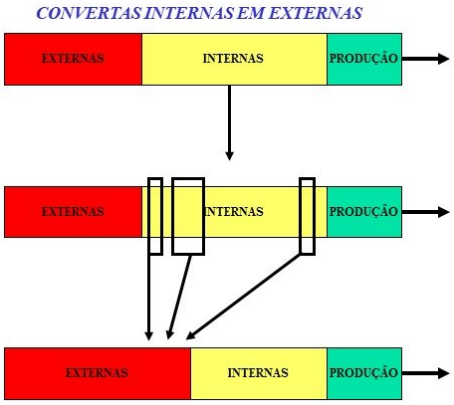
Figura 22 - Redução do *set up*



Fonte: Autor “adaptado de” Shingo, 2000, p. 159

Após, continue procurando por atividades internas que poderiam ser transformadas em externas, conforme ilustrado na figura 23.

Figura 23 - Redução do set up



Fonte: Autor “adaptado de” Shingo, 2000, p. 159

A adoção desta nova condição exigirá dos profissionais uma nova abordagem de modelagem e simulação, ou seja, a separação das atividades que serão executadas em paralelo.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho respondeu a indagação da pesquisa, ou seja, as técnicas do *VSM* empregadas em conjunto com a simulação por eventos discretos se adequam ao ramo hospitalar, auxiliando na forma da identificação das oportunidades pelas atividades que não agregam valor, representadas pelos desperdícios.

A expansão destas técnicas para outras áreas deste mesmo hospital poderão provocar melhorias aos pacientes que requerem intervenções cirúrgicas (MASON; NICOLAY; DARZON, 2015).

Avaliou-se o desempenho do centro cirúrgico de ECA através do uso do *VSM* e simulação por eventos discretos, propiciando no cenário proposto um aumento potencial de 15,3% de cirurgias ao mês. Recomenda-se que continuem a identificar outras oportunidades de melhoria, uma vez que o gráfico de utilização da figura 21 indica que ainda persistem muitas perdas. Ferramentas elaboradas no STP como a de Shingo (2000), poderão contribuir para a localização de outras melhorias.

As técnicas do VSM e simulação por eventos discretos, também ajudaram no convencimento dos administradores da saúde pública a investirem com mais técnicas da pesquisa operacional (RADNOR; HOLWEG; WARING, 2012). Tais metodologias auxiliaram as organizações a melhorarem o desempenho das operações clínicas em países subdesenvolvidos (CARTER et al., 2012).

Esta pesquisa também contribuiu para a comunidade acadêmica, principalmente pela aplicação das técnicas no segmento de prestação de serviços de saúde.

Através da disponibilização e divulgação em reuniões dos dados da pesquisa, o trabalho facilitou a descoberta de oportunidades ocultas, aos profissionais gestores do Centro Cirúrgico de ECA. A facilitação envolveu a apresentação das atividades de agregação e não agregação de valor, dos desperdícios, sua simulação por eventos discretos, os achados de oportunidades e o resultado da eliminação dos desperdícios.

Com a participação direta do coordenador do centro cirúrgico de ECA no processo de validação do modelo e simulação por eventos discretos em conjunto com a identificação de perdas assinaladas no mapa de fluxo do estado atual, e a análise da causa raiz, demonstrou-se a integração dos profissionais com os dados resultantes do estudo.

Finalmente, o benefício maior destas intervenções será para o paciente e para a sociedade em geral, pois representa um potencial para a melhoria da qualidade de vida pela elevação na quantidade de cirurgias (BARBIANI et al., 2010).

Este resultado também possibilitará uma economia para a continuidade de cirurgias de ECA, pela demonstração do potencial de redução de custo anual, no valor de R$ 454.729,00. Esta economia potencial está representada apenas pela remuneração direta dos profissionais envolvidos na cirurgia de ECA.

Para incrementar esta ação será necessária mais verba por parte do hospital e consequentemente do SUS, pela demonstração financeira de aumento potencial de consumo do dispositivo de ECA bimestral, no valor de R$ 306.537,00

A limitação deste estudo foi influenciada pela aplicação em uma única especialidade cirúrgica, uma vez que aspectos peculiares podem influenciar na modelagem da simulação, e não são generalizáveis para outros tipos de intervenção cirúrgica. Sob o aspecto de redução de custos é recomendável que em futuros estudos sejam incluídos os demais custos diretos e indiretos.

Futuras pesquisas podem ser conduzidas para verificar a segurança do paciente que recebe o dispositivo de ECA, assim como estudar a influência da elegibilidade dos pacientes da fila virtual no desempenho da quantidade de cirurgias. Aspectos que envolvem a segurança e higiene do trabalho também merecem atenção para futuras pesquisas, bem como a avaliação do impacto no desempenho da equipe, no resultado de quantidade de cirurgias quando se utiliza o equipamento de proteção individual por toda equipe, para evitar a exposição aos raios emitidos pelo aparelho de radiologia.

REFERÊNCIAS

ABO-HAMAD W.; ARISHA A. Simulation based framework to improve patient experience in an emergency department. **European Journal of Operational Research,** v. 224, n. 1, p. 154-166, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.07.028>.Acesso em: 25 set. 2016.

ABOUELJINANE L. et al. A simulation study to improve the performance of an emergency medical service: application to the French val-de-marne department. **Simulation Modelling Practice and Theory,** v. 47, p. 46-49, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2014.05.007>. Acesso em: 02 jan. 2017.

_____; SAHIN E.; JEMAI Z. A review on simulation models applied to emergency medical service operations. **Computer & Industrial Engineering,** v. 166, n. 4, p. 734-750, 2013. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2013.09.017>. Acesso em: 02 jan. 2017.

AGARWAL S. et al. Impact of lean six sigma process improvement methodology on cardiac catheterization laboratory efficiency. **Cardiovascular Revascularization Medicine,** v. 17, n. 2, p. 95-101, 2016. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1016/j.carrev.2015.12.011> . Acesso em: 03 maio 2016.

AMBROSY A. P. et al. The global health and economic burden of hospitalizations for heart failure. **Journal of the American College of Cardiology,** v. 63, n. 12, p. 1123-1133, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2013.11.053>. Acesso em: 04 nov. 2016.

ANDERSEN H.; ROVIK K. A.; INGEBRIGTSEN T. Lean thinking in hospitals: is there a cure for the absence of evidence? A systematic review of reviews. **BMJ open,** v. 4, n. 1, p. 1-8, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003873>. Acesso em: 15 jan. 2017.

ARAIDAH A.; BORAN A.; WAHSHEH A. Reducing delay in healthcare delivery at outpatients clinics using discrete event simulation. **International Journal of Simulation Modelling**, v. 11, n. 4, p. 185-195, 2012. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2507/ijsimm11(4)2.211>. Acesso em 25 jan. 2017.

ARENALES M. et al. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2007.

ASSIS M. M. A.; JESUS W. L. A. Acesso aos serviços de saúde: abordagens, conceitos, política e modelo de análise. **Ciência & Saúde Coletiva,** v. 17, n. 11, p. 2865-2875, 2012.

ATHERTON G. et al. Safety and cost effectiveness of same day cardiac resynchronization therapy and implantable cardioverter defibrillator implantation. **American Journal of Cardiology,** v. 117, p. 1488-1493, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.02.019>. Acesso em: 25 jan. 2017.

BAL A.; CEYLAN C.; TAÇOGLU C. Using value stream mapping and discrete event simulation to improve efficiency of emergency departments. **International Journal of Healthcare Management,** v. 10, p. 195-206, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/20479700.2017.1304323>. Acesso em: 14 jul. 2017.

BANKS J. **Handbook of Simulation** Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. New York: John Wiley & Sons, 1998.

BARBIANI R. et al. A produção científica sobre o acesso no âmbito do Sistema Único de Saúde do Brasil: avanços, limites e desafios. **Saúde e Sociedade,** v. 23, n. 3, p. 855-868,

2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/101590/s0104-12902014000300010>. Acesso em: 21 jan. 2017.

BARIL C. et al. Use of a discrete event simulation in a kaizen event: a case study in healthcare. **European Journal of Operational Research,** v. 249, n. 1, p. 327-339, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.036>. Acesso em: 08 jun. 2016.

_____; GASCON V.; CARTIER S. Design and analysis of an outpatient orthopedic clinic performance with discrete event simulation and design of experiments. **Computer & Industrial Engineering,** v. 78, p. 285-298, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2014.05.006>. Acesso em: 26 dez. 2016.

BERG B. et al. A discrete event simulation model to evaluate operational performance of a colonoscopy suite. **Medical Decision Making,** v. 30, n. 3, p. 380-387, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/ 10.1177/0272989X09345890>. Acesso em: 31 dez. 2016.

BERTRAND J. W. M.; FRANSOO J. C. Operations management research methodologies using quantitative modelling. **International Journal of Operations & Production Management.** v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/01443570210414338>. Acesso em: 01 jun. 2017.

BERWICK D.M. Continuous quality improvement in medicine: from theory to practice. **Quality in Healthcare**, v. 1, n. S2-S9, p. 2 – 8, 1993. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/qshc.1.Suppl.2>. Acesso em: 10 ago. 2017.

BHATTACHARJEE P.; RAY P. K. Patient flow modelling and performance analysis of healthcare delivery processes in hospitals: a review and reflections. **Computer & Industrial Engineering,** v. 78, p. 299-312, 2014. . Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2014.04.016>. Acesso em: 18 jan. 2017.

BOYER K. K.; PRONOVOST P. What medicine can teach operations? What operations can teach medicine? **Journal of Operations Management,** v. 28, n. 5, p. 367-371, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2010.08.002>. Acesso em: 31 dez. 2016.

BRAUNSCHWEIG F.; COWIE M. R.; AURICCHIO A. What are the costs of heart failure? **European Society of Cardiology,** v. 13, p. 13-17, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/europace/eur081>. Acesso em: 04 nov. 2016.

CAMM J.; KLEIN H.; NISAM S. The cost of implantable defibrillators: perceptions and reality. **European heart journal**, v. 28, n. 4, p.392 -397, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehl166>. Acesso em: 10 nov. 2016.

CARTER P. M. et al. Optimizing clinical operations as part of a global emergency medicine iniciative in Kumasi, Ghana: application of lean manufacturing principals to low-resource health systems. **Academic Emergency Medicine,** v. 19, n.4, p. 392-397, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1553-2712.2012.01311.x>.Acesso em: 27 jan. 2017.

CASTLE N. G.; BOST F. S. Perfect Patient Care: integrating principles of process redesign in nursing homes. **Journal of Applied Gerontology**, v. 28, n. 2, p. 256-276, 2009. Disponível em: < https://doi-org/10.1177/0733464808326005>. Acesso em: 5 ago. 2017.

CHEMVENO P. et al. Discrete event simulation case study: diagnostic path per stroke patients in a stroke unit. **Simulation Modelling Practice and Theory,** v. 48, p. 45-57, 2014. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2014.07.006>. Acesso em: 26 dez. 2016.

CLARK D. M.; SILVESTER K.; KNOWLES S. Lean management systems: creating a culture of continuous quality improvement. **Journal of Clinical Pathology,** v. 66, n. 8, p.

638-643, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/jclinpath-2013-201553>. Acesso em: 15 jan. 2017.

COLLAR R. M. et al. Lean management in academic surgery. **Journal of the American College of Surgeons**, v. 214, n. 6, p. 928-936, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2012.03.002>. Acesso em: 12 jan. 2017.

COOK C. et al. The annual global economic burden of heart failure. **International Journal of Cardiology**, v. 171, n. 3, p. 368-376, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.12.028>. Acesso em: 04 nov. 2016.

CULIG M. H. et al. Improving patient care in cardiac surgery using Toyota production system based methodology. **Cardiothoracic anesthesiology,** v. 91, n. 2, p. 394-399, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.09.032>. Acesso em: 17 jul. 2016.

CURATOLO N. et al. A critical analysis of lean approach structuring in hospitals**. Business Process Management Journal,** v. 20, n. 3, p. 433-454, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/BPMJ-04-2013-0051>. Acesso em: 20 mar. 2016.

D'ANDREAMATTEO A. et al. Lean in healthcare: A comprehensive review. **Health policy**, v. 119, n. 9, p. 1197-1209. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.healthpol.2015.02.002> Acesso em: 15 jan. 2017.

DAY T. E.; AL-ROUBAIE A. R.; GOLDLUST E. J. Decreased length of stay after addition of healthcare provider in emergency department triage: a comparison between computer-simulated and real-world interventions. **Emergency Medicine Journal,** v. 30, n. 2, p. 134-138, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/emermed-2012-201113>. Acesso em: 26 jan. 2017.

DEVAPRYIA P. et al. StratBAM: a discrete-event simulation model to support strategic hospital bed capacity decisions. **Journal of Medical Systems,** v. 39, n. 10, p. 130-130, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/ 10.1007/s10916-015-0325-0>. Acesso em: 24 jan. 2017.

DICKSON E. W. et al. Application of lean manufacturing techniques in the emergency department. **Journal of Emergency Medicine,** v. 37, n. 2, p. 177-182, 2009a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jemermed.2007.11.108>. Acesso em: 02 jan. 2017.

_____. Use of lean in the emergency department: a case series of 4 hospitals. **Annals of Emergency Medicine,** v. 54, n. 4, p. 504-510, 2009b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2009.03.024>. Acesso em: 12 abr. 2016.

DOBRZYKOWSKI D. D.; MCFADDEN K. L.; VONDEREMBSE M. A. Examining pathways to safety and financial performance in hospitals: A study of lean in professional service operations. **Journal of Operations Management,** v. 42-43, n. supplement, p. 39 -51, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2016.03.001>. Acesso em: 15 nov. 2016.

EDWARDS K.; NIELSEN A. P., Improving healthcare through lean management: experiences from the Danish healthcare system. **Technical University of Denmark, <**orbit.dtu.dk/files/51456147/improving_Healthcare.pdf.> Acesso em 22 de março de 2017.

ELLIOT J.; SIMON W. L. **Steve Jobs: o estilo de liderança para uma nova geração.** Tradução Carlos Szlak, São Paulo: Lafonte, 2011.

FABIAN M. P. et al. The effects of indoor environmental on pediatric asthma: a discrete event simulation model. **Environmental Health,** v. 11, p. 66-66, 2012. Disponível em: <http://www.ehjournal.net/content/11/1/66>. Acesso em: 25 jan. 2017.

FORD A. L. et al. Reducing door-to-needle times using Toyota's lean manufacturing principles and value stream analysis. **Stroke,** v. 43, n. 12, p. 3395-3398, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.670687>. Acesso em: 12 nov. 2016.

FRANCO L. A.; MONTIBELLER G. Facilitated modelling in operational research. **European Journal of Operational Research,** v. 205, n. 3 p. 489-500, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.09.030>. Acesso em: 31 dez. 2016.

FULLERTON R. R.; KENNEDY F. A.; WIDENER S. K. Lean manufacturing and firm performance: the incremental contribution of lean management accounting practices. **Journal of Operations Management,** v. 32, n. Supplement, p. 414-428, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.002>. Acesso em: 31 dez. 2016.

GARCIA-PÉREZ L. et al. Economic evaluations of implantable cardioverter defibrillators: a systematic review. **The European Journal of Health Economics,** v. 16, n. 8, p. 879-893, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10198-014-0637-x>. Acesso em: 23 jan. 2017.

GIRALDO A.; MOTHERSELL, W. M.; MOTWANI, J. The need for implementing lean in healthcare organizations. **International Journal Productivity and Quality Management**, v. 16, n. 2, p. 211-230, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1504/IJPQM.2015.071240>. Acesso em: 25 ago. 2016.

GOLDBERG H. S. et al. Discrete event simulation of patient admissions to a neurovascular unit. **Journal of Healthcare Engineering,** v. 5, n. 3, p. 347-359, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1260/2040-2295.5.3.347>. Acesso em: 26 nov. 2016.

GRABAN M. **Lean hospitals:** improving quality, patient safety, and employee satisfaction. New York: CRC Press, 2008.

GROVE A. L. et al. Lean implementation in primary care health visiting services in National Health Service UK. **Quality & Safety in Health Care,** v. 19, n. 5, p. e43, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/qshc.2009.039719>. Acesso em: 27 jan. 2017.

HAMROCK E. et al. Discrete event simulation for healthcare organizations: a tool for decision making. **Journal of Healthcare Management,** v. 58, n. 2, p. 110-124, 2013. Disponível em: <AcademicOneFile, go.galegroup.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&u=capes&v=2.1&id=GALE%7CA387058988&it=r&asid=e5708bab03ee7d1f74f9d7e67f293194>. Accessed: 11 June 2017.

HOMMEDIEU T.; KAPPELER K. Lean methodology in i.v. medication processes in a children's hospital. **American Journal of Health system pharmacy,** v. 67, n. 24, p. 2115-2118, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2146/ajhp100151>. Acesso em: 12 jan. 2017.

KHURMA N.; BACIOIU G. M.; PASEK Z. J. Simulation-based verification of lean improvement for emergency room process. **IEEE**, p. 1490-1499, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2008.4736229>. Acesso em: 02 jan. 2017.

KNECHTGES P.; DECKER M. C. Application of kaizen methodology to foster departmental engagement in quality improvement. **Journal of the American College of Radiology,** v. 11, n. 12, supplement, p. 1126-1130, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2014.08.027>. Acesso em: 07 jan. 2017.

KOTIADIS K. K.; TAKO A. A.; VASILAKIS C. A participative and facilitative conceptual modelling framework for discrete event simulation studies in healthcare. **The Journal of the**

Operational Research Society, v. 65, n, 2, p. 197-213, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1057/jors.2012.176>. Acesso em: 07 jan. 2017.

LANGELL J. T. et al. Implementation of national practice guidelines to reduce waste and optimize patient value. **Journal of Surgical Research,** v. 203, n. 2, p. 287-292, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2016.03.033>. Acesso em: 15 nov. 2016.

LIKER J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIN S. Y. et al. Use of lean sigma principles in a tertiary care otolaryngology clinic to improve efficiency. **The Laryngoscope,** v. 123, n. 11, p. 2643-2648, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/ 10.1002/lary.24110>. Acesso em: 02 jan. 2017.

LONGENECKER C. O. Why hospital improvement efforts fail: a view from the front line. **Journal of Healthcare Management,** v. 59, n. 2, p. 147-157, 2014. Disponível em: <AcademicOneFile, go.galegroup.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&u=capes&v=2.1&id=GALE%7CA384340817&it=r&asid=1d3e6882cfb5627da6316edf2be7b161>. Accessed: 11 June 2017.

MARTINS R. A.; MELLO C. H. P.; TURRIONI J. B. **Guia para Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção**. São Paulo: Atlas, 2014.

MASON S. E.; NICOLAY C. R.; DARZI A. The use of lean and six sigma methodologies in surgery: a systematic review. **The surgeon, Journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland,** v. 13, n. 2, p. 91-100, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surge.2014.08.002>. Acesso em 2 jan. 2017.

MATTHIAS O., BROWN S. Implementing operations strategy through lean processes within health care. The example of NHS in the UK. **International Journal of Operations & Production Management,** v. 36, n. 11, p. 1435-1457, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/IJOPM-04-2015-0194>. Acesso em: 12 jan. 2017.

MEALING S. et al. Cost-effectiveness of implantable cardiac devices in patients with systolic heart failure. **Heart Failure and Cardiomyopathies,** v. 102, n. 21, p. 1741-1749, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308883>. Acesso em: 23 jan. 2017.

MIELCZAREK B.; MYDLIKOWSKA J. U. Application if computer simulation modelling in the health care sector: a survey. **Simulation,** v. 88, n. 2, p. 197-216, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/0037549710387802>. Acesso em: 31 dez. 2016.

MIGUEL P. A. C. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier: Abepro, 2012.

MITROFF I. I. et al. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. **Interfaces.** v. 4, n. 3, p. 46-58, 1974. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1287/inte.4.3.46>. Acesso em: 01 jun 2017.

NICOLAY C. R. et al. Systematic review of the application of quality improvement methodologies from the manufacturing industry to surgical healthcare. **British Journal of Surgery,** v. 99, n. 3, p. 324-335, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/bjs.7803>. Acesso em: 02 jan. 2017.

PARKS J. K. et al. Designed to fail: how computer simulation can detect fundamental flaws in clinic flow. **Journal of Healthcare Management,** v. 56, n. 2, p. 135-145, 2011. Disponível em: <AcademicOneFile, go.galegroup.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&u=capes&v=2.1&id=GAL

E%7CA271594411&it=r&asid=c976855c2b761d585b80e3151da03447>. Accessed: 11 June 2017.

PEDRETTI R. F. E. et al. Proportion of patients needing an implantable cardioverter defibrillator on the basis of current guide lines: impact on healthcare resources in Italy and the USA. **Europace**, v.12 n. 8 p. 1105 -1111, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/europace/euq106>. Acesso em: 08 nov. 2016.

RADNOR Z. J.; HOLWEG M.; WARING J. Lean in healthcare: The unfilled promise? **Social Science & Medicine,** v. 74, n. 3, p. 364-371, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.socscimed.2011.02.011>. Acesso em: 12 nov. 2016.

RAGHAVAN V. A. et al. Reengineering the cardiac catheterization lab processes: a lean approach. **Journal of Healthcare Engineering,** v. 1, n. 1, p. 45-65, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1260/2040-2295.1.1.45>. Acesso em: 26 jan. 2017.

RAIS A.; VIANNA A. Operations research in healthcare: a survey. **International Transactions in Operational research,** v. 18, n. 1, p. 1-31, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-3995.2010.00767.x>. Acesso em: 26 jan. 2017.

RIBEIRO R. A. et al. Cost-effectiveness of implantable cardioverter-defibrillators in Brazil: primary prevention analysis in the public sector. **Value in Health**, v. 13, n. 2, p. 160-168, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1524-4733.2009.00608.x>. Acesso em: 06 nov. 2016.

ROBINSON S. et al. SimLean: Utilizing simulation in the implementation of lean in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 1, p. 188-197, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.12.029>. Acesso em: 19 jun. 2016.

_____. Facilitate modelling with discrete-event simulation: Reality or myth? **European Journal of Operational Research,** v. 234, n. 1, p. 231-240, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.12.024>. Acesso em: 03 jun. 2016.

ROHLEDER T. R. et al. Using simulation modeling to improve patient flow at an outpatient orthopedic clinic. **Health Care Management Science,** v. 14, n. 2, p. 135-145, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10729-010-9145-4>. Acesso em: 20 maio 2016.

ROTHER, M.; SHOOK, J**. Learning to see**: value-stream mapping to create value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute, Massachusetts: Brookline, 1998.

RUTLEDGE, J.; XU, M.; SIMPSON, J**.** Application of the Toyota Production System Improves Core Laboratory operation**. American Journal of Clinical Pathology**, v. 133, n. 1, p. 24-31, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1309/AJCPD1MSTIVZI0PZ>. Acesso em: 12 set. 2016.

SCHWARZ P. et al. Lean processes for optimizing OR capacity utilization: prospective analysis before and after implementation of value stream mapping (VSM). **Langenbeck's Archives of Surgery,** v. 396, n. 7, p. 1047-1053, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00423-011-0833-4>. Acesso em: 14 jan. 2017.

SERRANO L. et al. Using lean principles to improve quality, patient safety, and workflow in histology and anatomic pathology. **Advances in Anatomic Pathology,** v. 17, n. 3, p. 214-221, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1097/PAP.0b013e3181d98c81>. Acesso em: 02 jan. 2017.

SHINGO A. **Sistema de troca rápida de ferramenta:** uma revolução nos sistemas produtivos. Bookman, Porto Alegre, 2000.

SOBOLEV B. G.; SANCHEZ V. VASILAKIS C. Systematic review of the use of computer simulation modeling of patient flow in surgical care. **Journal of Medical Systems,** v. 35, n. 1, p. 1-16, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-009-9336-z>. Acesso em: 29 maio 2016.

SOUZA L. B. Trends and approaches in lean healthcare. **Leadership in Health Service,** v. 22, n. 2, p. 121-139, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/17511870910953788>. Acesso em: 10 jan. 2017.

STEINS K.; PERSSON F.; HOLMER M. Increasing utilization in a hospital operating department using simulation modeling. **Simulation,** v. 86, n. 8-9, p. 463-480, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/0037549709359355>. Acesso em: 26 jan. 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. I Diretriz de Prevenção Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia – Resumo Executivo http://www.arquivosonline.com.br/2014/10205/pdf/10205002.pdf> Acesso em: 26 nov. 2016.

TAKO A. A.; KOTIADIS K. Parti-Sim: a multi-methodology framework to support facilitated simulation modelling in healthcare. **European Journal of Operational Research,** v. 244, n. 2, p. 555-564, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.01.046>. Acesso em: 04 jul. 2016.

TEICHGRÄBER Ulf K.; BUCOURT Maximillian. Applying value stream mapping techniques to eliminate non-value-added waste for the procurement of endovascular stents. **European Journal of Radiology,** v. 81, n. 1, p. e47-e52, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.12.045>. Acesso em: 07 jul. 2016.

VENKATADRI V. et al. Simulation based alternatives for overall process improvement at the cardiac catheterization lab. **Simulation modelling practice and theory,** v. 19, n. 7, p. 1544-1557, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2011.04.004>. Acesso em: 23 set. 2016.

WANG T. K. et al. Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. **Industrial Management + data systems,** v. 115, n. 4, p. 678-699, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/IMDS-10-2014-0296>. Acesso em: 24 jul. 2016.

WARING J. J.; BISHOP S. Lean healthcare: rhetoric, ritual and resistance. **Social Science & Medicine,** v. 71, n. 7 p. 1332-1340, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.06.028>. Acesso em 28 mar. 2016.

WARNER C. J. et al. Lean principles optimize on-time vascular surgery operating room starts and decrease resident work hours. **Journal of Vascular Surgery,** v. 58, n. 5, p. 1417-1422, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2013.05.007>. Acesso em 12 abr. 2016.

WEERAWAT W.; PICHITLAMKEN J.; SUBSOMBAT P. A generic discrete-event simulation model for outpatient clinics in a large public hospital. **Journal of healthcare engineering,** v. 4, n. 2, p. 285-305, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1260/20402295.4.2.285>. Acesso em: 12 dez. 2016.

WHITE D.; FROEHLE C. M.; KLASSEN K. J. The effect of integrated scheduling and capacity policies on clinical efficiency. **Production and operations management,** v. 20, n. 3, p. 442-455, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/J.1937-5956.2011.01220.X>. Acesso em: 25 jan. 2017.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

_____._____. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WONG R. et al. The positive impact of simultaneous implementation the BD focal point GS imaging system and lean principles on the operation of gynecologic cytology. **Archives of Pathology & Laboratory Medicine,** v. 136, n. 2, p. 183-189, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5858/ arpa.2011-0139-OA>. Acesso em: 11 jun. 2016.

YANG T. et al. The optimization of total laboratory automation by simulation of a pull strategy. **Journal of Medical Systems,** v. 39, n. 1, p. 162-162, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-014-0162-6>. Acesso em: 02 jan. 2017.

YAO G. et al. The long-term cost-effectiveness of cardiac resynchronization therapy with or without an implantable cardioverter-defibrillator. **European Heart Journal**, v. 28, n. 1, p. 42 -51, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehl382>. Acesso em: 08 nov. 2016.

YOUNG T. P.; MCCLEAN S. I. A critical look at lean thinking in healthcare. **Quality & Safety in health care,** v. 17, n. 5, p. 382-386, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/qshc.2006.020131>. Acesso em: 15 jan. 2017.

ZENG Z. et al. A simulation study to improve quality of care in the emergency department of a community hospital. **Journal of Emergency Nursing,** v. 38, n. 4, p. 322-328, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jen.2011.03.005>. Acesso em: 21 jan. 2017.