

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

Fernanda Rocha

**INTEGRAÇÃO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS
DISCRETOS E MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR
PARA MELHORIA DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE
MEDICAMENTOS EM UM HOSPITAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, Dr.

Co-orientador: Prof. José Antonio de Queiroz, Dr.

Outubro de 2014

Itajubá - MG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

Fernanda Rocha

**INTEGRAÇÃO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS
DISCRETOS E MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR
PARA MELHORIA DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE
MEDICAMENTOS EM UM HOSPITAL**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 24 de outubro de 2014, conferindo ao autor o título de **Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.**

Banca Examinadora:

Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, Dr.

Prof. José Antonio de Queiroz, Dr.

Prof. Mario Jorge Ferreira de Oliveira, Dr.

Prof. Fabiano Leal, Dr.

Itajubá 2014

DEDICATÓRIA

*À Deus, por me proporcionar todas as coisas.
À minha mãe, Elza, e ao meu pai, Wantuil, pela
paciência, amor e incentivo, que me fizeram chegar
aqui.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, pelos seus ensinamentos, incentivo, por acreditar na minha capacidade quando nem eu mesma acreditava.

Ao meu co-orientador, Prof. José Antonio Queiroz, pelos ensinamentos, auxílio e sugestões.

Ao Prof. Fabiano Leal, pelas inúmeras discussões sobre simulação, pelas sugestões e paciência.

Ao Instituto de Engenharia de Produção e Gestão da Unifei, pela oportunidade que me foi concedida e pelo convívio com grandes professores e colaboradores.

Ao Rafael Miranda por compartilhar seus conhecimentos, pela grande ajuda e, principalmente, pela amizade.

À amiga Tábata, pelos conselhos, auxílio, por momentos de ótimas conversas e muitas risadas, mas principalmente, pelo estímulo no início do mestrado.

À Anna, pela grande amizade que nasceu no mestrado, pela grande ajuda e contribuição.

Ao Programa de Pró-Engenharias da CAPES, CNPq e à FAPEMIG pelo apoio e incentivo à pesquisa brasileira, e pelo apoio financeiro concedido para realização deste trabalho por meio do programa de bolsas de estudo.

A todos vocês, meu muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento.”

Provérbios 3.13

RESUMO

Este trabalho utilizou a Simulação a Eventos Discretos e o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para avaliar o sistema de distribuição de medicamentos de um hospital, devido a constantes atrasos na entrega de medicamentos aos pacientes. Desta forma, o trabalho tem como objetivo integrar simulação a eventos discretos e o mapeamento do fluxo de valor para melhoria de processos em uma farmácia hospitalar. A presente pesquisa aplicou a metodologia modelagem e simulação para analisar o sistema, em que foi dividida em fase de concepção, fase de implementação, e fase de análise, na qual foi realizado um diagnóstico por meio do Mapa do Estado Atual para identificar os erros e desperdícios do processo e posteriormente, foram discutidas alterações através do Mapa do Estado Futuro. O Mapa do Estado futuro elaborado foi utilizado como projeto experimental da simulação. As alterações propostas foram o balanceamento da chegada das prescrições, a abertura de um novo posto de trabalho e a eliminação das paradas não planejadas dos funcionários. Analisando os relatórios obtidos com as replicações foi possível compreender e quantificar o impacto dessas alterações sobre o processo. Por fim, com utilização Delineamento de Experimentos, notou-se que com todos os fatores no estado de melhoria é possível atender todos os pacientes de acordo com a prescrição médica.

Palavras-chave: Simulação a eventos discretos, *Lean healthcare*, Mapeamento do fluxo de valor, hospital.

ABSTRACT

This study used a Discrete Event Simulation and Value Stream Mapping to evaluate the drug distribution system of a hospital due to constant delays in the medicines delivery to patients. This research applied the methodology modeling and simulation to analyze the system, which was divided into design phase, implementation phase, and analysis phase, in which a diagnosis through the Current State Map was conducted to identify errors and waste in the process and subsequently, changes were proposed and designed the Future State Map. The Future State Map elaborate was used as experimental design of simulation. The proposed amendments were balancing the arrival of prescriptions, eliminating unplanned break time of employees and opening a new station job. Analyzing the reports obtained with the replication is possible to understand and quantify the impact of these changes on the process. Finally, using DOE, it was noted that with all the factors in the state of improvement it is possible to attend all patients according to medical prescription.

Keywords: Discrete event simulation, value stream mapping, hospital.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Integração da SED e MFV	16
Figura 1.2 – Resultados do estudo bibliométrico (<i>Discrete Event Simulation e Value Stream Mapping</i>).....	19
Figura 1.3 – Resultados do estudo bibliométrico (<i>Discrete Event Simulation, Value Stream Mapping e Healthcare</i>).....	19
Figura 2.1 – Etapas do Mapeamento do fluxo de valor	36
Figura 2.2 – Sistema puxado com base em supermercado.....	38
Figura 3.1 – Classificação desta pesquisa.....	48
Figura 3.2 – Sequência de passos para a simulação, segundo Montevechi.....	50
Figura 4.1 – IDEF-SIM.....	55
Figura 4.2 – Gráfico análise da distribuição dos dados da triagem.....	58
Figura 4.3 – Teste de normalidade para os dados de triagem.....	58
Figura 4.4 – Tela do Promodel® para o modelo desenvolvido.....	60
Figura 4.5 – Gráfico da probabilidade do número de leitos ocupados	64
Figura 4.6 – Mapa do estado atual	65
Figura 4.7 – Mapa do estado Futuro	71
Figura 4.8 – Gráfico de teste de normalidade dos resíduos	75
Figura 4.9 – Carta de controle para resíduos	75
Figura 4.10 – Gráfico Efeito das alterações propostas	76
Figura 4.11 – Gráfico ordenação dos fatores interações	76
Figura 4.12 – Gráfico da comparação entre as paradas não planejadas da situação atual e cenário simulado	77
Figura 4.13 – Gráfico da comparação entre fila de separação da situação atual e cenário simulado	78
Figura A.1 – Posto de Triagem	82
Figura A.2 – Posto de separação de medicamentos.....	82
Figura A.3 – Carrinho de transporte de medicamentos	82
Figura C.1 – Análise de distribuição para os tempos coletados de separação	84
Figura C.2 – Teste de normalidade para os tempos coletados de separação	84
Figura C.3 – Análise de distribuição para a ocorrência das prescrições	85
Figura C.4 – Teste de normalidade para a ocorrência das prescrições	85

Figura C.5 – Análise de distribuição para os tempos de duração das paradas	86
Figura C.6 – Teste de normalidade para os tempos de duração das paradas	86
Figura C.7 – Análise de distribuição para os tempos de frequência das paradas	87
Figura C.8 – Teste de normalidade para os tempos de frequência das paradas	87
Figura C.9 – Análise de distribuição para o número de prescrições atrasadas	88
Figura C.10 – Teste de normalidade para o número de prescrições atrasadas	88
Figura D.1 – Simbologia do MFV	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Os desperdícios na manufatura, no escritório e na área de saúde	26
Quadro 2.2 – Benefícios de aplicação do <i>Lean</i> na saúde	41
Quadro 2.3 – Benefícios de aplicação da simulação na área da saúde	42
Quadro 2.4 – Características do MFV e SED	45
Quadro A.1 – Símbolos utilizados no IDEF-SIM	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Dados para cálculo do tempo total disponível.....	54
Tabela 4.2 – Dados coletados.....	59
Tabela 4.3 – Resultado da simulação.....	62
Tabela 4.4 – Dados de demanda.....	63
Tabela 4.5 – Comparação dos resultados dos cenários da simulação.....	73
Tabela 4.6 – Matriz Experimental.....	74
Tabela B.1 – Dados coletados do número de prescrições atrasadas.....	83
Tabela D.1 – Comparação entre os dados coletados e simulados do número de prescrições atrasadas.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS

SED	<i>Simulação a Eventos Discretos</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
MFV	<i>Mapeamento do fluxo de valor</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
IDEF	<i>Integrated Definition Methods</i>
IDEF-SIM	<i>Integrated Definition Methods - Simulation</i>
DOE	<i>Design of Experiments (Delineamento de Experimentos)</i>
UTI	<i>Unidade de Tratamento Intensivo</i>
CAPES	<i>Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior</i>
FAPEMIG	<i>Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos Geral e Específico	17
1.2 Justificativas da pesquisa	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Simulação a eventos discretos	21
2.1.1 Introdução à simulação.....	21
2.1.2 Definições.....	22
2.1.3 Simulação na área de saúde.....	24
2.1.4 Modelagem conceitual IDEF-SIM	26
2.1.5 Projeto de Experimentos na simulação	29
2.2 Produção Enxuta	30
2.2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor ou <i>Value Stream Mapping</i>	35
2.2.2 <i>Lean Healthcare</i>	40
2.3 Integração entre Simulação e <i>Lean</i>	43
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	46
3.1 Classificação da pesquisa.....	46
3.2 Etapas de uma pesquisa em Modelagem e Simulação.....	49
4. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA	52
4.1 Concepção.....	52
4.1.1 Objetivos e definição do sistema.....	52
4.1.2 Construção do modelo conceitual	54
4.1.3 Validação do modelo conceitual	56
4.1.4 Modelagem dos dados de entrada	56
4.2 Implementação.....	59

4.2.1 Construção do modelo computacional	59
4.2.2 Verificação do modelo computacional.....	61
4.2.3 Validação do Modelo Computacional.....	61
4.3 Análise	62
4.3.1 Definição do projeto experimental.....	62
4.3.1.1 Desenhando o Mapa do Estado Atual	63
4.3.1.2 Desenhando o Mapa do Estado Futuro	66
4.3.2 Execução dos experimentos	72
4.3.2.1 Execução das replicações e análise do cenário	72
4.3.3 Análise dos resultados via DOE.....	74
4.3.4 Análise e conclusão dos resultados	77
5. CONCLUSÕES	79
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	81
APÊNDICE A – Fotos do setor da farmácia hospitalar.....	82
APÊNDICE B – Dados coletados do número de prescrições atrasadas.....	83
APÊNDICE C – Análise de Distribuição dos tempos coletados.....	84
APÊNDICE D – Dados coletados e simulados do número de prescrições atrasadas.....	89
APÊNDICE E – Publicação e submissão de artigos	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXO A – Simbologia da técnica IDEF-SIM	101
ANEXO B – Simbologia MFV	102

1. INTRODUÇÃO

Na administração de serviços de saúde, fica cada vez mais evidente a necessidade de um acompanhamento rigoroso na utilização de recursos, devido à estrutura organizacional complexa e a natureza delicada dos serviços oferecidos pelos hospitais, aumentando, assim, a dificuldade do gerenciamento (HAMES, 1996). As instituições hospitalares apresentam seu desempenho através de indicadores quantitativos, utilizando dados de números de consultas ambulatoriais, cirurgias, internações, entre outros, sem, contudo, analisar se os recursos disponíveis estão sendo utilizados adequadamente para atender à demanda de consultas, cirurgias ou internações.

Portanto, foi escolhido, para este trabalho, como objeto de estudo analisar o sistema de distribuição de medicamentos de um hospital, devido à observação de frequentes atrasos na administração de medicamentos aos pacientes.

Uma das atividades de maior impacto dentro da farmácia hospitalar é a distribuição de medicamentos, onde a farmácia hospitalar busca garantir o uso seguro e racional dos medicamentos prescritos pelo profissional médico, e responder à demanda de medicamentos dos pacientes internados (SIMONETTI *et al.*, 2009). Um sistema racional de distribuição de medicamentos deve facilitar a administração dos mesmos, através de uma dispensação ordenada, por horários e por paciente, e em condições adequadas para a pronta administração, bem como possibilitar a redução dos erros e dos tempos das atividades pela maior atuação e rigidez dos controles. Portanto, seja qual for o tamanho e a complexidade do hospital, é comprovado que sem os medicamentos não há sucesso na recuperação dos pacientes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Os medicamentos são insumos estratégicos às ações de saúde e devem ser administrados no horário estipulado pelos médicos para que haja maximização dos seus efeitos e minimização dos riscos colaterais. A falta dos medicamentos pode significar interrupções constantes no tratamento e redução da qualidade de vida dos usuários, bem como redução da credibilidade dos serviços farmacêuticos e do sistema de saúde como um todo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Por isso, é de extrema importância o planejamento, a elaboração e a implementação de técnicas capazes de melhorar a produtividade, a eficiência e a eficácia dos serviços hospitalares (DALARMI, 2010).

Uma vez que os medicamentos são de suma relevância no tratamento de doenças, a implementação de medidas que assegurem a correta administração e distribuição desses é justificada.

Este trabalho, ciente da importância de um melhor gerenciamento em ambientes hospitalares, integra a Simulação a Eventos Discretos (SED) e o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para apoio à tomada de decisão, como pode ser visualizado na Figura 1.1, em que a utilização da Simulação seguirá as fases de concepção e implementação, trabalhando paralelamente com o mapeamento do fluxo de valor, que se inicia com o Mapa do Estado Atual, em que são identificados os desperdícios e as causas-raiz, seguido pela elaboração do Mapa do Estado Futuro, em que são propostas ações e melhorias. Na fase de análise, será utilizado o Mapa do Estado Futuro como cenário da simulação, ocorrendo nesta etapa a integração das duas ferramentas.

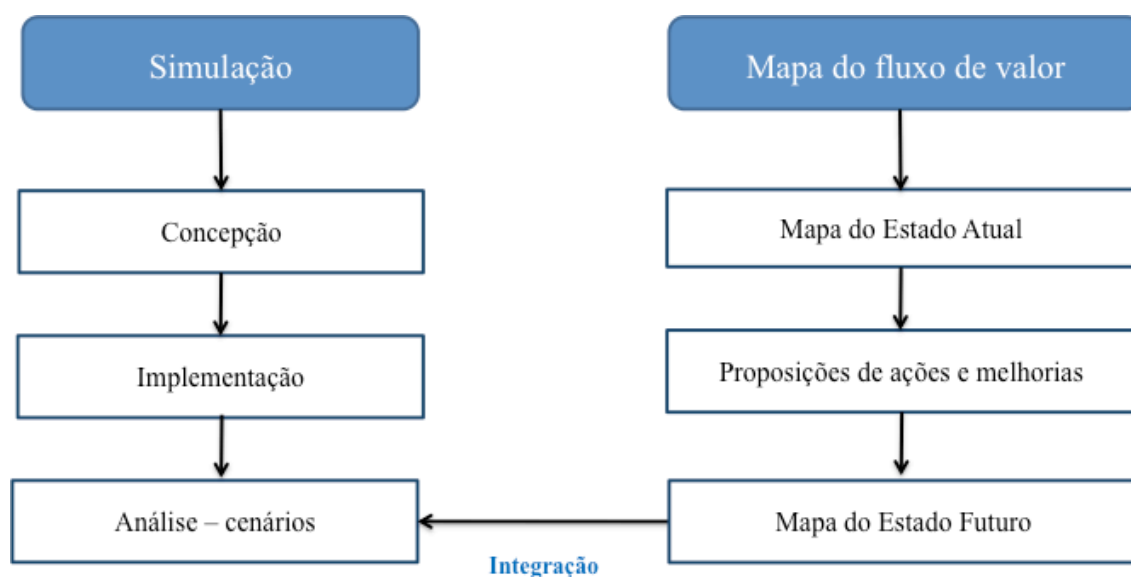


Figura 1.1 – Integração da SED e MFV

Simulação e *Lean* são abordagens que raramente são discutidas em conjunto, em particular na área de saúde, embora tenham motivação similar, ou seja, melhoria dos processos e da prestação de serviços. Esta afirmação foi comprovada com um estudo bibliométrico apresentado posteriormente na seção 1.2. O foco é garantir a eficiência dos serviços de saúde com um crescente interesse em Simulação e *Lean*, porém, em sua maioria, são usados separadamente (ROBINSON *et al.*, 2012).

Os princípios do *Lean* aplicados à saúde têm como estratégia priorizar os pacientes, identificar o valor para os mesmos, eliminar os desperdícios e minimizar o

tempo para realização dos processos (TOUSSAINT, GERARD e ADAMS, 2012).

O uso de Simulação a Eventos Discretos para representar um sistema real de alta criticidade possibilita estudar as mudanças sem que seja necessário construí-lo na realidade, economizando recursos e tempo. Sendo, extremamente útil nesse contexto, já que reproduz o comportamento de sistemas em tempo real (JOHANSSON, 2002), proporcionando aos tomadores de decisão inferências sobre os resultados obtidos a partir de alterações nos modelos (BANKS, 2000).

Desta forma, a SED é utilizada para modelar a área da farmácia hospitalar e gerar resultados com melhorias propostas por meio do MFV para esse setor. Portanto, a variável que será mensurada será o número de prescrições separadas com atraso, denominadas neste trabalho como número de prescrições atrasadas, sendo o número de prescrições separadas pela farmácia diretamente relacionada ao número de leitos ocupados no hospital. Logo, quanto menor o número de prescrições atrasadas, melhor está o processo. Sendo assim, este trabalho contribui com a integração da SED com MFV, importante ferramenta do *Lean*, tornando-se importante instrumento de suporte à tomada de decisão em um hospital.

1.1 Objetivos Geral e Específico

Considerando esse contexto, o presente trabalho explora os dados relativos à separação de medicamentos em uma farmácia hospitalar.

O objetivo geral dessa dissertação é integrar a Simulação a Eventos Discretos e o Mapeamento do Fluxo de Valor para melhoria no processo de distribuição de medicamentos em uma farmácia hospitalar. Considerando o objetivo geral apresentado, delimitam-se os seguintes objetivos específicos a serem explorados no trabalho:

- Elaborar o Mapa do Estado Atual, do MFV, com o objetivo de diagnosticar o processo, identificando não só o desperdício, mas suas causas-raiz;
- Elaborar o Mapa do Estado Futuro, do MFV, como projeto experimental da simulação, destacando um conjunto de medidas alinhadas aos princípios enxutos capazes de eliminar ou minimizar os desperdícios;
- Verificar a efetividade das mudanças propostas com a utilização da simulação;
- Analisar os resultados com utilização de DOE (*Design of Experiments*);

- Gerar informações para a gerência da área, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão quanto à viabilidade das propostas estabelecidas para atender os pacientes do hospital.

1.2 Justificativas da pesquisa

Quanto à relevância deste tema, Womack e Jones (2003) e Breyfogle e Salveker (2004), defendem a aplicação do pensamento enxuto nos sistemas da área de saúde, sendo que o primeiro passo na implementação é colocar o paciente em primeiro plano e incluir o tempo e conforto como medidas-chave de desempenho do sistema. Segundo Khurma (2008), devido à complexidade dos sistemas de cuidados de saúde, a Simulação a Eventos Discretos tem-se revelado uma ferramenta eficaz para a melhoria de processos, especialmente quando combinado ao *Lean*.

Alguns exemplos de aplicações no âmbito da saúde, utilizando a simulação e os conceitos *Lean* podem ser vistos em Yong *et al.* (2004), Khurma *et al.* (2008) e Venkatadri *et al.* (2011).

Robinson *et al.* (2012) afirmam que Simulação e *Lean* funcionam em benefício mútuo, pois melhoram o impacto e engajamento de ambos, permitindo trabalhar em uma relação simbiótica para melhoria dos sistemas de saúde, pois, segundo Oliveira (2008), o Mapeamento do Fluxo de Valor utiliza dados determinísticos, enquanto a Simulação possui a vantagem do tratamento estocástico das variáveis, ou seja, a Simulação a Eventos Discretos transforma aquilo que é estático e determinístico em algo dinâmico e estocástico.

Porém, segundo Jahangirian *et al.* (2010) e Robinson *et al.* (2012), há uma limitação de trabalhos utilizando Simulação e *Lean* em conjunto. Para comprovar esta afirmação, foi realizado um breve estudo bibliométrico, com o objetivo de identificar as publicações científicas sobre a utilização de Simulação e *Lean* em conjunto. Foi utilizada como fonte de informação as bases de dados *ISI – Web of Science e Scopus* (SCOPUS-ELSEVIER), nas quais foram coletados dados entre os dias 28 e 30 de agosto de 2014. A base *ISI* está entre as bases internacionais multidisciplinares de maior prestígio e a sua utilização é justificada pela abrangência e facilidade de acesso para a maioria dos pesquisadores (JUNIOR, MIGUEL e CARVALHO, 2011). Já a base *Scopus* é considerada o maior banco de dados de resumos e citações, com cerca de 17 mil revistas (HERCULANO, NORBERTO, 2012).

Primeiramente, foram buscados trabalhos relacionados ao tema, utilizando as seguintes palavras-chave:

- *Discrete Event Simulation* (Simulação a eventos discretos);
- *Value Stream Mapping* (Mapeamento do fluxo de valor).

A busca se concentrou em encontrar trabalhos nos últimos 10 anos e limitou-se somente a artigos.

A Figura 1.2 apresenta os resultados encontrados utilizando os termos “*Discrete Event Simulation*” e “*Value Stream Mapping*” em conjunto. Foram encontrados 15 publicações de trabalhos relacionados ao tema na base *ISI* e 47 publicações, na base *Scopus*. Nota-se uma pequena quantidade de artigos publicados sobre o tema ao longo dos últimos 10 anos.

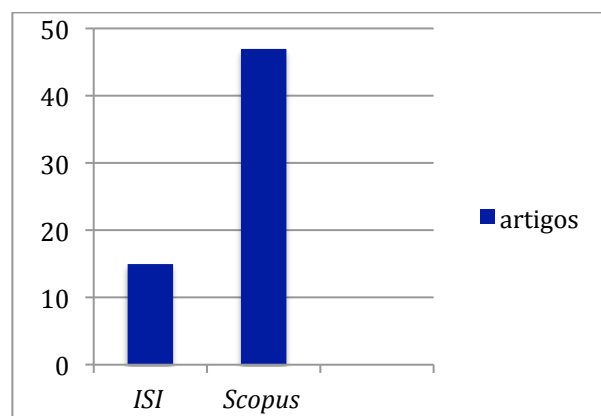


Figura 1.2 - Resultados do estudo bibliométrico (*Discrete Event Simulation e Value Stream Mapping*)

Em seguida, foram utilizados os termos “*Discrete Event Simulation*”, “*Value Stream Mapping*” e “*Healthcare*”. Quando se busca as três expressões juntas nas bases de dados, um número consideravelmente pequeno é encontrado, sendo apenas 3 publicações na base de dados *ISI* e 11 publicações na base de dados *Scopus*, como pode ser visto na Figura 1.3.

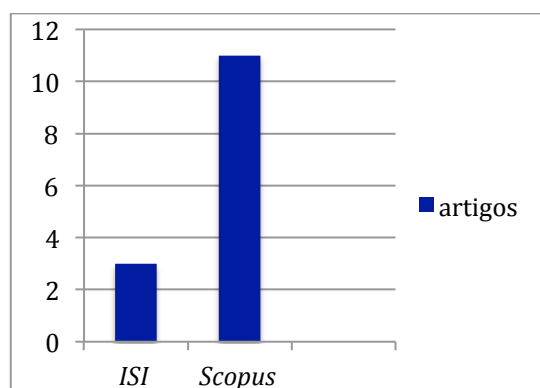


Figura 1.3 - Resultados do estudo bibliométrico (*Discrete Event Simulation, Value Stream Mapping, Healthcare*)

Com o intuito de preencher esta lacuna na literatura e apoiar a tomada de decisão por meio da eficiência da integração da SED e MFV, justifica-se a importância da escolha desse tema.

Quanto à relevância do objeto de estudo desse trabalho, o processo estudado é o sistema de distribuição de medicamentos, que tem vital importância no pronto restabelecimento dos pacientes atendidos.

Os critérios de seleção do objeto de estudo foram os seguintes:

- A escolha do sistema de distribuição de medicamentos foi definida por apresentar constantes atrasos na entrega dos medicamentos aos pacientes, o que pode acarretar riscos da ocorrência de efeitos colaterais dos tópicos e redução da qualidade de vida dos pacientes;
- O hospital tem interesse em melhorar constantemente o processo de entrega dos medicamentos aos pacientes, aumentando a qualidade dos serviços prestados e a satisfação dos clientes.

Assim, para este objeto de estudo, justifica-se a aplicação da metodologia de modelagem e simulação, uma vez que o sistema estudado é influenciado por vários fatores como: ocupação dos leitos disponíveis no hospital, ciclo de chegada das prescrições, tempo de triagem, tempo de separação dos medicamentos e tempo de parada não programadas dos funcionários, todos regidos por variáveis estocásticas e dinâmicas. Dessa forma, pretende-se observar o comportamento do modelo sem interferência no sistema real.

O trabalho apresentado está estruturado em 5 capítulos, sendo o primeiro composto pela introdução, no qual foi apresentado o contexto do trabalho, os objetivos geral e específicos e a justificativa da pesquisa. O capítulo 2 trata da fundamentação teórica, que abrange Simulação a Eventos Discretos, Produção Enxuta, MFV e *Lean Healthcare*, por fim, foi apresentado a integração de Simulação a Eventos Discretos e *Lean*. Em seguida, no capítulo 3, será apresentada a metodologia da pesquisa, juntamente com a classificação da pesquisa e o desenvolvimento da metodologia. No capítulo 4 é apresentada a aplicação da metodologia do trabalho no objeto de estudo, bem como seus resultados e, no capítulo 5, serão feitas as considerações finais, juntamente com sugestões para trabalhos futuros. Por fim, seguem as referências utilizadas nesta dissertação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta o referencial teórico que suporta esta dissertação, em que o objetivo é sumarizar os conceitos de Simulação a Eventos Discretos e de Produção Enxuta. Para isso, foi realizada uma vasta revisão de literatura, abrangendo periódicos nacionais e internacionais, artigos de congressos, livros, teses e dissertações.

Inicialmente, são apresentados os principais conceitos relacionados à SED, seguidos de uma introdução e definição à simulação, apresentação de simulação na área de saúde e, posteriormente, foi apresentado o método usado para modelagem conceitual do modelo de simulação. No que diz respeito à Produção Enxuta, foram apresentadas as características do fluxo de valor enxuto, passos do MFV e *Lean Healthcare*. Por fim, foi explorada a integração da Produção Enxuta e Simulação a Eventos Discretos.

2.1 Simulação a eventos discretos

2.1.1 Introdução à simulação

Inicialmente, a simulação foi usada nos EUA, no final da década de 1950, para planejamento de operações militares com o objetivo de planejar a distribuição de suprimentos nas batalhas e alocação de recursos escassos, obtendo grandes resultados (HOLLOCKS, 2005; SILVA, 2005).

A partir da década de 1970 os computadores tornaram-se mais rápidos e baratos, possibilitando a disseminação da simulação e sua utilização por outras indústrias (KELTON, SADOWSKI e STURROCK, 2007).

Na década de 1980, surgiram *softwares* de simulação com interfaces gráficas com o usuário, animação e outras ferramentas de visualização (BANKS *et al.*, 2005). Mas foi no início da década de 1990 que a simulação começou a ter maior utilização por pequenas empresas que utilizaram esta ferramenta nos primeiros estágios de projetos (KELTON, SADOWSKI E STURROCK, 2007).

Segundo Harrel, Ghosh e Bowden (2004), a simulação continuará a se desenvolver conforme a evolução na tecnologia de *softwares*, tornando os modelos mais acessíveis aos tomadores de decisões. Robinson (2005) afirma que a Simulação a Eventos Discretos não teria realizado sua função, como ferramenta de auxílio à tomada de decisões, sem o rápido desenvolvimento dos computadores. Simulação e computação

sempre estiveram conectadas, atraindo o interesse de muitos pesquisadores (JENKINS e RICE, 2009).

2.1.2 Definições

Simulação pode ser percebida como o método de projetar modelos dinâmicos de um sistema real e gerir experimentos com este modelo, com a finalidade de compreender o comportamento do sistema ou de avaliar várias estratégias dentro dos limites impostos por um conjunto de critérios (INGALLS, 2002).

Para Montevechi *et al.* (2007), a simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado, no qual seu comportamento pode ser estudado sob diversas condições, sem riscos físicos e/ou altos custos envolvidos. A simulação procura, então, representar a realidade por meio do emprego de modelos, buscando "testar" as possíveis alternativas para alcançar a melhor decisão.

Os modelos de simulação computacional são representados por uma construção matemática e/ou lógica e são fundamentados em distribuições de probabilidades que inserem variações randômicas dentro do modelo, criando estatísticas que legitimam o experimento. A modelagem deve ser capaz de compreender a realidade dos sistemas em estudo, baseando-se em fenômenos conhecidos, permitindo a simulação e a efetivação de experimentos que permitam antecipar o comportamento real.

Para Gonçalves (2004), a simulação é uma importante ferramenta para modelar diferentes ambientes de maneira flexível e pode ser utilizada com os seguintes fins:

- Possibilitar o estudo e experimentação de sistemas complexos;
- Simular mudanças operacionais e organizacionais com possibilidade de observar o efeito dessas alterações no comportamento do modelo;
- Obter o conhecimento sobre o processo e sugerir melhorias;
- Alterar entradas do modelo e observar os resultados;
- A simulação pode ser utilizada no experimento de novos projetos ou políticas operacionais antes de sua implementação, antecipando o que irá acontecer;
- A simulação permite ultrapassar limitações dos modelos de resolução direta;
- A simulação permite modelar o comportamento de sistemas de qualquer

grau de complexidade, com um nível de detalhes mais ajustado a cada caso.

As vantagens oferecidas pelo uso da simulação computacional contribuem com o crescente aumento da utilização desta ferramenta em diversos setores de aplicação. Para Chwif e Medina (2007), um modelo de simulação pode capturar as características de sistemas de grande complexidade e de natureza dinâmica e aleatória, com mais precisão, em uma tentativa de reproduzir em um modelo computacional o mesmo comportamento que o sistema exibiria quando submetido às mesmas condições de contorno. Segundo Morabito Neto e Pureza (2012), a simulação computacional é a representação de um sistema real através de um modelo utilizando um computador, trazendo a vantagem de se poder visualizar esse sistema, implementar mudanças e responder a questões do tipo “o que aconteceria se” (*what-if*), minimizando custos e tempo.

De acordo com Greasley (2003), a animação da simulação pode ser utilizada para comunicar para diretores, clientes e funcionários as mudanças relativas à implantação de um novo projeto, mostrando como estas afetarão o processo na prática.

Shannon (1998) afirma que o uso da simulação possibilita testar novos projetos sem comprometer recursos para a implantação, permite identificar gargalos no fluxo de informações, materiais ou produtos, permite adquirir conhecimento de como um sistema realmente trabalha e compreender quais variáveis são importantes para o seu desempenho.

A simulação também apresenta algumas desvantagens que devem ser consideradas. Banks *et al.* (2005) afirmam que na simulação a construção de modelos requer treinamento especial e que os resultados podem ser de difícil interpretação, pois são essencialmente variáveis aleatórias.

De acordo com Carson (2004), o tempo disponível para a condução de um projeto de simulação pode não ser suficiente para a elaboração de um estudo seguro, levando à conclusões erradas dos processos estudados.

Segundo Law e Kelton (2000), os modelos de simulação são, geralmente, caros e consomem bastante tempo em seu desenvolvimento. Estes modelos precisam ser validados, e caso não represente o sistema real, as informações dele provenientes não possuirão utilidade.

Jahangirian *et al.* (2010) afirmam que a simulação é uma das técnicas mais utilizadas nas mais diversas áreas, principalmente devido à facilidade de analisar

sistemas complexos como um todo, e não somente as partes. Entre as principais áreas, destacam-se: gerenciamento de projetos, operações em manufatura, logística e redes de distribuição, administração de sistemas de estoque, transporte e tráfego, aplicações militares, e nas mais diversas áreas de serviços, como bancos, hotelaria, restaurantes, instituições educacionais, hospitais, entre outros (HILLIER e LIEBERMAN, 2010; BANKS *et al.*, 2005).

2.1.3 Simulação na área de saúde

Os sistemas na área de saúde são dinâmicos e de grande complexidade, abrangendo diferentes processos com forte interação e influenciados por eventos de natureza aleatória. Esse cenário estabelece sérias dificuldades para estudos analíticos do problema, fazendo com que a simulação seja uma ferramenta bastante indicada.

A história da SED para aplicações na área de saúde teve início em 1960 (PITT, 2008), com artigos regulares, ou seja, que começaram a ser publicados frequentemente a partir de 1970 (BRAILSFORD *et al.*, 2009a). Fetter e Thompson (1966) já elaboravam modelos de simulação para resolver problemas relacionados ao agendamento de consultas e outros problemas operacionais em hospitais. Eles identificaram importantes variáveis na avaliação do emprego do quadro de médicos, tais como: taxa de chegada de pacientes, chegada antecipada ou tardia, adiamentos, intervalos de agendamento e paradas devido à troca de turnos dos médicos.

O uso da SED na área da saúde vem aumentando como ferramenta de apoio à tomada de decisões, os quais procuram considerar as mais variadas situações. Segundo Hollocks (1992), os benefícios da utilização da SED em ambientes de manufatura são a redução de riscos, a maior compreensão do sistema, a redução de custos operacionais, a redução do tempo de espera, a redução do custo de capital e a melhora do serviço apresentado ao cliente. Esses benefícios podem ser facilmente transpostos para outros contextos, tais como serviços e cuidados de saúde.

Porém, a implementação da SED pode ser mais problemática na área de saúde do que em outros domínios (BRAILSFORD, 2005; KULJIS *et al.*, 2007; ELDABI, 2009; YOUNG *et al.*, 2009), devido à dificuldade em envolver gestores da área de saúde em estudos que envolvam a SED e, ainda, ao problema da gestão dos interesses contrários de múltiplos gestores que compõem as equipes dos hospitais (BRAILSFORD *et al.*, 2009b; ELDABI, 2009).

Na literatura existem muitos exemplos de SED sendo aplicada em um amplo número de atividades de saúde e em questões, como por exemplo: a disseminação e contenção de infecções adquiridas no hospital (HAGTVEDT *et al.*, 2009; AABY *et al.*, 2006); planejamento para surtos de doenças (GRIFFITHS *et al.*, 2010); investigação dos departamentos de emergência (PAUL *et al.*, 2010); determinação de políticas de ordenação apropriadas na cadeia de abastecimento de sangue (KATSALIAKI e BRAILSFORD, 2007); política e avaliação da estratégia, bioterrorismo, triagem, custos da doença, avaliação econômica em intervenções alternativas de cuidados de saúde (FONE *et al.*, 2003; MUSTAFEE *et al.*, 2010); modelagem de desempenho (GÜNAL e PIDD, 2010); fluxo de pacientes e alocação de ativos de saúde (JACOBSON *et al.*, 2006); agendamento de pacientes e internações, esquemas de roteamento e fluxo de pacientes, disponibilidade e alocação de recursos, como dimensionamento de cama, planejamento e dimensionamento de quarto, dimensionamento e planejamento de pessoal (JUN *et al.*, 1999).

Sendo notável a aplicação da SED na área de saúde, foram apresentados no Quadro 2.1 alguns autores que relatam os benefícios adquiridos com a utilização da simulação em organizações de saúde.

Na literatura há muitos tipos de aplicação de modelos de simulação em cuidados de saúde. Brailsford (2007) divide os modelos em simulação do corpo humano para estudos e aprendizado em procedimentos de emergência, os modelos operacionais de unidades de saúde e, modelos estratégicos de nível de sistema. Jun, Jacobson e Swisher (1999) abordam à aplicação da Simulação a Eventos Discretos no sistema de saúde em duas áreas: fluxo de pacientes e alocação de recursos. Lagergren (1998) organiza os modelos sistemas de saúde, *design* de sistemas de saúde e assistência à tomada de decisão médica. Mielczarek e Uzialko-Mydlikowska (2012a) aborda a aplicação da simulação em eventos extremos de planejamento, como emergência (MIELCZAREK e UZIALKO-MYDLIKOWSKA, 2012a).

Brailsford (2007) sugere que existem algumas razões principais para a popularidade de simulações entre os pesquisadores da área de saúde:

- Devido à incerteza e a variabilidade dos sistemas de saúde;
- A utilização de análises estocásticas;
- Dificuldade de modelar a complexidade das instituições de saúde com métodos analíticos;

- Possibilidade de incluir o papel principal dos fatores humanos através de uma metodologia de simulação.

A vantagem da abordagem de simulação deriva da sua flexibilidade, bem como da sua capacidade para lidar com a variabilidade, a incerteza e a complexidade dos sistemas dinâmicos. A simulação é especialmente útil quando o problema apresenta incertezas significativas, que dão origem a análise estocástica.

Quadro 2.1 – Benefícios da aplicação da simulação na área da saúde.

Local	Aplicação	Benefícios	Autores
EUA	Centro de endoscopia	Aumento do volume de atendimento e diminuição do tempo gasto por paciente no centro de endoscopia.	Lukejohn <i>et al.</i> (2014)
EUA	UTI Neonatal	Ampliação da capacidade de atendimento e diminuição dos custos com deslocamentos para outros hospitais.	Fournier e Zaric (2013)
Taiwan	Centro de tratamento físico hospitalar	Identificação do gargalo da unidade; redução do tempo de espera do paciente.	Rau <i>et al.</i> (2013)
Turquia	Ambulatório de Oftalmologia	Redução no tempo de espera em 29% e redução do tempo da consulta em 19% sem investir em novos recursos.	Al-Araidah, Boran e Wahsheh (2012)
Inglaterra	Farmácia hospitalar	Redução na carga de trabalho.	Reynolds <i>et al.</i> (2011)
Austrália	Atendimento de emergência	Redução do tempo de espera dos pacientes no processo de atendimento de emergência.	Shim e Kumar (2010)
Brasil	Laboratório hospitalar	Diminuição do tempo de espera dos pacientes para realização de exames	Fusco (1997)

2.1.4 Modelagem conceitual IDEF-SIM

Um projeto de simulação deve começar com a definição clara do sistema a ser simulado. Autores como Chwif e Medina (2007), Law (1991) e Robinson (2006) acreditam que a criação do modelo conceitual é o aspecto mais importante no

desenvolvimento de um modelo de simulação. Embora, muitos livros e analistas não destaquem esta etapa (CHWIF e MEDINA, 2007).

Uma das questões mais difíceis na modelagem conceitual é determinar o conteúdo do modelo de simulação. É preciso entender o sistema real que é o objeto do estudo de simulação e transforma-lo em um modelo conceitual apropriado (ROBINSON, 2013).

Leal, Almeida e Montevechi (2008) propuseram uma nova técnica de modelagem conceitual, denominada IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods - Simulation*), que emprega e adapta elementos lógicos de outras técnicas de modelagem, como IDEF0, IDEF3 e fluxograma, permitindo assim a elaboração de modelos conceituais com dados úteis ao modelo computacional. Embora as técnicas IDEF sejam adequadas à modelagem de sistemas, quando empregadas em projetos de simulação elas deixam de armazenar aspectos importantes, por não terem sido estruturadas para projetos de simulação.

A principal característica do IDEF-SIM é a identidade da sua lógica de aplicação com a lógica usada em simulação a eventos discretos (LEAL, ALMEIDA e MONTEVECHI, 2008). Esta característica tem como finalidade a criação de um modelo conceitual que contenha o maior número possível de informações, exigidas na fase de modelagem computacional e, por outro lado, o menor número possível de informações que não serão utilizadas. O Anexo A apresenta a simbologia da técnica IDEF-SIM.

Os elementos utilizados na técnica IDEF-SIM são apresentados a seguir (LEAL, ALMEIDA e MONTEVECHI, 2008):

- Entidades: são os itens a serem processados pelo sistema, representando matéria prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros. Depois de a entidade ser representada, o símbolo surgirá no momento em que uma nova entidade for criada. Assim, torna-se perceptível o número de entidades utilizadas e em que pontos do modelo a entidade sofrerá uma transformação;

- Funções: consistem em locais onde a entidade sofrerá alguma ação, como postos de trabalho, filas e estoques, esteiras de movimentação, postos de atendimento. Estas funções podem modificar uma entidade ou mesmo alterar o ritmo de tempo desta entidade no fluxo;

- Fluxo da entidade: direcionamento da entidade dentro do modelo, assinalando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções;
- Recursos: são elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções, podem representar pessoas ou equipamentos. Em um sistema pode haver recursos estáticos ou dinâmicos;
- Controles: regras usadas nas funções, como sequência, regras de filas, programações, entre outros;
- Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: são chamadas de junções, na técnica IDEF3. Dois ou mais caminhos, após uma função, podem ser executados juntos (junção E), ou de forma alternativa (junção OU), ou permitindo ambas as regras (junção E/OU);
- Movimentação: é um deslocamento de entidade, no qual o modelador acredita possuir efeito importante sobre o modelo. Ao utilizar este elemento, espera-se encontrar no modelo computacional uma programação específica para este movimento, como tempo gasto e recurso utilizado;
- Informação explicativa: utilizado para introduzir no modelo uma explicação, com o objetivo de facilitar o entendimento do modelo;
- Fluxo de entrada no sistema modelado: determina a entrada ou criação das entidades dentro do modelo;
- Ponto final do sistema: limita o final de um caminho dentro do fluxo modelado;
- Conexão com outra figura: usado para dividir o modelo em figuras diferentes.

Montevechi *et al.* (2010) afirmam que para a elaboração da lógica do IDEF-SIM, foram definidos elementos lógicos que possibilitem ao especialista em modelagem computacional construir um modelo inicial com a estrutura principal do sistema a ser simulado. Estes elementos lógicos do IDEF-SIM levam o responsável pelo modelo conceitual a se concentrar nos aspectos que posteriormente serão fundamentais ao responsável pelo modelo computacional.

O principal benefício do uso do IDEF-SIM é a construção de um modelo conceitual com características que permitirão uma redução do tempo gasto na fase de modelagem computacional (LEAL *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2013).

2.1.5 Projeto de Experimentos na simulação

O uso de projeto de experimentos ou DOE (*Design of Experiments*) em simulação tem sido de grande impacto no auxílio à tomada de decisões (LEAL, 2008). Segundo Kelton (1999), o planejamento de experimentos simulados reduz tempo e esforço para estimar os efeitos das mudanças nos fatores de entrada do modelo sobre os de resposta do mesmo.

De acordo com Kleijnen *et al.* (2005), os benefícios da utilização do DOE englobam a melhora no desempenho de sistemas na busca de uma boa solução para a sua configuração, evitando uma abordagem de tentativa e erro.

As técnicas do DOE tem encontrado um amplo aproveitamento nas mais variadas áreas do conhecimento, apresentando-se como um conjunto de ferramentas de grande importância para o desenvolvimento de produtos e processos (GOMES, 2010).

Embora os métodos de planejamento de experimentos tenham sido desenvolvidos visando experimentos físicos, eles podem ser prontamente utilizados em experimentos simulados, apresentando inúmeras oportunidades para melhorias que são difíceis ou impossíveis de serem implementadas em experimentos físicos (KELTON, 2003).

Segundo Law e Kelton (2000), a experimentação por meio da simulação apresenta algumas vantagens sobre os experimentos físicos, industriais ou de laboratórios, pois com a simulação é possível controlar fatores que na realidade são incontroláveis e é possível controlar a origem básica da variação, diferente da situação em experimentos físicos.

Alguns conceitos utilizados em projetos de experimentos são:

- Replicação: é a realização de todo experimento básico e permite estimar o erro experimental na determinação do efeito de um fator, sendo interessante para modelos estocásticos (MONTGOMERY, 2005);
- Fatores: é uma variável de entrada de um modelo de simulação (KLEIJNEN, 1998);
- Níveis: são as possíveis variações consideradas para cada fator (CHUNG, 2004; KLEIJNEN *et al.*, 2005);
- Resposta: é uma medida de desempenho ou saída de um modelo de simulação (LAW e KELTON, 2000);

- Efeito: é a mudança obtida na resposta causada pela alteração do nível do fator. De acordo com Leal (2008) em simulação, os resultados da variável de resposta devem ser tratados por métodos estatísticos, para que se possam definir os efeitos de cada fator.

- Interação: é um evento que acontece da sinergia dos fatores (CHUNG, 2004).

Desta maneira, após elucidar os conceitos e objetivos de um experimento, pode-se apresentar as técnicas dos projetos experimentais.

De acordo com Gomes (2010), com relação aos projetos experimentais, as técnicas mais utilizadas compreendem o Planejamento Fatorial Completo, o Planejamento Fatorial Fracionado, Arranjos de Taguchi e a Metodologia de Superfície de Resposta.

Neste trabalho, optou-se por utilizar o Planejamento Fatorial Completo por abranger todo o espaço experimental, permitindo realizar uma varredura completa da região de estudo, utilizando todos os fatores e respectivos níveis (GOMES, 2010; MIRANDA, 2012).

2.2 Produção Enxuta

O livro “A máquina que mudou o mundo” (WOMACK, JONES e ROOS, 1990), decorrência das pesquisas executadas em empresas automotivas pelo *Massachusetts Institute of Technology*, introduziu a expressão “Produção Enxuta”, no inglês *Lean Production*, que foi uma das mais citadas nas publicações sobre gestão da produção na última década (HOLWEG, 2007, e BHASIN e BURCHER, 2006).

Na época de sua primeira publicação, as empresas japonesas, capitaneadas pela Toyota, estavam liderando a produção mundial a partir da adoção de um novo sistema de produção, também denominado de Sistema Toyota de Produção, considerado como precursor e motivador da Produção Enxuta (HINES *et al.*, 2004).

Dentro do contexto de produção enxuta, as atividades podem ser classificadas em três grupos (ROTHER e SHOOK, 1999):

1. Atividades que efetivamente criam valor aos clientes;
2. Atividades que não criam valor, mas que ainda são necessárias;
3. Atividades que não criam valor e que também não são mais necessárias.

As atividades do tipo 3 (*Mudas* tipo 1) não são mais necessárias e devem ser eliminadas imediatamente, enquanto que as atividades do tipo 2 (*Mudas* tipo 2) devem ser eliminadas tão logo seja possível às empresas. Deste modo, o foco da Produção Enxuta é eliminar as atividades dos tipos 2 e 3 (BHASIN e BURCHER, 2006), pois, por não criarem valor são consideradas desperdícios. Segundo Womack e Jones (2004), desperdício é qualquer atividade humana que consome recursos, mas não cria valor.

Taiichi Ohno, o criador do Sistema Toyota de Produção, propôs que os desperdícios, ou perdas, fossem classificados em sete grupos (GHINATO, 2000):

1. Superprodução: Produção de itens para os quais não há demanda, o que provoca perda com excesso de pessoal e de estoque, conseqüentemente, exige mais espaço e transporte de materiais. A superprodução pode provocar e esconder os outros seis desperdícios, portanto, é considerada a mais prejudicial aos ambientes produtivos.

2. Espera: tempo de um funcionário que é inutilizado esperando algo, como a conclusão da tarefa de uma máquina, a chegada de peças ou ferramentas, o término de um processo anterior por algum problema ou gargalo da linha, falta de matéria-prima, espera pelo lote, pelos processos de fabricação ou pelos próprios operadores das máquinas;

3. Transporte: movimentação ineficiente de materiais entre processos ou entre produção e estoque, causadas, por exemplo, por longas distâncias e transporte excessivo de matérias-primas;

4. Processamento sem valor: passos desnecessários na fabricação de um produto, seja por ineficiência do processo ou de uma ferramenta, seja por oferecer um produto com uma qualidade superior à contratada;

5. Estoque: excesso de matéria-prima, de estoque em processo ou de produtos acabados, o que causa *lead times* mais longos, produtos com defeitos e defasados, custos extras de transporte, armazenamento e atrasos. O estoque excessivo também esconde problemas como: desbalanceamento de produção, atraso de fornecedores, esperas em processo e defeitos de produto;

6. Movimentação: movimentações desnecessárias dos operadores na execução das atividades operacionais, como: caminhar, procurar, pegar, guardar ou empilhar peças e ferramentas;

7. Defeito: produção ou correção de peças defeituosas e inspeção significam perda de manuseio, tempo e esforço.

Os prejuízos gerados aos sistemas produtivos pela superprodução e pelos demais desperdícios são detalhados em outros trabalhos como Demeter e Matyusz (2011) e Queiroz e Rentes (2010).

Em contrapartida aos desperdícios, têm-se cinco princípios enxutos, que visam à melhoria do processo, de acordo com os conceitos da Produção Enxuta. Esses conceitos são uma forma de fazer cada vez mais, com cada vez menos, ou seja, menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço, aproximando-se cada vez mais de proporcionar aos clientes justamente o que eles esperam (WOMACK e JONES, 2004). Abrange por cliente, não apenas o agente externo que gera demanda, mas também os clientes internos, que são sucessores de uma etapa no processo.

Segundo Womack e Jones (1998), os cinco princípios do pensamento enxuto são:

1. Valor: Definir o que é valor é o ponto de partida para a mentalidade enxuta. O valor do produto deve ser definido pelo cliente e, para isso, o produto deve ter requisitos que atendam às necessidades do cliente, com um preço específico e entregue em um prazo apropriado à ele. Características ou atributos do produto ou serviço que não atendam as percepções de valor do cliente significam oportunidades para racionalizar, a fim de obter melhoria contínua dos processos, reduzir os custos e melhorar a qualidade.

2. Fluxo de valor: identificar o fluxo de valor, ou seja, analisar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: solução de problemas, gerenciamento da informação e transformação física. O diagnóstico do fluxo de valor permite a visualização de três tipos de atividades: as que agregam valor; as que não agregam valor, mas são necessárias e as que não criam valor e devem ser eliminadas imediatamente.

3. Fluxo contínuo: deve-se fazer com que o produto ou serviço flua através das etapas que criam valor, ou seja, o objetivo é fazer com que os obstáculos ao fluxo contínuo desapareçam, ou seja, tentar eliminar os pontos de espera e as fronteiras das tarefas.

4. Puxar: depois de eliminadas as barreiras que impedem o fluxo contínuo, a etapa seguinte é a produção puxada. Este conceito consiste em produzir somente aquilo que é necessário e quando necessário, ou seja, o cliente "puxa" a produção, eliminando estoques, gerando um fluxo de informações do fim para o início.

5. Perfeição: o último princípio aparece naturalmente, quando os quatro anteriores interagem ciclicamente, devendo ser o objetivo constante de todos os envolvidos no fluxo de valor, orientando, assim, todos os envolvidos na cadeia para que tenham conhecimento do processo como um todo, podendo dialogar e buscar sucessivamente melhores formas de criar valor. Trata-se de um processo contínuo de aumento de eficiência e eficácia, em busca da perfeição.

Warnecke e Hüser (1995) defendem que os princípios enxutos são capazes de gerar um estado competitivo eficaz em qualquer indústria.

A produção enxuta repousa sobre dois pilares igualmente importantes, o *Jidoka* e o *Just In Time* (GHINATO, 2000).

O objetivo do primeiro pilar da produção enxuta, o *Jidoka*, é que cada máquina e cada trabalhador tenha autonomia para interromper o processamento sempre que uma anormalidade for identificada, algo que depende de três elementos. O primeiro elemento do *Jidoka* é a separação entre o homem e a máquina, cujo a finalidade é transferir a detecção dos problemas para a máquina e manter a solução com o homem. O segundo elemento do *Jidoka* é a multifuncionalidade, cujo alvo é o operador, livre da detecção dos problemas pode desenvolver várias operações simultaneamente. O terceiro elemento do *Jidoka* é a autonomia, em que o operador multifuncional auxilia na identificação e na eliminação das causas raízes da anormalidade.

O segundo pilar da produção enxuta, objetivo do segundo pilar, o *Just In Time* (JIT), tem como objetivo suprir cada estágio do processo somente com os itens certos, na quantidade certa, no momento certo e no local certo, algo que depende de três elementos. O primeiro elemento do JIT é o *Takt Time*, cujo objetivo é sincronizar o ritmo da produção com o das vendas, de modo a atender à demanda sem estimular a superprodução. O segundo elemento do JIT é o fluxo contínuo, que visa estabelecer um fluxo contínuo dos produtos pelas atividades que criam valor. O terceiro elemento do JIT é a produção puxada, pois, embora o fluxo contínuo deva ser perseguido sempre, em alguns pontos poderá haver a necessidade da produção em lotes e, quando isto ocorrer, haverá a necessidade da instalação de sistemas puxados com base em supermercados (QUEIROZ, 2011).

Para alcançar os princípios do pensamento enxuto, pode-se contar com ferramentas de melhoria contínua (SELLITTO *et al.*, 2010; DENNIS, 2008; WEISEL, 2007; FITZSIMMONS e FITZSIMMONS, 2005):

- Equipes multifuncionais: grupos formados por trabalhadores que possuem conhecimento de todo o processo, podem executar mais de uma tarefa e são altamente flexíveis;
- 5S: mudança comportamental, formada por 5 etapas ou 5 sentidos: senso de utilização (*SEIRI*); senso de organização (*SEITON*); senso de limpeza (*SEISOU*); senso de saúde (*SEIKETSU*) e senso de autodisciplina (*SHITSUKE*);
- Gestão da qualidade: esta prática agrupa ferramentas como *poka-yokes*, inspeção, controle da qualidade “zero defeitos” e gerenciamento da qualidade total. Tem como objetivo, impedir que problemas no processo cheguem até o produto final;
- Gerenciamento visual: utiliza instrumentos de comunicação que são usados no ambiente de trabalho para transmitir informações sobre o processo.
- Integração da cadeia de fornecedores: visa diminuir a quantidade de fornecedores e manter contratos de longo prazo. Os fornecedores devem partilhar do mesmo pensamento e cultura da empresa.
- Células de manufatura: são células voltadas à produção de produtos agrupados por similaridades, formando famílias. Nessas células, existem equipamentos dedicados e ferramentas que produzam produtos em comum.
- Manutenção produtiva total: tem como finalidade evitar que problemas inesperados nas máquinas interrompam o fluxo de produção, sendo utilizados procedimentos de manutenção autônoma e planejada.
- Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (VSM): visa mapear o fluxo do produto desde o pedido do consumidor até a sua entrega. Um mapa do fluxo de valor é uma representação visual dos fluxos de materiais e de informações para uma família de produtos, para analisar o funcionamento de um fluxo de valor e esboçar estados futuros melhores. O mapeamento tem início com o levantamento do estado atual. Em seguida, um estado futuro é projetado, aplicando técnicas enxutas.
- Melhoria Contínua ou *Kaizen*: é uma ferramenta que precisa ser inserida na cultura da empresa para que todos os trabalhadores procurem sempre melhores maneiras de realizar o trabalho e tornem esse processo contínuo.
- Nivelamento da produção ou *Heijunka*: gerar de forma nivelada um volume de pedidos dentro de um período, planejando a mesma quantidade de produtos e a mesma variedade produzida a cada dia.

2.2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor ou *Value Stream Mapping*

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta de visualização e análise capaz de representar todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, na medida em que o produto segue o fluxo de valor, composto pelos fluxos de processo, material e informação, auxiliando a compreensão da agregação de valor, desde o fornecedor até o consumidor (ROTHER e SHOOK, 2003). O mapeamento é uma técnica de comunicação, planejamento e gerenciamento de mudanças, que direciona as tomadas de decisões das empresas em relação ao fluxo, possibilitando consideráveis ganhos em indicadores de qualidade e produtividade (ELIAS *et al.*, 2011).

O mapeamento eficiente do fluxo de valor deve criar uma situação em que seja possível identificar os desperdícios, ou seja, as atividades que não geram valor ao cliente. Um fluxo de valor é definido como todas as ações necessárias para trazer um determinado produto, serviço ou uma combinação de produtos e serviços para um cliente. O MFV apresenta o panorama geral que engloba todo o conjunto, do início ao fim, por onde um produto passa no processo de fabricação ou as experiências de um cliente numa operação de prestação de serviços.

Segundo Rother e Shook (2003), o MFV é uma ferramenta importante devido as seguintes considerações:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, possibilitando a visualização do fluxo todo;
- Busca identificar não apenas os desperdícios, mas sobretudo, as suas fontes no fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem fácil para tratar os processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre os fluxos visíveis;
- Une conceitos e técnicas enxutas ajudando a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente;
- Constitui a base de um plano de implementação;
- Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

O Mapeamento do Fluxo de Valor deve seguir, segundo Rother e Shook (2003), Figura 2.1, as seguintes etapas:

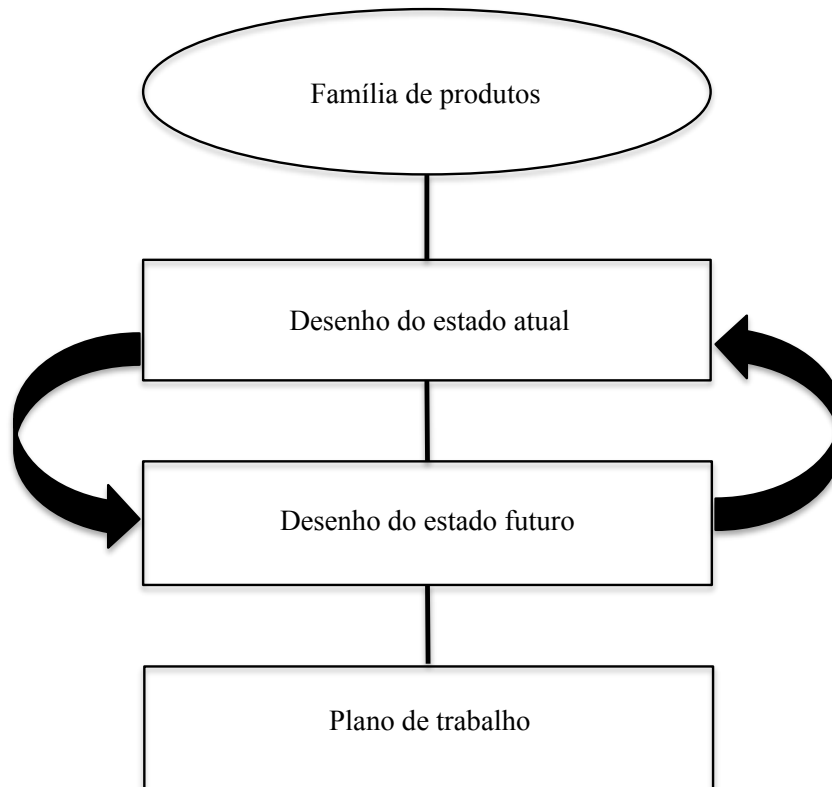


Figura 2.1 – Etapas do Mapeamento do fluxo de valor

- 1) Escolha da família de produtos, composta por um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento;
- 2) Desenho do Mapa do Estado Atual, utilizando as informações coletadas;
- 3) Desenho do Mapa do Estado Futuro, propondo ações de melhorias;
- 4) Plano de trabalho e implementação de como se deseja chegar ao estado futuro.

Sendo assim, a implantação da Produção Enxuta é facilitada pela aplicação do MFV, a partir do desenho do Mapa do Estado Atual, cujo objetivo é diagnosticar o processo, apontando os desperdícios e suas causas-raízes, seguido do desenho do Mapa do Estado Futuro, onde o foco é propor ações para eliminar tais causas-raízes. O desenho do Mapa do Estado Futuro deve ser executado respondendo a oito questões-chave (ROTHER e SHOOK, 2012), apresentadas a seguir:

1ª. Qual é o *Takt Time*, que alinhará a produção à demanda por turno?

O objetivo é atender a demanda sem gerar superprodução por quantidade ou antecipação. *Takt time* é a frequência com que se deve produzir uma peça ou produto, de acordo com o ritmo das vendas, para atender à demanda dos clientes, ou seja, oferece

informação do ritmo em que cada processo deve produzir. Para calculá-lo, basta dividir o tempo disponível de trabalho por turno, em segundos, pelo volume da demanda do cliente por turno, em unidades.

Considere, um exemplo em sistemas de saúde, o setor de esterilização de conjuntos de instrumentos cirúrgicos, onde o tempo disponível é de 28.800 [s/turno] e a demanda é de 20 [conjuntos/turno]. Nestas condições, o *Takt Time* será de 1.440 [s/conjunto], ou seja, para atender a demanda sem gerar atrasos, deve-se esterilizar e disponibilizar um conjunto a cada 1.440 [s] (ou a cada 24 minutos). Uma pergunta inicial, que deve ser respondida, é a seguinte: há capacidade suficiente? E outra pergunta subsequente, e ainda mais importante é: constatando-se a falta de capacidade, quais as causas-raiz - falta de balanceamento, de equipamentos, de funcionários (ROCHA *et al.*, 2014).

2ª. Produzir para supermercado de produtos acabados ou expedição?

É necessário decidir se a produção será sob encomenda ou para um supermercado de produtos acabados (estoque). Produzir para expedição exigirá um fluxo de valor confiável desde os pedidos até as entregas. Em alguns casos as empresas atuam com processamento sob encomenda, sendo a única alternativa, produzir para expedição.

3ª. Onde será possível estabelecer um fluxo contínuo?

É necessário desenvolver um fluxo contínuo onde for possível, pois trata-se da maneira mais eficiente de atender a demanda sem estimular a superprodução. Fluxo contínuo constitui produzir uma peça por vez, com cada item sendo enviado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma parada entre eles e sem estoques.

4ª. Onde será necessário instalar sistemas puxados?

É preciso construir um sistema puxado, método para controlar a produção entre dois fluxos, onde o fluxo contínuo é descontinuado.

Há algumas razões pelas quais não é possível desenvolver um fluxo contínuo, como determinados processos que são projetados para agir em tempos de ciclo muito rápidos ou lentos; outros processos, como os que estão concentrados nos fornecedores, estão distantes e o transporte de uma peça por vez não é viável; alguns processos possuem *lead time* elevado ou não são confiáveis para serem ligados a outros processos em fluxo contínuo.

Embora o fluxo contínuo deva ser perseguido sempre, em alguns pontos poderá haver a necessidade da produção em lotes, e, quando isso acontecer, haverá a necessidade da instalação de sistemas puxados com base em supermercados.

A Figura 2.1 exemplifica o sistema puxado com supermercado.

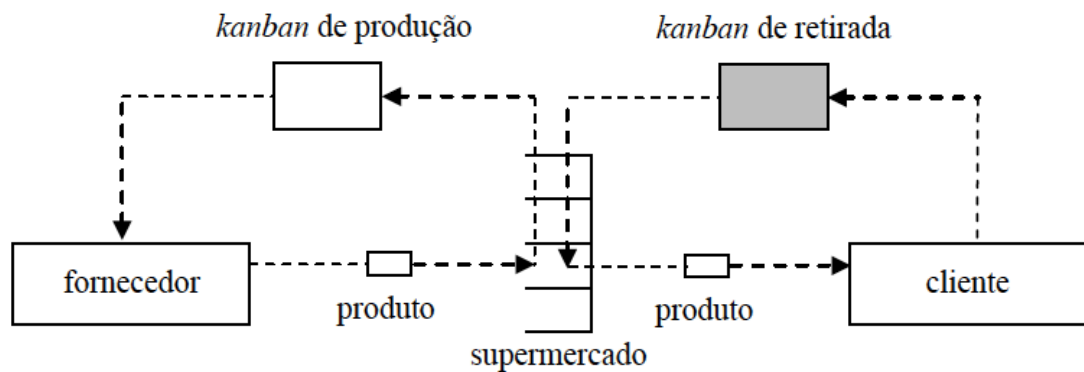


Figura 2.2 – Sistema puxado com base em supermercado
Fonte: Rother e Shook (1999)

Portanto, nos sistemas puxados é utilizado *Kanbans*, palavra de origem japonesa que significa literalmente registro ou placa visível. Os cartões *kanban* indicam a quantidade a ser produzida e o tempo que levará essa produção, baseado no *Takt Time*. A função dos *Kanbans* nos sistemas puxados é movimentar a produção. O responsável pela movimentação de materiais, de posse do *Kanban* de retirada, vai até o supermercado do processo fornecedor e providencia a “compra” de um novo lote. O *Kanban* de produção que estava fixado ao lote comprado é enviado ao processo fornecedor, informando o quê, quanto e quando produzir para atender à demanda sem superprodução.

5ª. Qual deverá ser o único ponto no fluxo de valor a ser programado?

O objetivo é programar um só ponto no fluxo de valor, da matéria-prima ao produto acabado. Deve-se programar o processo puxador, pois o controle da produção nesse processo define o ritmo para todos os processos anteriores. O processo puxador é o último processo em fluxo contínuo.

6ª. Como nivelar o *mix* de produção no processo puxador?

O objetivo desta questão é responder às diferentes solicitações dos diferentes clientes com um *lead time* curto e um estoque de produtos acabados pequeno. Portanto, é necessário distribuir, uniformemente, a produção de produtos distintos no decorrer do tempo no processo puxador. Quanto mais o *mix* de produtos estiver nivelado, maior será a capacidade para atender as diferentes solicitações dos clientes com um *lead time*

pequeno e sem a necessidade de grandes estoques de produtos acabados.

7ª. Como nivelar o volume de produção no processo puxador?

O objetivo é responder às diferentes solicitações dos diferentes clientes com um lead time curto e um estoque de produtos acabados pequeno. O nivelamento do mix e do volume de produção se complementam, sendo que o nivelamento do volume de produção consiste em liberar e retirar regularmente somente uma quantidade pequena e consistente de trabalho e de produto acabado. Uma ferramenta utilizada para ajudar nesse nivelamento de *mix* e volume de produção é o quadro de nivelamento de carga ou *Heijunka Box*. O *Heijunka Box* auxilia os funcionários a fazerem a programação de produção através do controle de peças prontas.

Nesse sistema são utilizados cartões *kanban*. Esses *Kanbans* são levados até o processo puxador, um de cada vez, no incremento *pitch*. *Pitch* é o incremento consistente de trabalho calculado baseado na quantidade de peças no *container*, ou seja, o número de peças acabadas. *Pitch* significa multiplicar seu o *Takt Time* por uma quantidade de transferência de produtos acabados no processo puxador.

Deve-se criar uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de um pequeno e constante incremento de trabalho no processo puxador. É considerado um bom início quando é liberado uma pequena e consistente quantidade de trabalho, em um período entre 5 e 60 minutos, e retirar a mesma quantidade de produtos acabados. Portanto, se houver uma programação e posterior checagem da produção a cada *pitch*, haverá possibilidade de responder rapidamente a problemas e manter o *Takt Time*.

8ª. Onde será necessário aplicar eventos *kaizens*?

O objetivo é melhorar uma operação pela eliminação dos desperdícios e pela criação de valor. Este é o momento para registrar as melhorias necessárias para o fluxo de valor funcionar.

Os desenhos dos Mapas dos Estados Atual e Futuro utilizam uma simbologia própria. Os símbolos e exemplo de Mapas dos Estados Atual e Futuro são apresentados por Rother e Shook (2012), bem como exemplos mais detalhados de aplicação do MFV que podem ser verificadas em diversos trabalhos (QUEIROZ, 2011; QUERIROZ e RENTES, 2010; VINODH, ARVIND e SOMANAATHAN, 2010).

2.2.2 Lean Healthcare

A efetividade da aplicação dos conceitos e princípios enxutos no setor industrial levou, inicialmente, as próprias empresas de manufatura a aplicarem estes conceitos e princípios em suas áreas administrativas, originando o conceito de *Lean Office*.

Posteriormente, o sucesso do *Lean Office* rompeu as fronteiras das empresas de manufatura e chegou às empresas de outros setores, como o de serviços, levando-as a discutirem a possibilidade de aplicar estes mesmos conceitos e princípios fora do chão-de-fábrica, como em hospitais, laboratórios, farmácias e órgãos públicos. Porém, quando se trata de processos como aqueles ligados a serviços, a dificuldade em identificar os desperdícios se torna mais acentuada, quando comparada à manufatura (QUEIROZ, 2011). Sendo assim, alguns exemplos de desperdícios na manufatura, no escritório e na saúde são apresentados no Quadro 2.2, para apontar as falhas encontradas em cada segmento.

Não obstante, a literatura comprova que organizações enxutas sustentam maior qualidade nos produtos e serviços, bem como custos e desperdícios reduzidos (QUEIROZ, 2011).

Governos que procuram reduzir os gastos com saúde e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade dos serviços, tem procurado por filosofias administrativas que possam oferecer isso (WARING e BISHOP, 2010). Em consequência, a aplicação de ferramentas enxutas no campo da saúde se tornou uma atividade proeminente e o interesse internacional nessa operação cresceu consideravelmente. Exemplos disso são instituições de desenvolvimento e inovação dos Estados Unidos e do Reino Unido: o *US Institute for Healthcare Improvement* e o *UK Institute for Innovation and Improvement*. Neste caso específico da área de saúde, o emprego das práticas enxutas recebe o nome de *Lean Healthcare*.

Quadro 2.2: Os desperdícios na manufatura, no escritório e na área de saúde.

Item	Manufatura	Escritório	Saúde
Superprodução	Produção em excesso.	Gerar mais subsídios que o necessário em papel ou em meio eletrônico.	Pedidos duplicados de exames.
Espera	Longos períodos de ociosidade de pessoas e peças.	Período ocioso de pessoas, como espera por informações, aprovações, assinaturas ou fotocópias.	Espera por atendimento, por alta, por resultados de exames, por prescrições e por remédios.
Transporte	Deslocamento em excesso de pessoas ou peças, tendo, como consequência, dispêndio de capital, energia e tempo.	Transporte excessivo de informações e documentos entre processos.	Transferência de pacientes de uma enfermaria para outra; deslocamento dos pacientes pelos corredores.
Processamento sem valor	Uso incorreto de ferramentas ou processos.	Utilização errada de procedimentos.	Gerar informações excessivas e/ou desnecessárias.
Estoques	Excesso de materiais entre estações de trabalho.	Informações que se acumulam entre as estações de trabalho.	Suprimentos cirúrgicos em excesso; pacientes mantidos em internação desnecessariamente.
Movimentação	Ambiente de trabalho desorganizado quanto ao aspecto prático, resultando em baixo rendimento.	Movimentação sem necessidade, tanto de pessoas como de informações.	Funcionários andando a procura de anotações, equipamentos ou medicamentos; movimentos inúteis causados por layout inadequado.
Defeito	Problema na qualidade do serviço ou produto, gerando retrabalho.	Falhas ou erros de documentação, problema na qualidade dos serviços prestados, gerando retrabalho.	Internar o paciente novamente por reações ou porque teve alta antes da hora certa; vistoriar tarefas já realizadas em busca de erros.

Fonte: adaptado de Toussaint, Gerard e Adams (2012), Radnor, Holweg e Waring (2012) e Lareau (2002).

Deve-se destacar, analisando-se o Quadro 2.3, que os bons resultados alcançados pelas diversas aplicações em variados setores de diferentes hospitais, reforçam a contribuição deste trabalho à instituição escolhida, ao mesmo tempo em que

permitem vislumbrar a possibilidade de sua replicação em outras instituições. De maneira complementar, as datas recentes de publicação dos artigos evidenciam a atualidade do assunto.

Quadro 2.3 – Benefícios de aplicação do *Lean* na saúde.

Local	Aplicação	Benefícios	Autores
Alemanha	Aquisição de <i>stents</i> endovasculares	Eliminação de cinco processos não agregadores de valor.	Teichgräber e Bucourt, (2012)
Brasil	Processamento de roupa hospitalar	Padronização dos processos; redução dos estoques; aumento da produtividade; redução do <i>lead time</i> ; redução dos custos.	Cunha, Campos e Rifarachi, (2011)
EUA	Agenda de consultas	Aumento de 27% na capacidade de atendimento de novos pacientes.	LaGanga, (2011)
Inglaterra	Unidade de patologia	Redução dos atrasos no recebimento de amostras; priorização dos trabalhos urgentes; redução de atividades duplicadas; padronização dos processos; antecipação na identificação de problemas.	Papadopoulos, Radnor e Merali, (2011)
Brasil	Posto médico	Padronização dos processos; aumento da satisfação dos funcionários; redução do tempo de encaminhamento para consultas externas de 30 para 10 dias; redução do prazo de fornecimento de materiais em 50%; aumento da satisfação dos usuários.	Seraphim, Silva e Agostinho, (2010)
EUA	Central de esterilização	Diminuição das etapas de coleta de instrumentos; redução da falta de instrumentos.	Kimsey, (2010)
França	Gestão da enfermagem	Funcionários mais atentos às demandas dos pacientes; melhoria da visualização e resolução dos problemas.	Ballé e Régnier, (2007)

Apesar dos vários benefícios observados nos estudos já realizados, colocar em prática o *Lean Healthcare* é uma tarefa complexa, pois muitas das técnicas existentes

foram desenvolvidas com foco nos problemas encontrados nas indústrias (RADNOR, HOLWEG, WARING, 2012).

2.3 Integração entre Simulação e *Lean*

De acordo com Robinson (2012), simulação e *Lean* são metodologias complementares que possuem motivação semelhante, ou seja, melhoria de processos e melhoria de prestação de serviços. Portanto sua integração é propícia pois, a utilização da simulação e *Lean*, dará base para a tomada de decisão mais consciente e consistente, pois de acordo com Oliveira (2008):

- A aplicação dos conceitos *Lean* torna as empresas mais organizadas e competitivas;
- O uso da simulação permite a visualização das implicações de mudanças nos processos, sem, contudo alterar a realidade do sistema;
- O Mapeamento do Fluxo de Valor utiliza dados instantâneos, o que não assegura uma representação confiável;
- A simulação possui a vantagem do tratamento estocástico das variáveis de processo.

Segundo Jahangirian *et al.* (2010) há uma limitação de trabalhos utilizando simulação e *Lean* em conjunto. A simulação e *Lean* combinados vêm sendo utilizado para aprendizagem sobre os princípios *lean* com o objetivo de explorar o impacto das estratégias propostas (DENNIS *et al.*, 2000), bem como um meio para a compreensão das vantagens dos conceitos *lean* (MARVEL e STANDRIDGE, 2009), para criação de um processo dinâmico do fluxo de valor (ANAND e KODALI, 2009), para redesenho de processos (SOLDING e GULLANDER, 2009), para reduzir trabalho (FREDENHALL *et al.*, 2010), para exploração do impacto das estratégias do *lean* (SHANNON *et al.*, 2010), e para compreender as vantagens da implementação do *lean* (DETTY E YINGLING, 2000; REIJERSA, LIMAN e MANSAR, 2005).

No âmbito da saúde, a simulação teve algumas utilizações como um meio para determinar os benefícios do *Lean* (YOUNG *et al.*, 2004); para investigar o impacto das melhorias *Lean* em um departamento de emergência (KHURMA *et al.*, 2008), e para melhorar o fluxo de pacientes (PROUDLOVE *et al.*, 2007).

Womack, Jones e Roos (1990), afirmam que o sistema *Lean* é um processo disciplinado que visa identificar as principais fontes de desperdícios. No entanto,

somente o sistema *Lean* não é suficiente para analisar questões sobre sistemas complexos (STANDRIDGE e MARVEL, 2006). Segundo Adams *et al.* (1999) e McDonald, Van Aken e Rentes (2002), a Simulação a Eventos Discretos é uma ferramenta adicional apropriada para enriquecer as análises do Mapeamento do Fluxo de Valor. De acordo com Donatelli e Harris (2001), uma das principais vantagens da simulação é considerar o progresso do tempo, contribuindo com percepções que poderiam ser esquecidas se somente o MFV fosse utilizado.

Oliveira *et al.* (2009), declaram que a simulação contribui com o mapeamento *Lean* na medida em que fornece um método para incluir variações nos tempos de processos e quantificar resultados dos mapas de Estados Futuros antes mesmo de serem implantados, examinando assim, uma variedade de alternativas e acessando os efeitos de interação de componentes de sistemas.

Segundo Abo-Hamad *et al.* (2012), ao contrário do MFV, a simulação oferece uma análise mais aprofundada dos dados de um sistema, incluindo a análise de variabilidade, a determinação se os dados são homogêneos e a estimativa da distribuição de probabilidade que se encaixa nos padrões de dados. Adams *et al.* (1999), afirmam que esta análise profunda dos dados permite que a simulação seja utilizada para apoiar a melhoria contínua e para modelar o Mapa do Estado Futuro, apresentando o estado ideal que deve ser perseguido ao longo do tempo. Portanto, a vantagem de utilizar a abordagem *Lean* no contexto da simulação não é limitada à fase de desenvolvimento de um Mapa do Estado Futuro, mas se estende a seleção da melhor alternativa para a situação atual do sistema (ABO-HAMAD *et al.*, 2012).

Shararah *et al.* (2011) afirmam que o MFV combinado à Simulação a Eventos Discretos cria uma útil cooperação entre ambas as técnicas.

De acordo com Robinson *et al.* (2012), um evento enxuto recorre aos vários interessados em todos os níveis da organização de saúde e, ao se utilizar a SED, aumenta a probabilidade de que as partes interessadas se envolvam com o modelo. Ainda segundo os autores, a utilização da SED em um evento *Lean*, fornece um meio para debater pontos de vista alternativos e fornecer uma base de evidências para chegar a uma disposição de ideias.

Simulação e MFV podem complementar um ao outro, como apresentado no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Características do MFV e SED

Característica	MFV	SED
Motivação	Melhoria de processos e de prestação de serviços.	Melhoria de processos e de prestação de serviços.
Avaliação dinâmica	Parâmetros determinísticos, padrão ou média.	Relações de eventos dinâmicos, parâmetros probabilísticos.
Visualização	Mapa de processo 2D.	Visualização e animação 3D.
Ferramenta	Ferramenta de fácil utilização.	Ferramenta para especialistas.
Padronização	Padrão para manufatura enxuta.	Parcialmente padronizado.

Fonte: Adaptado de Johansson *et al.* (2010)

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente capítulo apresenta a classificação e o método de pesquisa quantitativo utilizado nessa dissertação: Modelagem e Simulação. A classificação apresentada para esta pesquisa foi realizada segundo a proposta definida por Bertrand e Fransoo (2002).

3.1 Classificação da pesquisa

Modelagem e Simulação para Chung (2004) é o processo de criar e experimentar um sistema real através de um modelo matemático computadorizado. Como sistema, entende-se um conjunto de componentes ou processos que interagem entre si, que recebem entradas e oferecem resultados para algum propósito (MONTEVECHI *et al.*, 2010).

Na Modelagem e Simulação, o pesquisador manipula as variáveis de entrada e seus níveis, mas não o faz na realidade, utilizando, para isso, um modelo de pesquisa, podendo haver ou não a criação de um modelo computacional para manipular as variáveis do modelo (MARTINS, 2010).

Para Hillier e Lieberman (2010), normalmente a simulação é usada quando o sistema real é muito complexo para ser analisado satisfatoriamente por um modelo matemático. Ainda segundo os autores, se o modelador for capaz de construir um modelo matemático que seja, ao mesmo tempo, uma representação razoável do problema e passível de ser solucionado, essa abordagem deve ser preferida em relação à simulação. Contudo, inúmeros problemas são muito complexos para permitir o uso dessa metodologia, fazendo com que a simulação seja, na maioria das vezes, a única abordagem prática para resolução do problema.

Quanto a sua natureza, onde a pesquisa pode ser classificada em pesquisa básica ou aplicada. Esta dissertação pode ser classificada como pesquisa aplicada, pois caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade.

Segundo Appolinário (2006), a pesquisa básica está mais ligada ao incremento do conhecimento científico, sem objetivos comerciais, ao passo que a pesquisa aplicada seria suscitada por objetivos comerciais, através do desenvolvimento de novos processos ou produtos orientados para as necessidades do mercado.

Bertrand e Fransoo (2002), classificam os trabalhos quanto:

Quanto aos seus objetivos, onde a pesquisa pode ser classificada como exploratória, descritiva, explicativa e normativa.

Desta forma, esta dissertação classifica-se como pesquisa descritiva, pois “delineia o que é” e visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta dados: questionário e observação sistemática.

Quanto à forma de abordar o problema, a pesquisa pode ser classificada em quantitativa, qualitativa e combinada.

Esta dissertação pode ser classificada como pesquisa quantitativa, pois traduz em números, opiniões e informações, a fim de analisá-los, utilizando técnicas estatísticas (MIGUEL *et al.*, 2010).

Bertrand e Fransoo (2002) classificam as metodologias de pesquisa de modelagens quantitativas em axiomáticas e empíricas.

Nas pesquisas axiomáticas há geração de conhecimento a respeito do comportamento de certas variáveis e, além disso, pode produzir conhecimento sobre como manipular algumas variáveis no modelo. Morabito Neto e Pureza (2012) ainda destacam que os pesquisadores desta linha olham o problema como um modelo matemático que possa ser analisado.

Já a pesquisa empírica, foca em resultados e medidas empíricas. Nesta linha, o pesquisador quer garantir a adequação entre o modelo desenvolvido e as observações e ações no sistema real. Neste tipo de pesquisa, os resultados teóricos são aplicados em processos reais (BERTRAND E FRANSOO, 2002).

Bertrand e Fransoo (2002) e Morabito Neto e Pureza (2012) dividem e classificação das pesquisas axiomáticas e empíricas em descritivas e normativas:

- Axiomáticas Normativas: preocupadas em desenvolver normas, estratégias e ações com intuito de aprimorar os resultados existentes na literatura;
- Axiomáticas Descritivas: visam descrever o processo que foi modelado, estando os pesquisadores interessados em analisar o modelo, que leva ao entendimento e esclarecimento das características do mesmo;
- Empíricas Descritivas: tem como alvo gerar um modelo que descreva as relações causais que possam existir no sistema real, levando à compreensão dos processos atuais;

- Empíricas Normativas: preocupam-se com o desenvolvimento de políticas, estratégias e ações para aprimorar um sistema real.

Esta dissertação pode ser classificada como uma pesquisa empírica descritiva, visto que esta tem por objetivo descrever o modelo a partir de dados obtidos junto ao objeto de estudo, ou seja, nesta situação a modelagem busca representar o objeto a partir de dados reais, para compreender e melhorar o processo em estudo.

Do ponto de vista dos métodos, a pesquisa pode ser feita através de experimentos, levantamentos ou *surveys*, modelagem e simulação, estudos de caso, pesquisa-ação e *soft system methodology* (SSM).

Neste contexto, esta dissertação classifica-se em modelagem e simulação, já que é empregada quando se deseja experimentar, através de um modelo, um sistema real, determinando-se como este sistema responderá a modificações que lhe são propostas.

O propósito de se conduzir uma pesquisa através da modelagem e simulação de sistemas é conhecer mais a fundo a forma de operação do sistema; desenvolver políticas operacionais e recursos para aperfeiçoar o desempenho do sistema; testar novos conceitos e/ou sistemas antes de implementá-los; obter informações sem incomodar o sistema atual.

A classificação desta dissertação está representada pela figura 3.1.

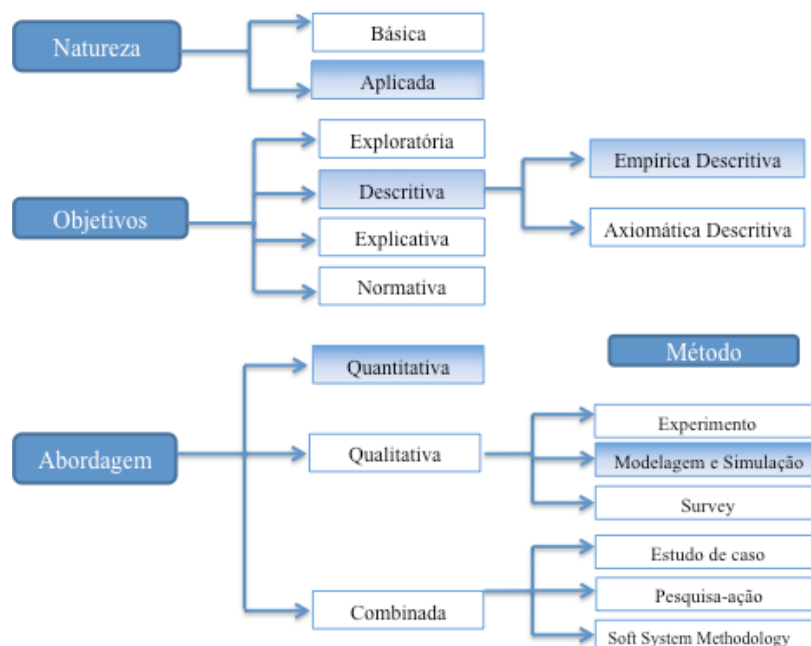


Figura 3.1 – Classificação desta pesquisa

Fonte: Adaptado de Miguel et al. (2010) e Bertrand e Fransoo (2002).

3.2 Etapas de uma pesquisa em Modelagem e Simulação

O método nos trabalhos de simulação permite ao pesquisador organizar o desenvolvimento, melhorando a relação entre *software* e usuário, e assim, minimizando a perda de tempo, dinheiro e resultados inconsistentes. Desta forma, para simular é necessário informações específicas, como conhecer o *software* utilizado e os passos do método (SILVA, 2005).

A sequência de passos utilizada neste trabalho é a proposta por Montevechi *et al.* (2010), que segundo Miranda (2012), foi apresentada pela primeira vez em 2007 e posteriormente revisada em 2010. Esta sequência está baseada na estrutura de Chwif e Medina (2006) e representa a lógica de um projeto de simulação, que por meio do planejamento e análise de experimentos, leva à etapa de análise dos resultados do modelo de simulação (PAIVA, 2010; COSTA, 2010).

Esta sequência de passos, apresentada na Figura 3.2, é composto por 3 fases:

- concepção (modelo conceitual);
- implementação (modelo computacional);
- análise (modelo operacional).

Na primeira fase, “concepção”, é preciso entender de forma clara o sistema a ser simulado e os seus objetivos, por meio de discussões sobre o problema com os especialistas do processo (CWHIF e MEDINA, 2010). A próxima etapa desta fase é a criação do modelo conceitual, que constitui de uma descrição do modelo de simulação que será desenvolvido, apresentando os objetivos, entradas, saídas, conteúdo, pressupostos e simplificações do sistema real (ROBINSON, 2008). Segundo Miranda (2012), após a construção do modelo conceitual deve ocorrer à validação do mesmo. Em seguida, é preciso documentar o modelo conceitual, já que, inúmeras vezes, este não é documentado, permanecendo apenas na mente do modelador e dos especialistas do sistema (KOTIADIS e ROBINSON, 2008).

A última etapa desta fase é a modelagem dos dados de entrada. Segundo Costa (2010), os dados de entrada são coletados e ajustados a uma distribuição de probabilidade que alimenta o modelo computacional.

A próxima fase, é a “implementação”, em que o modelo conceitual é transformado em modelo computacional (CHWIF e MEDINA, 2010).

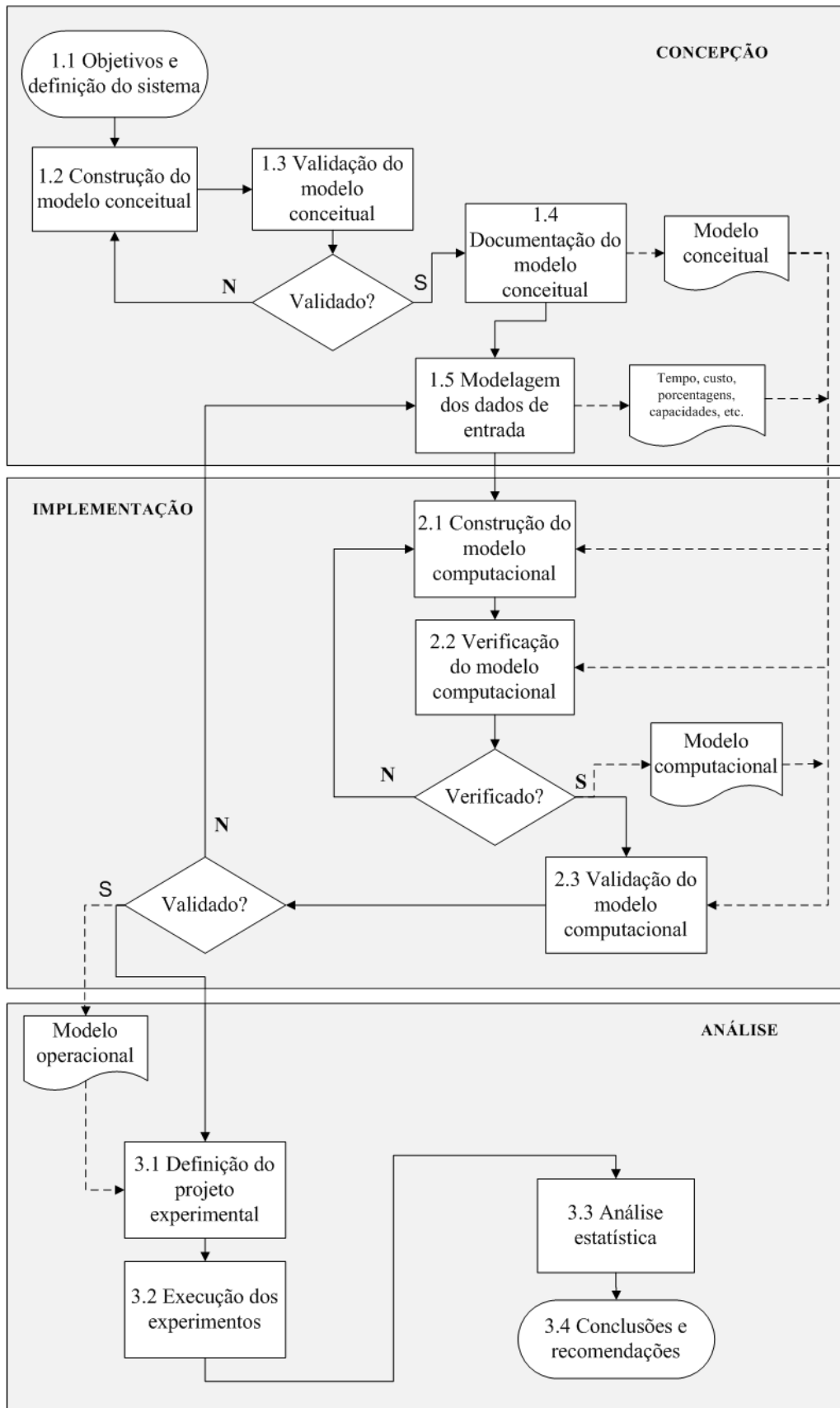


Figura 3.2 – Sequência de passos para a simulação, segundo Montevechi
 Fonte: Montevechi *et al.* (2010)

Após a construção do modelo computacional, deve-se verificá-lo e, em seguida, validá-lo (MIRANDA, 2012).

Na última fase, análise, o modelo computacional pode ser utilizado para a realização de experimentos, originando assim o modelo experimental ou operacional, que deve ser replicado diversas vezes e os respectivos resultados da simulação são analisados e documentados (CHWIF e MEDINA, 2010).

As réplicas realizadas no modelo e a análise dos dados derivados da simulação são utilizadas com o intuito de estimar as medidas de desempenho do sistema estudado. A análise destes resultados gera conclusões e recomendações para o sistema modelado (BANKS *et al.*, 2005).

A estrutura proposta por Montevechi *et al.* (2010) é importante para conduzir o modelador durante o projeto, pois traz uma sequência lógica de passos a serem seguidos em um projeto de simulação (PAIVA, 2010).

4. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a aplicação prática da sequência de passos proposto por Montevechi *et al.* (2010), apresentado anteriormente na Figura 3.2. O processo de pesquisa foi dividido em três etapas principais, conforme apresentado: concepção, implementação e análise.

4.1 Concepção

De acordo com Montevechi *et al.* (2010), a fase de concepção consiste na definição dos objetivos do estudo, construção e validação do modelo conceitual, documentação deste modelo e modelagem dos dados de entrada.

4.1.1 Objetivos e definição do sistema

A situação foi definida pela motivação de desenvolver novas formas de gerenciamento em ambientes de saúde.

O sistema a ser analisado é o sistema de distribuição de medicamentos de um hospital, que deve facilitar a administração dos mesmos, por meio de uma dispensação ordenada, por horários e por paciente, e em condições adequadas para a pronta administração, bem como possibilitar a redução dos erros e dos tempos das atividades pela maior atuação e rigidez dos controles (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1994). Neste sistema, os pedidos de medicamentos são feitos especificamente para cada paciente a cada 24 horas, de acordo com a segunda via da prescrição médica. É um sistema orientado para a Farmácia, que busca um melhor controle de medicamentos que atende 8 setores do hospital (UTI, UTI Neonatal, Particular, Maternidade, Pediatria, Pronto Socorro, Clínica Cirúrgica e Clínica Médica), totalizando 152 leitos disponíveis.

Diariamente, os médicos realizam as visitas em cada setor, discutem os casos, determinam o melhor tratamento e, por fim, elaboram a prescrição médica para cada paciente. As visitas são feitas na parte da manhã em horários variados, devido a questões como: emergências e procedimentos mais demorados do que o previsto. As escriturárias de cada setor recolhem as prescrições feitas diariamente pelos médicos e levam a segunda via das prescrições até a farmácia para a separação dos medicamentos. Elas são responsáveis também pelas atividades burocráticas, pela solicitação de abastecimento de material e pelas atividades suportes, como coleta de medicamentos

urgentes.

Na farmácia, o processo é composto por: “triagem” e “separação/armazenagem”:

- Triagem: é uma etapa feita por apenas um funcionário, que recebe as prescrições e organiza por ordem de chegada, em seguida as mesmas são lançadas no sistema. Uma vez lançadas no sistema, gera-se a etiqueta de cada prescrição para identificação dos pacientes e seus respectivos setores de internação. Esta atividade é feita pelo funcionário de triagem em 50[s]. Em seguida as prescrições são liberadas para o processo de separação. Porém, a funcionária da triagem ainda necessita gerar uma lista para o controle do recebimento das prescrições, com o nome do paciente, o setor de internação, o horário da chegada na farmácia e assinatura.

- Separação/armazenagem: a etapa de separação é feita por 4 funcionários em 4 postos. Esta atividade consiste em separar os medicamentos de acordo com a prescrição médica, por horário, em sacos plásticos individuais, chamados de *kits*, devidamente identificados com os dados do paciente. A armazenagem consiste em estocar os *kits* de medicamento em caixas para serem enviados aos setores. Uma vez que o tempo gasto na armazenagem é pequeno e estas atividades são realizadas pelo mesmo funcionário, ambas foram analisadas em conjunto, sendo o tempo gasto nessa atividade de 598,7 [s].

Portanto, há um posto de triagem e quatro postos de separação de medicamentos. A estrutura dos postos pode ser visualizada no APÊNDICE A. Todos os postos estão equipados com todos os medicamentos necessários à montagem dos *kits*, conforme a prescrição médica.

Dois postos disponíveis para a separação possui funcionamento das 10:00 h às 16:00 h, enquanto os outros dois funcionam das 10:00 h às 19:00 h. Como as prescrições devem ser feitas até às 15:30 h, para que atenda às necessidades dos setores, foi considerado o tempo total de jornada de separação/armazenagem de 5 horas e 30 minutos. Entretanto, todos os postos têm direito a um intervalo de 15 minutos, porém, dois destes postos tem, ainda, direito a almoço de 15 minutos. Além disso, baseado na observação direta e nos dados coletados, estimou-se que os funcionários da separação apresentam ociosidade ou porosidade (elementos desnecessários, não agregadores de valor) de 19%, que totaliza um tempo disponível dos funcionários de 16 horas e 36 minutos aproximadamente, conforme Equação 1.

$$Tempo\ total\ disponível = (TTJ - Int.) \times (1 - Oc.) \times Disp. \quad (1)$$

Sendo: *TTJ*: é o tempo total de jornada

Int.: é o tempo de intervalo

Oc.: é a ociosidade / porosidade dos funcionários

Disp.: é a disponibilidade dos funcionários para aquele processo.

Informações sobre os funcionários são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados para cálculo do tempo total disponível

	Funcionários	TTJ [s]	Int. [s]	Disp [%]	Oc. [%]	Tempo total disponível [s]
Triagem	1	21.600	900	100%	0%	20700
Separação/ Armazenagem	4	79.200	5400	100%	19%	59.778

A farmácia possui também um funcionário responsável pela entrega dos medicamentos nos setores. Este funcionário recolhe das prateleiras todas as caixas com *kits* de medicamento armazenados e, por volta das 15:30h, o funcionário inicia a entrega, levando cerca de 30 minutos para percorrer todos os setores.

Assim, será simulado o processo desde a entrada das prescrições até a saída dos medicamentos da farmácia, devido à observação de frequentes atrasos na ministração de medicamentos aos pacientes do hospital, como pode ser visualizados no APÊNDICE B.

4.1.2 Construção do modelo conceitual

Um projeto de simulação deve ser iniciado com a definição clara do sistema a ser simulado. Autores como Chwif e Medina (2007), Law (1991) e Robinson (2006) acreditam que a criação do modelo conceitual é o aspecto mais importante no desenvolvimento de um modelo de simulação.

Segundo Montevechi *et al.* (2010) e Leal (2008), para a construção do modelo é necessário mapear as atividades do processo a ser simulado, obtendo assim informações essenciais para elaboração do modelo conceitual. Para a construção do modelo conceitual adotou-se a técnica IDEF-SIM, já apresentada e justificada anteriormente por apresentar uma lógica de aplicação voltada à Simulação a Eventos Discretos, facilitando a construção do modelo computacional (LEAL, ALMEIDA e MONTEVECHI, 2008).

A Figura 4.1 apresenta o modelo conceitual por meio da utilização da técnica IDEF-SIM.

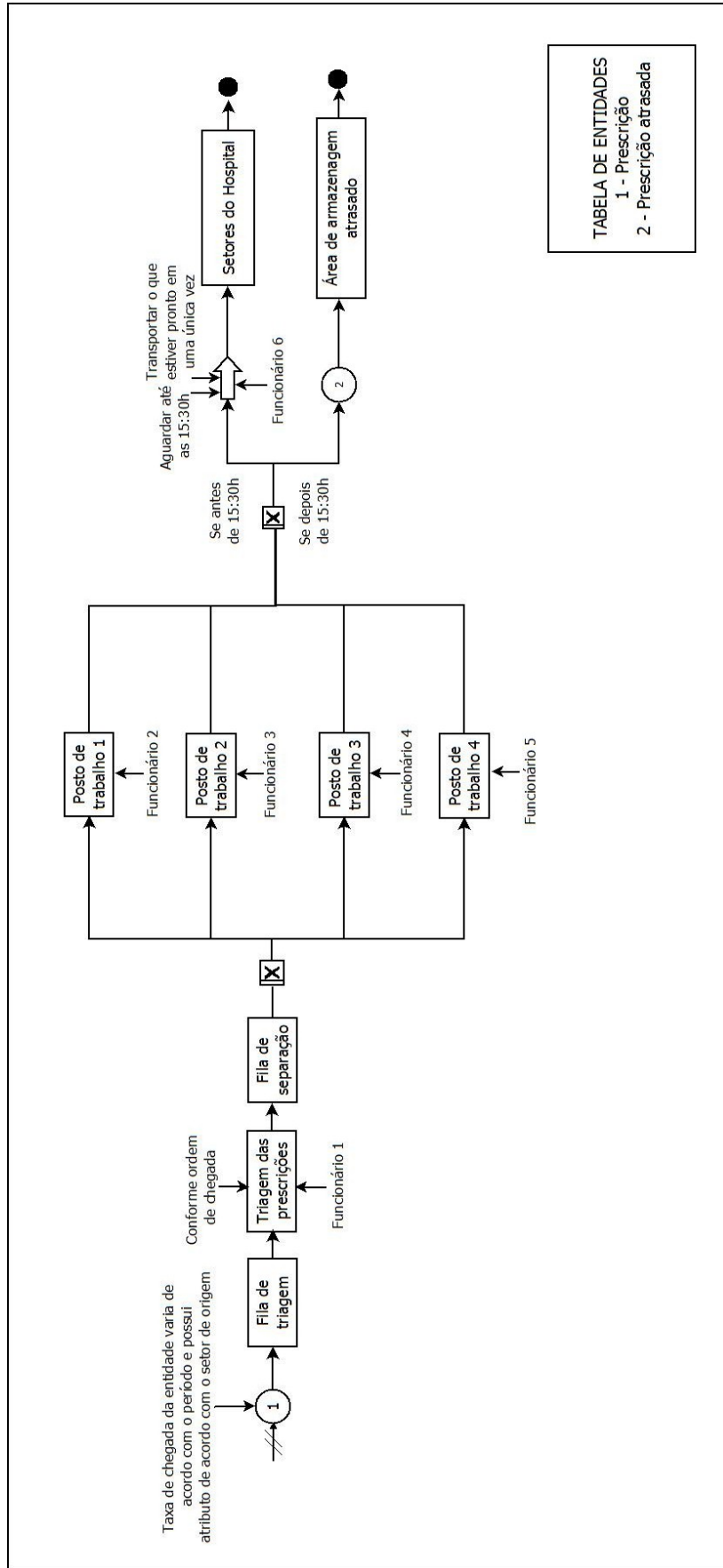


TABELA DE ENTIDADES
 1 - Prescrição
 2 - Prescrição atrasada

Figura 4.1 - IDEF-SIM

4.1.3 Validação do modelo conceitual

Após a elaboração do modelo conceitual é necessário validá-lo.

O IDEF-SIM, Figura 4.1, mostra a chegada das prescrições no sistema, que inicialmente entra em uma fila à espera de processamento até que o funcionário do posto de triagem esteja disponível. Assim que as informações da prescrição são inseridas no sistema no posto de triagem, a prescrição é encaminhada para a fila de separação, onde aguarda até que um funcionário esteja disponível para separar os medicamentos em *kits* de medicamentos como solicitados na prescrição. Há 4 postos de separação de medicamentos e 4 funcionários. Portanto, a prescrição é encaminhada para qualquer posto que estiver disponível primeiro. Após a separação dos medicamentos, os kits poderão ser encaminhados para os setores caso estejam prontos antes das 15:30h, ou irão para área de armazenamento atrasado caso estejam prontos após as 15:30h.

O modelo conceitual foi validado através da técnica face-a-face, citada por Sargent (2011), onde especialistas do sistema verificam se o modelo representa de maneira razoável o problema estudado. No modelo conceitual é verificado se não existem erros de lógica e se a relação entre as entradas e saídas são plausíveis.

Para isso, o modelo conceitual foi mostrado à gerente da farmácia e à diretora de enfermagem do hospital, especialistas do sistema, validando assim o modelo conceitual. Após a validação, o modelo foi documentado. Para isso foi gerado um arquivo do modelo conceitual para que pudesse ser utilizado ou verificado futuramente.

4.1.4 Modelagem dos dados de entrada

Segundo Montevechi *et al.* (2010), esta etapa é composta por três passos: coleta dos dados, tratamento dos dados e inferência estatística.

O trabalho foi desenvolvido a partir de dois meses de informações coletadas, iniciadas com a realização de uma entrevista com a gerente da farmácia e outra com a enfermeira chefe. Foram realizados ainda contatos via *e-mail*, conversas com os funcionários e consulta a documentos. Foram feitas observações e identificações dos dados relevantes para o modelo, com observação dos pontos de triagem e separação para leitura correta dos dados coletados. Em seguida, foram cronometrados os tempos de triagem, de separação/armazenagem, de duração das paradas dos funcionários e de frequência dessas paradas. Também foram coletados os dados da chegada das

prescrições na farmácia, da ocorrência das prescrições, que é o número total de prescrições do dia, e do número de prescrições atrasadas.

Para a cronometragem, foi feita uma planilha estruturada dividida em: nome do paciente, setor de internação, horário da chegada das prescrições, tempo de triagem, tempo de separação, tempo em que os funcionários estavam parados e a frequência com que eles paravam. Essa coleta de dados se realizou a partir das 7:00 h até às 18:00 h, de cada dia, para que fosse possível identificar os horários em que as prescrições começavam a chegar na farmácia, embora o início da jornada de trabalho dos funcionários de separação ser às 10:00 h da manhã. Estes dados foram utilizados no processo de entrada de informações no simulador.

O processo de contagem do número de prescrições atrasadas era feito às 15:30h de cada dia, já que as prescrições e os medicamentos separados deveriam ser entregues nos setores às 16:00h. Estas informações têm por objetivo validar a simulação realizada, visto que o número de prescrições em atraso é um dado de saída do simulador.

A partir de então, para tratamento dos dados, foi usado o *software* Minitab®, segundo os seguintes passos:

1. Análise preliminar dos dados: foi realizado para identificar possíveis falhas de cronometragem e erros no registro de dados pelos funcionários. Os dados identificados como inconsistentes foram desconsiderados no estudo.

2. Análise dos *outliers*: devido à alta variabilidade inerente ao sistema de saúde estudado, não foram retirados *outliers*.

3. Análise de distribuição: modelos estocásticos trabalham com aleatoriedade, essa aleatoriedade comporta-se conforme uma distribuição, que deve ser incluída na programação. Sendo assim, foi identificada a distribuição dos dados coletados com a utilização do *software* Minitab®, *Individual Distribution Identification* (Identificação de Distribuição Individual). A partir da Figura 4.2, pode-se verificar que os tempos de triagem podem ser representados pela curva normal, já que o *p-value* é igual a 0,083, ou seja, maior que 0,05. Em seguida, foi confirmado com o teste de normalidade, mostrado na Figura 4.3. Assim, foram feitos testes para os demais dados coletados e foi possível verificar que todos se encaixam em uma distribuição normal e em seguida foi feito o teste de normalidade para confirmação, como pode ser visto no APÊNDICE C.

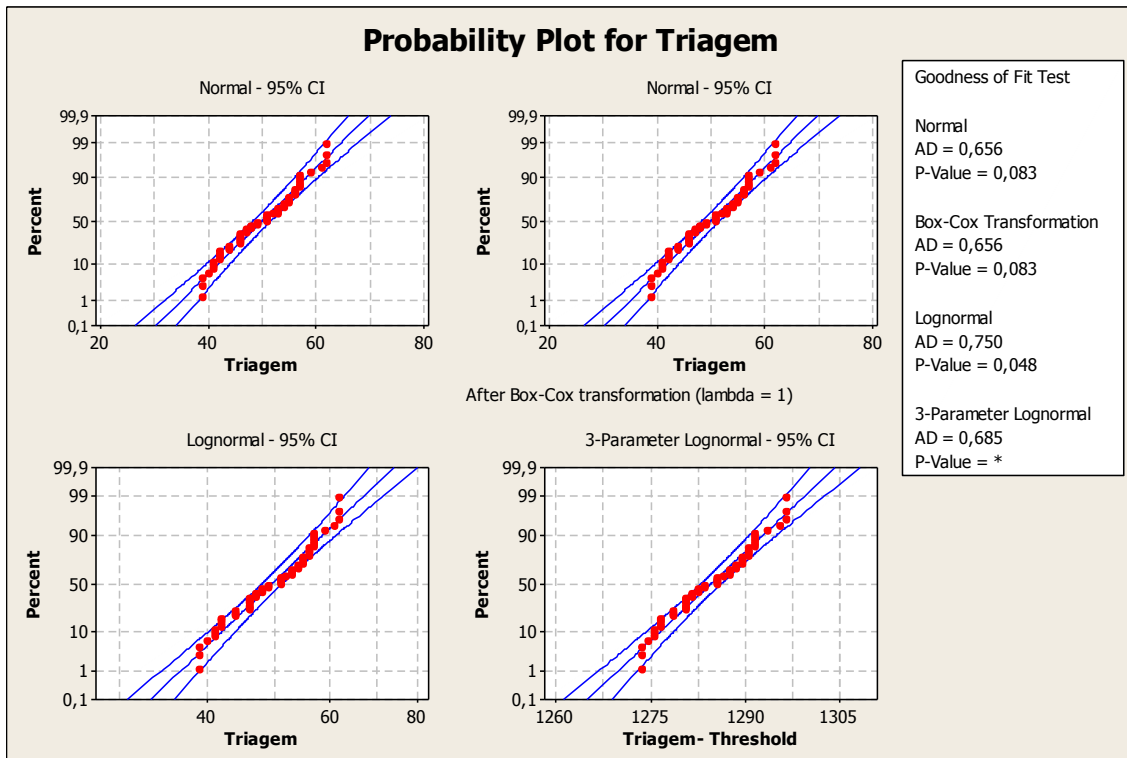


Figura 4.2 – Gráfico análise da distribuição dos dados da triagem

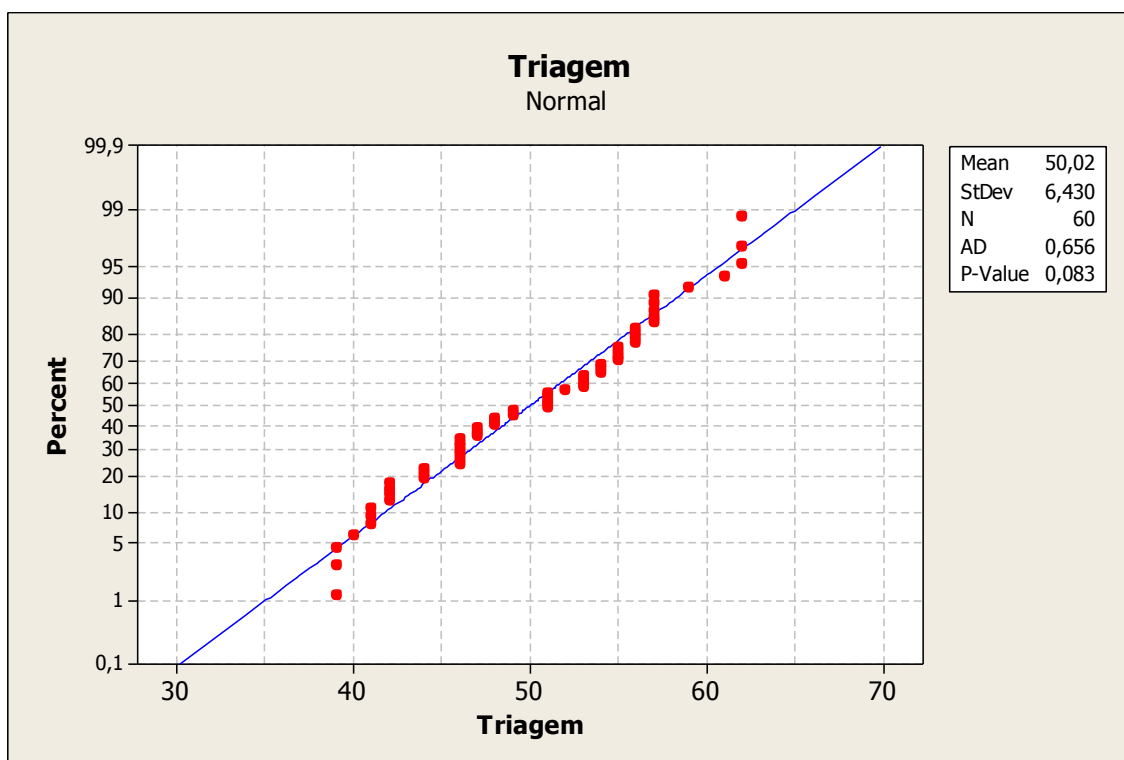


Figura 4.3 – Teste de normalidade para os dados de triagem

4. Análise de confiabilidade das amostras: para esse cálculo foi utilizada a Equação (2) proposta por Morettin e Bussab (2010), onde adotando-se um erro relativo

de 10% e confiabilidade de 95%, foi possível verificar que a quantidade de amostras obtidas é suficiente para a simulação, mostrada na Tabela 4.2.

$$n = \left(\frac{Z.S}{e} \right)^2 \quad (2)$$

Sendo:

n = número de amostras coletadas

Z = número de desvios em uma normal para obter a confiabilidade necessária

S = desvio padrão

e = máximo erro absoluto aceitável (e = média x probabilidade de erro)

Tabela 4.2 - Dados coletados

Dados	Amostras coletadas	Amostras necessárias	Curva	P-value	Média	Desvio Padrão	Objetivo
Tempo de triagem	60	5	Normal	0,083	50,02 s	6,43 s	Dado de entrada
Tempo de separação	60	6	Normal	0,117	598,70 s	165,20 s	Dado de entrada
Ocorrência prescrições	60	29	Normal	0,497	115,70 s	6,47 s	Dado de entrada
Duração das paradas dos funcionários	30	8	Normal	0,590	221,80 s	32,76 s	Dado de entrada
Frequência das paradas	30	10	Normal	0,506	1195,11 s	188,73 s	Dado de entrada
Prescrições atrasadas	30	29	Normal	0,593	22,87 u	6,29 u	Validação o modelo

4.2 Implementação

De acordo com Montevechi *et al.* (2010), a fase de implementação é composta por construção, verificação e validação do modelo computacional.

4.2.1 Construção do modelo computacional

Para a construção do modelo computacional utilizou-se o *software ProModel*® e os seguintes elementos identificados: locais, entidades, distribuição de usuário,

atributos, redes de caminho, turnos de recursos e locais, chegadas, ciclos de chegada, recursos, processos, variáveis e macros.

O ProModel® é um *software* de simulação aplicável a todos os tipos de sistemas, representando assim uma ferramenta de apoio à tomada de decisão (SAIF, SELIAMAN e AHMAD, 2006). A escolha deste *software* deve-se por apresentar interface gráfica amigável, com animações, o que facilita a verificação e validação do modelo computacional.

Na Figura 4.4 é possível visualizar o modelo computacional, desenvolvido neste trabalho.

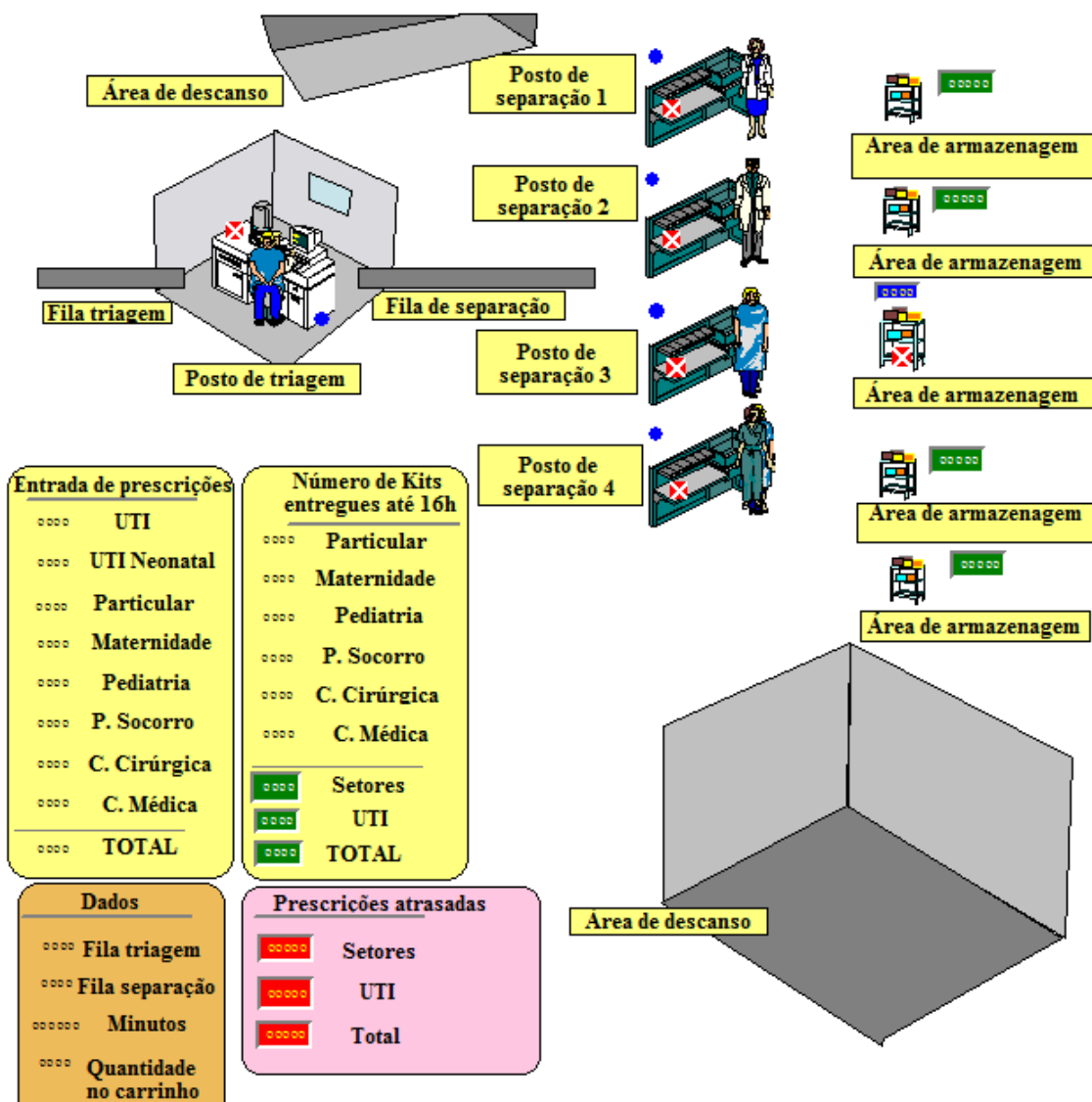


Figura 4.4 – Tela do Promodel® para o modelo desenvolvido

4.2.2 Verificação do modelo computacional

Segundo Sargent (2011), a verificação do modelo consiste em assegurar que uma linguagem de simulação livre de erro tenha sido utilizada e que a implementação do modelo conceitual esteja correta. Para isso, o autor propõe a adoção da técnica passo-a-passo. Assim, para realizar a verificação deste trabalho, foi construído, inicialmente, um modelo determinístico com contadores e indicadores de estados nos locais, os quais facilitavam a visualização dos valores de cada local e, conseqüentemente, a identificação de erros. A cada nova etapa de construção, os pesquisadores criavam uma nova versão de arquivo e compilavam o programa, identificando os erros e corrigindo os mesmos. Deste modo, foram criadas 34 versões no total. Com isso, apesar da complexidade do modelo construído, a verificação final pôde ser realizada sem grandes dificuldades.

4.2.3 Validação do Modelo Computacional

A validação do modelo computacional é o processo de determinar se o modelo de simulação é uma representação do sistema, para os objetivos particulares do estudo (LAW, 2006). Desta forma, se o modelo não é uma aproximação do sistema real, todas as conclusões derivadas desse estarão sujeitas a erros (SARGENT, 2011). Esta etapa de validação deve ser executada até que o modelo tenha a precisão desejada pelos analistas de simulação (BANKS *et al.*, 2005).

Entre as diversas técnicas citadas por Sargent (2011), foi adotada neste trabalho a técnica de validação estatística através de dados históricos, que consiste em utilizar parte dos dados coletados para testar estatisticamente se o modelo se comporta como o sistema, o que pode ser feito por meio do teste de hipóteses para comparar médias, variâncias, distribuições e séries de tempo.

Neste trabalho, foram utilizados os dados coletados do número de prescrições separadas com atraso, ou seja, número de prescrições atrasadas, por ser a variável de resposta do modelo de simulação, em que quanto menor for esse número melhor se encontra o sistema. Portanto, para a validação foram usados os dados coletados do número de prescrições atrasadas e os dados simulados, que podem ser visualizados no APÊNDICE D. Para realizar a validação, foi feita a análise estatística através do teste *2-Sample-t*, utilizando o software Minitab®. De acordo com o teste, obteve-se um *p-value*

de 0,718, ou seja, aceita-se com 95% de confiança a hipótese de que os dados obtidos através da simulação são equivalentes aos dados reais.

De posse de um modelo de simulação verificado e validado, pode-se utilizar este modelo para avaliar as condições do sistema de distribuição de medicamentos do hospital. A partir do resultado obtido foi verificado que em média 18 prescrições eram separadas com atraso, ou seja, 18 pacientes não recebiam o medicamento no horário estipulado pelo médico, como mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Resultado da simulação

Cenário	Replicação	Nome	Valor atual
Situação atual	Média	N prescrições atrasadas	17.45

4.3 Análise

Montevechi *et al.* (2010) afirmam que essa fase emprega o modelo operacional, a execução de experimentos, a análise dos resultados e as conclusões.

Após verificar e validar o modelo de simulação pode-se utilizá-lo para avaliar as melhorias no sistema de distribuição de medicamentos, bem como suas consequências na variável de resposta: número de prescrições atrasadas. Para isso, foi utilizado a ferramenta MFV para direcionar a etapa experimental do modelo de simulação, visto que esta ferramenta orienta na detecção de desperdício e propõe melhorias possibilitando uma melhor contribuição para o sistema.

Deste modo, tem-se a definição do projeto experimental, a execução dos experimentos e as respectivas análises.

4.3.1 Definição do projeto experimental

Visto que no processo analisado há frequentes atrasos na distribuição de medicamentos aos pacientes, torna-se importante analisar o impacto de alterações sobre o mesmo. O MFV foi utilizado na fase de análise para proporcionar condições para testar melhorias com mais embasamento. Portanto, para definir o projeto experimental, optou-se pela implantação dos conceitos *Lean* através da aplicação do MFV, que consiste no desenho do Mapa do Estado Atual, cujo objetivo é diagnosticar o processo e identificar as atividades que não agregam valor, seguido do desenho do Mapa do Estado

Futuro, onde o foco é propor ações e melhorias para o processo. Portanto, as alterações propostas pelo Mapa do Estado Futuro é o cenário que será executado na simulação.

4.3.1.1 Desenhando o Mapa do Estado Atual

Para a elaboração do desenho do Mapa do Estado Atual, Rother e Shook (1999) propõem os passos descritos a seguir:

Passo 1 – Apontar a demanda

Para a demanda, adotou-se o valor de 115 leitos, ocupação média do hospital no período de 60 dias de coleta de dados, como pode ser visto na Tabela 4.4, já que a probabilidade de ocorrer uma ocupação máxima no hospital, ou seja, 152 leitos, é de apenas 1%. Esse resultado foi obtido a partir da utilização do *software* Minitab®, por meio da ferramenta distribuição de probabilidade utilizando os dados coletados, média de 115,7 e desvio padrão de 6,468, como pode ser possível visualizar na Figura 4.5.

Tabela 4.4 – Dados de demanda

Setor	Capacidade máxima de ocupação dos leitos	Utilização média dos leitos
UTI	10	9
UTI Neonatal	10	9
Particular	10	8
Maternidade	19	13
Pediatria	19	10
Clínica Cirúrgica	36	28
Pronto Socorro	8	5
Clínica Médica	40	33
Total	152	115

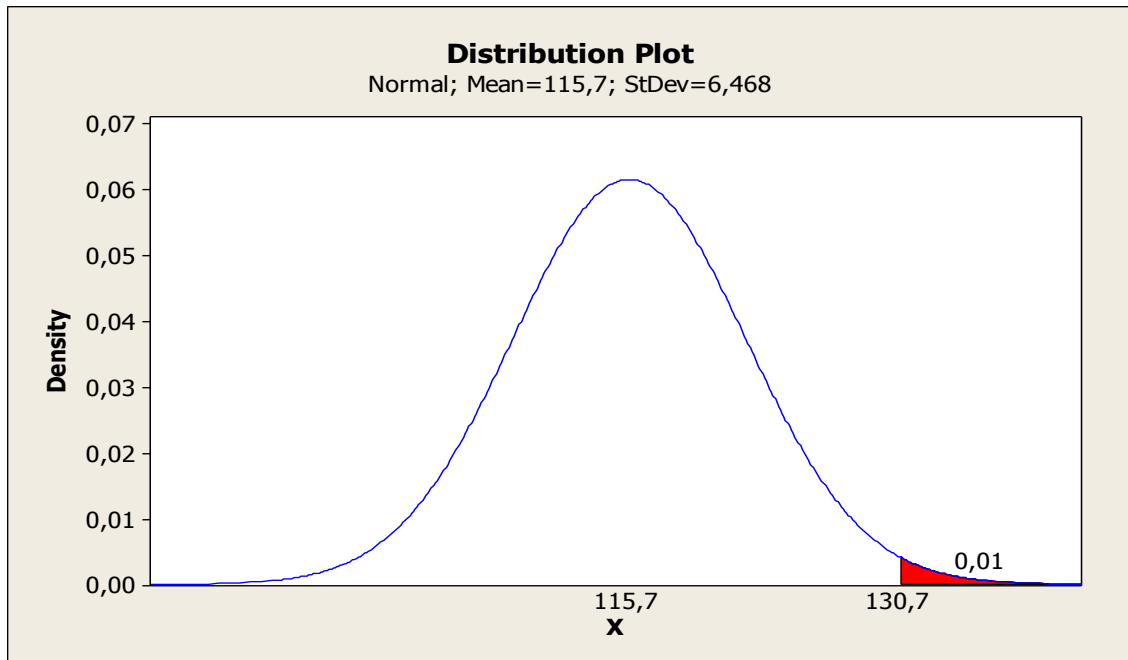


Figura 4.5 – Gráfico da probabilidade do número de leitos ocupados

Passo 2 – Descrever os processos

Os processos foram descritos na Seção 4.1.1.

Passos 3 e 4 – Finalizar o fluxo de materiais e desenhar o fluxo de informações

Foram considerados como fornecedores do processo as escriturárias de cada setor, que levam as prescrições (*input*) até à farmácia. As prescrições contêm informações dos medicamentos a serem administrados em cada paciente e funcionam como ordem de produção para a farmácia.

Passo 5 – Finalizar o Mapa do Estado Atual

Após seguir e executar os passos anteriores foi possível finalizar o Mapa do Estado Atual, apresentado na Figura 4.6.

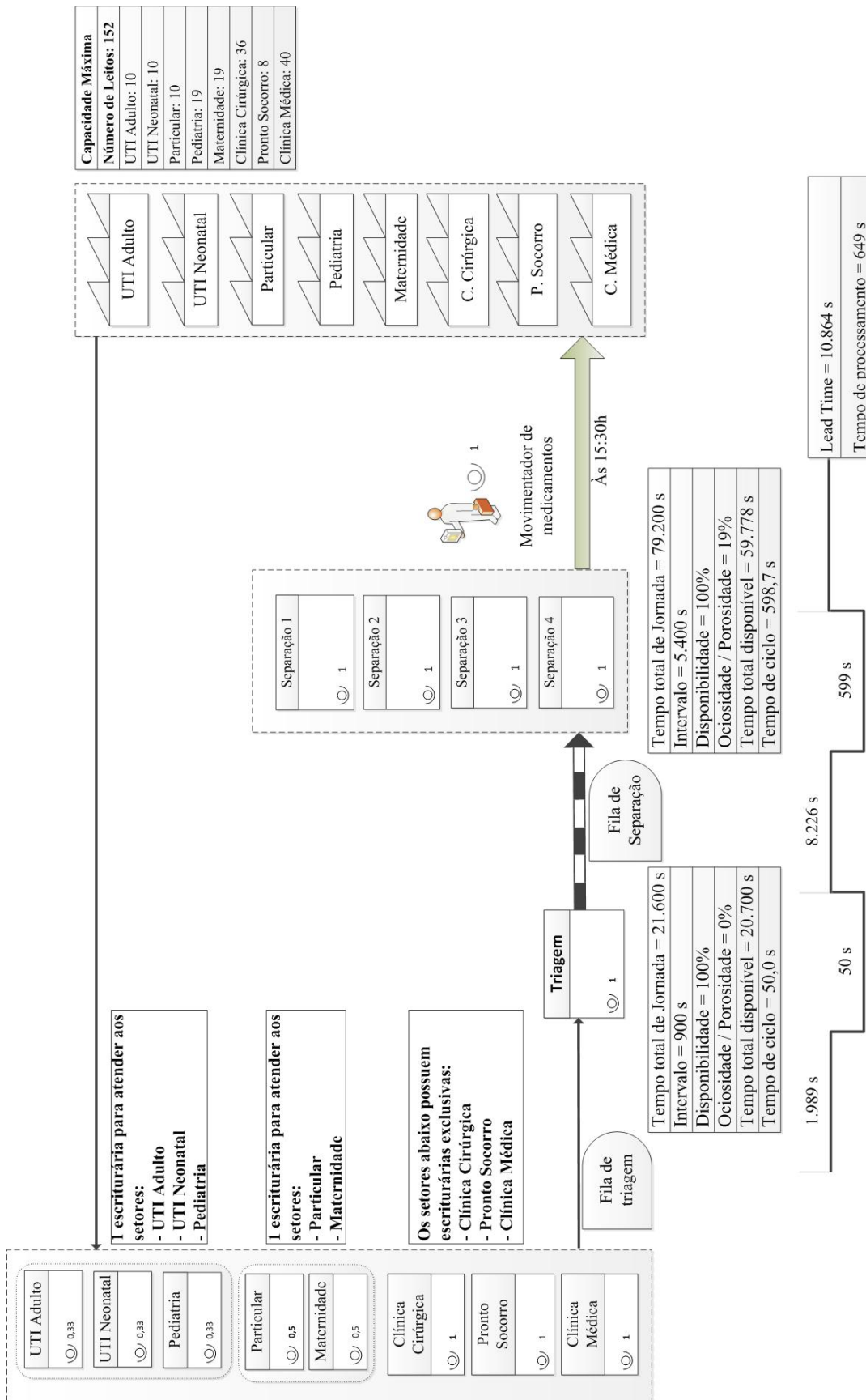


Figura 4.6 – Mapa do Estado Atual

4.3.1.2 Desenhando o Mapa do Estado Futuro

Primeiramente, foi elaborado um Mapa do Estado Atual (Figura 4.6), identificando os desperdícios existentes no fluxo de valor. Foram propostas ações e melhorias que deverão ser incorporadas ao sistema. Esse desdobramento foi realizado respondendo às questões-chave apresentadas por Rother e Shook (2012), já apresentadas na seção 2.2.1, elaborando, portanto, o mapa do estado futuro.

1ª. Qual é o *Takt Time*, que alinhará a produção à demanda por turno?

Com base na Tabela 4.1, apresentada na seção 4.1.1 e na Equação (3), foi possível calcular o *Takt Time*.

$$TT = \frac{\text{tempo total disponível}}{\text{demanda}} \quad (3)$$

Onde: TT é o *Takt Time*.

- *Takt Time* da triagem:

$$TT = \frac{20700}{115} = 180,0 \text{ s}$$

- *Takt Time* da separação/armazenagem:

$$TT = \frac{59778}{115} = 519,8 \text{ s}$$

De acordo com Rother e Shook (2012), tempo de ciclo é a frequência com que uma peça ou produto é realmente completado em um processo. Sendo assim, tempo de ciclo é a frequência com que uma prescrição é processada segundo observado. Conforme os dados coletados, o tempo de ciclo da triagem é de 50,0 [s] por prescrição e o tempo de ciclo da separação/armazenagem é de 598,7 [s] por *kit* de medicamento. A partir dos cálculos realizados é possível observar que a etapa de separação/armazenagem deveria ser concluída a cada 519,8 [s]. Entretanto, o tempo real de ciclo é de 598,7 [s] e, deste modo, não atende às necessidades do hospital. Por outro lado, a etapa de triagem, que apresenta tempo de ciclo de 50,0 [s] por prescrição, atende ao *Takt Time* de 180,0 [s] por prescrição. Assim, verifica-se a necessidade de alinhar a separação/armazenagem à demanda.

2ª. Produzir para supermercado de produtos acabados ou expedição?

Cada paciente internado apresenta uma determinada enfermidade e seu tratamento é personalizado. Consequentemente, os medicamentos a serem administrados variam muito de paciente para paciente. Assim, o processo precisa trabalhar de acordo com a chegada das prescrições na farmácia que funcionam como pedido e, por isso, não é possível produzir para um supermercado de produtos acabados.

3ª. Onde será possível estabelecer um fluxo contínuo?

Não foi possível estabelecer um fluxo contínuo desde a triagem até a separação/armazenagem. Pois a funcionária da triagem não é dedicada e seu tempo de ciclo é menor que *Takt Time*.

4ª. Onde será necessário instalar sistemas puxados?

As escriturárias levam as prescrições até a farmácia sem horário definido, o que gera um fluxo aleatório de chegada das prescrições e, consequentemente, filas elevadas. Para minimizar este problema, sugere-se que um movimentador fique responsável por percorrer todos os setores do hospital, a cada hora, recolhendo as prescrições disponíveis. Foi observado que o funcionário da farmácia responsável pelo transporte, que já realiza este percurso algumas vezes ao dia para a entrega dos medicamentos, muitas vezes apresenta tempo ocioso. Assim, uma sugestão é que o fluxo seja conduzido por ele.

Para manter um maior controle da separação dos medicamentos foi estabelecido que as prescrições funcionassem como uma espécie de cartões *kanbans*, os quais serão movimentados em lote. Sendo a jornada de trabalho dos postos de 5 horas e 30 minutos, a taxa de chegada de cartões *kanbans* (prescrições) será determinada pelo número de leitos ocupados no hospital. Portanto, considerando a ocupação média dos leitos, de 115, obtem-se pela aplicação da Equação (4).

$$\text{Taxa de chegada de cartões kanban} = \frac{\text{demanda}}{\text{número de horas}} \quad (4)$$

$$\text{Taxa de chegada de cartões kanban} \approx 21$$

Sendo assim, para atender à demanda, ou seja, para garantir que todos os kits estejam disponíveis para a entrega às 15:30h, é necessário que eles sejam montados e

disponibilizados à taxa de 21 por hora.

5ª. Qual deverá ser o único ponto no fluxo de valor a ser programado?

Neste fluxo há apenas duas etapas: triagem e separação/armazenagem. Portanto, o processo puxador será o processo de separação/armazenagem do sistema, o que definirá o ritmo para os processos anteriores. Além disso, após o processo puxador não pode haver sistemas puxados, e entre triagem e separação/armazenagem, há um sistema puxado.

6ª. Como nivelar o *mix* de produção no processo puxador?

Para este sistema, o *mix* de prescrições é indiferente, uma vez que todos os kits serão entregues no mesmo horário e não há tempo de troca, não sendo necessário, portanto, distribuí-lo uniformemente.

7ª. Como nivelar o volume de produção no processo puxador?

O incremento *Picth* serve como um mecanismo de controle, e nesta aplicação foi utilizado para garantir que a taxa de 21 kits montados por hora fosse obedecida. Logo, como o controle ocorrerá a cada hora, este será o incremento *Pitch* do sistema. Portanto, é importante implementar um quadro de acompanhamento na farmácia, semelhante ao *Heijunka*, para controlar o número de prescrições que necessita ser separada, bem como o número de prescrições que estão sendo realizadas. Este quadro deve ser monitorado e atualizado pelo movimentador de cartões *Kanban*, conforme o sistema de separação de medicamentos (processo puxador). Com isso, acredita-se ser possível, inclusive, reduzir o tempo de ociosidade dos funcionários, que saberão com exatidão quantas prescrições precisarão separar por hora, bem como se estão atrasados.

Passo 8 – Melhorias de processos e outras atividades necessárias para o fluxo de valor funcionar

O tempo de ciclo da separação/armazenagem é de 598,7 [s] por *kit*, contra um *Takt Time* de 519,81 [s]. Portanto, para atender a demanda média do hospital são necessários 68.850,5 s, conforme Equação (5).

$$\text{Tempo necessário} = \text{Tempo de ciclo} \times \text{Demanda} \quad (5)$$

De acordo com o tempo necessário (68.850,5 s) e o tempo total disponível

(59.778 s), conforme Tabela 4.1, apresentada na seção 4.1.1, obtém-se o tempo necessário adicional de 9.072,5 s ou 2,5 horas.

Sendo assim, ainda são necessárias melhorias ou outras atividades para que o fluxo de valor funcione. Entre as alternativas há: o aumento da quantidade de recursos (pessoas) e o aumento do tempo total disponível dos funcionários.

A partir da Equação 1, apresentada na seção 4.1.1, é possível calcular o tempo disponível para apenas um recurso e, conforme, resultado, apenas uma contratação atenderia a necessidade adicional.

$$\text{Tempo total disponível} = (19800 - 1800) \times (1 - 0,19) \times 1$$

$$\text{Tempo total disponível} = 14580 \text{ s} = 4,0 \text{ h}$$

Porém, visto que a ociosidade / porosidade dos funcionários é elevada, pode-se trabalhar também na redução da mesma para aumento do tempo total disponível, garantindo um melhor aproveitamento dos funcionários, obtendo assim, uma margem no tempo disponível caso fosse necessário.

De acordo com a Equação 1, se fosse possível zerar a ociosidade dos funcionários o tempo total disponível seria de 73.800 [s]. Portanto o *Takt Time* seria de 641,7 [s] por *kit*, considerando a capacidade média. Para que fosse possível atuar na redução da porosidade dos funcionários, propõe-se a instalação de um quadro de nivelamento de carga (*Heijunka Box*) e a atuação do movimentador como supervisor do fluxo. Acredita-se que com estes ajustes, em conjunto com o fluxo contínuo, será possível reduzir a ociosidade do setor.

Assim, para que os pacientes do hospital recebam as prescrições no horário determinado pelo médico, ou seja, para que não haja prescrições atrasadas, foi proposto modificações de acordo com o Mapa do Estado Futuro, Figura 4.7.

Foram propostas alterações que deveriam ser realizadas para o fluxo de valor no seu estado futuro funcionar. Respondendo às questões-chave, verificou-se que o tempo de ciclo do fluxo é superior ao *takt time*, o que impede, na situação atual, que se atenda à demanda adequadamente até às 15:30h. Sendo assim, foi proposto, para a situação futura, eliminar a porosidade (parada não programada) dos funcionários, visto que a mesma era elevada. Com isto, o tempo disponível aumentaria e o *Takt Time* também.

Na situação atual, a coleta e entrega das prescrições é realizada pelas escriturárias nos intervalos de outras atividades que elas executam, o que dificulta

qualquer tentativa de nivelamento do volume de separação de medicamentos. No entanto, foi observado que o funcionário da farmácia responsável pelo transporte apresenta ociosidade. Assim, definiu-se que esse fluxo fosse conduzido por ele. Foi recomendado que o movimentador passasse a ser o responsável pela coleta e entrega das prescrições, possibilitando, portanto o balanceamento da chegada das prescrições na farmácia. Para garantir que o nivelamento ocorresse efetivamente, foi sugerido à implementação de um quadro de acompanhamento na farmácia, por meio do qual, de hora em hora, o movimentador e demais funcionários pudessem controlar a separação dos medicamentos realizada e a realizar. Além de possibilitar, no caso de atrasos, detectar os mesmos em tempo hábil, tomando ações corretivas e garantindo a entrega de todos os *kits* montados às 15:30h. Estes ajustes possibilitariam ainda a redução da ociosidade do setor.

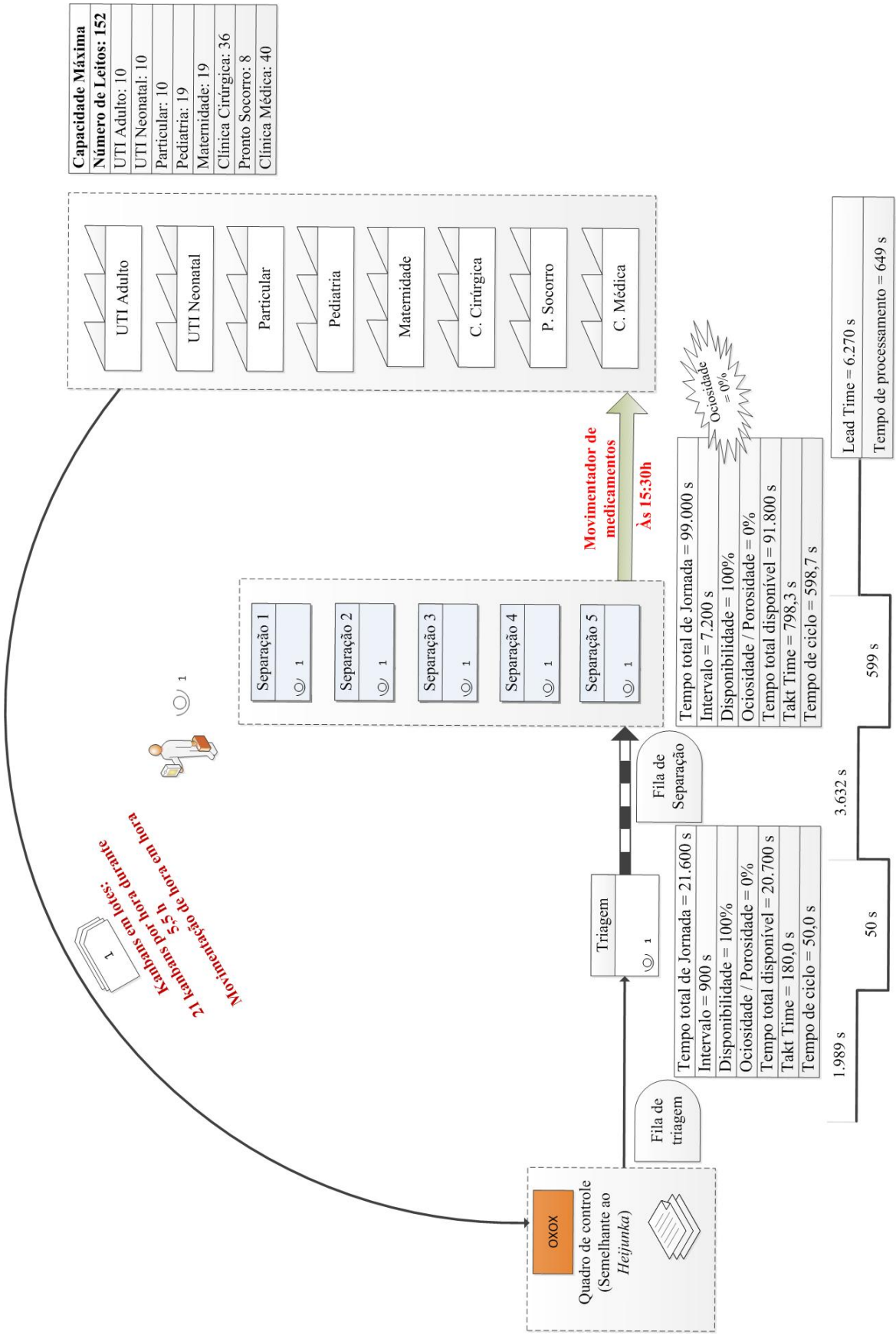


Figura 4.7 – Mapa do Estado Futuro

4.3.2 Execução dos experimentos

Segundo Montgomery (2005), experimento é um teste ou uma série de testes, em que são realizadas alterações propositais nas variáveis de entrada de um processo ou de um sistema, para que se possa observar e identificar as mudanças nas respostas das variáveis de saída.

Para definir o número de replicações necessárias, foram feitas inicialmente 100 replicações do modelo computacional original. Os dados obtidos para o número de prescrições atrasadas por dia (informação que se deseja avaliar) foram inseridos no *Minitab*®, onde foi possível identificar que os dados se encaixavam em uma distribuição normal, com média de 17,56 unidades e desvio padrão de 6,64 unidades. Sendo assim, foi possível utilizar a Equação (6), proposto por Devore (2000), para calcular o número de replicações necessárias para o modelo. Considerando a precisão de 1 unidade de prescrição, obteve-se o valor de 169 replicações.

$$h = t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Sendo:

h = precisão desejada;

S = desvio padrão;

n = número de amostras necessárias

$t_{n-1, \alpha/2}$ = valor obtido da tabela de distribuição t

4.3.2.1 Execução das replicações e análise do cenário

No modelo inicial, foram considerados os dados coletados do hospital, com base na distribuição normal obtida. Isto foi simulado no cenário situação atual, onde o número de prescrições atrasadas foi de $(17 \leq \mu \leq 19)$, sendo μ o número médio de prescrições atrasadas (com 95% de confiança).

Em seguida um cenário foi simulado, sendo ajustado o modelo incluindo as modificações propostas pelo MFV, obtidos por meio do Mapa do Estado Futuro (Figura 4.7). Foram programadas então três modificações para obter os efeitos das recomendações do Mapa do Estado Futuro:

- Balanceamento da chegada das prescrições: considerando que a chegada das prescrições no hospital varia ao longo do dia, para definí-la foi utilizado o elemento “ciclo de chegada” disponível software, o qual permite definir um padrão de chegada

que ocorre ao longo de um período. Assim, este elemento possibilitou representar a variabilidade da taxa de chegada de prescrições na farmácia, onde se observa uma concentração da mesma próxima ao meio dia. No estado futuro do *Lean*, no entanto, uma das melhorias propostas é realizar o balanceamento da chegada. Para representar esta melhoria no *software*, a tabela de ciclo de chegada foi alterada, de modo que os percentuais de prescrições que chegam a cada hora fossem iguais e, com isso, fosse obtida uma chegada equilibrada.

- Eliminação da porosidade (parada não programada) dos funcionários: para representar a porosidade dos funcionários, foi utilizada uma macro que simulava a duração das paradas e outra que simulava a frequência das paradas. Os valores definidos nas macros foram obtidos através de análises estatísticas que os identificaram como uma distribuição normal. Essas macros foram inseridas como paradas não planejadas dos recursos. No estado futuro, foi criado um cenário que alterava os valores das macros para zero.

- Abertura de um novo posto de trabalho: para representar a abertura de um novo posto de trabalho, alterou-se a unidade do “Posto 1” de um para dois, copiando suas características para o novo posto.

Após executar as 169 replicações do modelo, com as alterações propostas de acordo com a aplicação do MFV, e a partir dos relatórios de resposta, foi possível analisar esse novo cenário considerando o número de prescrições atrasadas.

A partir do resultado obtido foi verificado, que o cenário sugerido, utilizando-se os conceitos do *Lean*, por meio do Mapa do Estado Futuro, é suficiente para atender as necessidades do hospital com ocupação média, como apresentado na tabela 4.5.

Após as modificações propostas, o número de prescrições atrasadas é eliminado, ou seja, todos os pacientes são atendidos no horário correto, recebendo os medicamentos de acordo com a prescrição médica.

Tabela 4.5 - Comparação dos resultados dos cenários da simulação

Cenário	Replicação	Nome	Valor atual
Situação atual	Média	N prescrições atrasadas	17.45
Cenário – Mapa do Estado Futuro	Média	N prescrições atrasadas	0.00

4.3.3 Análise dos resultados via DOE

Segundo Montgomery e Runger (2011), o DOE (*Design of Experiments*) é uma metodologia que identifica as variáveis de maior importância em um processo e descobre se há interações entre as mesmas. De acordo com Leal (2008), o DOE analisa os resultados das variáveis de respostas, para concluir sobre a importância dos fatores.

De acordo com Paiva (2008), o mais comum dos arranjos experimentais é o fatorial completo, que abrange todo o espaço experimental.

Dessa forma, foi usada a ferramenta DOE para analisar a etapa experimental do modelo de simulação. Deste modo, para confecção da matriz experimental, apresentada pela Tabela 4.6, foram estabelecidos dois níveis. Portanto, três fatores saem do seu estado atual (nível -) para o estado de melhoria (nível +), totalizando 8 experimentos que foram replicados 5 vezes cada. Para tal experimento, foi considerado uma matriz experimental do tipo 2^K , sendo K o número de fatores. Em seguida, foi feita a validação dos resíduos dos experimentos, para o qual foi utilizado o *software* Minitab[®].

Tabela 4.6 – Matriz experimental

Fatores	Nível	
A- Balanceamento da chegada das prescrições	-1 (sem balanceamento)	+1 (com balanceamento)
B- Abertura de um novo posto de trabalho	-1 (sem abertura de um novo posto)	+1 (com abertura de um novo posto)
C- Sem porosidade	-1 (com porosidade)	+1 (sem porosidade)

Os resíduos encontrados nos experimentos realizados devem ter uma distribuição normal e ser independentes entre si (MONTGOMERY, 2005). Segundo Costa (2010), com o teste de normalidade é possível verificar se os dados aderem a uma distribuição normal, tanto pela visualização de como os pontos aproximam da reta, bem como através da análise do *p-value*. Foi comprovado que os resíduos são normalmente distribuídos e verificados a independência dos mesmos, ou seja, foi verificado que os resíduos não apresentam nenhum padrão não aleatório, agrupamento ou tendência, conforme apresentado na Figura 4.8 e Figura 4.9, respectivamente.

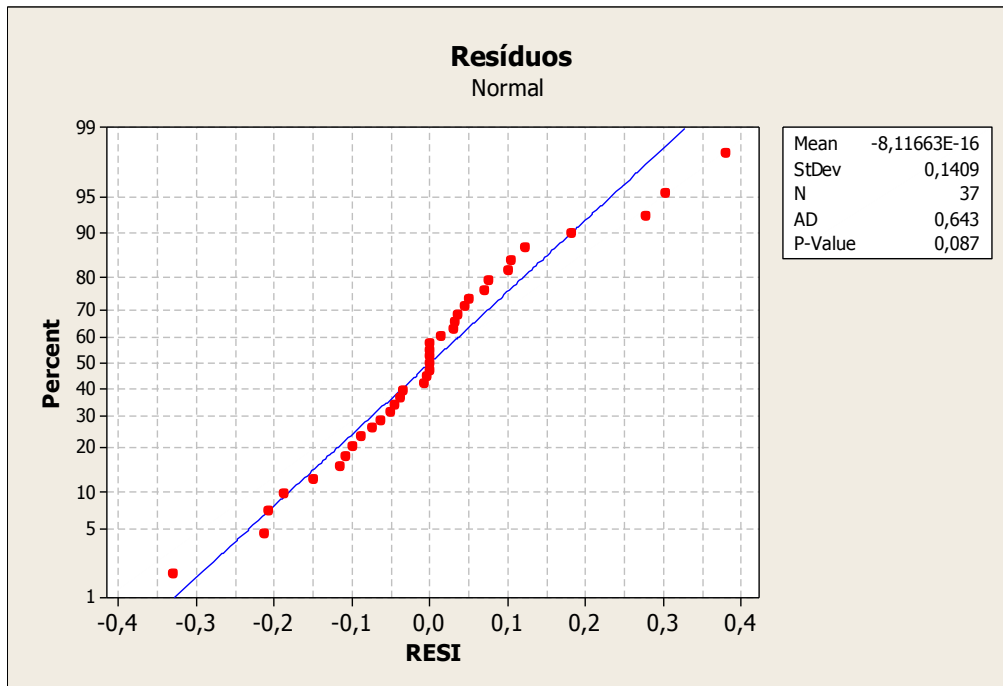


Figura 4.8 – Gráfico de teste de normalidade dos resíduos

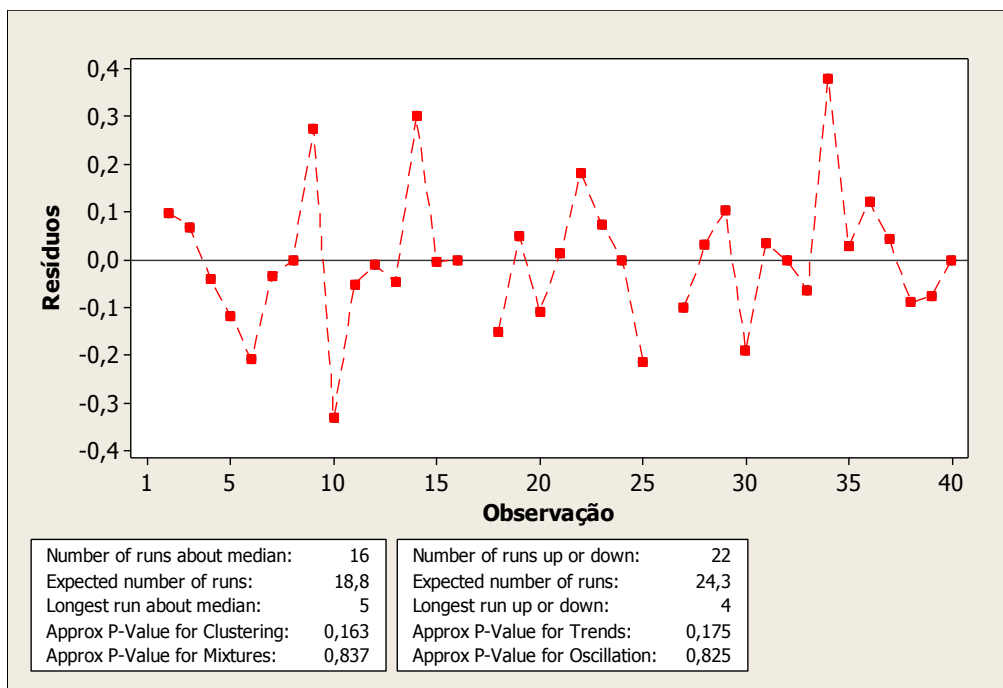


Figura 4.9 – Carta de controle para resíduos

Tendo verificado a validade dos resíduos, é possível analisar os resultados do DOE. O gráfico de Pareto, Figura 4.10, apresenta o peso dos maiores efeitos dos fatores e suas interações sobre a diminuição do número de prescrições atrasadas e, a análise dos efeitos principais para cada fator é visualizado pela Figura 4.11. Analisando os mesmos é possível notar que os três fatores são significativos. Observa-se que o fator B, abertura

de um posto de trabalho é o que possui maior importância relativa sobre a diminuição de prescrições atrasadas. Em seguida vem o fator C, eliminação da porosidade dos funcionários, e por fim, a interação entre B e C, abertura de um posto de trabalho e eliminação da porosidade dos funcionários.

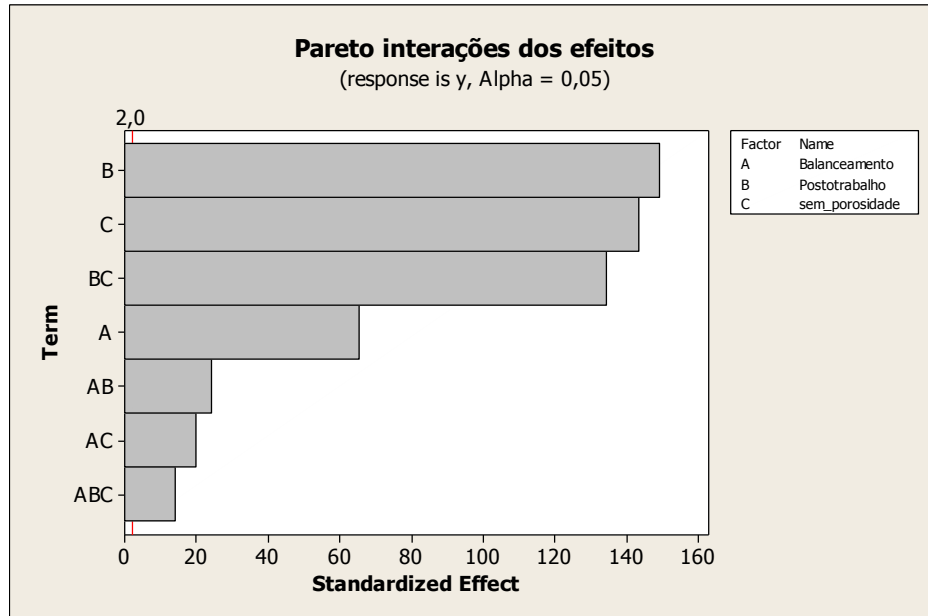


Figura 4.10 – Gráfico ordenação dos fatores interações

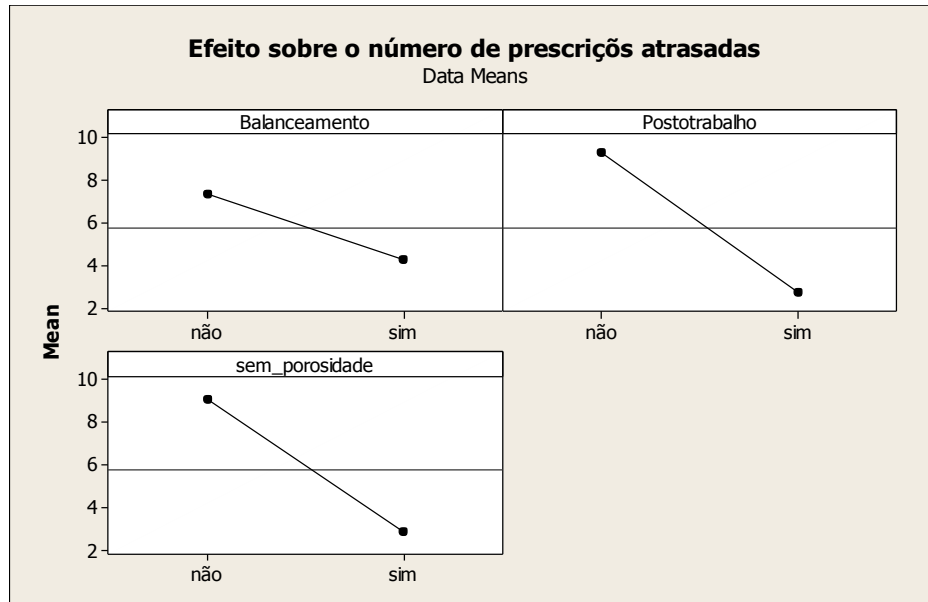


Figura 4.11 - Gráfico Efeito das alterações propostas

4.3.4 Análise e conclusão dos resultados

Os dados desse estudo, conforme informado anteriormente, compreendem 60 dias de observação do sistema de distribuição de medicamentos de um hospital, onde, no período, 19% do tempo de jornada de trabalho dos funcionários era de paradas não programadas, ou seja, eventos aleatórios de iniciativa própria dos mesmos, influenciando no atraso da entrega de medicamentos aos pacientes.

Analisando a Figura 4.12, pode-se visualizar a utilização dos funcionários da separação, tanto no cenário situação atual quanto no cenário simulado. Portanto, a tomada de decisão e o entendimento do sistema são facilitados com a utilização da SED, uma vez que as paradas não planejadas feitas pelos funcionários e a necessidade de um outro funcionário para separação de medicamentos eram fatos desconhecidos da farmacêutica responsável, ou seja, da gerente da farmácia.

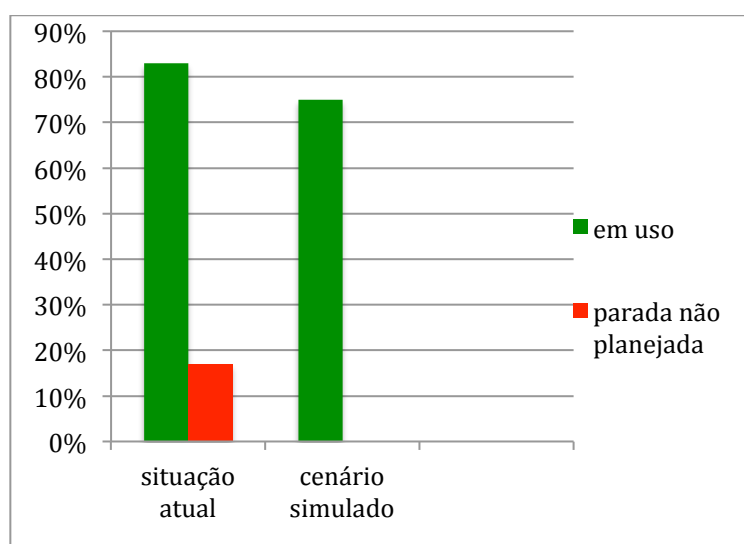


Figura 4.12 – Gráfico da comparação entre as paradas não planejadas da situação atual e cenário simulado

Conforme os dados coletados, foi verificado que o desbalanceamento da chegada das prescrições na farmácia, ou seja, essas prescrições chegavam aleatoriamente na farmácia, alternando entre excesso e escassez na chegada de prescrições em diferentes momentos, ora sobrecarregando e ora subutilizando a capacidade do sistema. Visualizando a Figura 4.13, é possível fazer uma comparação entre a fila de separação no cenário situação atual e simulado, sendo possível verificar que após o balanceamento da chegada das prescrições na farmácia, a fila de separação diminuiu, melhorando o sistema. Sendo assim, as funcionárias responsáveis pela entrega

das prescrições, que fazem parte do setor da enfermagem, gerenciadas pela gerente da enfermagem, não tinham conhecimento da gravidade dessa aleatoriedade no sistema. Portanto, a utilização da SED possibilita o conhecimento do sistema pelos funcionários envolvidos e pela gerência.

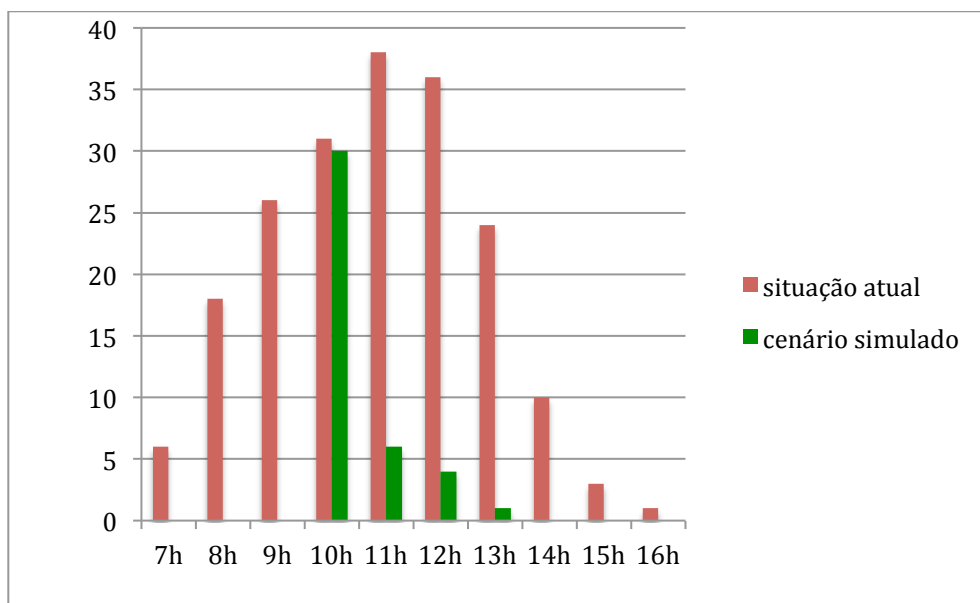


Figura 4.13 – Gráfico da comparação entre fila de separação da situação atual e cenário simulado

Por fim, foi sugerida a abertura de um novo posto de trabalho, visto que o tempo dos funcionários para a atividade separação de medicamentos não era suficiente para atender à demanda de pacientes do hospital.

Dessa forma, foi possível demonstrar como a integração dos conceitos *Lean* e a SED pode ser utilizado como fonte de dados para a melhoria de um processo hospitalar. Essa integração de ferramentas se mostrou vantajosa, uma vez que permitiu a eliminação do número de prescrições que eram separadas com atraso, ou seja, eliminou a entrega atrasada dos medicamentos aos pacientes. Antes das melhorias propostas, 18 pacientes recebiam o medicamento fora do prazo estipulado pelo médico, e após as melhorias propostas simuladas, foi verificado que é possível zerar esses atrasos. Possibilitou também a identificação dos desperdícios, proporcionando principalmente um grande conhecimento, por parte dos gerentes, sobre o sistema, possibilitando treinar os funcionários com o uso do modelo de simulação. Pontos esses que foram apontados como vantagens pela gerência, já que a partir dos resultados, foi possível dimensionar com mais segurança e conforto a necessidade de mudanças para atender à demanda do hospital.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi possível perceber a importância do uso integrado de Simulação a Eventos Discretos e os conceitos do *Lean* no auxílio à tomada de decisão. A pesquisa mostrou que a integração das duas ferramentas torna a simulação mais acessível e o *Lean* mais sustentável. Uma vez que o *Lean* mostra quais parâmetros devem ser alterados e a simulação permite a verificação dessas alterações proposta, constata-se que o *Lean* gera maior envolvimento com a simulação, que por sua vez, aumenta o impacto do *Lean*, possibilitando a análise de um sistema complexo, além de possuir a grande vantagem de não necessitar que o sistema real seja alterado para que seja realizada a avaliação do sistema, reduzindo o risco de mudanças nos processos e possibilitando uma maior compreensão do sistema pelas partes interessadas.

Foi utilizada a Simulação a Eventos Discretos para analisar o sistema de distribuição de medicamentos de um hospital e o impacto das alterações propostas pela utilização dos conceitos *Lean*. Desta forma, foi elaborado o Mapa do Estado Futuro, que foi utilizado como cenário a ser simulado com a utilização do *ProModel*[®].

O modelo conceitual foi construído utilizando-se a técnica IDEF-SIM, devido à simbologia e ao detalhamento suficiente para a construção do modelo conceitual, e validado através de consulta as especialistas do sistema, enquanto o modelo computacional foi e validado através de comparação estatística com dados históricos. Para a fase de análise, foi mapeado o fluxo de valor do sistema de distribuição de medicamentos do hospital, pois tem uma lógica que permite mostrar os pontos de melhoria necessários.

Em seguida, os relatórios obtidos com as replicações foram analisados, onde pode-se concluir que com a situação atual da farmácia não é possível atender as necessidades dos setores do hospital, o que foi constatado no sistema real durante a coleta de dados e verificado com a utilização da SED. Portanto, foi sugerido a implementação de melhorias baseadas em conceitos *Lean* para ajudar a melhorar o fluxo de separação, aumentando a agregação de valor nos processos. Para que esses objetivos fossem cumpridos, foi necessário compreender profundamente o sistema.

Assim, o MFV, uma das inúmeras e das mais importantes ferramentas da Produção Enxuta, foi utilizada por ser de extrema conveniência para identificar cada tarefa necessária para fazer a separação dos medicamentos de acordo com as

prescrições, ao longo do processo. Ao documentar e analisar cuidadosamente cada passo dado, foi possível apontar com exatidão valor e desperdício.

Constatada a existência de desperdícios e o elevado número de prescrições separadas com atraso, por meio do Mapa do Estado Atual, procurou-se os pontos nos quais se poderia atuar, sendo o mapa do Estado Futuro utilizado como cenário da simulação.

As alterações propostas e modificações feitas no modelo computacional possibilitou verificar que com o balanceamento da chegada das prescrições, eliminação da porosidade e abertura de um novo posto de trabalho, o sistema atende a demanda de pacientes do hospital. Estas melhorias foram alcançadas com a inclusão de um movimentador que tem como função recolher as prescrições nos setores e entregar na farmácia de hora em hora, com a instalação de um quadro de nivelamento de produção (*Heijunka Box*) e com a atuação do movimentador como supervisor do fluxo, que possibilitou aos funcionários da separação/armazenagem controlar a separação dos medicamentos de acordo com a prescrição.

Desse modo, a integração da SED e MFV é importante, pois, o MFV identifica as atividades que não agregam valor, desenvolve um estado melhorado do processo e prioriza as atividades, enquanto a SED possibilita analisar a variação e dinâmica do sistema e validar as medidas de melhoria propostas antes da implementação real.

Além disso, foi utilizada a ferramenta DOE, permitindo analisar as interações entre os fatores e suas consequências nas variáveis de resposta. Analisando os mesmos, foi possível notar que os três fatores possuem efeitos significativos, sendo que a abertura de um posto de trabalho é o que possui maior importância relativa sobre a diminuição de prescrições atrasadas. Seguido da eliminação da porosidade dos funcionários, e por fim, a interação desses dois fatores. Portanto, foi possível visualizar, em ambiente simulado, quais fatores tiveram maior impacto nas variáveis de resposta “número de prescrições atrasadas”, auxiliando na tomada de decisão para direcionamento de investimentos em melhorias.

Cabe ressaltar que este trabalho teve como foco os pacientes e a melhoria do seu tratamento, ao possibilitar a administração dos medicamentos no horário correto. Deste modo, foi visualizado com o uso da SED, que as necessidades do hospital podem ser atendidas, e, portanto, os objetivos propostos neste trabalho foram cumpridos. Além disso, através desta aplicação, os funcionários e gerente da farmácia e enfermagem

compreenderam melhor o sistema e puderam perceber os constantes atrasos, de modo que estes pudessem ser corrigidos a tempo para atender à demanda, bem como entenderam a importância da participação dos funcionários, do apoio da gerência e do envolvimento dos demais setores do hospital para alcançar os resultados esperados.

Verificou-se, ainda, que o uso de SED e MFV aumentou o interesse das partes interessadas no sistema. Como tal, as mudanças na área da saúde requerem uma justificativa clara e lógica, que precisam ser comunicadas com clareza aos funcionários e gestores. SED fornece um meio para fazer isso, permitindo que o pessoal em todos os níveis compreenda melhor o sistema de distribuição de medicamentos e experimentem as mudanças no sistema em um ambiente simulado, sendo a experimentação mais barata e mais segura do que a implementação de mudanças físicas, fornecendo confiança necessária para implementar a mudança.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como proposta para trabalhos futuros ao término da dissertação, sugere-se:

- Implementar as mudanças sugeridas e comparar indicadores obtidos com a simulação com os indicadores reais do novo sistema de distribuição de medicamentos;
- Acrescentar custos no modelo computacional, realizando uma análise de viabilidade econômica para verificar a possibilidade da abertura de um novo posto de trabalho;
- Desenvolvimento de outros trabalhos no hospital, em outros setores, aplicando e testando a utilização da integração da simulação e *Lean*.

APÊNCICE A – Fotos do setor da farmácia hospitalar



Figura A.1 – Posto de triagem



Figura A.2 – Posto de separação de medicamentos



Figura A.3 – Carrinho de transporte de medicamentos

APÊNDICE B – Dados coletados do número de prescrições atrasadas

Tabela B.1 – Dados coletados do número de prescrições atrasadas

Data	Número de prescrições atrasadas
20/01/2013	20
21/01/2013	22
22/01/2013	21
23/01/2013	16
24/01/2013	19
25/01/2013	18
26/01/2013	9
27/01/2013	25
28/01/2013	12
29/01/2013	7
30/01/2013	12
31/01/2013	12
01/02/2013	18
02/02/2013	11
03/02/2013	24
04/02/2013	22
05/02/2013	25
06/02/2013	15
07/02/2013	22
08/02/2013	12
09/02/2013	6
10/02/2013	35
11/02/2013	22
12/02/2013	24
13/02/2013	21
14/02/2013	17
15/02/2013	20
16/02/2013	31
17/02/2013	20
18/02/2013	8

APÊNDICE C – Análise de Distribuição dos tempos coletados

De acordo com o valor do *p-value*, maior que 0,05, e os pontos que se aproximam da reta, pode-se concluir que os tempos de separação estão normalmente distribuídos conforme apresentados nas Figuras C.1 e C.2, respectivamente.

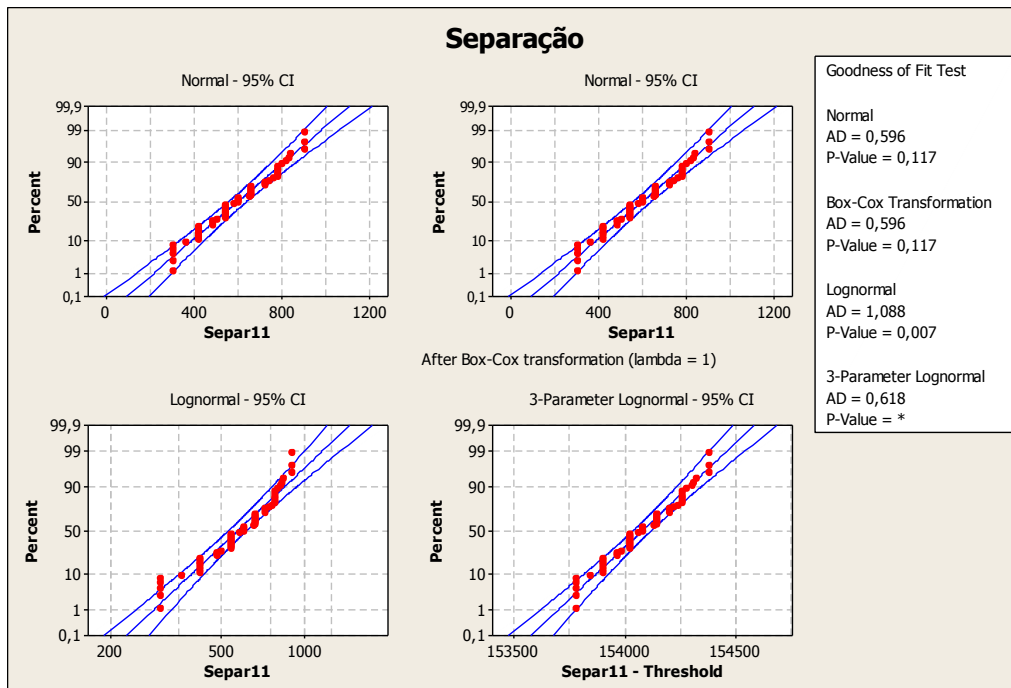


Figura C.1 - Análise de distribuição para os tempos coletados de separação

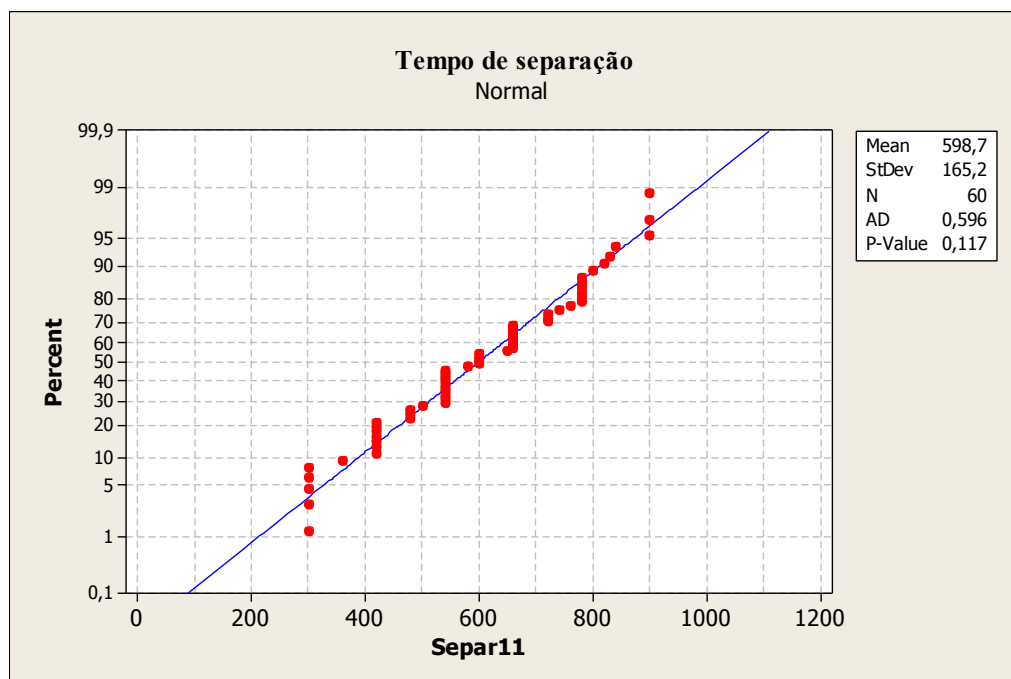


Figura C.2 – Teste de normalidade para os tempos coletados de separação

De acordo com o valor do *p-value*, maior que 0,05, e os pontos que se aproximam da reta, pode-se concluir que a ocorrência das prescrições está normalmente distribuída, conforme apresentados nas Figura C.3 e C.4, respectivamente.

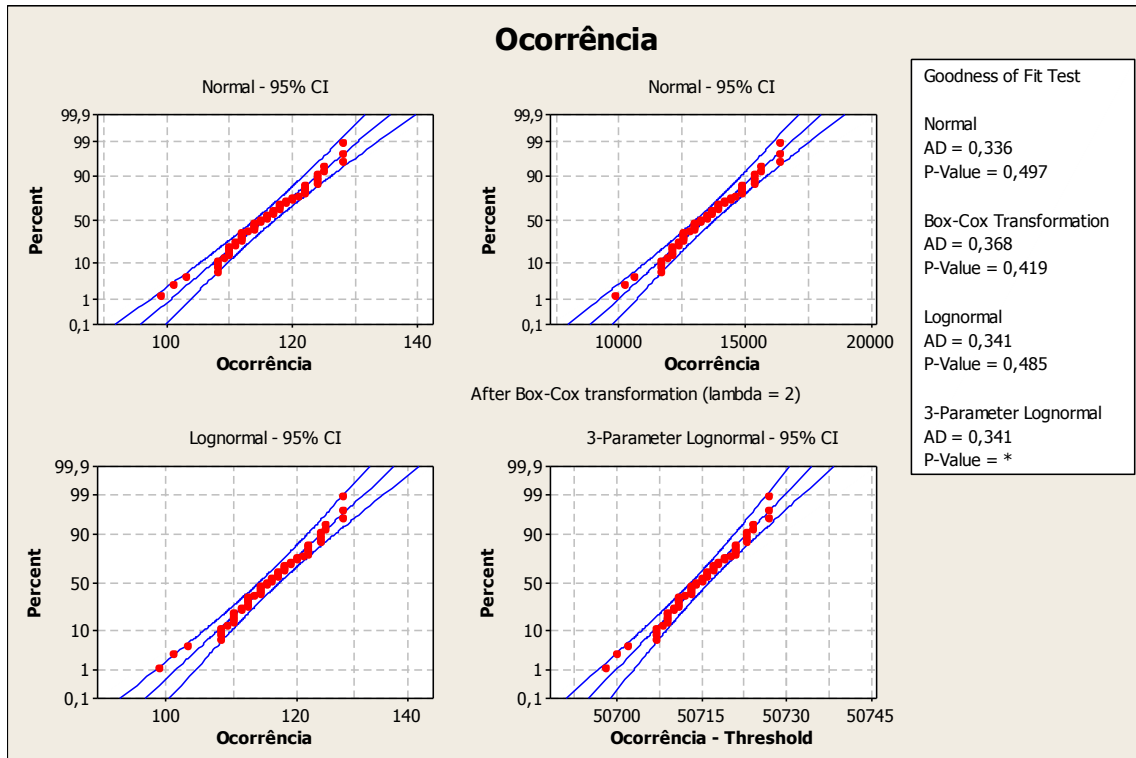


Figura C.3 - Análise de distribuição para a ocorrência das prescrições

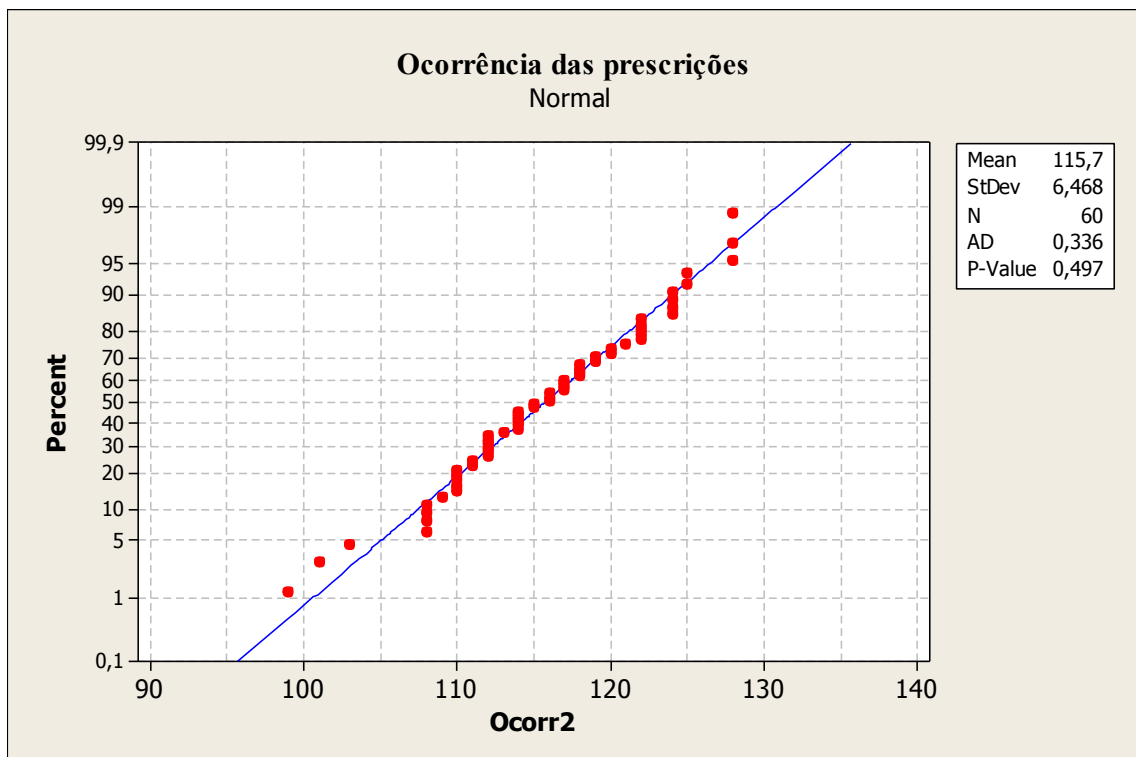


Figura C.4 - Teste de normalidade para a ocorrência das prescrições

De acordo com o valor do *p-value*, maior que 0,05, e os pontos que se aproximam da reta, pode-se concluir que os tempos de duração das paradas estão normalmente distribuídos, conforme apresentados nas Figuras C.5 e C.6, respectivamente.

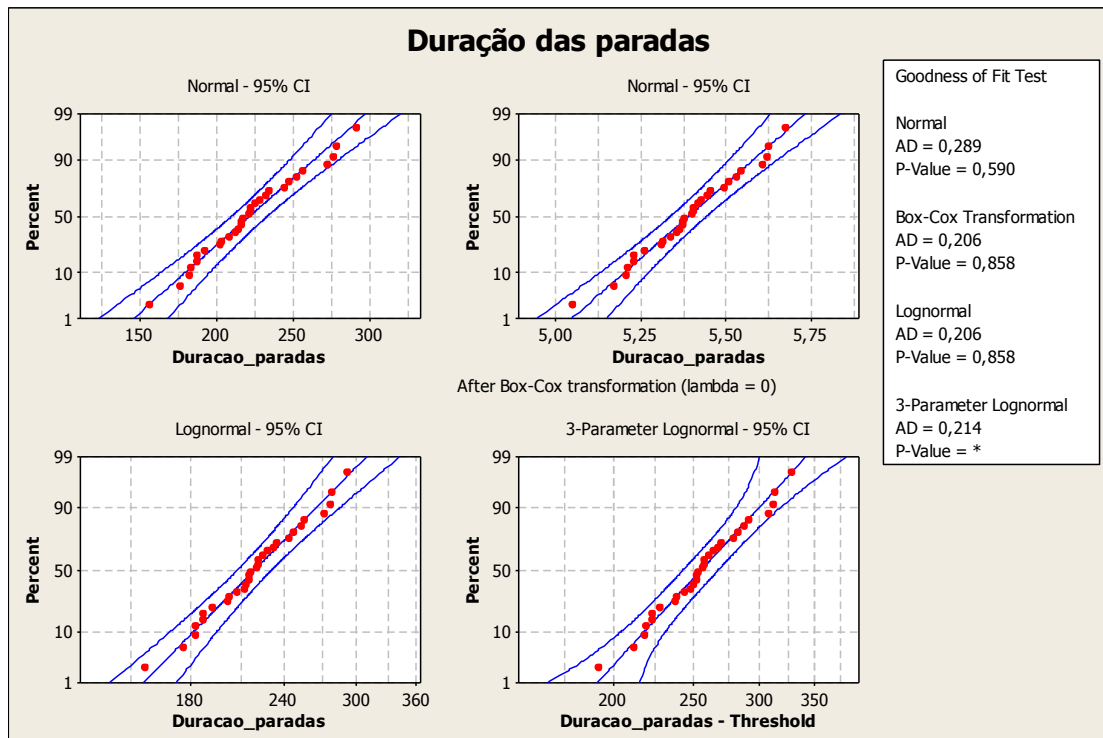


Figura C.5 - Análise de distribuição para os tempos de duração das paradas

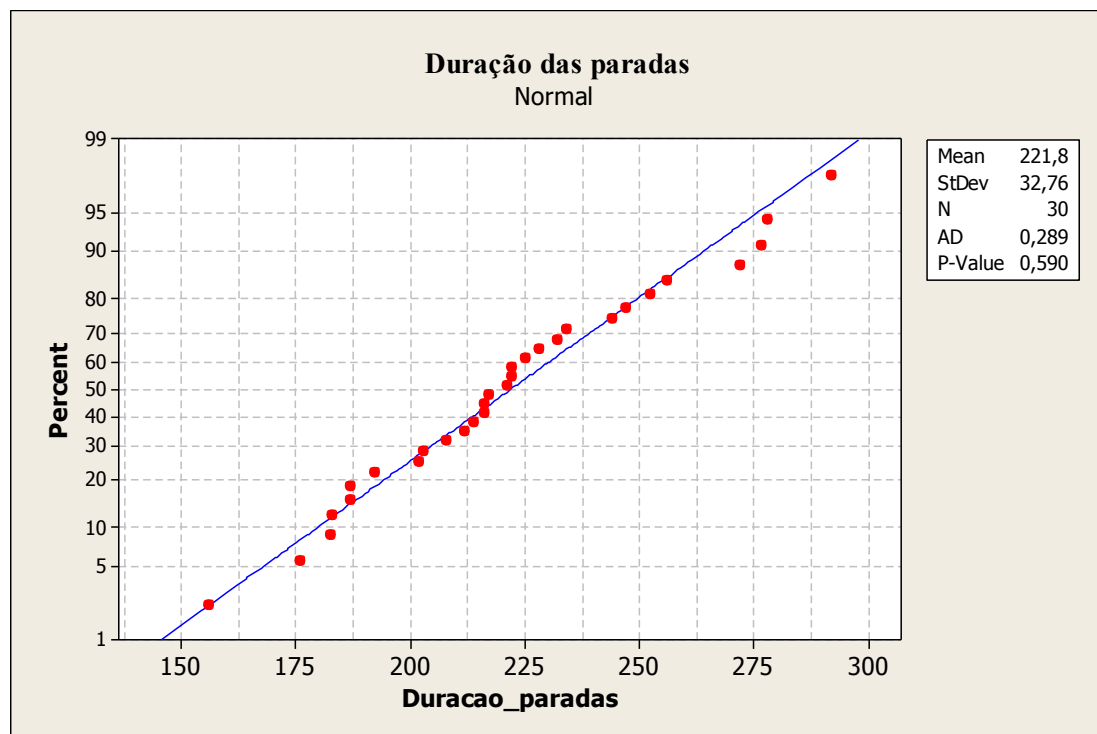


Figura C.6 – Teste de normalidade para os tempos de duração das paradas

De acordo com o valor do p -value, maior que 0,05, e os pontos que se aproximam da reta, pode-se concluir que os tempos de frequência das paradas estão normalmente distribuídos, conforme apresentados nas Figuras C.7 e C.8, respectivamente.

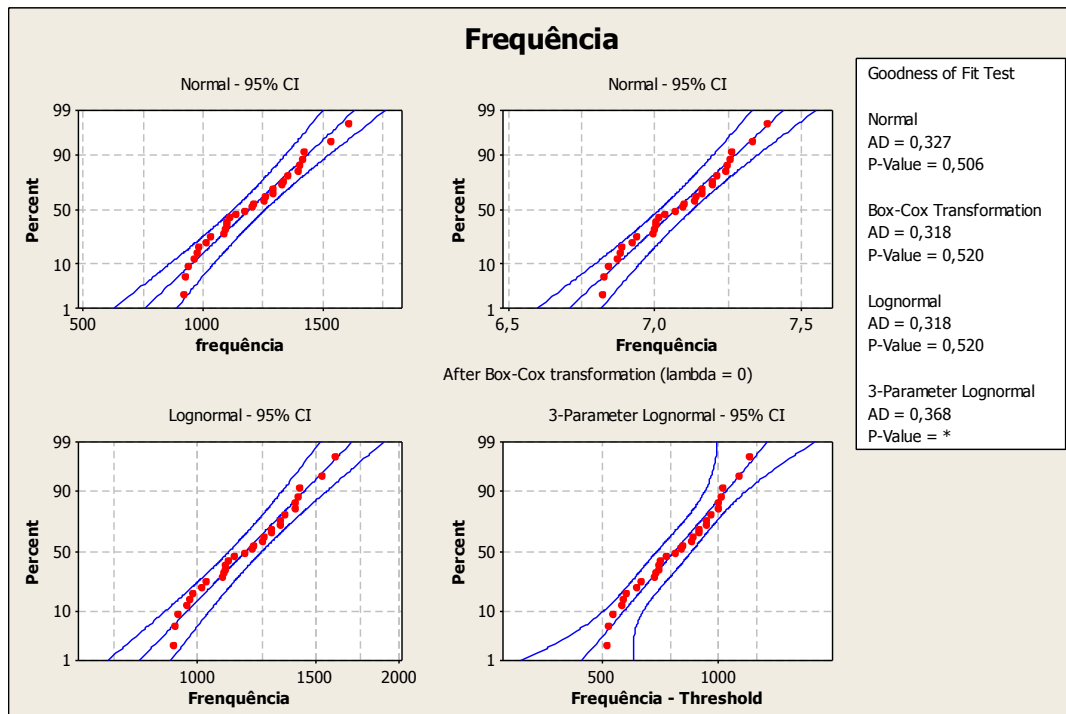


Figura C.7 – Análise de distribuição para os tempos de frequência das paradas

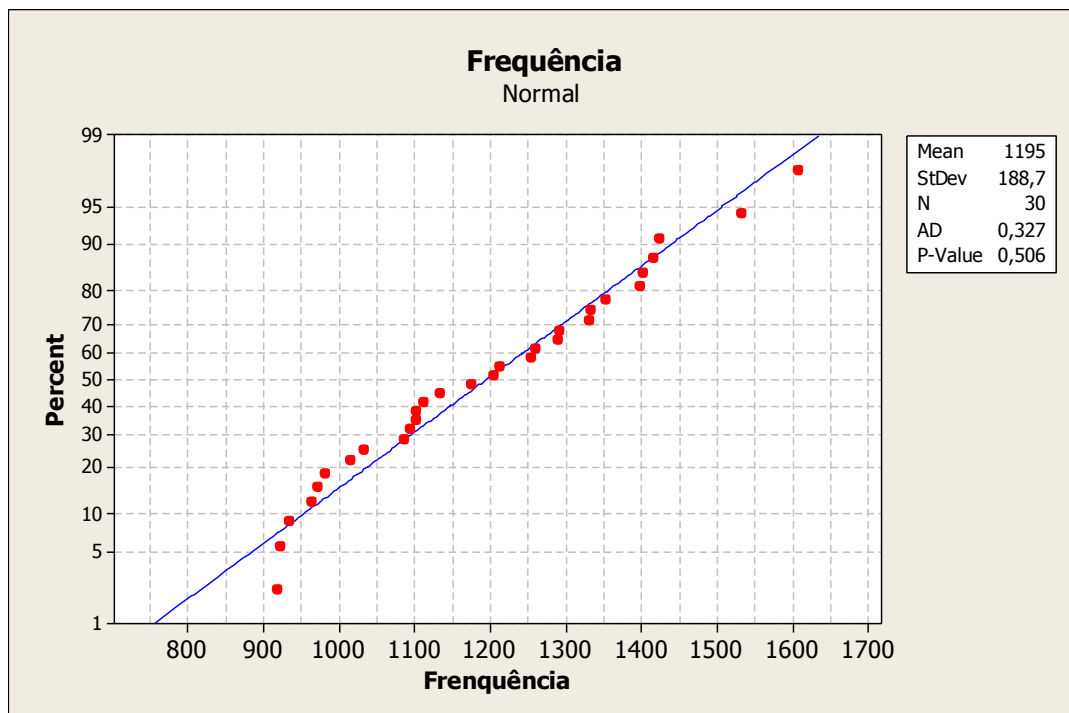


Figura C.8 - Teste de normalidade para os tempos de frequência das prescrições

De acordo com o valor do p -value, maior que 0,05, e os pontos que se

aproximam da reta, pode-se concluir que o número de prescrições atrasadas está normalmente distribuída, conforme apresentados nas Figuras C.9 e C.10, respectivamente.

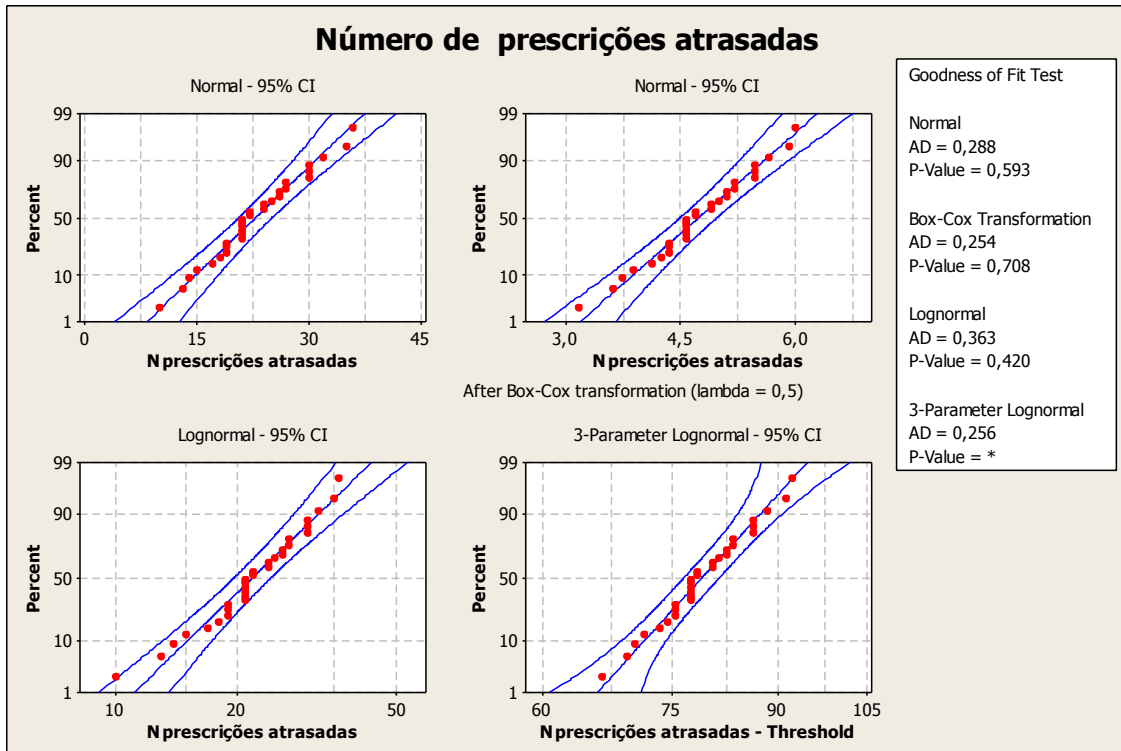


Figura C.9 - Análise de distribuição para o número de prescrições atrasadas

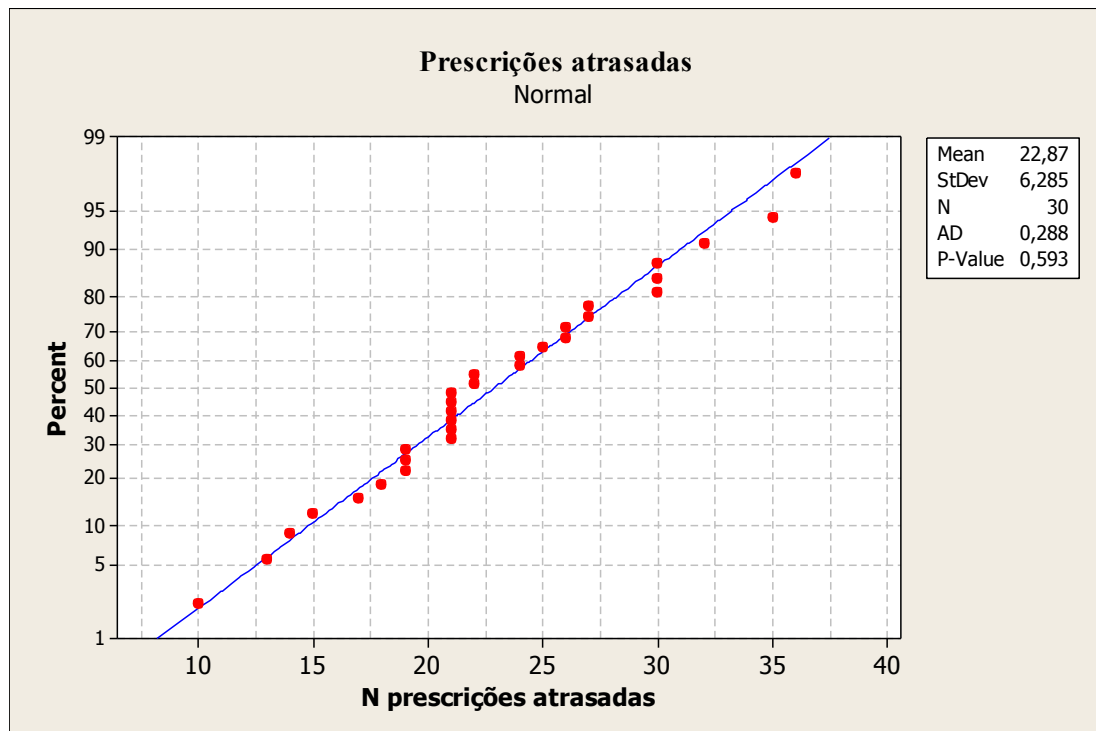


Figura C.10 – Teste de normalidade para o número de prescrições atrasada

APÊNDICE D – Dados coletados e simulados do número de prescrições atrasadas

Tabela D.1 – Comparação entre os dados coletados e simulados do número de prescrições atrasadas

Dados coletados	Simulado
20	16
22	21
21	21
16	9
19	20
18	12
9	19
25	13
12	11
7	25
12	27
12	5
18	15
11	11
24	13
22	20
25	25
15	23
22	21
12	13
6	17
35	11
22	26
24	22
21	12
17	17
20	6
31	24
20	33
8	19
Média 17,57	Média 18,20
Desvio Padrão 6,64	Desvio Padrão 6,89

APÊNDICE E – Publicação e submissão de artigos

Artigos publicados em anais de congressos:

1. ROCHA, F.; MONTEVECHI, J. A. B.; QUEIROZ, J. A.; GOMES, J. H. A. Aplicação de *Value Stream Mapping* e Simulação a eventos discretos para melhoria de processo em um hospital. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014.
2. PEREIRA, T. F.; MONTEVECHI, J. A. B.; MIRANDA, R. C., ROCHA, F. Gestão do conhecimento em projetos de simulação a eventos discretos apoiada pela tecnologia da informação. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014.
3. SANTOS, G. L.; RIBEIRO, S.; LEAL, F.; QUEIROZ, J. A.; ROCHA, F. Aplicação do mapeamento do fluxo de valor integrado à simulação a eventos discretos para identificar desperdícios em uma fábrica de laticínios. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014.
4. ROCHA, F.; SCHEIDEGGER, A. P. G.; MONTEVECHI, J. A. B.; QUEIROZ, J. A.; LEAL, F.; LARGO, J. J. J. Análise da distribuição de medicamentos em uma unidade hospitalar através da simulação a eventos discretos. In: XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, *Anais...* Natal, RN, 2013.
5. MONTEVECHI, J. A. B.; ROCHA, F.; QUEIROZ, J.A. Analysis of the distribution of medicinal drugs in a Hospital using Discrete event simulation. XXVI Euro Conference on Operational Research, 2013.

Artigos submetidos para publicação em periódicos:

1. ROCHA, F.; MONTEVECHI, J. A. B.; QUEIROZ, J. A. Analysis of the distribution of medicinal drugs in a hospital using discrete event simulation. *Journal Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*. Fator de impacto: 0.69
Data da submissão: 31/03/2014. Situação: 2ª revisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABY, K., HERRMANN, J. W., JORDAN, C.S., TREADWELL, M., WOOD, K., 2006. Montgomery County's Public Health Service uses operations research to plan emergency mass dispensing and vaccination clinics. **Interfaces**; 36 (6), 569–579.

ABO-HAMAD, W., CROWE, J., ARISHA, A., 2012. Towards Leaner Healthcare Facility: Application of Simulation Modelling and Value Stream Mapping. **Proceedings of the International Workshop on Innovative Simulation for Healthcare (I-WISH)**, Vol. 19, Vienna, Austria.

ADAMS, M.; COMPONATION, P.; CZARNECKI, H.; SCHROER, B. J. Simulation as a tool for continuous process improvement. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Farrington/USA, 1999.

AL-ARAIDAH, O., BORAN, A., WAHSHEH, A., (2012). Reducing delay in healthcare delivery at outpatients clinics using discrete event simulation. **International Journal of Simulation Modelling**; 11 (4) 185 – 195.

ANAND, G., KODALI, R., 2009. Simulation model for the design of lean manufacturing systems – A case study. **International Journal of Productivity and Quality Management**; 4 (5-6), 691–714.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

AZARI-RAD, S., YONTEF, A., ALEMAN, D. M., URBACH, D. R., 2014. A simulation model for perioperative process improvement . **Operations Research for Health Care**; 3 (1) 22–30, 2014.

BALLÉ, M., RÉGNIER, A., (2007). Lean as a learning system in a hospital ward. **Leadership in Health Services**; 20(1):33-41.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-event simulation**. 4th. Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2005.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C., (2002). Modelling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**; 22 (2):241-264.

BHASIN, S., BURCHER, P. (2006), Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**; 17(1):56-72.

BRAILSFORD, S.C. *et al* (2009a), An analysis of the academic literature on simulation and modelling in health care. **Journal of Simulation**; 3(3), 130–140.

BRAILSFORD, S. C. (2007). Tutorial: Advances and challenges in healthcare simulation modeling. In S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Shortle, J. D. Tew, & R. R. Barton **Proceedings of the 2007 winter simulation conference** (pp. 1436–1448). Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc..

BRAILSFORD, S. C., 2005. Overcoming the barriers to implementation of operations research simulation models in healthcare. **Clinical and Investigative Medicine**; 28, 312–315.

BREYFOGLE, F., SALVEKER, A. **Lean Six Sigma in Sickness and in Health, Smarter Solutions**, Austin, TX., 2004.

CARSON, J. S. Introduction to modeling and simulation. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Washington, D.C., USA, 2004.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Análise e Simulação de Eventos Discretos**. São Paulo: 2007.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. São Paulo: Editora dos Autores, 2006.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 3ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2010.

COSTA, R. F. S. **Abordagem sistemática para avaliação econômica de cenários para modelos de simulação discreta em manufatura**. 2010. 139p. Dissertação Mestrado – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, 2010.

CHUNG, C. A. **Simulation Modeling Handbook: a Practical Approach**. London, New York: CRC Press, 2004.

CUNHA, A. M. C. A., CAMPOS, C. E., RIFARACHI, H. H. C., (2011). Aplicabilidade da metodologia Lean em uma lavanderia hospitalar. **O Mundo da Saúde**; 35(5):311-318.

DALARMI, L. Gestão de suprimentos na farmácia hospitalar pública. **Visão Acadêmica** [Internet]. Jan/Jun 2010 [citado 28 Mai 2013];11(1):1-9. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/academica/article/view/21358/14080>

DEMETER, K., MATYUSZ, Z. (2011), The impact of Lean practices on inventory turnover. **International Journal of Production Economics**, 133(1):154-163.

DENNIS, S., KING, B., HIND, M., ROBINSON, S., (2000). Applications of business process simulation and lean techniques in british telecommunications Plc. In: Joines, J.A., Barton, R.R., Kang, K., Fishwick, P.A. (Eds.), **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, IEEE, Piscataway, NJ, pp. 2015–2021, 2000.

DETTY, R.B., YINGLING, J.C. (2000). Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study. **International Journal of Production Research**; 38 (2), 429–445.

DEVORE, J. Probability and statistics for engineering and the sciences. 5ed., Pacific Grove: Duxbury Press, 2000.

DONATELLI, A.; HARRIS, G. Combining Value Stream Mapping and Discrete Event Simulation. In: **Proceedings of the Huntsville Simulation Conference**, San Diego,

CA, 2001.

ELIAS, S. J. B., MAGALHÃES, L. C., 2003. Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da produção mais limpa. **Produção online**; 3 (2) 1 -23.

FETTER, R. B., THOMPSON, J. D. Patients' waiting time and doctors' idle time in the outpatient setting. **Health Services Research**; 1 (1): 66-90, 1966.

FITZSIMMONS, J. A., FITZSIMMONS, M. **Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação**. Porto Alegre: Bookman, 4 ed., 2005.

FONE, D., HOLLINGHURST, S., TEMPLE, M., ROUND, A., LESTER, N., WEIGHTMAN, A., ROBERTS, K., COYLE, E., BEVAN, G., PALMER, S., 2003. Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery. **Journal of Public Health Medicine**; 25 (4), 325–335.

FOURNIER, D. L.; ZARIC, G. S., (2013) Simulating neonatal intensive care capacity in British Columbia. **Socio-Economic Planning Science**, 47 (2):131-141.

FREDENDALL, L. D., OJHA, D., PATTERSON, J. W., (2010), Concerning the theory of workload control. **European Journal of Operational Research**; 201, 99–111.

FUSCO, A. C. Hospital Albert Einstein. **Usamos e aprovamos o MEDMODEL**. Boletim Fluxus – Boletim Informativo da Promodel, São Paulo, n.1,1997.

GHINATO, P. **Autonomia e multifuncionalidade no trabalho**. In: Série monográfica ergonomia: ergonomia de processo. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 2000.

GOMES, J. H. F. **Análise e otimização da soldagem de revestimento de chapas de aço carbono utilizando arame tubular inoxidável austenítico**. 2010. 136 p. Dissertação Mestrado – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, 2010.

GONÇALVES, A. A. **Gestão da capacidade de atendimento em hospitais de câncer**. Tese (Doutorado em engenharia de produção). Rio de Janeiro : COPPE/UFRJ, 2004.

GREASLEY, A., (2003). Using business-process simulation within a business-process reengineering approach. **Business Process Management Journal**; 9 (4): 408-420.

GRIFFITHS, J. D., JONES, M., READ, M. S., WILLIAMS, J. E., (2010). A simulation model of bed occupancy in a critical care unit. **Journal of Simulation**; 4 (1), 52–59.

GÜNAL, M. M., PIDD, M., (2010). Discrete event simulation for performance modelling in health care: A review of the literature. **Journal of Simulation**; 4 (1), 42–51.

HAGTVEDT, R., FERGUSON, M., GRIFFIN, P., JONES, G. T., KESKINOCAK, P. (2009). Cooperative Strategies To Reduce Ambulance Diversion. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference** (266) 1085-1090, 2009.

HAMES, D. S. P. *Productivity-enhancing work innovations: remedies for what ails hospitals*. In BITTAR, Olímpio J. N. “Produtividade em hospitais de acordo com alguns indicadores hospitalares”. **Revista Saúde Pública**, v.30, 1996 p.53-60.

HARREL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. O. **Simulation Using Promodel**. 2nd. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J.; **Introduction to Operations Research**. 9th. Ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

HINES, P., HOLWEG, M., RICH, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary Lean Thinking. **International Journal of Operations & Production Management**; 24(10):994-1011.

HOLLOCKS, B. (2004). **Do we have too narrow a view of simulation? Observations on simulation as part of knowledge management**. OR Society Simulation Workshop.

HOLLOCKS, B. W., (2005). Forty years of discrete-event simulation – A personal reflection. **Journal of the Operational Research Society**, n. 57, p. 1383-1399.

HOLLOCKS, B., 1992. A well-kept secret? Simulation in manufacturing industry reviewed. **OR Insight**; 5 (4), 12–17.

HOLWEG, M., (2007). The genealogy of Lean production. **Journal of Operations Management**; 25(2):420-437.

INGALLS, R.G., Introduction to Simulation. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, 2002, Solana Beach/USA, ..., 2002.

JACOBSON, S. H., HALL, S. N., SWISHER, J. R., (2006). Discrete-event simulation of health care system. In: R.W. Hall (Ed.), *Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery*. **Springer International Series**, pp. 211–252.

JAHANGIRIAN, M., *et al* (2010). Simulation in manufacturing and business: A review. **European Journal of Operational Research** 203, 1–13.

JENKINS, C. M.; RICE, S. V. Resource Modeling In Discrete–Event Simulation Environments: A Fifty–Year Perspective. In: **Proceedings of the WINTER SIMULATION CONFERENCE**, Austin, TX, USA, 2009.

JOHANSSON *et al.* Framework and indicators for a sustainable manufacturing mapping methodology. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Baltimore/USA, 2010.

JUN, J. B., JACOBSON, S. H., SWISHER, J. R. (1999). Application of discrete-event simulation in health care clinics: A survey. **Journal of the Operational Research Society**, 50(2), 109–123.

KATSALIAKI, K., BRAILSFORD, S. C., (2007). Using simulation to improve the blood supply chain. **Journal of the Operational Research Society**; 58 (2), 219–227.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P. E.; STURROCK, D. T. **Simulation with Arena**. 4th.Ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

KELTON, W.D. Designing simulation experiments. In: **Proceedings of the WINTER SIMULATION CONFERENCE**, Phoenix, AZ, USA, 1999.

KHURMA, N., BACIOIU, G. M., PASEK, Z. J., (2008). Simulation-based verification of lean improvement for emergency room process. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**. IEEE, Piscataway, NJ, pp. 1490-1499, 2008.

KIMSEY D. B., (2010). Lean methodology in health care. **AORN**;92(1):53-60.

KLEIJNEN, J. P. C.; SANCHEZ, S. M.; LUCAS, T. W.; CIOPPA, T. M., (2005). State-of-the-Art Review: A User's Guide to the Brave New World of Designing Simulation Experiments. **Journal on Computing**, 17 (3): 263–289.

KLEIJNEN, J. P. C. **Experimental Design for Sensitivity analysis, optimization, and validation of simulation models**. In: BANKS, J. The Handbook of simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice. John Wiley & Sons, Inc., cap. 6, 1998.

KELTON, W. D. Designing simulation experiments. In: **Proceedings of the WINTER SIMULATION CONFERENCE**, New Orleans, LA, USA, 2003.

KOTIADIS, K.; ROBINSON, S. Conceptual modeling: knowledge acquisition and model abstraction. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Miami/USA, 2008.

KULJIS, J., PAUL, R. J., STERGIOULAS, L. K., (2007). Can health care benefit from modeling and simulation methods in the same way as business and manufacturing has? In: Henderson, S.G., Biller, G., Hsieh, M.-H., Shortle, J., Tew, J.D., Barton, R.R., (Eds.), **Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference**. IEEE, Piscataway, NJ, pp. 1449–1453

LAGANGA, L. R., (2011). Lean service operations: reflections and new directions for capacity expansion in outpatient clinics. **Journal of Operations Management**; 29, 422-433.

LAREAU, W. **Office Kaizen: transforming office operations into a strategic competitive advantage**. Milwaukee: ASQ Quality Press; 2002.

LAGERGREN, M., (1998). “What is the role and contribution of models to management and research in the health services?”, **European Journal of Operational Research**; 105 (2): 257-266.

LAW, A. (1991), Simulation model's level of detail determines effectiveness. **Industrial Engineering**; 23 (10):16-18.

LAW, A.M. How to build valid and credible simulation models. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Monterey/USA, 2006.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3rd. Ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, XL, João Pessoa, PB, 2008. **Anais do XL Simpósio Brasileira de Pesquisa Operacional**, 2008.

LEAL, F.; OLIVEIRA, M. L. M.; ALMEIDA, D.A. de; MONTEVECHI, J. A. B. Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: o IDEF-SIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, **Anais...** Salvador, BA, 2009.

LEAL, F. **Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de experimentos simulados**. 2008. 237 p. Tese Doutorado – Engenharia Mecânica na área de Transmissão e Conversão de Energia. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

LUKEJOHN, W., BELSON, D., DESSOUKY, M., HAWKINS, C., HOGAN, M., (2014). Optimizing efficiency and operations at a California safety-net endoscopy center: a modeling and simulation approach. **Gastrointestinal Endoscopy**; 77(5) 1-12.

MARVEL, J. H., STANDRIDGE, C. R., (2009). A simulation-enhanced lean design process. **Journal of Industrial Engineering and Management**; 2 (1), 90–113.

MARTINS, R. A. **Abordagens quantitativa e qualitativa**. In: MIGUEL, P. A. C. (Org). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 3, p.45-61.

MCDONALD, T., VAN AKEN, E. M.; RENTES, A. F., (2002). Utilizing simulation to enhance value stream mapping: a manufacturing case application. *International Journal of Logistics: Research and Applications*; 5 (2):213-32.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; LEE HO, L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar. **Guia básico para farmácia hospitalar**. Brasília: Ministério da Saúde; 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Aquisição de medicamentos para assistência farmacêutica no SUS: orientações básicas**. Brasília: Ministério da Saúde; 2006.

MIRANDA, R. C. **Algoritmo genético adaptativo para otimização de modelos de simulação a eventos discretos**. 2012. 149 p. Dissertação Mestrado – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, 2012.

- MONTEVECHI, J. A. B. *et al.* Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Baltimore/USA, 2010.
- MONTEVECHI, J. A. B.; MARINS, F. A. S.; MEDINA, A. C.; PINHO, A. F.; SANCHES, A. L.; ALMEIDA, D. A.; LEAL, F.; FERNANDES, L. J.; CHWIF, L.; RODRIGUEZ, L. A. O. Aplicação integrada de projeto de experimentos, simulação de eventos discretos e otimização na manufatura. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28., 2008. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008a.
- MONTEVECHI, J. A. B.; PINHO, A. F.; LEAL, F.; MARINS, F. A. S. Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, **Proceedings...** Washington, DC, USA, 2007.
- MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.
- MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 6th. Ed. New York: Wiley, 2005.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 5th. Ed. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- MUSTAFEE, N., KATSALIAKI, K., TAYLOR, S. J. E., (2010). Profiling literature in healthcare simulation. **Simulation**; 86 (8–9), 543–558.
- MIELCZAREK, B., UZIAŁKO-MYDLIKOWSKA, J. (2012a). Application of computer simulation modeling in the health care sector: A survey. **Transactions of the Society for Modeling and Simulation International**, 88(2), 197–216.
- MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. **Modelagem e Simulação**. In: MIGUEL, P. A. C. (Org). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 170-196, 2012.
- OLIVEIRA, C. S., (2008). Aplicação de técnicas de simulação em projetos de manufatura enxuta. **Estudos Tecnológicos**, 4, (3) 204-217.
- OLIVEIRA, M. L. M.; COSTA, R. F. S.; XAVIER, A. F.; ALMEIDA, D. A.; MONTEVECHI, J. A. B. Ensino do mapeamento Lean utilizando como recurso didático a simulação computacional a eventos discretos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., 2009, **Anais...**Bauru, SP, 2009.
- PAIVA, C. N. **A relevância do fator humano na simulação computacional**. 2010. 166 p. Dissertação Mestrado – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, 2010.
- PAIVA, E. J. **Otimização de processos de manufatura com múltiplas respostas baseada em índices de capacidade**. 2008. 118 p. Dissertação Mestrado – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, 2008.

PAPADOPOULOS, T., RADNOR, Z., MERALI, Y., (2011). The role of actor associations in understanding the implementation of Lean thinking in healthcare. **International Journal of Operations & Production Management**; 31(2):167-191.

PAUL, S. A., REDDY, M. C., DEFLITCH, C. J., (2010). A systematic review of simulation studies investigating emergency department overcrowding. **Simulation**; 86 (8–9), 559– 571.

PITT, M., (2008). **Simulation for Strategic Planning in Health Care – ‘The State of the Art.’** Briefing Report for the NHS Institute. <<http://www.institute.nhs.uk/images//documents/BuildingCapability/ScenarioGenerator/state-of-the-art.pdf>>.

PROUDLOVE, N. C., BLACK, S., FLETCHER, A., (2007). OR and the challenge to improve the NHS: Modelling for insight and improvement in in-patient flows. **Journal of the Operational Research Society**; 58, 145–158.

QUEIROZ, J. A., RENTES, A. F. (2010), Contabilidade de custos versus contabilidade de ganhos: respostas às exigências da produção enxuta. **Gestão e Produção**, 17(2):377-388.

QUEIROZ, J. A. Produção enxuta: uma síntese dos aspectos teóricos e práticos. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**; 2010; Belo Horizonte, Brasil. Belo Horizonte: ABEPRO; 2011

RADNOR, Z., HOLWEG, M., WARING, J., (2012). Lean in healthcare: the unfilled promise? **Social Science & Medicine**; 74 (3):364-371.

RAU, C. *et al.* (2013). Using discrete-event simulation in strategic capacity planning for an outpatient physical therapy service. **Health Care Management Science**; 16:352–365.

REIJERSA, H. A., LIMAN MANSAR, S., (2005). Best practices in business process redesign: An overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. **Omega**; 33 (4), 283–306.

REYNOLDS *et al.* (2011). Using discrete event simulation to design a more efficient hospital pharmacy for outpatients. **Health Care Management Science**; 14:223–236.

ROBINSON, S. Conceptual Modeling for Simulation. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, 2013, Washington/USA, 2013.

ROBINSON, S. et al. (2012), SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. **European Journal of Operational Research**; 219, 188–197.

ROBINSON, S. Conceptual modeling for simulation: issues and research and requirements. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, 2006, Monterey/USA, 2006.

ROBINSON, S., (2005). Discrete-event simulation: From the pioneers to the present, what next? **Journal of the Operational Research Society**; 56 (6), 619–629

ROBINSON, S., (2008). Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. **Journal of the Operational Research Society**, 59(3):278-290.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil; 1999.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil; 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil; 2012.

SAIF, A. W. A.; SELIAMAN, M. E.; AHMAD, A. R., (2006). Simulation Optimization of a Four-Stage Supply Chain System. **Information and Communication Technologies**, v.2, p.2798-2802.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, 2011, Atlanta/USA, 2011.

SHARARAH, M. A., EL-KILANY, K. S. & ELSAYED, A. E. Value Stream Map Simulator Using ExtendSim. **Proceedings of the World Congress on Engineering**, vol 1, London/UK, 2011.

SELLITTO, M. A., BORCHARDT, M., PEREIRA, G. M., (2010). Presença dos princípios da mentalidade enxuta e como introduzi-los nas práticas de gestão das empresas de transporte coletivo de Porto Alegre. **Produção**; 20 (1):15 – 29.

SERAPHIM, E. C., SILVA, I. B., AGOSTINHO, O. L., (2010). Lean Office em organizações militares de saúde: estudo de caso do posto médico da guarnição militar de Campinas. **Gest. Prod.** ;17(2):389-405.

SHANNON, P.W., KRUMWIDE, K.R., STREET, J.N., (2010). Using simulation to explore lean manufacturing implementation strategies. **Journal of Management Education**; 34 (2): 280–302.

SHANNON, R. E. **Systems Simulation: art and science**. Prentice Hall, 1975.

SHANNON, R. E. Introduction to the art and science of simulation. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, 1998, /USA, 1998.

SILVA, W. A. **Otimização de parâmetros da gestão baseada em atividades aplicada em uma célula de manufatura**. 2005. 120 p. Dissertação Mestrado – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, 2005.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M., (2005). **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed, Revista Atual. Florianópolis: UFSC. 138 p.

SIMONETTI, V. M. M., NOVAES, M. I. O., AFONSO, M. W. Gestão de suprimentos da farmácia hospitalar com a implantação de métodos gerenciais de insumos utilizados na manufatura. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia** [Internet]. Jan/Jul 2009

2(1):57-68. Disponível em: http://www.revistaproducaoengenharia.org/arquivos_internos/artigos/465_99.pdf

SHIM, S.J.; KUMAR, A., (2010). Simulation for emergency care process reengineering in hospitals. **Business Process Management Journal**; 16 (5) :795-805.

SOLDING, P., GULLANDER, P., 2009. Concepts for simulation based value stream mapping. In: Rossetti, M.D., Hill, R.R., Johansson, B., Dunkin, A., Ingalls, R.G. (Eds.), **Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference**. IEEE, Piscataway, NJ, pp. 2231–2237.

SPEAR, S., (2005). **Fixing health care from the inside**. Harvard Business Review (September), 78–91.

STANDRIDGE, C. R. & MARVEL, J. H. Why lean needs simulation. 2006. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Monterey/USA, 2006.

TEICHGRÄBER, U. K., BUCOURT, M., (2012). Applying Value Stream Mapping techniques to eliminate non-value-added waste for the procurement of endovascular stents. **European Journal of Radiology**; 81:47-52.

TOUSSAINT, J., GERARD, R. A., ADAMS, E. **Uma transformação na saúde: como reduzir custos e oferecer um atendimento inovador**. Porto Alegre: Editora Bookman; 2012. 162 p.

VENKATADRI *et al.* (2011). Simulation based alternatives for overall process improvement at the cardiac catheterization lab. **Simulation Modelling Practice and Theory**; 19 (7) :1544–1557.

VINODH, S., ARVIND, K. R., SOMANAATHAN, M., (2010). Application of Value Stream Mapping in an Indian camshaft manufacturing organization. **Journal of Manufacturing Technology Management**; 21(7):888-900.

YOUNG, T., BRAILSFORD, S., CONNELL, C., DAVIES, R., HARPER, P., KLEIN, J.H., (2004). Using industrial processes to improve patient care. **British Medical Journal**; 328(7432) :162-164.

WARING, J., BISHOP, S., (2010). Lean healthcare: rhetoric, ritual and resistance. **Social Science & Medicine**; 71(7):1332-1340.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Editora Campus; 2004.




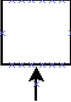
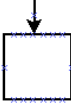





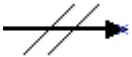


WOMACK, J. P., JONES, D. T. **Lean Thinking Banish waste and creat wealth in your corporation**. New York, NY: Free Press, 2003.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdício e crie riqueza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOSE, D. **The Machine that changed the World**. New York, 1990.

ANEXO A – Simbologia da técnica IDEF-SIM

Quadro A.1 - Símbolos utilizados no IDEF-SIM

Elementos	Simbologia	Técnica de Origem
Entidade		IDEF3 (modo de descrição de transições)
Funções		IDEF0
Fluxo de Entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos alternativos E/OU paralelos	 Regra E	IDEF3
	 Regra OU	
	 Regra E/OU	
Movimento		Fluxograma
Informação		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada em sistema modelado		
Fim do sistema		
Conexão para outra figura		

Fonte: Montevechi *et al.* (2010)

ANEXO B – Simbologia MFV

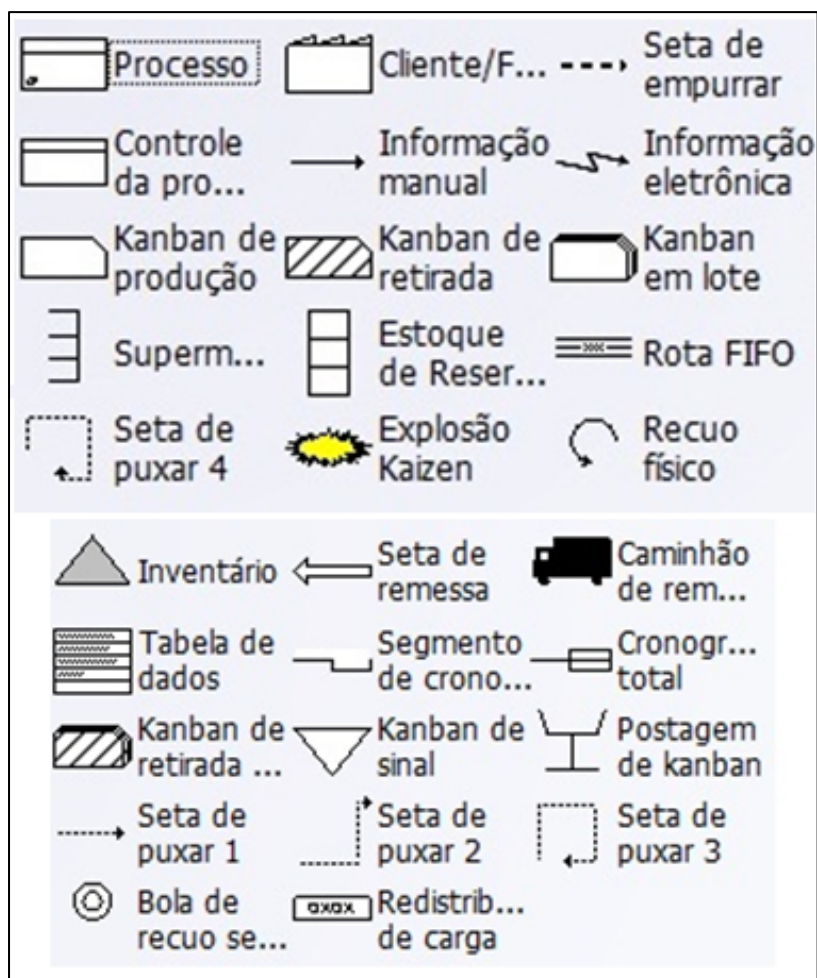


Figura D.1 – Simbologia MFV

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).