

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
KÁTIA RIBEIRO GONÇALVES DE ALMEIDA

UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS NO  
PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ESPERADOS  
PELA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO NO SETOR  
DE REGISTRO ESCOLAR EM UM INSTITUTO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR

ITAJUBÁ-MG

2021

KÁTIA RIBEIRO GONÇALVES DE ALMEIDA

UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS NO  
PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ESPERADOS  
PELA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO NO SETOR  
DE REGISTRO ESCOLAR EM UM INSTITUTO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Administração da Universidade Federal de Itajubá, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Administração.

**Orientador:** Prof. Dr. José Antonio de Queiroz

ITAJUBÁ-MG

2021

KÁTIA RIBEIRO GONÇALVES DE ALMEIDA

UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS NO  
PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ESPERADOS  
PELA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO NO SETOR  
DE REGISTRO ESCOLAR EM UM INSTITUTO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR

Dissertação aprovada pela banca examinadora  
em 25/06/2021, conferindo à autora o Título de  
**Mestre em Administração.**

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. José Antonio de Queiroz (Orientador)

Prof. Dr. Fábio Favaretto

Dr<sup>a</sup>. Fernanda Rocha

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. José Antonio de Queiroz, pela orientação eficiente, sugestões valiosas, por todo o estímulo durante o desenvolvimento deste trabalho e por estar sempre disponível a qualquer momento.

Aos Professores do Mestrado Profissional em Administração da Universidade Federal de Itajubá, por todo o conhecimento passado nas disciplinas.

À Universidade Federal de Itajubá, por todo o apoio prestado.

Aos colegas de Mestrado, pelo convívio, troca de experiências e amizade durante todo o curso.

Ao IFMG *Campus* Bambuí e seus servidores, pela oportunidade de aprendizagem e pelo suporte para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas do Setor de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio, pelo apoio e colaboração prestados.

Ao Luis Gustavo Freitas Soares, pelas contribuições com esta pesquisa.

Ao meu marido Edilberto e meus filhos Estela e Artur, meus pais Maria e Maurílio, pelo apoio, compreensão e incentivo constantes.

E sobretudo à Deus, onisciente e onipresente.

*“Não podemos prever o futuro, mas podemos criá-lo.”*

*Peter Drucker*

## RESUMO

A Manufatura Enxuta, abordagem surgida no Japão como Sistema Toyota de Produção, busca aumentar a produtividade e qualidade, enquanto reduz os desperdícios, e está sendo cada vez mais aplicada em ambientes administrativos. Porém, essa aplicação ainda encontra dificuldades, seja pelo conhecimento limitado, seja pela dificuldade em visualizar os resultados esperados. Para minimizar essas dificuldades e aumentar as chances de sucesso na implementação, uma técnica cada vez mais utilizada é a simulação computacional, uma vez que os resultados esperados para o sistema real podem ser visualizados previamente no sistema virtual. Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é empregar o método de Modelagem e Simulação, por meio da Simulação a Eventos Discretos (SED) na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), mais precisamente, na Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio do IFMG, *Campus Bambuí*. Já o objetivo específico é desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para entender como o pensamento enxuto vem sendo aplicado nos ambientes administrativos, em particular naqueles públicos, destacando as contribuições e dificuldades apontadas pela literatura existente, bem como a maneira na qual a Simulação a Eventos Discretos vem e pode ser utilizada para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades da implementação desses conceitos nesses ambientes. O Mapeamento de Fluxo de Valor foi integrado às etapas da Simulação, onde os mapas de fluxo de valor atuais e futuros das famílias de serviços selecionadas foram modelados e simulados, obtendo-se como resultados, por meio da eliminação de desperdícios, uma redução dos *Lead Times* das famílias mapeadas de 93,5%, 47,4% e 59,6%, comparando-se estados atuais e futuros simulados, e de 92,8%, 45,0% e 61,0%, comparando-se estados atuais e futuros desenhados. Primeiro, tais conjuntos de valores comprovam as significativas reduções. Segundo, comprovam também a coerência entre os mapas desenhados, que são estáticos e determinísticos, e os simulados, que são dinâmicos e estocásticos. Com o objetivo geral restrito à utilização da Simulação a Eventos Discretos para avaliar antecipadamente os resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto ao objeto de estudo, a aplicação efetiva desses conceitos e ferramentas fica como proposta natural para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Conceitos e Ferramentas Enxutas. Ambientes Administrativos Públicos. Simulação a Eventos Discretos.

## ABSTRACT

Lean Manufacturing, an approach that emerged in Japan as a Toyota Production System, seeks to increase productivity and quality, while reducing waste, and is being increasingly applied in administrative environments. However, this application still faces difficulties, either due to its limited knowledge, or due to the difficulty in visualizing the expected results. In order to minimize these difficulties and increase the chances of success in the implementation, an increasingly used technique is computer simulation, since the expected results for the real system can be previously visualized in the virtual system. In this context, the general objective of this work is to employ the Modeling and Simulation method, through the Discrete Events Simulation (DES) in the evaluation of the results expected by the proposal of implementing lean thinking in the administrative environments of a Federal Institution of Higher Education (FIHE), more precisely, in the Management of School Records of Technical Courses and High School of IFMG, Campus Bambuí. The specific objective is to develop a Systematic Literature Review (SLR) to understand how lean thinking has been applied in administrative environments, particularly in those audiences, highlighting the contributions and difficulties pointed out by the existing literature, as well as the way in which the Simulation Discrete Events comes and can be used to leverage contributions and minimize the difficulties of implementing these concepts in these environments. The Value Stream Mapping was integrated with the Simulation steps, where the current and future value stream maps of the selected service families were modeled and simulated, obtaining as a result, through the elimination of waste, a reduction in Leads Times from the families mapped 93.5%, 47.4% and 59.6%, comparing simulated current and future states, and 92.8%, 45.0% and 61.0%, comparing current and future states drawn. First, such sets of values prove the significant reductions. Second, they also prove the coherence between the drawn maps, which are static and deterministic, and the simulated ones, which are dynamic and stochastic. With the general objective restricted to the use of Discrete Events Simulation to evaluate in advance the results expected by the proposed implementation of lean thinking to the object of study, the effective application of these concepts and their tools remains a natural proposal for future work.

**Keywords:** Lean Concepts and their Tools. Public Administrative Environments. Discrete Events Simulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa Sistema Toyota de Produção.....	21
Figura 2 - Resultado da triagem .....	36
Figura 3 - Etapas do método de Modelagem e Simulação .....	65
Figura 4 - Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor .....	70
Figura 5 - Passos seguidos na etapa de concepção.....	73
Figura 6 - Passos seguidos na etapa de implementação .....	75
Figura 7 - Passos da etapa de análise.....	75
Figura 8 - MFV do estado atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo .....	83
Figura 9 - MFV do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo .....	87
Figura 10 - MFV do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo..	91
Figura 11 - IDEF-SIM do estado atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo	93
Figura 12 - IDEF-SIM do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo.	94
Figura 13 - IDEF-SIM do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo .....	95
Figura 14 - Representação do <i>layout</i> modelado a partir do sistema real.....	96
Figura 15 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo .....	98
Figura 16 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo.....	99
Figura 17 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo.....	100
Figura 18 - Teste de normalidade para os dados da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo.....	102
Figura 19 - Teste de normalidade para os dados da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo.....	102
Figura 20 - Teste de normalidade para os dados da Matrícula Inicial dos Aprovados do Processo Seletivo.....	103
Figura 21 - Resultados dos testes <i>1-sample t</i> aplicados aos dados dos modelos computacionais atuais.....	104
Figura 22 - MVF do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo ....	107
Figura 23 - MVF do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo ....	109

Figura 24 - MVF do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo .....	111
Figura 25 - IDEF-SIM do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo .....	112
Figura 26 - IDEF-SIM do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo .....	113
Figura 27 - IDEF-SIM do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo .....	114
Figura 28 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo .....	116
Figura 29 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo .....	117
Figura 30 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo .....	118
Figura 31 - Resultados dos testes <i>1-sample t</i> aplicados aos dados dos modelos computacionais futuros .....	119

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dificuldades encontradas na implementação enxuta .....	58
Gráfico 2 - Soluções propostas para as dificuldades apresentadas na implementação .....	60
Gráfico 3 - Ferramentas utilizadas nas implementações enxutas .....	61
Gráfico 4 - Método utilizado nos artigos da RSL.....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Manifestação dos desperdícios e proposta de eliminação .....	25
Quadro 2 - Utilização da simulação .....	29
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens da simulação .....	30
Quadro 4 - Dados sobre os artigos selecionados .....	36
Quadro 5 - Principais dificuldades encontradas na RSL .....	57
Quadro 6 - Principais soluções encontradas na RSL.....	59
Quadro 7 - Principais ferramentas utilizadas pelos artigos da RSL .....	61
Quadro 8 - Métodos utilizados pelos autores nos artigos da RSL.....	62
Quadro 9 - Solicitação para lançamento de notas pendentes.....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coleta de dados para o processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo .....	81
Tabela 2 - Coleta de dados para o processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo .....	85
Tabela 3 - Coleta de dados para o processo Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo .....	89
Tabela 4 - <i>P-values</i> apresentados nos testes <i>1-sample t</i> para os dados dos modelos computacionais atuais.....	104
Tabela 5 - Comparativo das médias dos <i>Lead Times</i> dos modelos computacionais atuais e futuros validados .....	120

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEF	<i>Australian Business Excellence Framework</i>
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CI	Melhoria Contínua
CSF	Fator Crítico de Sucesso Relevante
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar
EAFBí	Escola Agrotécnica Federal de Bambuí
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
F-DREX	<i>Forensic-Decision Reflection Exercise</i> ou Exercício de Reflexão de Decisão Forense
FIFO	<i>First in, first out</i>
IFES	Instituição Federal de Ensino Superior
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
LHE	<i>Lean Higher Education</i>
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
LT	<i>Lead Time</i>
ME	Manufatura Enxuta
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
PV	Valor Público
SDE	<i>Scenario-Driven Exercises</i> ou Exercícios Baseados em Cenários
SED	Simulação a Eventos Discretos
SIPOC	Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes
SISTEC	Sistema Nacional de Informações da Educação Profissional e Tecnológica
STP	Sistema Toyota de Produção ou <i>Toyota Production System</i>
TAV	Tempo de Agregação de Valor
TC	Tempo de Ciclo
TS	Tempo de <i>Setup</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Objeto de pesquisa.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema de pesquisa.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificativa de pesquisa.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos e delimitações de pesquisa .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5</b>	<b>Procedimentos metodológicos de pesquisa .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6</b>	<b>Contribuições esperadas desta pesquisa.....</b>	<b>18</b>
<b>1.7</b>	<b>Estrutura seguida na elaboração dessa dissertação de mestrado .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Manufatura Enxuta.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Transposição da Manufatura ao Escritório Enxuto.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3</b>	<b>Escritório Enxuto e Ambientes Administrativos Públicos.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>Simulação a Eventos Discretos (SED).....</b>	<b>28</b>
<b>2.5</b>	<b>Simulação a Eventos Discretos Combinada ao Pensamento Enxuto .....</b>	<b>32</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA .....</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DE PESQUISA .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1</b>	<b>Classificação da Pesquisa.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2</b>	<b>Método de Pesquisa .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Método de Modelagem e Simulação .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).....</b>	<b>69</b>
<b>4.3</b>	<b>Roteiro de Pesquisa .....</b>	<b>73</b>
<b>4.4</b>	<b>Objeto de Estudo .....</b>	<b>76</b>
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>78</b>
<b>5.1</b>	<b>Etapa de Concepção .....</b>	<b>78</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Objetivo e definição do sistema.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Escolha da família de produtos.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Escolha da gerente do fluxo de valor.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Escolha e coleta dos dados de entrada.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Construção do mapa do estado atual .....</b>	<b>79</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Conversão do mapa atual em IDEF-SIM .....</b>	<b>92</b>

5.1.7	Validação do modelo conceitual.....	95
5.1.8	Documentação do modelo conceitual.....	95
5.1.9	Modelagem dos dados de entrada.....	95
<b>5.2</b>	<b>Etapa de implementação .....</b>	<b>96</b>
5.2.1	Construção do modelo computacional do estado atual .....	96
5.2.2	Verificação do modelo computacional .....	101
5.2.3	Validação do modelo computacional .....	101
<b>5.3</b>	<b>Etapa de análise .....</b>	<b>105</b>
5.3.1	Construção do mapa do estado futuro .....	105
5.3.2	Conversão do mapa futuro em IDEF-SIM futuro.....	111
5.3.3	Construção do modelo computacional do estado futuro - experimentos simulados ..	114
5.3.4	Análise estatística dos experimentos .....	119
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>121</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>123</b>
	<b>ANEXO 1 - Simbologia do Mapeamento de Fluxo de Valor .....</b>	<b>128</b>
	<b>ANEXO 2 - Simbologia do IDEF-SIM e detalhamento das funções.....</b>	<b>129</b>
	<b>APÊNDICE A - Dados coletados para o desenho dos mapas dos estados atuais .....</b>	<b>131</b>
	<b>APÊNDICE B - Distribuições de probabilidades apontadas pelo Expert Fit® .....</b>	<b>134</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing*, segundo Womack, Jones e Roos (2004), é uma abordagem que busca reduzir desperdícios enquanto aumenta a produtividade, a qualidade e a satisfação dos clientes. Tal abordagem tem como precursor o Sistema Toyota de Produção ou *Toyota Production System*, e surgiu no Japão após a segunda guerra mundial idealizada por Taiichi Ohno. Segundo Morgan e Liker (2008), os sistemas de Manufatura Enxuta definem o desperdício como qualquer atividade que consome tempo e dinheiro, sem agregar valor pela perspectiva do cliente, sendo esse o ponto de partida nesses sistemas. Embora tenha sido desenvolvido originalmente para o ambiente manufatureiro, os conceitos e ferramentas enxutas podem ser adaptados aos ambientes administrativos, onde recebe o nome de Escritório Enxuto ou *Lean Office* (TAPPING; SHUKER, 2003).

### 1.1 Objeto de pesquisa

Esta pesquisa foi conduzida no *Campus Bambuí*, instituição pública federal de ensino que integra o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, e está localizado no centro-oeste mineiro. O IFMG *Campus Bambuí*, como é denominado, possui muitos setores administrativos onde é possível e recomendável a aplicação do *Lean Office*, e dentre esses está aquele escolhido como objeto de estudo deste trabalho: a Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio, vinculada à Diretoria de Ensino. Essa gerência tem um alto *Lead Time* em vários de seus processos, causado por desperdícios.

### 1.2 Problema de pesquisa

A Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio tem uma série de serviços que são prestados tanto para o público interno (alunos e servidores do IFMG) quanto para o público externo (ex-alunos e comunidade externa). Os serviços prestados, via requerimento ou não, em levantamento realizado junto à essa gerência, somaram um total de 30 processos, os quais podem ser divididos em subprocessos, além de demandas internas de vários setores do Campus e Reitoria, que não são passíveis de previsão e regularidade, mas são demandados.

Dentre os processos levantados, os processos de Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo e Matrícula Inicial dos

Aprovados no Processo Seletivo, que acontecem ao final e ao início do período letivo, são extensos, demandando dedicação e emprego de força de trabalho. Além disso, eles acontecem em paralelo e possuem atualmente um alto *Lead Time* (ao final do período letivo, um histórico leva 53,71 dias para ficar pronto e um diploma 43,76 dias, enquanto as matrículas dos alunos ingressantes nos cursos técnicos no início do período letivo demoram 77 dias para estarem concluídas). Esses altos *Lead Times* são provocados pelos *mura's*, que são as irregularidades no ritmo de produção ou nas cargas de trabalho, bem como pelos *muri's*, que são as sobrecargas de trabalho e pelos *muda's*, que são os próprios desperdícios (WOMACK, 2006) combatidos pelo *Lean Office*.

Assim, os processos de Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo e Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo compõem as famílias de serviços que serão mapeadas nesse trabalho, as quais foram escolhidas justamente por causa dos altos *Lead Times* apresentados.

### 1.3 Justificativa de pesquisa

Com a aplicação do *Lean Office* às etapas dos processos executados na Gerência de Registros Escolares, espera-se reduzir significativamente os *Lead Times* dos processos de Emissão de Históricos e de Emissão de Diplomas, assim como de Matrícula dos Alunos Ingressantes.

Os principais desperdícios identificados nas famílias de serviços mapeadas são:

a) em concordância com Tapping e Shuker (2003) – 1) de superprodução, como o excesso de impressos e informações; 2) de espera, que interrompe o fluxo do processo devido ao aguardo de assinaturas ou documentos; 3) de estoque, como os dos impressos e informações, além de suprimentos adicionais; 4) de transporte, como os deslocamentos desnecessários ou excessivos dos impressos e informações para a realização do processamento; 5) de movimentação, como os deslocamentos desnecessários ou excessivos dos operadores para a realização das atividades; 6) de desconformidade, como parada do processo normal para execução de inspeções, correções ou descartes; 7) de processamento, como execução de atividades que podem ser eliminadas sem comprometer o valor definido pelo cliente ou usuário;

b) e em concordância com Womack (2006) – de *mura's*, que são irregularidades no ritmo de produção ou nas cargas de trabalho, que acabam sendo causas-raiz de *muri's*, que são as sobrecargas, e dos *muda's*, que são os próprios desperdícios, sendo que os *muri's*

(sobrecargas de máquinas ou operadores) também podem causar *muda's* (por exemplo, quebra das máquinas ou fadiga dos operadores, que levam à espera, ao estoque, etc.).

Porém, embora a aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas nos ambientes administrativos possam combater tais desperdícios, ela ainda encontra dificuldades, seja pelo conhecimento limitado, seja pela dificuldade em visualizar os resultados esperados. Para minimizar essas dificuldades e aumentar as chances de sucesso na implementação, uma técnica cada vez mais utilizada é a simulação computacional. Por meio dessa técnica é possível construir e validar um sistema virtual que represente o sistema real, de modo que a aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas possam ser aplicadas no virtual e sua atuação e resultados sobre o sistema real avaliados previamente. Assim, a Revisão Sistemática da Literatura desenvolvida neste trabalho, demonstra tanto essas dificuldades da implementação enxuta nos ambientes administrativos, quanto o reduzido número de estudos que utilizou a Simulação a Eventos Discretos como técnica auxiliar a essa implementação.

#### **1.4 Objetivos e delimitações de pesquisa**

Este trabalho tem como objetivo geral empregar o método de Modelagem e Simulação, por meio da Simulação a Eventos Discretos, na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), mais precisamente, na Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio do IFMG, *Campus Bambuí*. Para alcançar esse objetivo geral, será feita uma integração entre as etapas do método de Modelagem e Simulação e as etapas da ferramenta enxuta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (VSM).

O objetivo específico deste trabalho é desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura para:

- entender como o pensamento enxuto vem sendo aplicado nos ambientes administrativos, em particular naqueles públicos, destacando as contribuições e dificuldades apontadas pela literatura existente; e
- destacar a maneira pela qual a Simulação a Eventos Discretos pode ser utilizada para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades associadas à implementação desses conceitos nos ambientes administrativos.

Cabe destacar que o objetivo geral está restrito à utilização da Simulação a Eventos Discretos para avaliar antecipadamente os resultados esperados pela proposta de

implementação do pensamento enxuto na Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio do IFMG, *Campus Bambuí*. Portanto, não se estende à aplicação efetiva desses conceitos em tal ambiente, sendo essa uma limitação da pesquisa e proposta natural para trabalhos futuros.

### **1.5 Procedimentos metodológicos de pesquisa**

Dado que o objetivo geral foi definido como: empregar o método de Modelagem e Simulação, por meio da Simulação a Eventos Discretos, na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), mais precisamente, na Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio do IFMG, *Campus Bambuí*, o método de pesquisa já passa a estar definido automaticamente, isto é, o de Modelagem e Simulação. O intuito é integrar as etapas da ferramenta enxuta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) às fases do método de Modelagem e Simulação, de tal modo que a Simulação a Eventos Discretos possa ser utilizada para simular os mapas dos estados atual e futuro dessa ferramenta enxuta.

### **1.6 Contribuições esperadas desta pesquisa**

Esta pesquisa apresenta contribuições teórica e prática, assim:

- a contribuição teórica esperada consiste em ampliar o conhecimento sobre a aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas em ambientes administrativos públicos, onde essas ainda são insipientes, embora os desperdícios sejam evidentes; e
- a contribuição prática esperada é reduzir o *Lead Time* dos processos da Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio do IFMG, *Campus Bambuí*, bem como servir de referência para futuras aplicações dos conceitos e ferramentas enxutas em outras áreas do *Campus Bambuí* e, até mesmo, em outros *Campi*.

### **1.7 Estrutura seguida na elaboração dessa dissertação de mestrado**

Para atingir tais objetivos e contribuições esperadas, o restante dessa dissertação está estruturado da seguinte maneira: o Capítulo 2 apresenta uma Revisão Bibliográfica sobre Manufatura Enxuta, Transposição da Manufatura para Escritório Enxuto, Escritório Enxuto e Ambientes Administrativos Públicos, Simulação a Eventos Discretos, e Simulação a Eventos

Discretos Combinada ao Pensamento Enxuto; o Capítulo 3 apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura sobre a aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas em ambientes administrativos, em particular os públicos, destacando as contribuições e dificuldades apontadas pela literatura existente, bem como a maneira na qual a Simulação a Eventos Discretos pode ser utilizada para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades (esse ponto atende ao objetivo específico); o Capítulo 4 apresenta a classificação, o método, o roteiro de pesquisa e o objeto de estudo; o Capítulo 5 apresenta a aplicação do roteiro de pesquisa ao objeto de estudo (esse ponto atende ao objetivo geral); por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões, as limitações e as extensões deste trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre Manufatura Enxuta, Transposição da Manufatura ao Escritório Enxuto, Escritório Enxuto e Ambientes Administrativos Públicos, Simulação a Eventos Discretos, e Simulação a Eventos Discretos Combinada ao Pensamento Enxuto.

A implementação de conceitos e ferramentas enxutas em ambientes administrativos públicos, bem como a utilização da Simulação a Eventos Discretos como técnica auxiliar da implementação enxuta serão tratadas no Capítulo 3 - Revisão Sistemática da Literatura deste trabalho.

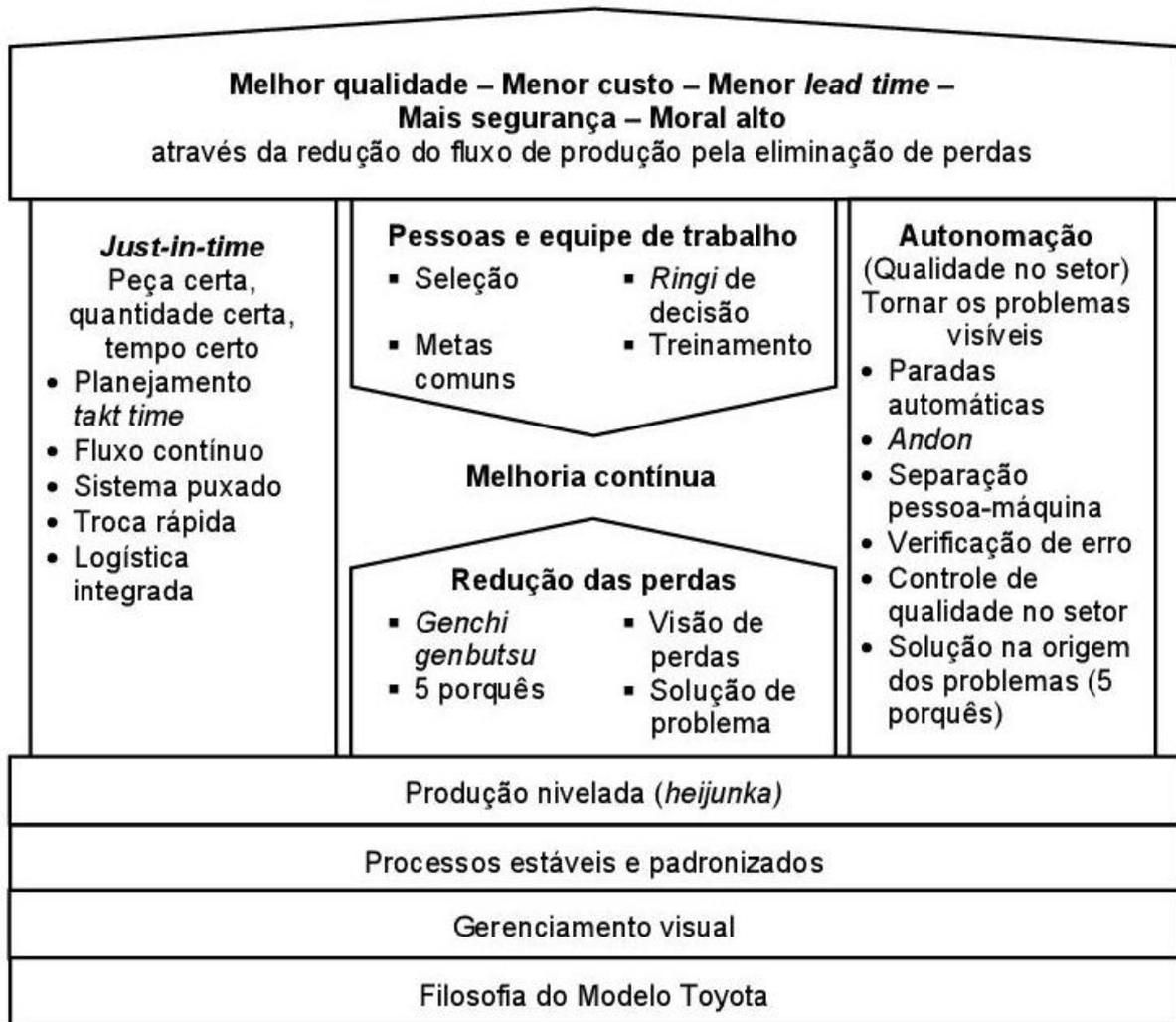
### 2.1 Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta surgiu na década de 1950 no Japão e tem suas origens no Sistema Toyota de Produção ou *Toyota Production System* (WOMACK; JONES; ROOS, 2004). Taiichi Ohno, engenheiro da *Toyota Motor Company*, disse, certa vez, ter ouvido que um trabalhador americano poderia produzir até dez vezes mais que um trabalhador japonês e, então, pensou que se isso fosse realmente verdade, o trabalhador japonês estava desperdiçando alguma coisa. Ohno, assim, começou a acreditar que eliminando esses desperdícios, ou seja, atividades que consomem recursos, mas que não agregam valor do ponto de vista do cliente, a produtividade japonesa poderia aumentar em dez vezes. E essa foi a ideia que marcou o início do Sistema Toyota de Produção (STP): a eliminação dos desperdícios (OHNO, 1997).

Liker (2005) afirma que o STP pode ser comparado analogamente a uma casa, pois a casa é estrutural. No topo, ou seja, no telhado, estão as metas do STP, que são melhor qualidade, menor custo e o menor *Lead Time*. Nas laterais, estão os pilares que dão sustentação à casa, o *Just-In-Time* e o *Jidoka* (autonomação), com seus componentes. No centro, estão a melhoria contínua, as pessoas e a redução de perdas. Na base da casa, tem-se o *Heijunka* (produção nivelada), estabilização e padronização de processos, gerenciamento visual e filosofia do Modelo Toyota (Figura 1).

O *Just-In-Time*, um dos pilares de sustentação do STP, significa que em um fluxo, as partes corretas necessárias à fabricação devem alcançar a linha de montagem no momento certo e nas quantidades certas, e que, a empresa que utilizar o *Just-In-Time*, poderá chegar ao estoque zero (OHNO, 1997), em uma situação ideal de longo prazo.

Figura 1 - Casa Sistema Toyota de Produção



Fonte: Liker (2005)

Ohno (1997) afirma que, considerando-se somente o plano de fabricação para cada processo, onde o fluxo de produção é a transferência de materiais de um processo inicial para um final, e ignorando-se a demanda (como se isso fosse possível), as partes de um automóvel serão produzidas sem se preocupar com os processos seguintes (produção empurrada), tendo desperdícios como resultado (componentes defeituosos e grandes estoques), reduzindo tanto a lucratividade como a produtividade. Segundo o autor, nesse método de produção empurrada, o *Just-In-Time* não funciona bem.

Ohno (1997) então chegou à conclusão de que, olhando o processo de fabricação de forma inversa, ou seja, do processo final para o inicial, onde o processo final vai até o inicial para pegar somente o componente necessário, na quantidade necessária e no momento necessário, com o processo anterior fabricando somente os componentes retirados, seria

possível saber quais quantidades de componentes seriam necessárias em cada momento (produção puxada). Essas quantidades necessárias seriam controladas por meio de cartões, chamados de *kanbans*, que foram moldados a partir da observação de Kiichiro Toyoda em como os supermercados americanos recolocavam os produtos nas prateleiras após serem vendidos. A produção puxada, controlada pelos *kanbans*, proporciona o meio pelo qual o Sistema de Produção Toyota flui suavemente, alinhando a produção à demanda (e não ignorando esta) (OHNO, 1997).

Como componentes essenciais do *Just-In-Time*, tem-se o *Takt Time* (ou tempo *Takt*) e a produção em fluxo contínuo unitário. O *Takt Time* é calculado pela divisão entre o tempo disponível para a produção e a demanda do cliente ao longo desse tempo, cujo objetivo é alinhar a produção à demanda (WOMACK; JONES, 2003), eliminando a causa-raiz do principal desperdício, o de superprodução, seja por antecipação ou por quantidade (ROTHER; SHOOK, 2003). A produção em fluxo contínuo unitário consiste na transferência peça a peça entre os processos, e como algumas das características da produção em fluxo contínuo unitário, tem-se a diminuição do estoque, da espera e, portanto, do *Lead Time*, bem como o aumento da produtividade (MONDEM, 2015).

O *Jidoka*, ou automação (automação com toque humano), outro pilar do STP, consiste em máquinas que sejam capazes não somente de realizar o carregamento, o processamento e o descarregamento automáticos, mas também que possam identificar problemas e anomalias e, diante disso, alertar o operador ou interromper o processo. Segundo Ohno (1997), essas máquinas são equipadas com dispositivos de segurança que alertam ou param o processo quando algum problema acontece, impedindo a fabricação de itens defeituosos. Essa comunicação pode ser feita por meio de sinais sonoros, lâmpadas ou painéis, os chamados *Andons* (ALBERTIN; PONTES, 2016). Assim, um operário não precisa ficar o tempo todo ao lado da máquina, uma vez que ela não só faz o carregamento, o processamento e o descarregamento automáticos, mas também detecta problemas e anomalias e toma uma decisão (capacidade inerente ao ser humano, daí o nome automação com toque humano). Assim, o operador pode ser responsável por várias máquinas (separação homem-máquina), o que possibilita a redução do número de operários e aumenta a eficiência de produção, combatendo os desperdícios.

O *Heijunka*, ou nivelamento, é um dos fundamentos principais do STP, juntamente com o trabalho padronizado e a melhoria contínua incremental (*kaizen*) (NIIMI, 2004), e seu objetivo é “balancear e manter estáveis os recursos da produção, tais como mão de obra e equipamentos, uniformizando ao máximo o tipo e quantidade de produção, o que evita

desperdícios, principalmente de estoque” (KOSAKA, 2009). Em outras palavras, o objetivo é desenvolver a habilidade de intercalar a fabricação de pequenas quantidades das diferentes variedades, de modo a poder atender rapidamente à demanda por aquilo que não está sendo fabricado naquele momento, e sem que haja a necessidade de se manter grandes estoques. Porém, Kosaka (2009) afirma que a produção deve estar de acordo com o tempo *Takt*, senão os processos ficam desbalanceados, atrapalhando a produção. Segundo Niimi (2004), existe uma relação entre *Heijunka*, *Just-In-Time* e qualidade. Ele destaca que o *Heijunka* é um caminho para alcançar a produção *Just-In-Time*, e que sem agregar qualidade, o *Heijunka* é impossível.

Junto ao *Heijunka* na base da casa, tem-se o trabalho padronizado, definido por Womack e Jones (2003) como sendo a descrição precisa de cada atividade de trabalho, com especificação do tempo de ciclo, do *Takt Time*, da sequência de trabalho de tarefas específicas e o estoque mínimo necessário para realizar a atividade.

Na indústria moderna, eficiência é igual à redução de custos, que deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo para a sobrevivência no mercado atual. Para que haja a redução de custos, “é necessário um sistema de gestão total que desenvolva a habilidade humana até sua mais plena capacidade, a fim de melhor realçar a criatividade e a operosidade, para utilizar bem instalações e máquinas e eliminar todo o desperdício.” (OHNO, 1997, p. 30).

De acordo com Ohno (1997), para aplicar o STP, deve-se identificar e eliminar completamente os desperdícios de: superprodução por antecipação e por quantidade; de estoques de matérias primas, produtos em elaboração e produtos acabados; de transportes excessivos e desnecessários; de itens, pessoas e máquinas em espera; de movimentações excessivas e desnecessárias; de processamentos ineficientes e desnecessários; e de retrabalhos, descartes e inspeções. Segundo o autor, quando se reduz o desperdício a zero e se aumenta a porcentagem de trabalho em direção a 100%, tem-se a verdadeira melhoria na eficiência.

Ainda no tocante ao desperdício, é necessário destacar os conceitos de *mura*, *muri* e *muda*, que compõem os 3M do desperdício e que, de acordo com Womack (2006), são termos japoneses que significam, respectivamente, irregularidade ou instabilidade da produção, sobrecarga de produção e desperdício que consome recursos mas não agrega valor. O autor afirma que a princípio, combatia-se primeiramente os *muda*'s, pois a sua eliminação progressiva levaria ao combate de *mura*'s e *muri*'s, mas que, com o passar do tempo, percebeu-se que o *mura* cria o *muri* e o *muda*. Womack (2006) afirma ainda que *mura* e *muri* são causas reais de *muda*, e que trazem de volta desperdícios que já haviam sido eliminados. Assim, deve-se combater *mura* e *muri* para se combater consistentemente *muda*, identificando-se variações nas suas atividades além daquelas definidas pelo cliente, para, desse modo, nivelar internamente a

produção (eliminação do *mura*), e identificar a sobrecarga nas máquinas e pessoas para ser eliminada (eliminação do *muri*).

## 2.2 Transposição da Manufatura ao Escritório Enxuto

O sucesso da aplicação da Manufatura Enxuta na produção industrial possibilitou a adaptação dos conceitos e ferramentas enxutas para o ambiente de escritório, agilizando a gestão de informações e materiais, com a eliminação de procedimentos ociosos que geravam desperdícios e, assim, agregando-se mais valor ao fluxo de informações e processos administrativos (FREITAG; SANTOS; REIS, 2018). De acordo com Tapping e Shuker (2003), a adaptação e aplicação desses conceitos e ferramentas enxutas aos ambientes administrativos recebe a denominação de Escritório Enxuto ou *Lean Office*.

Segundo Greef, Freitas e Romanel (2012), os ambientes de escritório, menos estruturados que os ambientes de manufatura, podem implementar os componentes da Manufatura Enxuta quando se dispõem a sistematizar suas atividades na forma de processos, o que permite a identificação das fontes de valor e das fontes de desperdício no desenvolvimento de cada processo.

O valor, como princípio da Mentalidade Enxuta, é a “expectativa definida pelo cliente para um produto ou serviço final de um processo, estabelecido por uma necessidade” (GREEF; FREITAS; ROMANEL, 2012, p. 12), e o valor nos ambientes administrativos “consiste no serviço, na informação ou no produto específicos esperados pelos clientes do escritório e criados por meio de suas atividades cotidianas, envolvendo menos etapas de produção de bens tangíveis e mais etapas de tratamento de informações e prestação de serviços” (GREEF; FREITAS; ROMANEL, 2012, p. 14).

Segundo Tapping e Shuker (2003), os fluxos de valor em ambientes administrativos podem ser difíceis de se determinar, devido à complexidade desses ambientes. Então, esse fluxo de valor deve ser dividido em fluxos menores e a chave para a melhoria desses fluxos menores é olhar além do processo individual e para os processos que serão impactados. Ao analisar os processos que compartilham características semelhantes (isto é, pessoas, funções, bancos de dados), economias de escala podem ser criadas com a implementação do *Lean*.

Os desperdícios categorizados por Ohno (1997) nos ambientes de manufatura podem ser exemplificados em ambientes de escritórios e são apresentados por Tapping e Shuker (2003), que sugerem ainda uma maneira de eliminá-los, conforme demonstrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Manifestação dos desperdícios e proposta de eliminação

<b>Como o desperdício se apresenta</b>	<b>Proposta de eliminação</b>
Desperdício de superprodução: excesso de papel e informação, que consome material e mão de obra	Estabelecimento de seqüências de fluxo de trabalho, criação de normas e padrões de trabalho para cada processo, criação de dispositivos de sinal para impedir o processamento antecipado
Desperdício de espera: o mais fácil de detectar, é o mais agravante para os funcionários, pois faz o fluxo de trabalho parar. No escritório se manifesta em espera por assinaturas, por máquinas, por telefonemas e por suprimentos	Revisão e padronização de assinaturas, treinamento de funcionários para suprir ausências e permitir a continuidade do fluxo de trabalho, equilíbrio da carga de trabalho ao longo do dia para garantir que todas as pessoas estão sendo aproveitadas de forma otimizada, ter equipamentos e suprimentos sempre disponíveis.
Desperdício de transporte: armazenamento de materiais em locais temporários para serem transportados posteriormente. Além da perda de tempo e energia com o transporte desnecessário, esses materiais podem ser roubados, perdidos, quebrados e danificados	Diminuição da distância de transporte do material tanto quanto possível, eliminação de quaisquer locais de armazenamento temporários
Desperdício de processamento: atividades redundantes como verificar o trabalho de outra pessoa, obter várias assinaturas e inclusão de informações excessivas em documentos	Revisar as etapas de valor agregado em cada processo simplificando ou eliminando etapas sempre que possível, bem como revisar todos os requisitos de assinatura eliminando as desnecessárias sempre que possível
Desperdício de estoque: arquivos desnecessários, suprimentos extras e cópias desnecessárias	Produzir somente o suficiente para satisfazer os requisitos de trabalho do seu cliente, padronizar locais de trabalho e número de unidades por localização e assegurar que o trabalho chegue ao processo quando necessário
Desperdício de movimento: todo movimento desnecessário ao trabalho. Procedimentos de trabalho e <i>layout</i> ineficazes são frequentemente responsáveis por criar mais deslocamentos e ações do que o necessário, gerando assim mais desperdício de movimento	Padronização de pastas, gavetas e gabinetes, uso de códigos de cores o máximo possível, organização dos arquivos eletrônicos para que sejam facilmente referenciados, organização das áreas de trabalho do equipamento de escritório em locais centrais considerando comprar mais equipamentos para eliminar múltiplos deslocamentos
Desperdício de correção: perdas de produtividade associadas com a interrupção de um processo normal para lidar com defeitos ou retrabalho	Estabelecer procedimentos de trabalho padronizados, criação de formulários, criação e publicação de manuais

Fonte: Adaptado de Tapping e Shuker (2003)

Em resumo ao exposto por Tapping e Shuker (2003), a implementação enxuta nos ambientes administrativos desburocratiza e simplifica os processos, melhora os fluxos de informação, reduz os tempos de espera e transporte, reduz o volume de estoque, reduz a movimentação de pessoas, ganhando-se, assim, tempo para a execução de outras atividades, e evita perdas de tempo e material por trabalhos mal executados.

Locher (2017) apresenta algumas das dificuldades da implementação do pensamento enxuto nos escritórios. Segundo o autor, existem muitos casos de sucesso na literatura sobre a implementação *Lean* na manufatura, mas, embora haja um crescimento cada vez maior do número de livros sobre *Lean Office*, a maioria não trata o assunto com a profundidade necessária, focando seu conteúdo estritamente nas ferramentas, e não em sua implementação como um todo. Assim, o que é posto em prática na maioria das empresas fica muito aquém dos objetivos elevados do *Lean*. As organizações falham em mudar os fluxos e a execução dos processos e, portanto, não percebem os resultados significativos que podem ser alcançados, o que pode levar ao abandono total do *Lean*. Os membros da equipe, então, veem o esforço como somente mais um programa, e um que falhou.

Outra dificuldade apontada por Locher (2017) para a implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos é a falta de alinhamento entre a estratégia organizacional e os objetivos do negócio. Quando você aprende uma nova ferramenta, é natural querer aplicá-la imediatamente, mas esses esforços bem intencionados nem sempre fornecem os resultados esperados, porque eles não estão alinhados com os principais objetivos do negócio ou não abordam uma necessidade chave do negócio. A gerência então fica desanimada e, mais uma vez, o esforço é abandonado. Isso ocorre não por causa da ineficiência dos conceitos *Lean*, mas devido ao fato da administração não considerar cuidadosamente os processos de negócio que precisavam ser redesenhados para que a organização perceba seus objetivos enxutos, e esse alinhamento, na visão do autor, é fundamental.

Monteiro *et al.* (2015) apontam ainda outras duas dificuldades de implementação do *Lean Office*, sendo elas a existência de menos informação das pessoas e variações nos processos administrativos maiores do que aquelas que ocorrem nos processos de fabricação.

Mas os conceitos do *Lean* podem e devem ser aplicados também aos ambientes administrativos, inclusive os públicos, conforme explicado na próxima seção.

### **2.3 Escritório Enxuto e Ambientes Administrativos Públicos**

As instituições públicas estão imersas em contextos marcadamente diferentes daqueles das organizações privadas, lidando com diversos interesses e atendendo a demandas específicas, tais como transparência, integridade, responsabilidade, metas internas, objetivos políticos, orçamentos, políticas culturais, regras, procedimentos e leis específicas (LUKRAFKA; SILVA; ECHEVESTE, 2020).

Vários fatores, tais como cortes orçamentários, exigência por serviços públicos eficientes, exigência por serviços de qualidade entregues aos cidadãos e igualdade de acesso aos serviços oferecidos, têm feito com que os setores públicos busquem o *Lean* como forma de atendimento a essas exigências (LUKRAFKA; SILVA; ECHEVESTE, 2020; RODGERS; ANTONY, 2019; ANTONY; RODGERS; GIJO, 2016). Mas essa busca do setor público pelo *Lean* apresenta tanto benefícios como dificuldades para sua implementação.

Como benefícios para a aplicação do *Lean* no setor público, Antony, Rodgers e Gijo (2016) citam que o *Lean* pode ser usado para observar a entrega geral de serviços e considerar quais serviços são mais importantes e para quais clientes. Lukrafka, Silva e Echeveste (2020) e Fletcher (2018) citam que o *Lean* aplicado ao setor público ajuda na percepção do que o cliente (cidadão) considera como valor, percepção essa pouco explorada pelos governos em suas experiências. Antony, Rodgers e Cudney (2017) citam ainda como benefícios da aplicação do *Lean* aos ambientes administrativos públicos a eliminação dos desperdícios propriamente ditos, categorizados por Ohno (1997), criando processos eficientes e eficazes para fornecer melhor experiência e valor ao cliente com custos operacionais reduzidos.

As dificuldades de aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas aos ambientes administrativos públicos são semelhantes e até em maior número do que as encontradas nos ambientes administrativos privados. São dificuldades listadas pela literatura: foco somente na utilização de algumas ferramentas, não utilizando-se toda a robusta estrutura *Lean*; falta de um ambiente favorável para a implementação do *Lean*; falta de entendimento do que é realmente o *Lean*; falta de comunicação; falta de compreensão do que os clientes querem; diferentes pontos de vista de diferentes tipos de profissionais dentro das organizações; falta de envolvimento da equipe; resistência; falta de treinamento; cultura organizacional existente dificultando mudanças; burocracia; autoritarismo; paternalismo (RODGERS; ANTONY, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2017).

A implementação dos conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta nos ambientes administrativos, como já visto, traz uma série de benefícios, mas também uma série de dificuldades. Tais dificuldades ficarão mais evidentes com a Revisão Sistemática da Literatura apresentada no Capítulo 3. Porém, neste primeiro momento, já se pode afirmar que tais

dificuldades podem ser minimizadas pela utilização da simulação a eventos discretos, assunto de nossa próxima seção.

## 2.4 Simulação a Eventos Discretos (SED)

A simulação é a imitação da operação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo por meio de modelos (BATEMAN *et al.*, 2013; BANKS *et al.*, 2010), seja manualmente ou em um computador (BANKS *et al.*, 2010).

Segundo Banks *et al.* (2010), esse modelo geralmente assume a forma de um conjunto de suposições relativas à operação de um sistema. Essas suposições são expressas em relações matemáticas, lógicas e simbólicas entre as entidades ou objetos de interesse do sistema. Uma vez desenvolvido e validado, um modelo pode ser usado para investigar uma ampla variedade de perguntas do tipo "o que ocorre se" sobre o sistema do mundo real. Ainda segundo os autores, o modelo e a simulação podem ser utilizados tanto como uma ferramenta de análise para prever o efeito das mudanças nos sistemas existentes, como uma ferramenta de design para prever o desempenho de novos sistemas sob vários conjuntos de circunstâncias.

De acordo com Law e Kelton (2007), se as relações que compõem o modelo são simples, é possível a utilização de métodos matemáticos (como álgebra, cálculo ou teoria da probabilidade) para se obter informações exatas sobre as questões investigadas, chamada de solução analítica. No entanto, segundo os autores, a maioria dos sistemas do mundo real são muito complexos para serem avaliados analiticamente, devendo ser estudados por meio de simulação. Nesses casos, segundo afirmam Banks *et al.* (2010), a simulação numérica baseada em computador é usada para imitar o comportamento do sistema ao longo do tempo, como se um sistema real estivesse sendo observado, e esses dados gerados por meio da simulação são usados para estimar as medidas de desempenho do sistema.

Banks *et al.* (2010) afirmam que a disponibilidade de linguagens de simulação para fins especiais e de recursos de computação massivos, bem como os avanços nas formas de simulação, a tornaram uma das ferramentas mais amplamente utilizadas e aceitas em pesquisa operacional e análise de sistemas. Os autores trazem também fins para os quais a simulação pode ser utilizada e regras de quando ela não é apropriada, conforme nos mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Utilização da simulação

<b>Indicações</b>	<b>Contra-indicações</b>
Estudar e experimentar as interações internas de um sistema complexo ou de um subsistema dentro de um sistema complexo	Quando o problema pode ser resolvido pelo bom senso
Simular mudanças informacionais, organizacionais e ambientais, observando seus efeitos e alterações no comportamento do modelo	Se o problema puder ser resolvido analiticamente
Sugerir melhorias no sistema investigado através do conhecimento adquirido durante a concepção de um modelo de simulação	Se for mais fácil realizar experimentos diretos
Alterar as entradas da simulação e observar as saídas resultantes produzindo uma visão valiosa sobre quais variáveis são mais importantes e como essas variáveis interagem	Se os custos excederem a economia
Ser utilizada como um dispositivo pedagógico a fim de reforçar as metodologias de solução analítica	Se os recursos ou tempo não estiverem disponíveis
Ser utilizada para experimentar novos projetos ou políticas antes de sua implementação, de modo a preparar-se para o que pode acontecer	Se não houver dados disponíveis, ou nem mesmo estimativas
Ser utilizada para a verificação de soluções analíticas	Se não houver tempo suficiente ou se o pessoal não estiver disponível para a validação do modelo
Simular diferentes recursos para uma máquina, o que pode ajudar a determinar seus requisitos	Se os gerentes tiverem expectativas irracionais, se a pedirem muito cedo ou se o seu poder for superestimado
Tornar o aprendizado possível sem o custo e a interrupção de instrução no trabalho	Se o comportamento do sistema for muito complexo
Mostrar através da animação um sistema em operação simulada	Se o comportamento do sistema não puder ser definido
Tratar interações internas de sistemas modernos (fábricas, linhas de montagem, organizações de serviços, etc.) e complexos	

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

O uso da simulação apresenta vantagens, mas também apresenta desvantagens. Ambas são listadas por Pegden, Shannon e Sadowski (1995) e apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens da simulação

Vantagens	Desvantagens
Novas políticas, procedimentos operacionais e organizacionais, regras de decisão, fluxos de informações, entre outros, podem ser explorados em tempo real e sem interromper as operações que estão em andamento no sistema real	A construção de modelos requer treinamento especial, pois depende de tempo e experiência. Além disso, se dois modelos de um mesmo sistema são construídos por indivíduos diferentes, é altamente improvável que sejam iguais
Novos projetos de hardware, <i>layouts</i> físicos, sistemas de transporte, podem ser testados sem comprometer recursos para sua aquisição	A maioria dos resultados da simulação são essencialmente variáveis aleatórias (geralmente são baseadas em entradas aleatórias), portanto, pode ser difícil distinguir se uma observação é o resultado de inter-relacionamentos do sistema ou se são aleatórios
Hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos ocorrem podem ser testadas para viabilidade	
O tempo pode ser diminuído ou expandido para permitir uma aceleração ou desaceleração dos fenômenos sob investigação	
Informações podem ser obtidas mediante a interação de variáveis e da importância das variáveis para o desempenho do sistema	A modelagem e análise de simulação podem ser demoradas e caras. Economias com recursos para modelagem e análise podem resultar em um modelo de simulação ou análise que não é suficiente para a tarefa
A análise de gargalos pode ser realizada para se descobrir onde trabalho, processos, informações, materiais, estão sofrendo atrasos excessivos	A simulação é usada em casos onde a aplicação de uma solução analítica é possível ou mesmo preferível
A simulação pode ajudar a entender como o sistema opera de fato, e não como indivíduos acham que ele funciona	
As perguntas do tipo "e se" podem ser respondidas, o que é particularmente útil no projeto de novos sistemas	

Fonte: Adaptado de Pegden, Shannon e Sadowski (1995)

As áreas de aplicação para simulação são numerosas e diversificadas. Law (2015) cita alguns tipos específicos de problemas para os quais a simulação foi considerada uma ferramenta útil e poderosa:

- projetar e analisar sistemas de manufatura;
- avaliação de sistemas de armas militares ou seus requisitos de logística;

- determinar requisitos de *hardware* ou protocolos para redes de comunicação;
- determinar os requisitos de *hardware* e *software* para um sistema de computador;
- projetar e operar sistemas de transporte, tais como aeroportos, rodovias, portos, e metrô;
- avaliação de projetos para organizações de serviços, como centrais de atendimento, restaurantes *fast-food*, hospitais e agências de correio;
- reengenharia de processos de negócios;
- análise de cadeias de abastecimento;
- determinar políticas de pedidos para um sistema de estoque;
- análise de operações de mineração.

Law e Kelton (2007) trazem três classificações de modelos de simulação sob a ótica de três dimensões diferentes: estática *versus* dinâmica, determinístico *versus* estocástico, contínua *versus* discreta.

O modelo de simulação estática é a representação do modelo em um determinado momento e que representa um sistema no qual o tempo não desempenha qualquer papel. Já o modelo de simulação dinâmica representa um sistema que evolui ao longo do tempo.

O modelo de simulação determinístico não contém quaisquer componentes probabilísticos (ou seja, aleatórios) e suas saídas são “determinadas”, pois o conjunto de quantidades e relacionamentos do modelo foram especificados. O modelo de simulação estocástica tem pelo menos uma entrada aleatória e produz saídas aleatórias, que devem ser tratadas como uma estimativa das verdadeiras características do modelo.

O modelo de simulação contínua diz respeito à modelagem de um sistema cujas variáveis de estado mudam continuamente em relação ao tempo. O modelo de simulação discreta diz respeito à modelagem de um sistema conforme ele evolui ao longo do tempo, por uma representação em que as variáveis de estado mudam instantaneamente em pontos no tempo. Esses pontos no tempo são aqueles em que ocorre um evento que pode alterar o estado do sistema. Embora a SED possa ser conceitualmente feita por cálculos manuais, a quantidade de dados que devem ser armazenados e manipulados para a maioria dos sistemas do mundo real exige que ela seja feita por meio de um computador.

Montevecchi *et al.* (2010) propõem que a implementação da SED seja dividida em etapas: concepção, no qual é desenvolvido o modelo conceitual; implementação, gerando o modelo computacional; e análise, no qual se obtém o modelo operacional. Essas etapas serão detalhadas no Capítulo 4 deste trabalho, no item Método da Pesquisa.

## 2.5 Simulação a Eventos Discretos Combinada ao Pensamento Enxuto

As técnicas de simulação foram desenvolvidas principalmente nos anos 1950, como uma ferramenta de suporte para analisar, projetar e melhorar os processos das empresas. Elas evoluíram consideravelmente nos últimos anos e agora podem até mesmo apoiar processos de tomada de decisões estratégicas, táticas e operacionais (URIARTE; NG; MORIS, 2020).

Robinson *et al.* (2012) afirmam que o *Lean* e a Simulação são métodos complementares, pois possuem motivação semelhante, que é a melhoria de processos e prestação de serviços, embora sejam frequentemente usados de forma independente. Uriarte, NG e Moris (2020) também defendem uma ligação mais incisiva entre *Lean* e Simulação, onde a Simulação precisa se tornar uma atividade natural dentro de projetos de redesenho de processos de negócio e melhorias *Lean*.

Uriarte, NG e Moris (2020) conduziram um estudo de Revisão Sistemática da Literatura onde identificaram que a Simulação a Eventos Discretos (SED) é o método de simulação mais relatado na literatura e o mais combinado com o *Lean*, e que a ferramenta *Lean* mais utilizada em conjunto com a SED é o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). Para Robinson *et al.* (2012), o principal uso em conjunto da SED e do MFV é a criação de um mapa de processo dinâmico e, nesse caso, a SED é normalmente usada para modelar os estados atual e futuro, agindo efetivamente como um mapa aprimorado. Para Liu e Yang (2020), além de adicionar uma dimensão dinâmica ao MFV, a simulação ajuda a julgar mudanças e avaliar cenários potenciais em esquemas de melhoria do fluxo de valor, tornando-se uma ferramenta de tomada de decisão.

Para Robinson *et al.* (2012), benefícios comuns da utilização da SED e do *Lean* em contextos de manufatura, podem ser facilmente traduzidos para ambientes de serviços, tais como redução de risco, maior compreensão, redução de custo operacional, redução de *Lead Time*, redução de custo de capital e melhor atendimento ao cliente.

Abdulmalek e Rajgopal (2007) apontam também como benefícios da utilização da SED e do *Lean* de forma combinada, a possibilidade de lidar com a incerteza, criar visualizações dinâmicas de níveis de estoque, prazos de entrega e utilização em diferentes mapas de estado futuro. Isto permite a quantificação de resultados do uso dos princípios enxutos e seu impacto no sistema total. As informações fornecidas pela simulação podem permitir a comparação do desempenho esperado do sistema enxuto simulado em relação ao sistema real, fornecendo uma base convincente para a adoção do *Lean*.

Robinson *et al.* (2012) apontam que a integração da SED ao pensamento enxuto é indicada para:

- avaliar processos: por meio da simulação, pode-se estudar melhorias como, por exemplo, regras de controle de carga de trabalho, tornando a SED e o pensamento enxuto elementos essenciais da abordagem enxuta;
- facilitar processos: isso por meio de redesenho de processos de negócios, além de permitir ao usuário explorar o impacto de estratégias enxutas alternativas, como tamanho do lote, tempo de processamento da estação de trabalho, tempo de retrabalho e capacidade de armazenamento; e
- ensinar: utilizando a SED para um aprendizado mais geral sobre os princípios enxutos.

Ao se considerar as indicações, bem como as vantagens e desvantagens do uso da simulação, e ainda o uso da simulação juntamente aos conceitos e ferramentas enxutas, reforça-se o objetivo geral desta pesquisa, ou seja, empregar o método de Modelagem e Simulação para aplicar a SED na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma IFES.

Ao longo deste Capítulo foram apresentados os principais conceitos em Manufatura Enxuta, Escritório Enxuto e Simulação. Além desses conceitos, foram apresentadas as vantagens e as dificuldades da implementação enxuta nos ambientes administrativos em geral e nos ambientes administrativos públicos. Foram apresentados ainda as vantagens e indicações do uso da simulação e o uso associado da Simulação a Eventos Discretos (SED) e pensamento enxuto, sobretudo, por meio do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).

Para evidenciar as dificuldades de implementação enxuta apresentadas e investigar se essas dificuldades foram minimizadas pela utilização da Simulação a Eventos Discretos (SED), minimização esta que a Revisão Bibliográfica demonstrou ser possível, será desenvolvida no próximo Capítulo uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), considerando-se as mais recentes publicações.

### 3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Este capítulo traz uma Revisão Sistemática da Literatura, atendendo ao objetivo específico desse trabalho, a fim de entender como o pensamento enxuto vem sendo aplicado nos ambientes administrativos, particularmente nos públicos, destacando as contribuições e dificuldades apontadas pela literatura existente, bem como a maneira na qual a SED pode ser utilizada para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades da implementação desses conceitos nesses ambientes.

#### Definição de Revisão Sistemática da Literatura:

É uma modalidade de pesquisa que segue protocolos específicos e que busca entender e dar alguma logicidade a um grande corpus documental, especialmente, verificando o que funciona e o que não funciona num dado contexto. Está focada no seu caráter de reprodutibilidade por outros pesquisadores, apresentando de forma explícita as bases de dados bibliográficas que foram consultadas, as estratégias de busca empregadas em cada base, o processo de seleção dos artigos científicos, os critérios de inclusão e exclusão dos mesmos e o processo de análise de cada artigo (GALVÃO; RICARTE, 2019, p. 59).

A Revisão Sistemática da Literatura, segundo Campos *et al.* (2016), é realizada em fases, apresentadas a seguir:

- definição da questão de pesquisa, utilizando o acrônimo PICO (População, Intervenção, Controle e Desfecho);
- definição dos critérios de inclusão e exclusão, que podem ser vários e devem ser definidos antes do início da revisão;
- busca da literatura;
- desenho do protocolo, bases de dados a serem utilizadas, palavras-chave da estratégia de busca, hipóteses e desfechos esperados, sistemática do processo de triagem e seleção dos artigos;
- busca de estudos elegíveis nas bases de dados;
- triagem dos artigos: exclusão dos artigos duplicados, leitura dos títulos e resumos para breve análise dos artigos que deverão ser incluídos ou excluídos, leitura dos textos completos para elegibilidade dos artigos escolhidos na análise dos títulos e resumos;
- elaboração de fluxograma constando o número de artigos resultantes da busca e o passo a passo da triagem, com o seu resultado;
- elaboração da tabela de autores/extração de dados, contendo título, autor e dados da publicação;
- apresentação dos resultados.

Como definição da questão da pesquisa, conforme sugerem Campos *et al.* (2016), foi utilizado o acrônimo PICO onde o P (População) são os ambientes administrativos, I (Intervenção) é a aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas, C (Controle) é a identificação das contribuições, dificuldades e se propõe soluções, e O (desfecho) é a apresentação dos resultados.

A questão ficou então assim formulada: o artigo trata da aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas em ambientes administrativos, em particular, aqueles públicos, e, ao fazer isso, identifica as contribuições e as dificuldades encontradas e destaca se utilizou a SED para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades?

O critério adotado para a inclusão e exclusão dos artigos na RSL foi se eles atenderam à questão de definição da pesquisa, apresentada no parágrafo anterior.

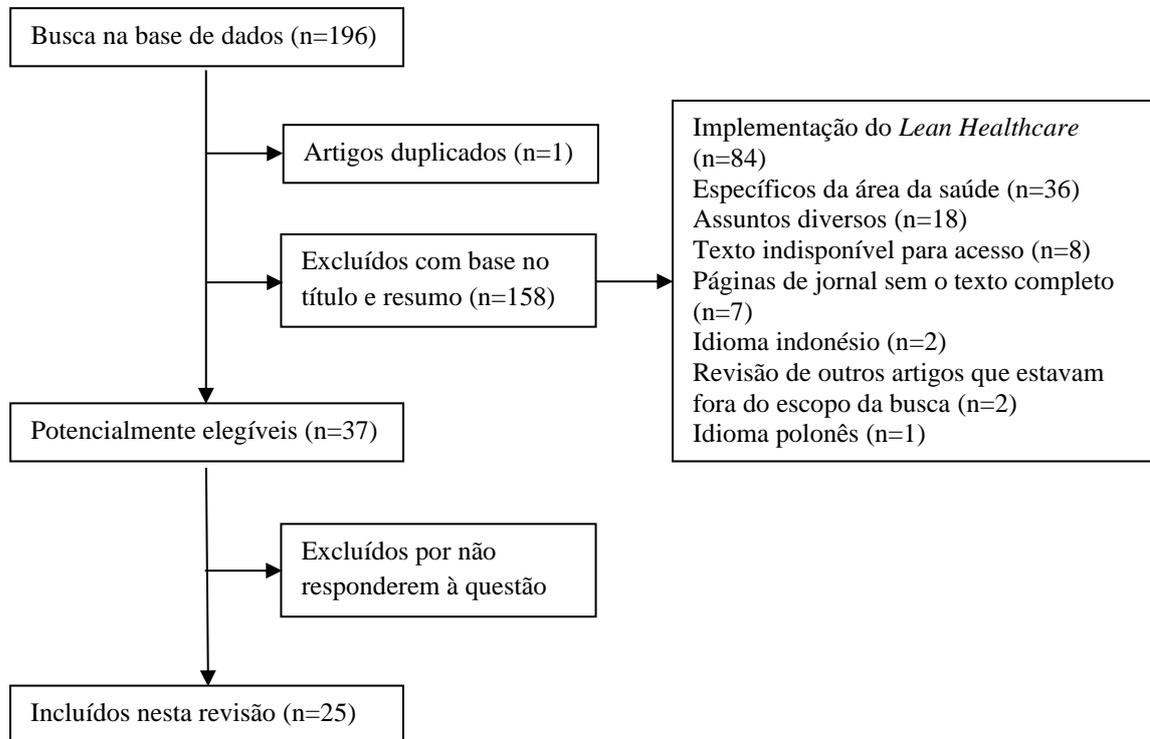
Diante da extensão do número de artigos disponíveis no Portal de Periódicos CAPES/MEC, base de dados na qual foi realizada a pesquisa, foram definidos alguns critérios para a busca e seleção destes artigos. A busca de artigos foi realizada no dia 13 de novembro de 2020, sendo conduzida uma busca avançada por assunto, tendo-se no título a expressão *lean*, booleano *AND*, no assunto a expressão *office OR public OR government*, com data de publicação nos últimos 5 anos e no idioma inglês. Com a finalidade de não restringir a busca, optou-se por realizá-la de forma ampla. A busca foi ainda limitada a artigos revisados por pares, com a finalidade de se buscar o que há de mais confiável na base de dados.

Com a definição desses parâmetros, a busca retornou 196 artigos, nos quais foi feita a triagem pela leitura dos títulos e resumos. Nessa primeira triagem, foram selecionados 37 artigos para leitura completa, e foram descartados 159. Dos artigos descartados, 84 tratavam da implementação do *Lean* na área da saúde (*Lean Healthcare*), 37 de assuntos específicos da saúde, sendo 1 duplicado, 18 de assuntos diversos, 8 não tinham o texto disponível para acesso, 7 eram somente páginas de jornal sem o texto completo, 2 estavam no idioma indonésio e 1 estava no idioma polonês, apesar das restrições de busca, e 2 eram revisão de outros artigos que estavam fora do escopo da busca.

Após a leitura completa dos 37 artigos selecionados, 12 foram descartados, pois não atendiam à questão da pesquisa da RSL, sendo então 25 artigos selecionados definitivamente.

A Figura 2, sintetiza o processo de triagem.

Figura 2 - Resultado da triagem



Fonte: Adaptado de Campos *et al.* (2016)

O Quadro 4 traz informações sobre os artigos selecionados para esta RSL, tais como autores/ano de publicação, título e revista em que foram publicados.

Quadro 4 - Dados sobre os artigos selecionados

<b>Autor(es)</b>	<b>Título</b>	<b>Revista</b>
Lukrafk, Silva e Echevest (2020)	<i>A geographic picture of Lean adoption in the public sector: Cases, approaches, and a refreshed agenda</i>	<i>European Management Journal</i>
Allaoui e Benmoussa (2020)	<i>Employees' attitudes toward change with Lean Higher Education in Moroccan public universities</i>	<i>Journal of Organizational Change Management</i>
Magalhães <i>et al.</i> (2019)	<i>Improving processes in a postgraduate office of a university through Lean Office tools</i>	<i>International Journal for Quality Research</i>
Juliani e Oliveira (2019)	<i>Synergies between critical success factors of Lean Six Sigma and public values</i>	<i>Total Quality Management</i>

Quadro 4 - Dados sobre os artigos selecionados

(Continuação)

Rodgers e Antony (2019)	<i>Lean and Six Sigma practices in the public sector: a review</i>	<i>International Journal of Quality &amp; Reliability Management</i>
Freitag, Santos e Reis (2018)	<i>Lean Office and digital transformation: a case study in a services company</i>	<i>Brazilian Journal of Operations &amp; Production Management</i>
Freitas et al. (2018)	<i>Lean Office contributions for organizational learning</i>	<i>Journal of Organizational Change Management</i>
Fletcher (2018)	<i>Opportunities for Lean Six Sigma in public sector municipalities</i>	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>
Kregel e Coners (2018)	<i>Introducing Lean Six Sigma to a German municipality: an action research report</i>	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>
Price, Pepper e Stewart (2018)	<i>Lean Six Sigma and the Australian business excellence framework</i>	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>
Holmemo, Rolfsen e Ingvaldsen (2018)	<i>Lean thinking: outside-in, bottom-up? The paradox of contemporary soft lean and consultant-driven lean implementation</i>	<i>Total Quality Management</i>
Holmemo e Ingvaldsen (2018)	<i>Local adaption and central confusion: decentralized strategies for public service Lean implementation</i>	<i>International Journal of Productivity and Performance Management</i>
Holmemo, Powell e Ingvaldsen (2018)	<i>Making it stick on borrowed time: the role of internal consultants in public sector lean transformations</i>	<i>The TQM Journal</i>
Antony, Rodgers, Coull e Sunder M. (2017)	<i>Lean Six Sigma in policing services: a case study from an organisational learning perspective</i>	<i>International Journal of Productivity and Performance Management</i>
Almeida et al. (2017)	<i>Lean thinking: planning and implementation in the public sector</i>	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>
Antony, Rodgers e Cudney (2017)	<i>Lean Six Sigma for public sector organizations: is it a myth or reality?</i>	<i>International Journal of Quality &amp; Reliability Management</i>
Krause-Jensem (2017)	<i>Trimming the social body: An analysis of Lean management among family counsellors in a Danish municipality</i>	<i>Journal of Organizational Ethnography</i>
Antony, Rodgers e Gijo (2016)	<i>Can Lean Six Sigma make UK public sector organisations more efficient and effective?</i>	<i>International Journal of Productivity and Performance Management</i>
Smith (2016)	<i>Policing in austerity: time to go lean?</i>	<i>International Journal of Emergency Services</i>

Quadro 4 - Dados sobre os artigos selecionados

(Continuação)

Maalouf e Gammelgaard, (2016)	<i>Managing paradoxical tensions during the implementation of lean capabilities for improvement</i>	<i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i>
Kadarova e Demecko (2016)	<i>New approaches in Lean Management</i>	<i>Procedia Economics and Finance</i>
Holmemo e Ingvaldsen (2016)	<i>Bypassing the dinosaurs? – How middle managers become the missing link in lean implementation</i>	<i>Total Quality Management</i>
Douglas, Antony e Douglas (2015)	<i>Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking</i>	<i>International Journal of Quality &amp; Reliability Management</i>
Hills (2015)	<i>Assuring organisational resilience with lean scenario-driven exercises</i>	<i>International Journal of Emergency Services</i>
Monteiro <i>et al.</i> (2015)	<i>Implementing Lean Office: A Successful Case in Public Sector</i>	<i>FME Transactions</i>

Fonte: A autora

Após a leitura completa de todos os artigos selecionados, foi feita a extração e análise de dados e informações, sempre respondendo à questão da pesquisa: o artigo trata da aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas em ambientes administrativos, em particular, aqueles públicos, e, ao fazer isso, identifica as contribuições e as dificuldades encontradas e destaca se utilizou a SED para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades?

A seguir, é apresentada uma análise de cada artigo selecionado, sempre com foco na resposta à questão de pesquisa.

- *A geographic picture of Lean adoption in the public sector: Cases, approaches, and a refreshed agenda* (LUKRAFKA; SILVA; ECHEVEST, 2020)

Partindo dos estudos de Rodgers e Antony (2019) sobre a implementação do *Lean* e *Six Sigma* no setor público, já citados nesta revisão, este artigo tem por objetivos mapear a literatura atual sobre a implementação *Lean* no domínio público, identificar e discutir os principais aspectos da implementação do *Lean* por organizações públicas em diferentes países e continentes, compreendendo a extensão e as características de sua adoção, e fornecer novos caminhos para agenda futura, com implicações para pesquisadores e profissionais.

O método utilizado foi a revisão sistemática da literatura, e os dados foram coletados de quatro bancos de dados: Compindex, Proquest, Scopus e Web of Science.

Chegou-se à conclusão de que os estudos sobre o *Lean* se concentram na Europa, mais especificamente no Reino Unido, embora iniciativas de estudos em outros continentes já podem começar a ser identificadas, e que existem estudos a respeito da implementação do *Lean* tanto com resultados positivos, como redução de custos, diminuição de tempo de espera, e ganhos de eficiência e produtividade, quanto negativos, como fragmentação do trabalho, sobrecarga de tarefas e desrespeito aos trabalhadores, devido ao fato do *Lean* estar focado basicamente na gestão de processos. Os autores confirmam este foco quando demonstram que, nos artigos analisados por eles, as ferramentas *Lean* utilizadas foram o MFV, mapeamento de processos, eliminação de desperdícios, e melhoria contínua e seu propósito de buscar benefícios a longo prazo.

Concluiu-se também que existe uma percepção de valor do *Lean* pouco explorada pelos governos, o que pode ser solucionado com um melhor entendimento da filosofia antes de entrar na sua prática, além de se conhecer a fundo os clientes para que haja a identificação correta do valor desejado por eles.

- *Employees' attitudes toward change with Lean Higher Education in Moroccan public universities* (ALLAOUI; BENMOUSSA, 2020)

O objetivo deste artigo é estudar as atitudes dos funcionários do setor de ensino superior em cinco universidades públicas do Marrocos frente à mudança com a implementação do *Lean*, a fim de determinar os fatores de resistência à mudança e buscar os fatores motivadores que incentivam esses funcionários a participarem do projeto de implementação *Lean*.

Por meio de um questionário enviado a todos os funcionários do setor de ensino superior das universidades, o estudo analisa, por meio de um estudo de caso, uma abordagem orientada à pessoa e uma abordagem orientada às variáveis e caracterizada pelo uso do modelo de mudança de Lewin para gerenciar mudanças com *Lean*.

Foram identificados como fatores de resistência à mudança baixo nível de escolaridade, satisfação com as condições de trabalho, falta de curiosidade por coisas novas, medo do desconhecido, má impressão sobre projetos de mudança devido a experiências anteriores negativas, relacionamentos tensos com a administração e com colegas de trabalho, presença de rotina, impacto positivos dos colegas sobre suas escolhas. E como fatores motivadores foram identificados alto nível de escolaridade, insatisfação com as condições de trabalho, curiosidade pela ideia do novo, boa impressão sobre projetos de mudança, bom relacionamento com a gerência e colegas de trabalho, satisfação com os colegas de trabalho, ausência de rotina, impacto positivo dos colegas nas escolhas.

A maioria dos trabalhos de investigação até a publicação deste estudo centram-se na implementação do *Lean Higher Education* (LHE) sem dar interesse à preparação para a mudança organizacional, fator muito importante para determinar as forças motrizes e restritivas de forma a reduzir a resistência, que é o principal motivo de falha de muitos programas de mudança.

Os resultados mostram que fatores individuais, organizacionais e grupais impactam positivamente nas atitudes dos colaboradores em relação à mudança com o *Lean*, mas os fatores individuais são mais importantes do que outros fatores.

- *Improving processes in a postgraduate office of a university through Lean Office tools* (MAGALHÃES *et al.*, 2019)

Este artigo tem por objetivo relatar a melhoria dos processos administrativos por meio da aplicação das ferramentas do *Lean Office* em um ambiente de escritório de um departamento universitário.

Primeiramente foi realizada uma revisão da literatura a fim de se obter conhecimentos a respeito das ferramentas e princípios *Lean*. Após a revisão, foi conduzida uma pesquisa-ação, onde ocorreu a aplicação das ferramentas do *Lean Office* padronização eletrônica, 5S eletrônico, e definição de indicadores chave de desempenho.

Os principais resultados foram a implementação bem-sucedida da padronização eletrônica, a reorganização dos *drives*, e a reorganização do *desktop*. Os impactos da aplicação foram a redução no tempo de busca de arquivos, melhorias no desenvolvimento de formulários para cadastro de alunos e gerenciamento de projetos, redução no tempo de busca de informações ou dados dos alunos, redução dos tempos de entrada e tratamento de informações, identificação de indicadores chave de desempenho, e desenvolvimento de um painel para análise visual e monitoramento destes.

Os autores constataram que não havia uma metodologia para o alcance dos resultados desejados, e por esse motivo elaboraram o presente estudo com base em conceitos do setor de serviços e setor industrial juntamente com a utilização de técnicas e ferramentas inovadoras da área de informática.

- *Synergies between critical success factors of Lean Six Sigma and public values* (JULIANI; OLIVEIRA, 2019)

O objetivo deste artigo é identificar sinergias entre os fatores críticos de sucesso relevantes (CSFs) de *Lean Six Sigma* (LSS) e os valores públicos (PVs) introduzidos na gestão do serviço público.

Em primeiro lugar, a abordagem adotada pelos autores na apresentação da pesquisa foi fazer uma revisão da literatura enfatizando os CSFs relevantes para a aplicação de LSS e PVs introduzidos na gestão de serviços públicos. Posteriormente, foi realizada uma nova análise destacando as sinergias entre essas duas abordagens. Segundo os autores, a identificação de sinergias compreende a junção de aspectos relevantes para a aplicação de uma metodologia a um determinado modelo de gestão, com foco em uma melhor gestão de desempenho do que aquela ocorrida isoladamente.

Com base nos nove CSFs mais relevantes para a aplicação de LSS e nas sete dimensões do PV, cinco sinergias significativas entre as duas abordagens foram identificadas na literatura recente, sendo elas estratégias de negócios e cumprimento das regras, gerenciamento de projetos e manutenção do orçamento, estratégia de negócios e abastecimento eficiente, comunicação e foco no usuário, e seleção de pessoal e fornecimento eficiente.

A pesquisa apresentada deve auxiliar os gestores públicos a adotar a prática do LSS, e orientar pesquisadores no desenvolvimento de pesquisas visando a aplicação desta metodologia em organizações públicas no geral, permitindo uma melhor qualidade dos serviços prestados aos cidadãos.

Os autores apresentaram como dificuldade a este trabalho as variações e sinônimos das palavras-chave usadas na busca dos artigos, que não foram utilizados na análise, e a realização de novas pesquisas e estudos para identificar sinergias que ainda não foram apresentadas/identificadas no presente estudo.

- *Lean and Six Sigma practices in the public sector: a review* (RODGERS; ANTONY, 2019)

O objetivo deste artigo é fornecer uma análise crítica das publicações relacionadas ao uso de metodologias de melhoria contínua (IC), como *Lean*, *Six Sigma* e *Lean Six Sigma* no setor público para identificar os temas e lacunas existentes na literatura.

Para atingir estes objetivos, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, ao longo de um período de 17 anos, em mais de 1400 periódicos acadêmicos. A RSL focou em revistas avaliadas na *ABS Journal Guide 2015*, o que permitiu pesquisas manuais de precisão e relevância para a área de investigação.

A pesquisa comparou a escala e a amplitude do setor público com a aplicação de metodologias de IC e descobriu que tal aplicação é desestruturada e, em algumas áreas, esporádica. Identificou temas comuns e lacunas de pesquisa, incluindo áreas como a falta de compreensão compartilhada de *Lean*, lacunas no desenvolvimento de estratégias e liderança, e um foco excessivo apenas nas ferramentas.

A pesquisa detalha também as implicações e desafios para o setor público em geral, para a liderança executiva especificamente e, em particular, cobre as questões e preocupações comuns, que por sua vez ajudarão as organizações do setor público a implementar, revisar ou atualizar suas iniciativas de IC.

Ou autores chamam a atenção para a ausência de trabalhos semelhantes na literatura, e sugerem pesquisas futuras sobre o tema.

- *Lean Office and digital transformation: a case study in a services company* (FREITAG; SANTOS; REIS, 2018)

O objetivo deste artigo é complementar a escassa literatura disponível, descrevendo os resultados esperados com a transformação digital no Departamento de Operações de um provedor brasileiro de soluções para Internet, por meio da aplicação da ferramenta MFV do *Lean Office*.

O método de pesquisa foi de abordagem qualitativa, primeiro com uma revisão sistemática da literatura, apesar da escassa literatura científica sobre transformação digital e *Lean Office*, seguida do estudo de caso da empresa.

O estudo concluiu que foi possível demonstrar como a implementação de princípios, técnicas e ferramentas *Lean* podem trazer benefícios para o Departamento de Operações. Os resultados comparativos entre os MFVs atuais e futuros mostraram melhorias consistentes em termos de indicadores de desempenho. Ao final, os autores sugerem a realização de estudos para preenchimento da lacuna da existência de pouca literatura sobre o tema.

- *Lean Office contributions for organizational learning* (FREITAS *et al.*, 2018)

Em contextos organizacionais, o processo de aprendizagem promove o conhecimento individual e coletivo, e o *Lean Office* pode promover mudanças no ambiente corporativo e impulsionar o aprendizado organizacional. Assim, o objetivo deste artigo é identificar e analisar os componentes do *Lean Office* que contribuem para a aprendizagem organizacional, apresentando seus elementos que são pertinentes a esse processo de aprendizagem.

O método consiste em uma análise qualitativa de 11 projetos de pesquisas sobre *Lean Office* realizadas no Brasil entre 2007 e 2016 em setores de serviço, setores da administração pública, construção civil e indústria, com base no referencial teórico para análise da aprendizagem organizacional, e defende a relevância do contexto e da experiência nos processos de conversão do conhecimento nas organizações. Segundo os autores, em todos os projetos analisados o foco principal foi a padronização dos processos de trabalho, e a implantação de ferramentas e técnicas de gestão de fluxo de valor foi a estratégia predominante nos casos reportados para a eliminação de desperdícios em escritórios e obtenção de melhor desempenho e produtividade.

A pesquisa mostra que há uma ausência de estudos sobre *Lean Office* com enfoque na perspectiva de equipe, e sugere a realização de estudos do *Lean Office* sob esta e outras perspectivas, com vistas a aumentar e ampliar a análise e discussão do tema. Mostra ainda que o *Lean Office* oferece benefícios para o processo de aprendizagem por meio de células de trabalho, MFV, eventos *Kaizen*, padronização de procedimentos e melhoria contínua, e que os efeitos do *Lean Office* estão presentes no contexto organizacional, cultura comportamental, atitudes e competências dos indivíduos.

- *Opportunities for Lean Six Sigma in public sector municipalities* (FLETCHER, 2018)

O objetivo deste estudo é investigar a conscientização e as oportunidades para aplicação do *Lean Six Sigma* em municípios que se esforçam para tornarem-se mais eficientes e eficazes na qualidade e entrega de bens e serviços, levando a uma maior satisfação do cidadão e economia de orçamento.

O *Lean Six Sigma* é uma metodologia de melhoria de qualidade amplamente implementada nos setores com fins lucrativos e, agora, está se expandindo para o setor público. Este estudo inclui uma revisão da literatura sobre *Lean Six Sigma*, apoiada por resultados de entrevistas com funcionários do setor público, e inclui recomendações sobre como as entidades do setor público podem utilizar *Lean Six Sigma*.

Com base nos resultados das entrevistas, este estudo revelou que no geral existe um grande interesse em *Lean Six Sigma* e como ele pode ser aplicado para agilizar e melhorar processos organizacionais, produzir economia de custos, melhorar a cultura organizacional e melhorar a qualidade de bens e serviços. As entrevistas mostraram que as ferramentas utilizadas nas organizações são melhoria contínua e equipes multifuncionais. Revelou também dificuldades, tais como resistência às mudanças e uma cultura organizacional pré-existente, e

que são necessários mais estudos que evidenciem o sucesso do *Lean Six Sigma* para se trabalhar essa resistência e modificar a cultura organizacional.

Este estudo também descobriu que há muitas oportunidades para *Lean Six Sigma* no setor público e os municípios podem, de fato, incorporar sua filosofia e metodologia para agilizar e melhorar os processos organizacionais, produzir economia de custos, melhorar a cultura organizacional e melhorar a qualidade de bens e serviços.

- *Introducing Lean Six Sigma to a German municipality: an action research report* (KREGEL; CONERS, 2018)

Este artigo tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre a implementação de *Lean Six Sigma* (LSS) no setor público ao analisar uma iniciativa de melhoria de LSS em um município alemão por meio da aplicação da ferramenta DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar, controlar). Exemplos de sucesso, barreiras e desafios são discutidos também no artigo, além de se fazer uma comparação na literatura entre os setores de produção e serviços revelando semelhanças e diferenças.

O artigo aplica o método da pesquisa-ação. Especialmente para o amplo campo de gerenciamento de projetos, os métodos com foco na experiência prática real têm sido recomendados por muitos pesquisadores.

A aplicação LSS neste estudo fornece *insights* sobre a experiência de implementação prática em um município, bem como as lições aprendidas. Até agora, a maioria das pesquisas abordavam a aplicação única do *Lean*, da melhoria contínua ou do *Six Sigma*. Segundo os autores, este artigo representa o primeiro relatório acadêmico de um programa de LSS em um município alemão e destaca a necessidade de apoio a essas iniciativas em outros municípios em todo o mundo.

De acordo com os autores, as implementações de LSS no setor público parecem ser particularmente desafiadoras e demoradas. No caso analisado, o volume de dados necessário muitas vezes não pôde ser obtido por estarem incompletos ou terem o acesso a esses negado, além de ter havido uma forte influência da cultura organizacional e resistência das pessoas à mudança. A gestão da mudança e da comunicação, além do envolvimento de todos os gerentes no projeto, tem se mostrado aspectos importantes para uma aceitação bem-sucedida, para a cooperação da equipe e para a sustentação das melhorias promovidas pelo LSS.

- *Lean Six Sigma and the Australian business excellence framework* (PRICE; PEPPER; STEWART, 2018)

O objetivo deste artigo é examinar a aplicação do *Lean Six Sigma* (LSS) em conjunto com o *Australian Business Excellence Framework* (ABEF) para destacar a importância de um bom ajuste estratégico entre LSS e objetivos organizacionais, antes da implementação.

Quanto ao método, é um estudo de caso contextualizado em um conselho do governo local da Austrália. Para a coleta de dados foram utilizadas análises organizacionais e documentais em conjunto com entrevistas de executivos sênior da organização.

Segundo os autores, as estruturas de excelência empresarial são amplamente utilizadas no setor público como referência/meio de melhoria, e este artigo destaca a importância do LSS em operacionalizar a direção estratégica fornecida por tais estruturas e fornecer o foco em práticas de aprendizagem críticas para melhorias sustentáveis. Porém, afirmam que organizações do setor público são muito limitadas quando comparadas ao setor privado em termos de execução de serviços complexos e criação de valor com base em serviços intangíveis sendo entregue a um amplo espectro de clientes com identidades múltiplas. No caso em estudo, sugerem como mecanismos de superação dessa dificuldade a autoavaliação organizacional e as avaliações externas, a fim de contextualizar o LSS como metodologia de melhoria contínua de forma adequada à complexidade da organização em questão.

O estudo identificou que as ferramentas e técnicas LSS são conhecidas pelo governo local, mas são aplicadas isoladas da estrutura LSS abrangente. Enfatizou-se então a importância da implementação abrangente dessas ferramentas, orientada pela inclusão de uma estrutura contextualizada externa (ABEF) em conjunto com o LSS para alcançar a melhoria contínua sustentável.

Os resultados indicam que as ferramentas LSS utilizadas no estudo (DMAIC - definir, medir, analisar, melhorar, controlar, e mapeamento de processos) usadas em conjunto com a ABEF, fornecem foco nas práticas de aprendizagem organizacional embutidas na implementação da melhoria contínua.

- *Lean thinking: outside-in, bottom-up? The paradox of contemporary soft lean and consultant-driven lean implementation* (HOLMEMO; ROLFSEN; INGVALDSEN, 2018)

Neste artigo, os autores afirmam que o *Lean* evoluiu de uma ferramenta operacional para um conceito de gestão completo que incorpora aspectos mais suaves como participação, aprendizagem e liderança. Essa evolução desafia a maneira tradicional pela qual grandes empresas de consultoria de gestão intervêm no processo de implementação enxuta, e um especialista externo não pode instalar facilmente uma forma de *Lean* orientada para a

participação. Assim, esse artigo tem o objetivo de explorar se a interpretação revisada do *Lean* levou a uma forma revisada de consultoria *Lean*, oferecida pelas grandes empresas de consultoria de gestão.

Assim, para explorar esse desafio, foi empregada como método um estudo de caso qualitativo longitudinal de como uma grande empresa de consultoria apoiou a implementação enxuta em uma organização de serviço público Norueguês. A empresa de consultoria utilizou, na implementação enxuta, resolução de problemas A3 e reuniões de quadro branco.

Os estudos chegaram à conclusão de que, embora a retórica dos consultores tenha sido adaptada ao ideal contemporâneo de soft *Lean*, sua prática não o foi: a implementação permaneceu centrada nas ferramentas e os consultores externos assumiram os papéis de especialistas. O modelo de negócios de grandes empresas de consultoria e a natureza dos contratos convencionais cliente-consultor podem explicar essa incompatibilidade entre a conversa e a ação dos consultores. Como medida para solucionar essa dificuldade, os autores propõem convidar consultores experientes para discussões, especialmente no início do processo de implementação, e utilizar os esforços e conhecimentos dos gerentes de linha no desenvolvimento do *Lean*. Esse desafio é difícil de superar na prática, pois os gerentes são aconselhados a considerar criticamente o que os consultores de gerenciamento podem e não podem entregar com eficácia nas implementações enxutas.

- *Local adaption and central confusion: decentralized strategies for public service Lean implementation* (HOLMEMO; INGVALDSEN, 2018)

Este artigo tem por objetivo rever a forma de como a compreensão do desenvolvimento do *Lean* vem sendo promovido nas organizações. Ao analisar as experiências de uma organização, os autores buscaram compreender a lógica por trás da abordagem para a implementação *Lean* e explorar suas consequências. Eles estavam particularmente interessados em saber como o *Lean* era interpretado e aplicado em diferentes unidades, ou seja de forma descentralizada, e como essas interpretações e aplicações evoluíram.

O método empregado foi um estudo de caso sobre a implementação *Lean* descentralizada em uma grande organização do serviço público norueguês, implantação essa que utilizou a metodologia A3, resolução de problemas em grupo, mapeamento de processos e gerenciamento visual.

As dificuldades da implementação apresentadas são falta de informação sobre o *Lean*, falta de apoio da gerência superior na resolução de problemas, falta de comunicação horizontal e vertical, e falta de coordenação entre as iniciativas centrais e locais. As propostas de solução

apresentadas são o envolvimento de toda a organização no projeto, comunicação “de cima para baixo e de baixo para cima”, controle estratégico da alta hierarquia, maior participação da gerência intermediária.

Os autores obtiveram descobertas que apoiam resultados anteriores, de que os conceitos de gestão são interpretados de forma eclética e são adaptados para o contexto local através de processos de tradução, negociação e aprendizagem. Cada unidade, em virtude de ter o foco no cliente e usar ferramentas e métodos convencionais para melhoria contínua, estavam fazendo *Lean*, mas estavam fazendo *Lean* de maneira diferente. As desvantagens da estratégia de implementação descentralizada foram a relativa ausência de padrões para toda a empresa e a percepção de que faltava direção da alta administração. O estudo mostrou que uma estratégia altamente descentralizada de implementação *Lean* não deve ser recomendada em grandes organizações de serviço público.

- *Lean Six Sigma in policing services: a case study from an organisational learning perspective* (ANTONY; RODGERS; COULL; SUNDER M, 2017)

O artigo tem o objetivo de servir como uma ferramenta reflexiva para aproveitar parte do aprendizado organizacional mais amplo que pode ser considerado ao implementar, revisar ou reenergizar um *Lean Six Sigma* (LSS). O documento apresenta uma série de pontos de aprendizagem, extraídos de uma implantação bem-sucedida de LSS por meio do DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar, controlar), dentro de um projeto de mudança, realizado como parte de um programa geral em serviços de policiamento na Escócia.

Uma abordagem de estudo de caso foi usada e referenciada ao longo do artigo com referências à literatura para apoiar os pontos de aprendizagem mais amplos que podem ser então aplicados a quaisquer programas de melhoria contínua (CI).

O artigo apresenta como dificuldades para a implantação do *Lean Six Sigma* o impacto negativo da implantação na equipe, dificuldade em reunir dados para evidenciar o custo do processo, falta de mecanismos para aplicar o aprendizado de uma área em outra, e apresenta como soluções o envolvimento de toda a equipe no projeto, criação de mecanismos para a aplicação de resultados em outras áreas, o aprendizado da organização no rastreamento de dados e sua utilização como parte de sua estrutura de desempenho organizacional.

Este estudo de caso foi elaborado a partir de serviços de policiamento no setor público, que por si só é uma área que não foi significativamente estudada. É usado para explorar implicações mais amplas em termos de alinhamento estratégico, desempenho organizacional e

gerenciamento de projetos e apresenta o argumento de que o desenho de um programa de CI é muito mais amplo do que a implementação do próprio LSS.

- *Making it stick on borrowed time: the role of internal consultants in public sector lean transformations* (HOLMEMO; POWELL; INGVALDSEN, 2018)

O objetivo do artigo é explorar as funções dos consultores *Lean* internos em organizações ocidentais durante os processos de transformação *Lean* e como essas funções afetam os resultados das mudanças.

Como método, a pesquisa adotou um estudo de caso qualitativo de quatro organizações públicas norueguesas, que atendem à maioria dos habitantes noruegueses em áreas como impostos, imigração, bem-estar público, emprego e assistência médica especializada.

Segundo os autores, as características das organizações ocidentais colocam os consultores *Lean* internos em funções importantes durante o início do projeto e fases de mudança. No entanto, os consultores têm menos impacto na última fase do processo de transformação, ao mesmo tempo que transferem as responsabilidades para a gerência de linha. Assim, a distribuição de responsabilidades entre gerentes e consultores deve ser cuidadosamente considerada nos processos de transformação enxuta, e os consultores *Lean* internos devem servir aos gerentes como professores e treinadores, ao invés de fazer o trabalho por eles.

Foram apresentadas como dificuldades a falta de envolvimento de toda a equipe no projeto, falta de conhecimento sobre o *Lean*, falta de definição dos papéis dos envolvidos. Para sanar essas dificuldades, sugere-se envolvimento da equipe em todas as fases da implementação e capacitação para toda a equipe

O artigo contribui com o conhecimento aprofundado das funções dos consultores internos nos processos de transformação enxuta, um tópico que a literatura tem deixado inexplorado e não avaliado.

- *Lean thinking: planning and implementation in the public sector* (ALMEIDA *et al.*, 2017)

Este artigo tem como objetivo analisar como ocorre o planejamento e a implementação do *Lean Office* em uma agência reguladora brasileira e investigar os ajustes necessários para sua implementação.

Em relação ao método, foi realizado um estudo de caso longitudinal, sendo a entrevista com cinco funcionários da agência entrevistados a principal fonte de evidências. Entre setembro

e outubro de 2012, foram coletados dados sobre a fase de planejamento, e entre abril e maio de 2015, foi investigada a implantação do *Lean Office*. As ferramentas utilizadas na implementação pelo órgão estudado foram MFV, modelagem de processos, estabelecimento de fluxo contínuo, estratégia puxada, busca pela perfeição, metodologia A3.

Os autores identificaram que a agência assumiu sua missão de valorizar o usuário, estabelecendo processos de controle, avaliando e aprimorando processos para atingir a perfeição e reconhecendo sua fragilidade em uma cultura de melhoria contínua. O planejamento e implantação do *Lean Office* na agência reguladora seguiram as principais recomendações da literatura, no entanto, ajustes foram necessários de acordo com as particularidades da instituição pública.

Dentre as dificuldades encontradas estão: as entrevistas com os gerentes versaram sobre o planejamento *Lean* que ocorreu no ano anterior à sua implementação, e por isso algumas informações podem ser confusas; devido à natureza do estudo nenhuma generalização foi possível; a gestão de processos e linguagens de modelagem de processos foram descoordenados; as iniciativas de mapeamento foram assíncronas e esporádicas, ocorrendo através de níveis superiores; e treinamento de poucos funcionários.

Como solução para superar essas dificuldades, foram apresentados no estudo: maior envolvimento da equipe no processo de planejamento; treinamento a toda a equipe da agência; implementação de mecanismos obrigatórios para garantir compromisso com a mudança, como criação de instruções normativas

Conclui-se que foi possível elencar os principais ajustes necessários para o planejamento e implementação do *Lean Office* no órgão público. Apesar dos estudos sobre *Lean Office* estarem relacionados principalmente a organizações privadas, este artigo demonstra que seus fundamentos são preservados no serviço público, ficando demonstrado que o pensamento *Lean* pode ser aplicado à administração pública. Também levantou uma série de questões para estudos futuros.

- *Lean Six Sigma for public sector organizations: is it a myth or reality?* (ANTONY; RODGERS; CUDNEY, 2017)

De acordo com os autores, o *Lean Six Sigma* (LSS) como um processo de excelência foi amplamente adotado em organizações de manufatura e serviços; entretanto, sua aplicação no setor público não foi amplamente explorada. O objetivo deste artigo é fazer uma tentativa de debater sobre o uso de LSS e suas possíveis aplicações no contexto do setor público.

A abordagem inicial é avaliar criticamente o papel do LSS em vários contextos do setor público, seguido pela apresentação de quatro estudos de caso de quatro ambientes diferentes do setor público: ensino superior, serviço policial, hospital público e governo local. As principais ferramentas utilizadas na aplicação do LSS nos quatro casos foram DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar, controlar), SIPOC (fornecedores, entradas, processo, saídas e clientes), MFV, procedimentos operacionais padrão, mapeamento de processos e análise de causa-raiz.

Após a análise das aplicações, os autores chegaram à conclusão de que a metodologia LSS pode ser adotada por todas as organizações do setor público para criar processos eficientes e eficazes para fornecer melhor experiência e valor ao cliente com custos operacionais reduzidos.

Os autores, avaliam que o LSS continuará a crescer em muitas organizações do setor público na Europa e em outras partes do mundo nos próximos anos. No entanto, o que acabará por determinar se o LSS é visto pelas organizações do setor público apenas como uma moda passageira da gestão ou não, depende muito da liderança e do sucesso de sua execução. Se o LSS for implantado em seu verdadeiro sentido nas organizações do setor público em nível global, a economia de caixa gerada pode chegar a vários bilhões.

O artigo agrega um valor imenso tanto para pesquisadores quanto para profissionais que estão envolvidos na introdução do LSS como uma estratégia de melhoria de processos de negócios para alcançar e manter uma vantagem competitiva, e procura contribuir e ampliar o corpo limitado de evidências da aplicabilidade do LSS a organizações do setor público e identifica áreas para pesquisas e análises futuras.

- *Trimming the social body: An analysis of Lean management among family counsellors in a Danish municipality* (KRAUSE-JENSEM, 2017)

O objetivo deste artigo é analisar o contexto sociocultural e as consequências (não intencionais) da introdução dos conceitos *Lean* no setor público de um município dinamarquês, por meio de um trabalho de campo etnográfico combinado com leitura de relatórios e material bibliográfico. O autor cita que as ferramentas utilizadas na implantação em estudo foram o MFV, reuniões de quadro branco e eventos *kaizen*.

As principais descobertas deste estudo mostram que na literatura o *Lean* é visto em um contexto cultural, e argumenta-se que sua capacidade de persuasão depende da construção de uma conexão metafórica entre objetivos organizacionais, experiências individuais e ideais corporativos; e que o *Lean* pretende ser um jogo em que todos ganham e que é um caminho para eliminar desperdícios por meio da participação, capacitação e entusiasmo dos

trabalhadores. Mas a pesquisa aponta o contrário, mostrando que o *Lean* foi recebido com ceticismo e visto pelos assistentes sociais como uma perda de tempo.

Conforme demonstrado no artigo, a grande maioria das pesquisas publicadas sobre o *Lean* é exortativa por natureza. São livros de receitas que tentam convencer os leitores dos benefícios de introduzir o *Lean*.

- *Can Lean Six Sigma make UK public sector organisations more efficient and effective?* (ANTONY; RODGERS; GIJO, 2016)

Este artigo tem por objetivo demonstrar a aplicação generalizada, mas fragmentada de *Lean Six Sigma* dentro do setor público do Reino Unido, mostrar algumas de suas aplicações bem-sucedidas, e fornecer o contexto de alguns dos desafios (apresentados como impulsionadores de mudança) enfrentados pelo *Lean Six Sigma*. O artigo fundamentalmente busca desafiar o conceito de que o *Lean Six Sigma* não é adequado para uso no setor público.

Como método, é feita uma revisão da literatura mostrando os desafios enfrentados pelo setor público, tais como cortes financeiros, igualdade de acesso aos serviços prestados, combate à injustiça e às ineficiências, e são apresentados diversos estudos de caso demonstrando o sucesso na aplicação do *Lean Six Sigma* em variados setores públicos, como justiça criminal, saúde, educação, e governo local, bem como as ferramentas utilizadas para essa aplicação, tais como mapeamento e redesenho de processos, identificação do valor para o cliente, eliminação de desperdícios, e DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar, controlar), uma das bases do *Six Sigma*.

Os autores afirmam que a decisão de introduzir *Lean Six Sigma* em uma organização do setor público pode ser muito ampla, pois uma grande variedade de ferramentas e técnicas podem ser aplicadas. Como benefícios da aplicação citam o aumento da eficiência por meio da revisão de processos de ponta a ponta, eficácia por meio da entrega do que é necessário e de serviços certos aos cidadãos, e responsabilidades públicas por meio da participação de grupos e órgãos comunitários em processos de melhorias.

O artigo conclui que, embora *Lean Six Sigma* seja aplicável ao setor público do Reino Unido, são necessários trabalhos adicionais para uma melhor evidência de seus benefícios e o retorno do investimento que podem ser entregues, bem como considerar abordagens mais holísticas em uma base ampla da agência.

O documento contribui para o corpo de evidências que demonstram a eficácia do *Lean Six Sigma* no setor público e sugere oportunidades para essas agências enfrentarem os desafios de financiamento enfrentados em todo o Reino Unido.

- *Policing in austerity: time to go lean?* (SMITH, 2016)

O artigo analisa a forma de como o serviço policial da Inglaterra e País de Gales pode ser capaz de lidar com cortes significativos no financiamento do governo, propondo que o *Lean* seja utilizado para este fim, com o argumento de que um serviço policial mais enxuto seria, de fato, um serviço policial melhor.

Este artigo revisa a literatura dentro da esfera da gestão de operações, policiamento e comportamento organizacional para fazer recomendações adequadas para a utilização do *Lean*, e traz um estudo de caso, considerando os desafios de desempenho enfrentados pelo *Metropolitan Police Service* em Londres, para auxiliar a sua compreensão e atuar como um catalisador para futuras discussões e pesquisas, uma vez que a utilização do *Lean* no gerenciamento do setor público tem recebido escrutínio recente, mas muito pouco é oferecido em termos das oportunidades que o pensamento *Lean* pode oferecer para o policiamento.

O artigo mostra que desperdícios presentes no serviço policial foram eliminados e que a produtividade da polícia está aumentando, mas demonstra que o *Lean* está “acontecendo” para o serviço policial por padrão (devido aos cortes e às exigências cada vez maiores por um serviço público aprimorado) ao invés de acontecer como uma política implementada para impulsionar melhorias.

Além disso, as características de cultura e a hierarquia estrutural da polícia são apresentadas como potenciais bloqueios para a implementação bem-sucedida do *Lean*. Como proposta de superação dessas dificuldades o autor recomenda o diálogo para demonstrar a importância do envolvimento de todos os níveis hierárquicos no processo de transformação com o *Lean*.

- *Managing paradoxical tensions during the implementation of lean capabilities for improvement* (MAALOUF; GAMMELGAARD, 2016)

Este artigo tem por objetivo, por meio da identificação e investigação dos paradoxos organizacionais no *Lean*, aprofundar o entendimento das complexidades da implementação do *Lean* e contribuir para sua sustentação nas empresas.

É um estudo de caso baseado em entrevistas semiestruturadas com pessoas que participaram da implementação do *Lean* em três empresas de transporte público, saúde e finanças na Dinamarca. Nas organizações estudadas, foram utilizadas as ferramentas MFV, 5S, padronização de operações, equipes multifuncionais e gerenciamento visual.

O estudo identifica três tipos de paradoxos organizacionais no *Lean*: organização, desempenho e pertencimento, e aponta para uma gama de respostas gerenciais usadas para lidar com eles e facilitar a transformação enxuta. Também gera *insights* que ajudam os gerentes a identificar e lidar com as motivações individuais para se opor às práticas enxutas e, assim, facilitar a sua implementação.

Como resultados, são apresentadas ações gerenciais com a finalidade de combater as fontes de tensões e resistência, tais como experimentação e ajuste do *Lean* para as necessidades locais, *coaching* para trabalhar a cognição e o comportamento dos indivíduos na organização, facilitação de grupos de discussões para redução e exploração do medo à mudança, alocação efetiva de recursos e tempo de trabalho para a mudança enxuta, e alinhamento com a avaliação anual de desempenho.

- *New approaches in Lean Management* (KADAROVA; DEMECKO, 2016)

Neste artigo os autores apresentam, por meio de revisão bibliográfica, conceitos básicos do *Lean*, além de explorarem o futuro da Gestão Enxuta e seu potencial de implantação em outros setores industriais, bem como o processo de educação em Gestão Enxuta. Ao mesmo tempo, explica possibilidades de sua implementação em setores como Administração Pública, Saúde e Serviços de Tecnologia da Informação. Descreve como os vários princípios da Gestão Enxuta são transmitidos ao setor de serviços e quais as diferenças que surgem neste processo.

Os autores apresentam cinco desafios principais para a implementação enxuta do setor público: questões monetárias, necessidade de criação de um governo verdadeiramente transformacional, atendimento às expectativas elevadas dos contribuintes, gerenciamento da transição da força de trabalho, e minimização do risco de implementação de novas tecnologias. Eles propõem que esses desafios podem ser superados por meio da aplicação de processos da ME, do compartilhamento de serviços entre diferentes entidades governamentais, do aumento do uso de aplicativos de software prontos para uso, e o uso de tecnologias e técnicas de inteligência de negócios para analisar dados complexos e, assim, melhorar a tomada de decisão.

- *Bypassing the dinosaurs? – How middle managers become the missing link in lean implementation* (HOLMEMO; INGVALDSEN, 2016)

Os autores deste artigo afirmam que o fracasso ou resultados insatisfatórios de transformações organizacionais visando a excelência são frequentemente atribuídos à falta de apoio e comprometimento da gestão, e que o motivo pelo qual essas questões se tornam

problemáticas só foi explorado superficialmente na literatura e, normalmente, nenhuma distinção é feita entre as diferentes camadas da administração.

Assim, este artigo versa sobre a importância da gerência intermediária na implementação enxuta através da revisão de estudos de caso da implantação enxuta no serviço público norueguês. Foram estudadas cinco grandes organizações, funcional e geograficamente distribuídas, pertencentes e regulamentadas pelo governo, fornecedoras de serviços essenciais para funções vitais, procedimentos e transações administrativas a grandes proporções da população.

Segundo os autores, no processo da implementação enxuta há três grupos importantes de agentes de mudança: gerentes de alto escalão, especialistas internos em *Lean* e gerentes operacionais. Além disso, existem gerentes de nível médio que são responsáveis por várias unidades operacionais ou áreas funcionais da organização, mas não desempenham um papel ativo na implementação, pois eles não veem relevância em participar.

Com base nos estudos de caso das organizações, os autores argumentam que a falta de apoio e comprometimento são mais prevalentes entre os gerentes de nível médio, e que essa falta pode ser explicada pela escolha do processo de transformação das organizações, que foca nas ferramentas *Lean* (mapas de fluxo de valor, quadros e reuniões de quadro branco, coleções de ferramentas ou *workshops* de resolução de problemas A3) ao invés de considerar o processo como um todo.

Embora a alta administração da organização seja o patrocinador do *Lean*, os detalhes das transformações são trabalhados por especialistas em *Lean* externos e internos, juntamente com os funcionários da linha de frente. Como resultado, gerentes de nível médio são efetivamente ignorados e nunca se envolvem, e é justamente essa a dificuldade da implementação enxuta apontada pelos autores.

Como sugestão para sanar essa dificuldade, os autores afirmam que as transformações enxutas em muito se beneficiariam com o envolvimento anterior e mais intenso dos gerentes de nível médio, envolvimento esse muito presente na cultura corporativa japonesa mas ausente nas adoções *Lean* ocidentais.

- *Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking* (DOUGLAS; ANTONY; DOULGAS, 2015)

Este artigo tem uma visão holística que demonstra como as teorias do pensamento *Lean* podem ser aplicadas de forma prática nas áreas acadêmicas e administrativas de Instituições de Ensino Superior (IES) no Reino Unido.

Seu objetivo é traduzir os oito desperdícios do *Lean* para as IES identificando alguns exemplos de cada desperdício, e propor soluções *Lean* adequadas para cada um desses desperdícios. Para alcançar estes objetivos, foi realizada uma pesquisa de grupo focal, combinando observação e análise de causa e efeito por meio de *brainstorming*, em uma amostra de conveniência do corpo docente da IES.

A partir da tradução dos desperdícios para as IES, uma série de exemplos foram identificados em serviços acadêmicos e de apoio, incluindo movimento excessivo de pessoas, produção excessiva de materiais, estoque excessivo e desperdício de recursos humanos. Soluções *Lean* apropriadas para os desperdícios identificados incluem o uso de 5S, ponto *of-use-storage* (POUS), produção e entrega *just-in-time*, mapeamento de processo, MFV, procedimentos operacionais padrão e programação de nível.

Como dificuldade encontrada neste estudo, os autores apontam que os exemplos citados vêm de um número limitado de observações em apenas algumas IES, e que dados mais válidos e confiáveis viriam de uma amostra mais extensa.

- *Assuring organisational resilience with lean scenario-driven exercises* (HILLS, 2015)

O artigo descreve uma abordagem enxuta para treinamento de alto impacto de líderes estratégicos em organizações no Reino Unido, alcançada na forma de exercícios de baixo custo e aproveitada para construir resiliência ao revelar riscos, envolver-se com opções e modelar resultados de decisões.

O método empregado na pesquisa foi a simulação, usando F-DREX (*Forensic-Decision Reflection Exercise*) ou Exercício de Reflexão de Decisão Forense, que é um SDE (*Scenario-Driven Exercises*) ou Exercícios Baseados em Cenários. O F-DREX é um evento interativo altamente facilitado, onde uma reconstrução detalhada (mapeamento) dos eventos é estabelecida, ao vivo, em um quadro branco eletrônico ou em um computador com o auxílio de software. Ao focar em como as decisões foram tomadas (ou não), quais informações estavam (ou poderiam estar) disponíveis e quais funções ajudaram (ou não) no processo, uma reflexão instantânea e positiva pode ocorrer em torno de uma representação inteiramente consensual do que aconteceu e por quê, levando ao entendimento de como sistemas, processos e desempenho de pessoas pode ser aprimorado para que desafios futuros possam ser evitados ou gerenciados de uma maneira muito mais oportuna, contundente e econômica. Nos SEDs os participantes são imersos na realidade dos desafios cognitivos, organizacionais e de tomada de decisão de uma situação plausível, e recebem a qualidade e a quantidade de informações que seriam razoáveis que a realidade lhes proporcionasse. Algumas dessas informações podem ter de ser ativamente

buscadas pelos participantes, em vez de fornecidas sem solicitação e pré-processadas. O processo pelo qual isso seria feito para em uma situação real seria então o desafio. São necessárias bases sólidas a partir de uma base de evidências reunida em pesquisas e consultas intensivas - um processo que requer habilidade por parte do pesquisador. Desdobrando-se por meio de uma série de atualizações que fornecem aos participantes uma imagem rica dos desenvolvimentos (incluindo o impacto, antecipado ou não) de suas decisões - pré-considerado pelos desenvolvedores de exercícios - os participantes seriam então convidados a explicar e explorar outras ações que realizariam.

Segundo o autor, as duas abordagens são complexas, e como solução a esta dificuldade, sugerem a necessidade de se praticar habilidades sociais e de apresentação para o seu funcionamento eficaz, uma vez que o conceito e a tecnologia por si só não fornecem os benefícios indiscutíveis e comprovados das abordagens apresentadas.

Foi constatado neste estudo que abordagens de simulação como SDEs criam resiliência estratégica por meio de treinamento e aprendizagem eficazes, com foco nas prioridades fundamentais de entrega estratégica, reputação e gerenciamento de crises, evitando e reagindo a circunstâncias desafiadoras.

- *Implementing Lean Office: A Successful Case in Public Sector* (MONTEIRO *et al.*, 2015)

O artigo traz um estudo de caso de uma organização pública (associação de municípios) dedicada ao tratamento de resíduos sólidos na região do Porto, em Portugal, que em 2010 iniciou a implementação do *Lean Office* com a finalidade de concentrar em um único departamento os cinco departamentos existentes (Controle de Gestão, Financeiro, Abastecimento, Recursos Humanos, Administrativo) para reduzir os prazos de entrega e melhorar o desempenho geral.

Os autores trazem conceitos básicos a respeito da ME, e apresentam algumas de suas ferramentas, como 5S, MFV, padronização de procedimentos, monitoramento de indicadores de desempenho e gerenciamento visual. Eles apresentam dificuldades de implementação dessas ferramentas enxutas em escritórios, tais como variações em processos que são maiores do que aquelas que ocorrem nos processos de fabricação; a existência pouca informação disponível para as pessoas envolvidas na implementação; e falta de referência sobre o tema na literatura.

Apresentam também resultados, como a redução no *Lead Time* dos processos, redução nas tarefas do processo, uma melhor organização dos espaços, padronização do trabalho e redução do número de pessoas necessárias, decorrentes da utilização das ferramentas

mapeamento de processo, 5S, gestão visual por meio de quadro, padronização de processos, e *kaizens* diários. Embora as melhorias na produtividade não fossem o objetivo deste projeto, na verdade ocorreram como um efeito colateral.

Como solução às dificuldades apresentadas, ou autores sugerem que conceitos e métodos de aplicação do *Lean Office* seja previamente apresentado e trabalhado junto às pessoas envolvidas na implementação.

Segundo os autores, algumas das lições aprendidas neste caso podem não ser aplicadas a todas as iniciativas de *Lean Office* pois diferentes realidades podem exigir diferentes abordagens.

Após a análise dos artigos selecionados e retomando a questão da pesquisa, dada por, “o artigo trata da aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas em ambientes administrativos, em particular, aqueles públicos, e, ao fazer isso, identifica as contribuições e as dificuldades encontradas e destaca se utilizou a SED para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades?”, identificou-se que todos os artigos tratam da aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas a ambientes administrativos públicos de diversos setores, tais como administração pública, justiça criminal, saúde, educação, governo local e serviços, em diversos países. Todos apresentam as contribuições práticas na forma de resultados das pesquisas em atendimento a seus objetivos, sendo a resolução de problemas por meio da implementação de ferramentas e conceitos enxutos, identificação de lacunas na literatura, constatação da eficiência e benefícios da aplicação das ferramentas enxutas, entre outros.

Todos os artigos também apresentaram as dificuldades de implementação das ferramentas e conceitos enxutos, sendo as principais dificuldades encontradas resistência à implementação/mudanças, pouca referência na Literatura sobre a implementação em ambientes administrativos públicos, e falta de conhecimento sobre o *Lean*. O Quadro 5 mostra essas dificuldades, bem como os autores que as citaram, e o Gráfico 1 lista todas as dificuldades encontradas, demonstrando seus percentuais de incidência.

Quadro 5 - Principais dificuldades encontradas na RSL

Dificuldade	Número de artigos	Autores
Resistência à implementação/mudanças	7	Maalouf e Gammelgaard, (2016), Smith (2016), Krause-Jensem (2017), Rodgers, Coull e Sunder M. (2017), Kregel e Coners (2018), Fletcher (2018), Allaoui e Benmoussa (2020)

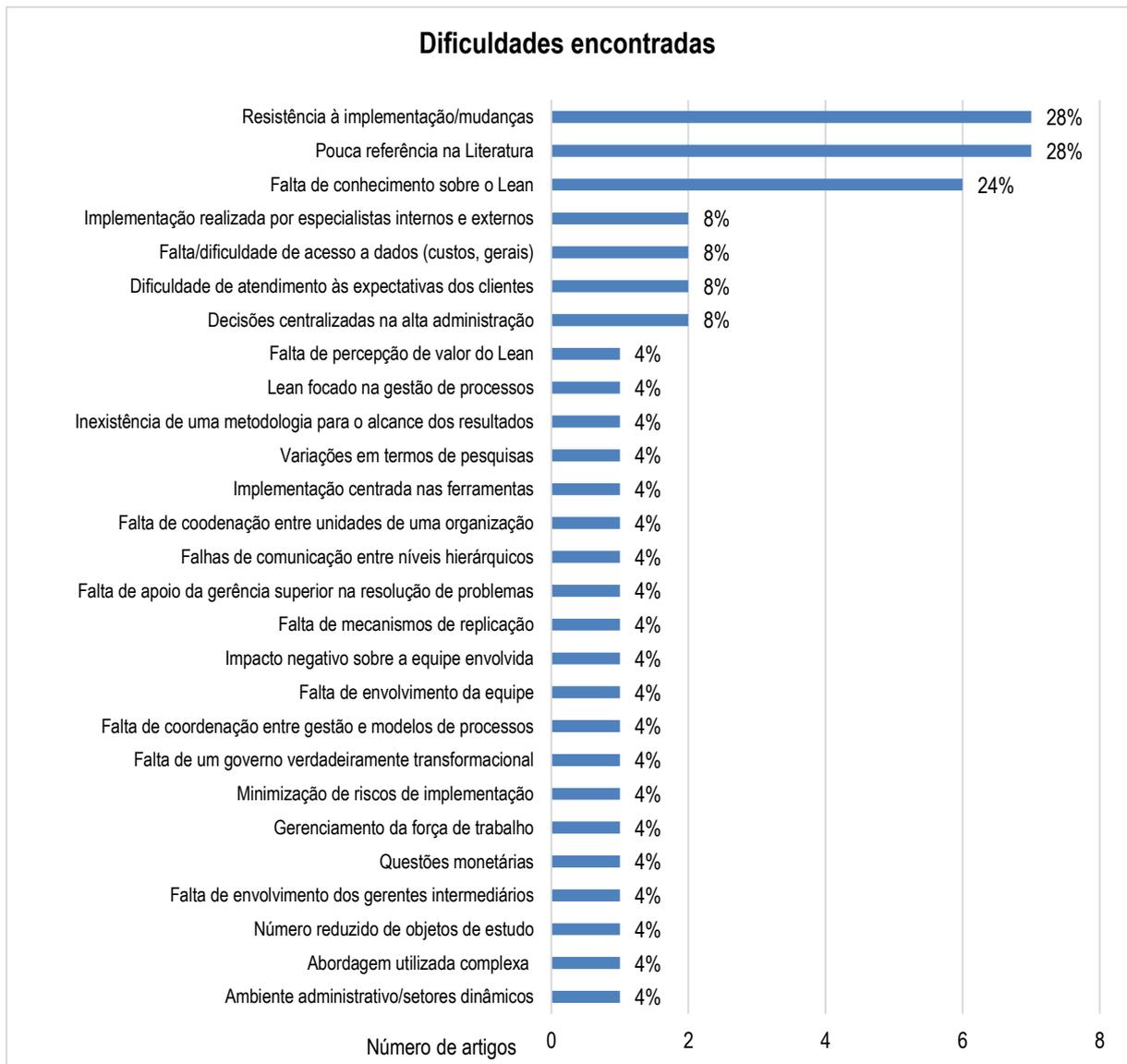
Quadro 5 - Principais dificuldades encontradas na RSL

(Continuação)

Pouca referência na Literatura	7	Monteiro <i>et al.</i> (2015), Antony, Rodgers e Gijo (2016), Antony, Rodgers e Cudney (2017), Holmemo, Powell e Ingvaldsen, (2018), Freitas <i>et al.</i> (2018), Freitag, Santos e Reis (2018), Rodgers e Antony (2019)
Falta de conhecimento sobre o <i>Lean</i>	6	Monteiro <i>et al.</i> (2015), Antony, Rodgers e Gijo (2016), Antony, Rodgers e Cudney (2017), Almeida <i>et al.</i> (2017), Holmemo, Powell e Ingvaldsen, (2018), Holmemo e Ingvaldsen (2018)

Fonte: A autora.

Gráfico 1 - Dificuldades encontradas na implementação enxuta



Fonte: A autora

Os artigos analisados na RSL propõem soluções para as dificuldades encontradas, sendo as principais treinamento/capacitação para toda a equipe, maior envolvimento das pessoas no projeto, maior número de publicações de estudos e pesquisas, conforme mostrado do Quadro 6. Destaca-se que essas soluções estão diretamente relacionadas às principais dificuldades encontradas.

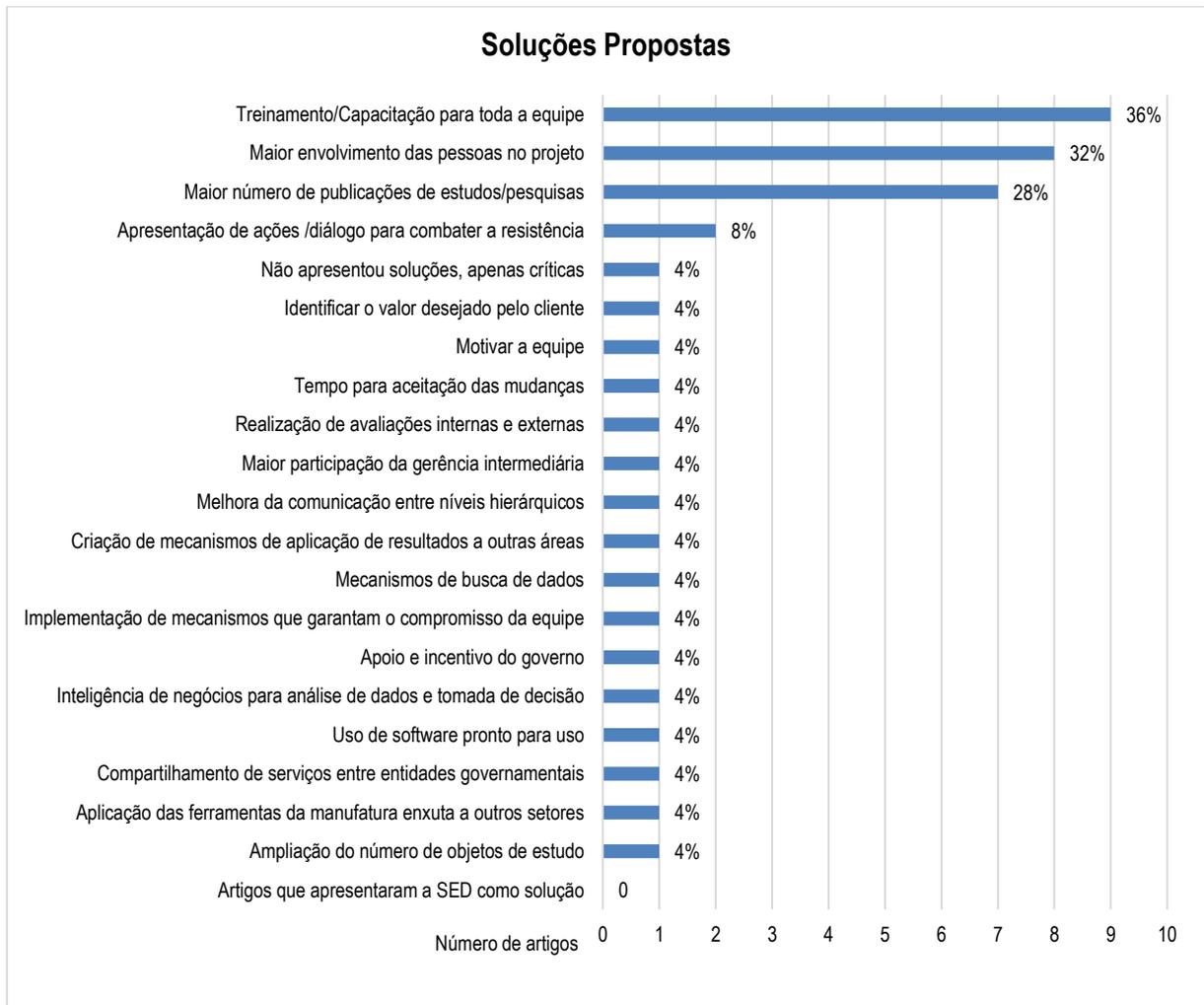
Quadro 6 - Principais soluções encontradas na RSL

Soluções	Número de artigos	Autores
Treinamento/Capacitação para toda a equipe	9	Monteiro <i>et al.</i> (2015), Hills (2015), Antony, Rodgers e Gijo (2016), Almeida <i>et al.</i> (2017), Rodgers, Coull e Sunder M. (2017), Holmemo, Powell e Ingvaldsen (2018), Holmemo, Rolfsen e Ingvaldsen (2018), Allaoui e Benmoussa (2020), Lukrafk, Silva e Echevest (2020)
Maior envolvimento das pessoas no projeto	8	Holmemo e Ingvaldsen (2016), Smith (2016), Antony, Rodgers e Gijo (2016), Almeida <i>et al.</i> (2017), Rodgers, Coull e Sunder M. (2017), Holmemo, Powell e Ingvaldsen (2018), Holmemo e Ingvaldsen (2018), Kregel e Coners (2018)
Maior número de publicações de estudos/pesquisas	7	Antony, Rodgers e Cudney (2017), Fletcher (2018), Freitas <i>et al.</i> (2018), Freitag, Santos e Reis (2018), Rodgers e Antony (2019), Juliani e Oliveira (2019), Magalhães <i>et al.</i> (2019)

Fonte: A autora

Conforme o Gráfico 2, somente um artigo não apresentou soluções para a superação dessas dificuldades na implementação dos conceitos e das ferramentas enxutas. Cabe destacar que a SED pode auxiliar não somente na diminuição da resistência, ao permitir a visualização antecipada do sistema proposto e dos resultados esperados, como também pode ser utilizada para o treinamento, sobretudo, quando o modelo computacional é desenvolvido em software 3D, como será o caso neste trabalho.

Gráfico 2 - Soluções propostas para as dificuldades apresentadas na implementação



Fonte: A autora

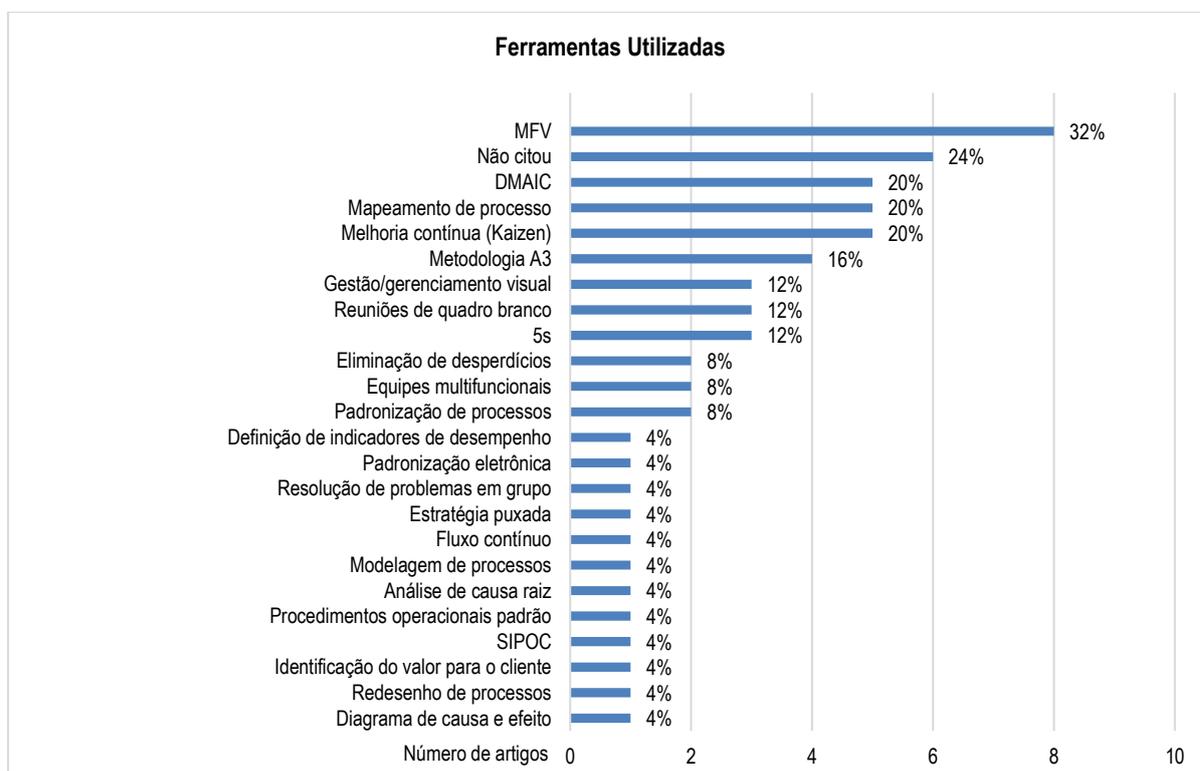
As principais ferramentas utilizadas nas pesquisas dos artigos desta Revisão Sistemática da Literatura foram MFV, Mapeamento de Processos, DMAIC e a melhoria contínua. Dentre os artigos, 6 apresentam os resultados da implementação, mas não citam quais as ferramentas que foram utilizadas. O Quadro 7 apresenta as ferramentas e os autores que as citaram, e o Gráfico 3 demonstra todas as ferramentas que foram utilizadas bem como seus percentuais, e esses dados comprovam a importância do MFV e justifica sua utilização neste trabalho.

Quadro 7 - Principais ferramentas utilizadas pelos artigos da RSL

Ferramentas utilizadas	Número de artigos	Autores
MFV (Mapeamento de Fluxo de Valor)	8	Holmemo e Ingvaldsen (2016), Maalouf e Gammelgaard, (2016), Krause-Jensem (2017), Antony, Rodgers e Cudney (2017), Almeida <i>et al.</i> (2017), Freitas <i>et al.</i> (2018), Freitag, Santos e Reis (2018), Lukrafk, Silva e Echevest (2020)
Não citou	6	Kadarova e Demecko (2016), Smith (2016), Holmemo, Powell e Ingvaldsen, (2018), Rodgers e Antony (2019), Juliani e Oliveira (2019), Allaoui e Benmoussa (2020)
Mapeamento de processo	5	Monteiro <i>et al.</i> (2015), Hills (2015), Antony, Rodgers e Cudney (2017), Holmemo e Ingvaldsen (2018), Lukrafk, Silva e Echevest (2020)
DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar)	5	Antony, Rodgers e Gijo (2016), Antony, Rodgers e Cudney (2017), Rodgers, Coull e Sunder M. (2017), Price, Pepper e Stewart (2018), Kregel e Coners (2018)
Melhoria contínua (Kaizen)	5	Monteiro <i>et al.</i> (2015), Krause-Jensem (2017), Almeida <i>et al.</i> (2017), Fletcher (2018), Lukrafk, Silva e Echevest (2020)

Fonte: A autora

Gráfico 3 - Ferramentas utilizadas nas implementações enxutas



Fonte: A autora

Outro dado importante extraído da análise dos artigos da RSL é quanto ao método utilizado nos artigos, conforme mostra o Quadro 8.

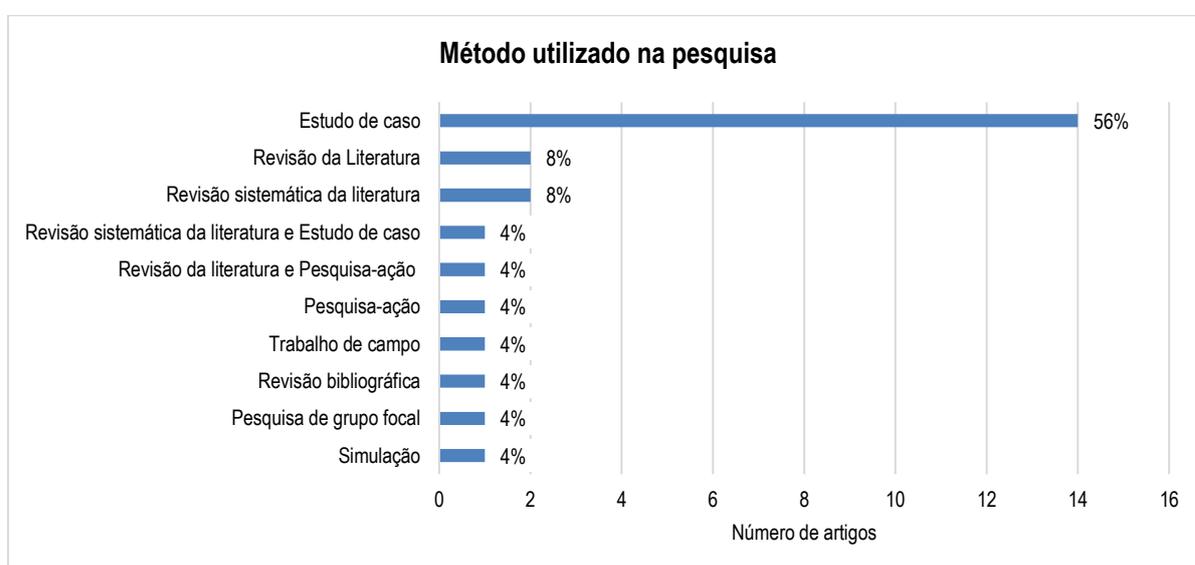
Quadro 8 - Métodos utilizados pelos autores nos artigos da RSL

Método	Número de artigos	Autores
Estudo de Caso	14	Monteiro <i>et al.</i> (2015), Holmemo e Ingvaldsen (2016), Maalouf e Gammelgaard, (2016), Smith (2016), Antony, Rodgers e Gijo (2016), Antony, Rodgers e Cudney (2017), Almeida <i>et al.</i> (2017), Holmemo, Powell e Ingvaldsen, (2018), Rodgers, Coull e Sunder M. (2017), Holmemo e Ingvaldsen (2018), Holmemo, Rolfsen e Ingvaldsen (2018), Price, Pepper e Stewart (2018), Freitas <i>et al.</i> (2018), Allaoui e Benmoussa (2020)
Revisão Sistemática da Literatura	2	Rodgers e Antony (2019), Lukrafk, Silva e Echevest (2020)
Revisão da Literatura	2	Fletcher (2018), Juliani e Oliveira (2019)
Simulação	1	Hills (2015)

Fonte: A autora

Como pode ser observado no Gráfico 4, 14 artigos (56%) utilizaram o Estudo de Caso, 2 artigos (8%) utilizaram a Revisão Sistemática da Literatura, 2 artigos (8%) utilizaram a Revisão da Literatura.

Gráfico 4 - Método utilizado nos artigos da RSL



Fonte: A autora

É de extrema importância destacar que apenas um artigo usou a simulação como método para a implementação de conceitos e ferramentas enxutas, o que demonstra a pouca utilização desse método para esta finalidade, e reforça a importância deste trabalho em propor a SED como meio de alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades desta implementação.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DE PESQUISA**

O objetivo deste capítulo é apresentar a Classificação, o Método e o Roteiro de Pesquisa, bem como o Objeto de Estudo.

### **4.1 Classificação da Pesquisa**

A pesquisa, segundo Pádua (2004), tem como intenção produzir conhecimentos que permitem transformar e compreender a realidade, estando inserida em um contexto histórico-sociológico e conseqüentemente ligada a conjuntos de valores e ideologias que formam esse contexto, no qual está incluso também o pesquisador. De acordo com Diehl e Tatim (2004), a pesquisa é constituída por procedimentos racionais e sistemáticos e para seu desenvolvimento são utilizados métodos, processos e técnicas.

Esta pesquisa tem natureza aplicada, pois, como afirma Barros (2014), busca a solução, de forma prática, de problemas concretos do cotidiano.

Quanto ao tipo de abordagem é uma pesquisa quantitativa, que segundo Knechtel (2014) é uma modalidade de pesquisa quantificada em números por meio tanto da coleta de dados quanto do tratamento das informações, e sua objetividade é garantida pelos instrumentos e pelas técnicas de mensuração.

Quanto aos objetivos, é uma pesquisa exploratória, pois objetiva tornar um problema explícito, aproximar-se mais dele, visando conhecê-lo melhor e com mais profundidade, ou ainda dar uma nova visão para esse problema por meio de hipóteses (GIL, 2002).

O método utilizado nesta pesquisa é a Modelagem e Simulação, descrito no próximo item.

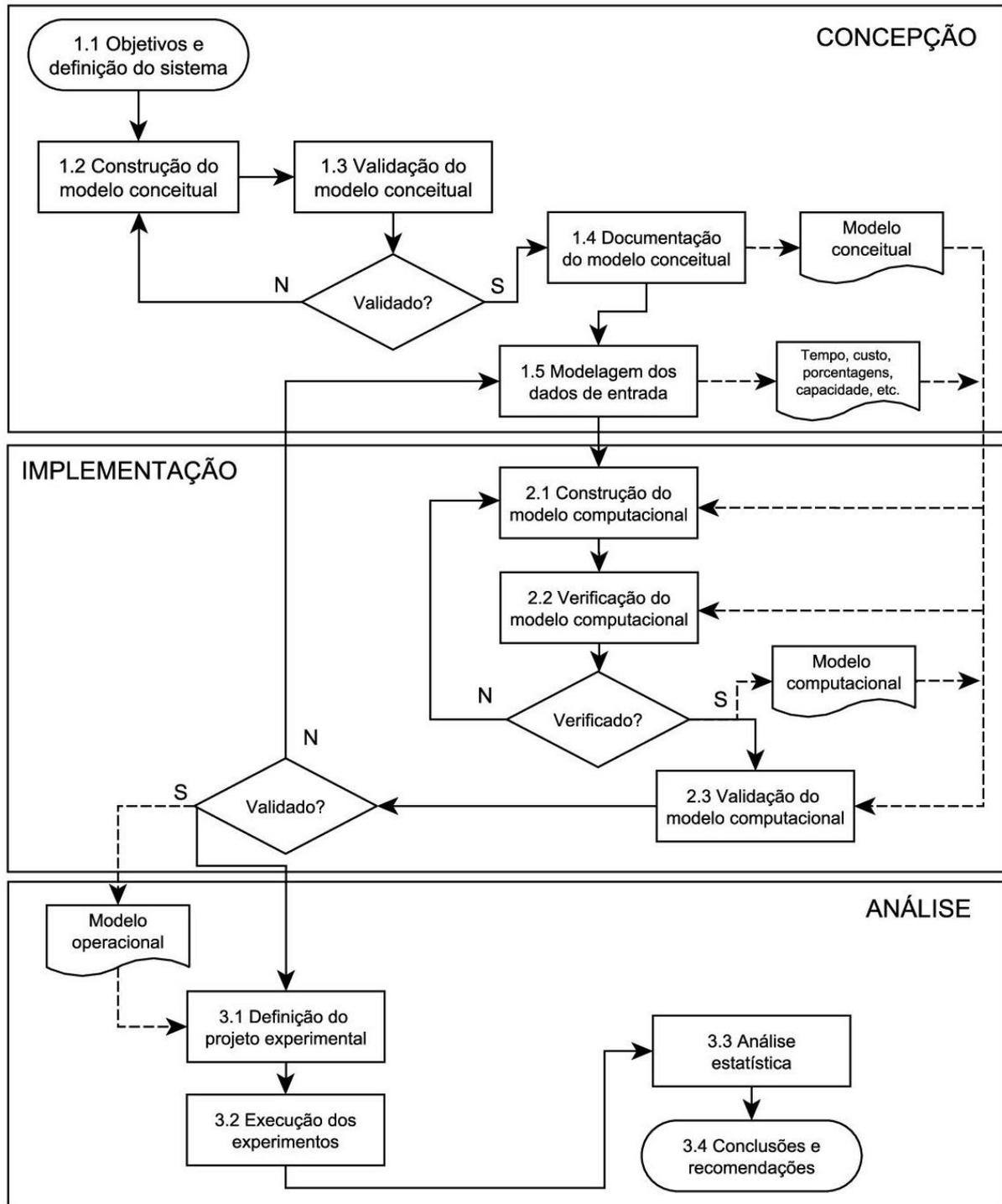
### **4.2 Método de Pesquisa**

Montevechi *et al.* (2010) propõem que o método de Modelagem e Simulação seja dividido em etapas, sendo elas a concepção, a implementação e a análise, e esta pesquisa seguirá essa proposta, integrando-a ao Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) proposto por Rother e Shook (2003).

#### **4.2.1 Método de Modelagem e Simulação**

A Figura 3 mostra as etapas do método de Modelagem e Simulação propostas por Montevechi *et al.* (2010).

Figura 3 - Etapas do método de Modelagem e Simulação



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

Na primeira etapa, ou seja, a de concepção, serão abordados os objetivos e definição do sistema a ser modelado, a construção, validação e documentação do modelo conceitual e a modelagem dos dados de entrada.

Segundo Chwif e Medina (2014), ao se iniciar o desenvolvimento de uma SED, é necessário entender claramente o sistema a ser simulado e seus objetivos, além de se discutir o problema a ser resolvido. Mas para Bateman *et al.* (2013), essa definição do problema não é fácil, devido aos diferentes pontos de vista e interesses da grande quantidade de pessoas que podem estar interessadas no resultado da simulação. Já os objetivos da simulação, segundo os autores, fluirão naturalmente uma vez definido qual o problema a ser resolvido, já que o propósito de se executar mais adiante uma experimentação com o modelo será sempre o de resolvê-lo. O escopo do modelo, suas hipóteses e seu nível de detalhamento também devem ser bem definidos (CHWIF; MEDINA, 2014).

O próximo passo é a construção do modelo conceitual, que segundo Banks *et al.* (2010), pode ser considerado uma coleção de suposições sobre os componentes e a estrutura do sistema, além de hipóteses sobre os valores e parâmetros de entrada do modelo. Para Bateman *et al.* (2013), uma vez que o problema a ser estudado e os objetivos da simulação tenham sido determinados, a estrutura conceitual para o modelo deverá ser desenvolvida, contendo eventos e elementos fundamentais. A utilização de desenhos do sistema proporcionará diversas vantagens, tais como refletir a visão do nível geral de detalhes requerido pelo modelo e servir como constante referência, garantir a coleta sistemática dos dados pertinentes a cada local ou recurso, adicionar fluxos e interações para auxiliar o entendimento do sistema e agregar valor para a determinação dos padrões dos movimentos de pessoas e recursos em qualquer percurso do sistema que deva ser incluído.

Montevecchi *et al.* (2010) propõem que a técnica do IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods-Simulation*) seja utilizada na elaboração do modelo conceitual. A principal característica desta técnica, segundo esses autores, é a identidade de sua lógica de aplicação com a lógica utilizada na simulação. Seu objetivo, de acordo com Bateman *et al.* (2013), é permitir a elaboração de modelos conceituais com informações úteis ao modelo computacional e permitir uma documentação dos modelos, facilitando o entendimento do projeto, uma vez que seu foco é a simulação.

De acordo com Montevecchi *et al.* (2010), pelo fato do modelo IDEF-SIM elaborado conter todos os dados e lógicas necessárias para a modelagem computacional, esse também acaba por cumprir a função de documentação.

Após a construção do modelo conceitual, este deve ser validado. Bateman *et al.* (2013) explica que a validação assegura que o modelo reflete a operação do sistema real em estudo, e deve ser um esforço cooperativo entre o modelador, potenciais usuários e outras pessoas familiarizadas com a operação real do sistema.

O próximo passo é a modelagem dos dados de entrada. Chwif e Medina (2014) afirmam que é de extrema importância que se tenha dados adequados para alimentar o modelo, e ressaltam que o mesmo deve dirigir a coleta de dados e não o contrário.

Segundo Bateman *et al.* (2013), a ênfase inicial da coleta de dados deve ser dada na coleta de fatos fundamentais, informações e estatísticas que algumas vezes se referem a dados macro, pois estes dados têm o propósito de lançar as bases para a determinação dos parâmetros de entrada do modelo e selecionar com precisão aqueles que vão necessitar de uma coleta de dados micro mais detalhada posteriormente.

Na coleta de dados, segundo Gil (2002), podem ser utilizados questionários, observação sistemática, gravações, cronometragem, entrevistas, entre outros. Ainda segundo o autor, o processo de análise dos dados pode envolver diversos procedimentos, tais como codificação das respostas, tabulação dos dados e cálculos estatísticos. Esses dados coletados devem ser registrados, por exemplo, em planilhas eletrônicas, onde seu tratamento e inferências serão facilitados no decorrer do projeto.

Na segunda etapa do método de Modelagem e Simulação proposto por Montevechi *et al.* (2010), ou seja, de implementação, o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional, por meio de um *software* simulador (CHWIF; MEDINA, 2014). De acordo com Bateman *et al.* (2013), assim que o desenvolvimento do modelo computadorizado se inicia, o modelador deve ser capaz de pensar abstratamente em conceitos correlatos de sistemas do mundo real para que haja congruência entre a estrutura do modelo e a ferramenta de modelagem em uso. Após a construção do modelo computacional, o próximo passo é a sua verificação e validação, o que para Banks *et al.* (2010), são as tarefas mais importantes e difíceis que um desenvolvedor de modelo enfrenta.

Segundo Chwif e Medina (2014), a verificação consiste em saber se o modelo está sendo desenvolvido de forma correta. Para Bateman *et al.* (2013), um modelo está pronto para ser verificado quando ele funciona da maneira como o modelador pretendia, e a verificação do modelo pode ser efetuada rodando a simulação e monitorando de perto a sua operação. Law (2015), Chwif e Medina (2014) e Bateman *et al.* (2013) apresentam algumas técnicas de verificação do modelo, descritas a seguir:

- implementação modular/verificação modular: consiste em implementar e rodar o modelo por partes, identificando e corrigindo os erros;
- uso de valores constantes ou simplificados *versus* cálculos nominais: utiliza de valores médios de cada distribuição e considera estes valores como constantes e determinísticos, possibilitando a comparação dos resultados do modelo com resultados de uma planilha eletrônica;
- utilização de *debugger* ou depurador: permite checar a simulação passo a passo, visualizando os eventos que estão ocorrendo e os eventos futuros, identificando erros;
- animação gráfica: considerada uma poderosa ferramenta de verificação, pois permite ao modelador acompanhar o processo na tela do computador.

A validação, segundo Chwif e Medina (2014), consiste em avaliar se o modelo criado se comporta como o modelo do mundo real sob as mesmas condições. Se sim, ele é válido. Caso contrário, não é válido. Banks *et al.* (2010) afirmam que a validação não deve ser vista como um conjunto isolado de procedimentos que seguem o desenvolvimento do modelo, mas sim como parte integrante do desenvolvimento deste.

Segundo Chwif e Medina (2014), as seguintes técnicas são utilizadas para a validação de um modelo:

- teste de Turing ou validação *black-box*: um especialista analisa os dados de saída do sistema real e do modelo de simulação, mas sem saber de qual sistema são os dados. Se ele não conseguir distinguir se os dados são oriundos do sistema real ou do modelo de simulação, o modelo por ser considerado válido;
- duplicação de modelos: apesar de eficiente, é uma técnica muito onerosa, pois supõe duas equipes independentes desenvolvendo modelos do mesmo sistema. Se as duas equipes desenvolverem modelos que fornecem resultados similares, isto seria um indicador da validade do modelo;
- comparação com modelos anteriores: modelos anteriores podem ser utilizados para a busca de indícios de validade do modelo atual;
- análise de sensibilidade: significa determinar a influência de alterações dos parâmetros de entrada nos resultados obtidos a partir dos modelos;
- validação “face a face”: o modelador discutirá com quem realmente entende do processo que foi simulado, e esse tipo de validação pode ser tanto conceitual como operacional.

Na terceira etapa do método de Modelagem e Simulação proposto por Montevechi *et al.* (2010), ou seja, de análise, o modelo de simulação torna-se operacional e pronto para ser

utilizado (CHWIF; MEDINA, 2014). Nesta etapa será definido e executado o projeto experimental, as análises e as recomendações.

O projeto experimental, conforme explicam Bateman *et al.* (2013), consiste no desenvolvimento de procedimentos e testes para analisar e comparar alternativas, e seu propósito é maximizar a utilidade da informação produzida pelas rodadas da simulação, enquanto minimiza o esforço. É necessário que o modelador tenha pelo menos algumas ideias preliminares acerca de alternativas de soluções a serem avaliadas, e antes de avaliar cada uma com o modelo, o especialista em simulação irá determinar a extensão necessária de tempo a ser simulado e o tempo para se atingir o estado de regime (quando aplicado), visando obter resultados aceitáveis. O modelador irá então considerar a variação dos resultados de saída e determinar o número de replicações necessárias para obter uma amostragem estatística confiável.

Ainda segundo Bateman *et al.* (2013), cada configuração do modelo e seus resultados de saída associados devem ser bem documentados, pois além de facilitar relatos eventuais, o armazenamento cuidadoso dos registros irá auxiliar o modelador a determinar não apenas que alternativa atinge o melhor resultado, como também permitirá observar tendências que podem sugerir alternativas adicionais a serem consideradas. Em certos casos, podem ser necessárias replicações adicionais para se determinar a significação estatística de uma melhoria observada.

Ainda no tocante aos resultados, uma lista das alternativas modeladas deve ser elaborada, além de gráficos, com os fundamentos assumidos e resultados obtidos, pois gráficos que mostrem resultados do sistema mais agilmente são mais efetivos para apresentações (BATEMAN *et al.*, 2013).

#### 4.2.2 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

Para tratar da técnica Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), Rother e Shook (2003) afirmam que é essencial entender o conceito de fluxo de valor. Um fluxo de valor é toda ação necessária (agregando valor ou não) para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a esse produto, e o MFV é uma ferramenta que utiliza papel e lápis e ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor.

Então, mapear o fluxo de valor é seguir a trilha da fabricação de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, desenhando uma representação visual de cada processo nos fluxos de material e de informação. Após isso, um conjunto de questões-chave é formulado e um mapa do “estado futuro” de como o valor deveria fluir é desenhado (ROTHER; SHOOK, 2003).

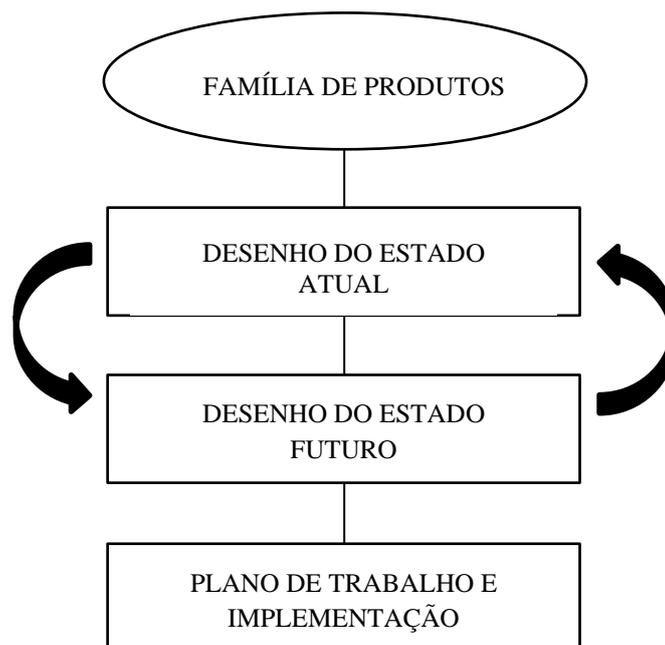
Rother e Shook (2003) afirmam que o MFV é uma ferramenta essencial, pois:

- ajuda a visualizar o fluxo como um todo e não somente processos individuais;
- ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor;
- fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que você possa discuti-las;
- junta conceitos e técnicas enxutas, ajudando a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente;
- forma a base de um plano de implementação, pois os mapas do fluxo de valor tornam-se referência para a implementação enxuta;
- mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material, o que nenhuma outra ferramenta faz;
- é uma ferramenta qualitativa com a qual se descreve em detalhe como a unidade produtiva deveria operar livre dos desperdícios e suas fontes.

Assim, um fluxo de valor enxuto é um fluxo regular e contínuo, com o menor *Lead Time*, a maior qualidade e o menor custo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Rother e Shook (2003), recomendam um roteiro em etapas para a realização do MFV. Conforme a Figura 4, o MFV deve ser iniciado pela escolha da família de produtos.

Figura 4 - Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

Uma família de produtos é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos, além de possuírem parâmetros semelhantes de processo, tais como tempos de ciclo e de *setups*, por exemplo.

A próxima etapa é o desenho do mapa do estado atual a partir da coleta de dados no chão de fábrica. Trata-se de uma etapa de diagnóstico, cujo objetivo é identificar quais são os desperdícios existentes, onde eles ocorrem e, sobretudo, quais são suas causas-raiz. Seguem algumas recomendações de Rother e Shook (2003) para a condução dessa etapa:

- a coleta das informações deve ser feita junto aos fluxos reais de material e de informação;
- o fluxo e a sequência dos processos devem ser bem compreendidos;
- o mapa deve ser iniciado pela expedição, pois os processos finais estão mais diretamente ligados ao consumidor;
- os tempos devem ser cronometrados e não baseados em tempos-padrão ou informações obtidas por terceiros, pois esses podem não refletir a realidade;
- o fluxo deve ser entendido por inteiro, já que esse é o objetivo do mapeamento do fluxo de valor;
- o desenho do mapa deve sempre ser feito a mão e a lápis, facilitando ajustes e correções.

Rother e Shook (2003) também destacam alguns dados e informações que devem ser coletados para o desenho do mapa do estado atual:

- Tempo de Ciclo (TC): frequência com que uma peça ou produto é realmente completada em um processo cronometrado, ou o tempo que um operador leva para percorrer todos os seus elementos de trabalho antes de repeti-los;
- Tempo de Agregação de Valor (TAV): tempo que efetivamente transforma o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar;
- *Lead Time* (LT): tempo que uma peça leva para se mover ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, desde o começo até o fim;
- Tempos de Setup (TS): tempo para mudar a produção de um tipo de produto para outro;
- Tempo de Trabalho Disponível: tempo disponível de cada processo ou recurso para a família mapeada, descontados os tempos de paradas programadas, como tempos estabelecidos para descanso, reuniões e limpeza;
- Disponibilidade ou confiabilidade: tempo de operação efetiva da máquina.

Os estoques de matérias-primas, produtos em elaboração e produtos acabados também devem ser registrados no mapa, com a indicação da quantidade em estoque e do tempo de

consumo em relação à demanda. Os dados referentes ao início da produção, tais como fornecedores, finalizam o fluxo de materiais.

A partir da finalização do fluxo de materiais, o fluxo de informações deve ser inserido no mapa. O fluxo de informações determina quando iniciar o processo de produção, as quantidades a serem produzidas, a frequência da produção e o relacionamento do consumidor com o fabricante e do fabricante com o fornecedor.

Após o desenho dos fluxos de materiais e de informações no mapa, uma linha do tempo deve ser desenhada, registrando qual o *Lead Time* de produção. Nesta mesma linha do tempo, também devem ser registrados o TAV para cada processo.

A etapa seguinte é o desenho do mapa do estado futuro. Trata-se de uma etapa de planejamento das melhorias, cujo objetivo é planejar melhorias alinhadas aos conceitos e ferramentas enxutas que combatam as causas-raiz dos desperdícios identificados na etapa anterior. As setas entre o estado atual e o futuro indicam que o desenvolvimento dos estados atual e futuro são esforços superpostos, pois durante o desenho do mapa do estado atual, ideias sobre o estado futuro virão à tona, e do mesmo modo, durante o desenho do mapa do estado futuro, podem ser percebidas informações importantes sobre o estado atual que passaram despercebidas.

Para a construção do mapa do estado futuro, os autores propõem oito questões, que à medida que vão sendo respondidas, vão compondo o mapa do estado futuro. São elas:

- 1) Qual é o takt time que alinhará a produção à demanda?
- 2) A produção será para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?
- 3) Onde poderá ser usado fluxo contínuo?
- 4) Onde será necessário introduzir os sistemas puxados com supermercados a fim de controlar a produção dos processos fluxo acima?
- 5) Qual será o único processo que precisará ser programado no fluxo de valor?
- 6) Como nivelar o mix de produção no processo puxador?
- 7) Qual incremento de trabalho deverá ser liberado do processo puxador?
- 8) Quais melhorias de processos serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do projeto de seu estado futuro?

A última etapa do MFV, ou seja, a implementação, deve ser realizada em etapas e o mapa do fluxo de valor do estado futuro dividido em segmentos ou "*loops*". O *loop* puxador inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o processo puxador, e a forma como esse *loop* é administrado impacta em todos os processos anteriores naquele fluxo de valor. Os

*loops* adicionais são os *loops* do fluxo de material e do fluxo de informação entre as puxadas, por exemplo.

Prosseguindo, a seção “Roteiro da pesquisa” irá demonstrar como o MFV se integrará com o método de Modelagem e Simulação.

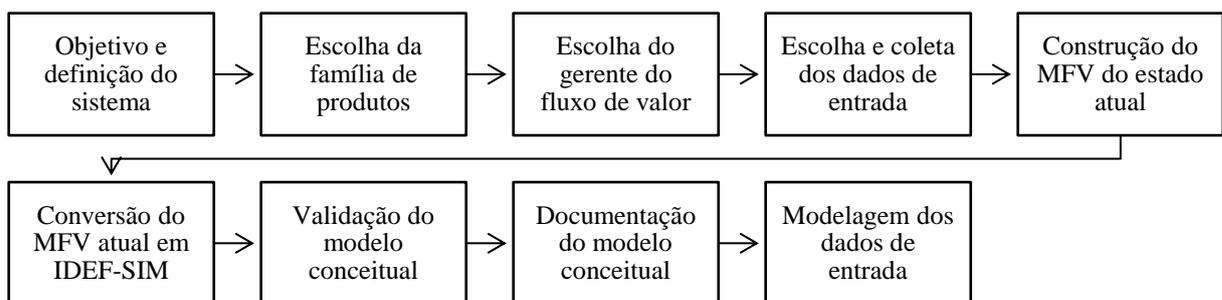
### 4.3 Roteiro de Pesquisa

A integração do Pensamento Enxuto, por meio da técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), com o método de Modelagem e Simulação, por meio da Simulação a Eventos Discretos (SED), seguirá o proposto por Santos (2016), que a partir do trabalho de Abdulmalek e Rajgopal (2006) em uma pesquisa-ação, propôs um passo a passo para integrar o MFV e a SED.

As etapas do MFV, integradas às etapas método de Modelagem e Simulação propostas por Montevechi *et al.* (2010), ou seja, Concepção, Implementação e Análise, são apresentadas nas Figuras 5, 6 e 7, respectivamente.

Na etapa de **Concepção**, Figura 5, serão utilizados tanto elementos do MFV como do método de Modelagem e Simulação.

Figura 5 - Passos seguidos na etapa de concepção



Fonte: Adaptado de Santos (2016)

Quanto ao objetivo e definição do sistema, o propósito será utilizar a SED para avaliar os resultados esperados pela implementação dos conceitos e ferramentas enxutas às famílias de serviços selecionadas. O objeto de estudo será um ambiente administrativo do *Campus Bambuí* do IFMG, mais precisamente a Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio, que possui altos *Lead Times* em seus processos.

Serão escolhidas como família de serviços os processos de Emissão de Históricos e Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo (Família 1), e Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo (Família 2). Essas famílias foram selecionadas por serem os processos mais extensos do setor, acontecerem em paralelo e terem um alto *Lead Time*.

A gerente do setor será a escolhida como gerente do fluxo de valor, por ser a servidora com maior conhecimento a respeito dos fluxos dos processos e do funcionamento do setor.

A coleta dos dados de entrada será realizada com foco no desenho dos mapas dos estados atuais, por meio de observação direta, cronometragem e extração de dados de registro do *Enterprise Resource Planning* (ERP). O armazenamento desses será por meio de planilhas eletrônicas no *software* Excel®, trabalhando-se com valores determinísticos, uma característica do MFV.

Para a construção dos mapas dos estados atuais, será utilizada a simbologia proposta por Rother e Shook (2003), apresentada no Anexo 1 deste trabalho, e seguindo-se os passos recomendados por Rother e Shook (2003):

- a) entendimento da demanda;
- b) caracterização dos processos (atividades realizadas e seus fluxos, disponibilidade dos recursos, tempos de ciclo das atividades, tempos de *setup*, *Lead Times* das atividades e estoques presentes entre as atividades);
- c) caracterização dos fornecedores (quais são as entradas, em quais quantidades essas entradas acontecem, e as frequências dessas entradas);
- d) definição do fluxo de informações (disponibilidade do setor e quantidade e disponibilidade de operadores, por exemplo); e
- e) desenho da linha do tempo “*Lead Time* (LT) x Tempo de Agregação de Valor (TAV)”.

Em seguida, os mapas dos estados atuais serão convertidos em IDEF-SIM, utilizando-se a simbologia apresentada por Bateman *et al.* (2013), constante no Anexo 2 deste trabalho e largamente utilizada nos meios acadêmico e empresarial.

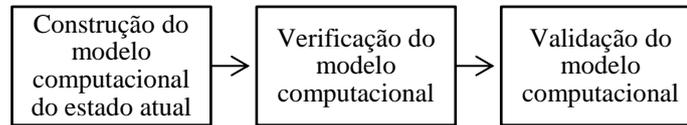
A validação dos modelos conceituais será por meio da técnica de Validação Face a Face, citada por Chwif e Medina (2014), contando com a participação da Gerente do Fluxo de Valor.

Os mapas dos estados atuais, bem como seus IDEF-SIM correspondentes, representam, por si só, a documentação do modelo conceitual.

Na modelagem dos dados de entrada serão utilizados dados estocásticos e serão feitos os tratamentos estatísticos por meio do *software* Expert Fit®, integrado ao *software* de simulação FlexSim®.

Na etapa de **Implementação**, Figura 6, somente elementos do método da Modelagem e Simulação serão utilizados.

Figura 6 - Passos seguidos na etapa de implementação



Fonte: Adaptado de Santos (2016)

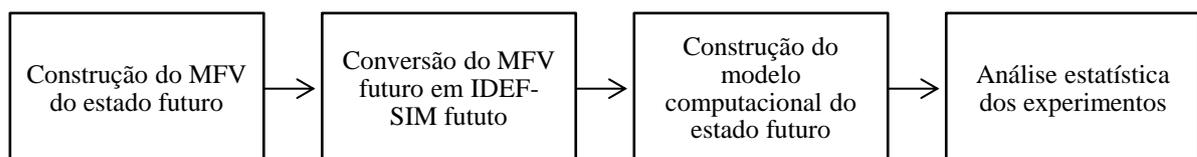
Os modelos computacionais dos estados atuais serão construídos a partir dos modelos conceituais já elaborados e validados, sendo, para isso, utilizado o *software* FlexSim®. A opção por esse *software* é justificada pela sua disponibilidade na Universidade e, sobretudo, por sua facilidade de manuseio e plataforma gráfica bastante realista. Os modelos serão desenvolvidos em conjunto com um aluno de graduação do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, sob orientação dessa autora, como tema central do Trabalho de Conclusão de Curso do mesmo. Contudo, cabe destacar, que os mapas e a melhorias propostas serão desenvolvidos exclusivamente por essa mestranda.

A verificação dos modelos computacionais será feita, inicialmente, executando-se a simulação e monitorando de perto a sua operação (BATEMAN *et al.*, 2013), e, posteriormente, por meio da técnica de implementação e verificação modular, que consiste em implementar e rodar os modelos por partes, identificando e corrigindo os erros à medida que os mesmos são identificados (LAW, 2015; CHWIF; MEDINA, 2014; BATEMAN *et al.*, 2013).

A validação desses modelos será estatística, por meio da comparação dos *Lead Times* reais dos estados atuais com os *Lead Times* simulados dos estados atuais.

Na etapa de **Análise**, Figura 7, serão utilizados novamente elementos do MFV e do método de Modelagem e Simulação.

Figura 7 - Passos da etapa de análise



Fonte: Adaptado de Santos (2016)

Os mapas dos estados futuros serão construídos com base nos conceitos e ferramentas enxutas, buscando-se a melhoria dos processos por meio da eliminação dos desperdícios identificados na construção dos mapas dos estados atuais.

Em seguida, os mapas dos estados futuros serão convertidos em IDEF-SIM equivalentes, com a finalidade de transformá-los em uma linguagem própria para simulação, também utilizando a simbologia apresentada por Bateman *et al.* (2013).

A construção dos modelos computacionais dos estados futuros irá abranger também a fase de Definição e Execução dos Experimentos. Nessa etapa, à medida em que os modelos computacionais futuros forem desenvolvidos a partir dos modelos computacionais dos estados atuais validados, as melhorias propostas serão incorporadas e seus resultados avaliados.

Por fim, a análise estatística dos experimentos será realizada por meio do *software* Minitab®, a partir dos resultados obtidos com os experimentos. A opção por esse *software* é justificada pela sua disponibilidade na Universidade e, sobretudo, por sua facilidade de manuseio e ampla aceitação nos meios acadêmico e empresarial.

Como o objetivo geral desta pesquisa está restrito à utilização da SED para avaliar antecipadamente os resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto na Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio do IFMG, *Campus* Bambuí, não se estendendo à aplicação efetiva desses conceitos em tal ambiente, somente serão apresentadas, simuladas e avaliadas as propostas de melhorias, ficando a implementação das mesmas como propostas para trabalhos futuros, mesmo porque, neste momento de pandemia da COVID-19, a implementação *in-loco* se faz impossível.

#### **4.4 Objeto de Estudo**

Esta pesquisa será desenvolvida junto a Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio, vinculada à Diretoria de Ensino do *Campus* Bambuí do Instituto Federal de Educação, Ciência de Minas Gerais, e terá como objeto de estudo duas famílias de serviços desta Gerência.

Localizado na cidade de Bambuí, no centro-oeste mineiro, o IFMG *Campus* Bambuí, conforme seu sítio eletrônico (2019), surgiu em 1968, no dia 20 de agosto com a publicação do Decreto nº 63.923 como Colégio Agrícola de Bambuí. Em 1979 mudou a denominação de Colégio Agrícola para Escola Agrotécnica Federal de Bambuí – EAFBÍ; em 1993, a EAFBÍ foi transformada em autarquia federal, com autonomia didática, administrativa e financeira; em 2002 houve a transformação da então Escola Agrotécnica em Centro Federal de Educação

Tecnológica – CEFET; e em dezembro de 2008, com a Lei nº 11.892, o CEFET Bambuí foi transformado em *Campus* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Minas Gerais – IFMG, que oferta cursos técnicos, de graduação (Tecnologia, Bacharelado e Licenciatura) e pós-graduação (*Lato Sensu* e *Stricto Sensu*).

## 5 APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a aplicação do roteiro de pesquisa ao objeto de estudo, atendendo assim ao objetivo geral desta dissertação.

### 5.1 Etapa de Concepção

#### 5.1.1 Objetivo e definição do sistema

Conforme apresentado no Roteiro de Pesquisa, o propósito foi utilizar a SED para avaliar os resultados esperados pela implementação dos conceitos e ferramentas enxutas às famílias de serviços selecionadas. O objeto de estudo escolhido foi a Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio, do *Campus* Bambuí, que possui altos *Lead Times* em seus processos

#### 5.1.2 Escolha da família de produtos

Para esta pesquisa foram escolhidas duas famílias de serviços, que são os processos mais extensos do setor e acontecem em paralelo ao início e ao final do período letivo, possuindo um alto *Lead Time*.

A Família 1 é composta pela Emissão de Históricos e Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, e a Família 2 pela Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo.

#### 5.1.3 Escolha da gerente do fluxo de valor

A Gerente de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio foi escolhida como gerente do fluxo de valor, por ser a servidora com maior conhecimento a respeito dos fluxos dos processos e do funcionamento do setor.

#### 5.1.4 Escolha e coleta dos dados de entrada

Montevechi *et al.* (2010) colocam a fase de “ Modelagem de dados de entrada” ao final da etapa de concepção, mas a coleta de dados precisou se antecipada para permitir o desenho dos mapas dos estados atuais, uma vez que esses dados são indispensáveis para o desenho dos

mesmos. Sendo assim, neste momento somente será abordada a coleta dos dados com foco no desenho dos mapas, ficando o tratamento estatístico desses dados reservado à fase de “Modelagem dos dados de entrada”. O Apêndice A deste trabalho apresenta uma amostra dos dados coletados para a construção dos mapas dos estados atuais.

A coleta de dados para os processos em estudo ocorreu entre os dias 03/12/2019 e 03/07/2020, por meio de observação direta, cronometragem e extração de dados de registro do *Enterprise Resource Planning* (ERP). O armazenamento desses dados foi feito por meio de planilhas eletrônicas no *software* Excel®. É relevante destacar que as atividades do setor e, conseqüentemente, a coleta de dados, foram afetados pela pandemia provocada pela COVID-19, pois o setor entrou em trabalho remoto devido à necessidade de isolamento social.

Para o desenho dos mapas dos estados atuais, trabalhou-se com valores determinísticos, uma característica do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Optou-se por trabalhar três linhas do tempo, onde uma linha representa os valores mínimos coletados, uma linha do tempo com os valores médios coletados, e uma linha do tempo com os valores máximos coletados, pois quando se trabalha com três linhas do tempo, melhora-se a tomada de decisão, sabe-se qual o *range* em que esses valores podem se localizar,

Já na etapa de “Modelagem dos dados de entrada”, serão utilizados valores estocásticos, uma vantagem proporcionada pela Simulação Computacional, representados pela melhor distribuição de probabilidades apontada pelo processo de *Fitting* automático do *software* Expert Fit®, integrado ao *software* de simulação FlexSim®.

#### 5.1.5 Construção do mapa do estado atual

Os mapas dos estados atuais foram construídos separadamente, seguindo um conceito fundamental do pensamento enxuto para o mapeamento de processos, que é o conceito de família de produtos, já apresentado neste trabalho.

Como os processos acontecem em paralelo, mas não necessariamente iniciam ao mesmo tempo, os mapas dos estados atuais foram desenhados em conformidade com a data em que iniciaram. Para o desenho dos mapas dos estados atuais e futuros, utilizou-se a simbologia proposta por Rother e Shook (2003), apresentada no Anexo 1 deste trabalho, e o *software* Visual Paradigm® versão *web*.

Todos os mapas de fluxo de valor, tanto dos estados atuais quanto dos estados futuros, foram desenhados da mesma forma, seguindo-se os passos indicados em Rother e Shook (2003) e apresentados no Roteiro de Pesquisa.

O primeiro mapa do estado atual desenhado é o da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, que possui como cliente o Aluno, como produto final a expedição de 134 Históricos e acontece sempre ao final de cada período letivo. Cabe destacar que essa quantidade de históricos é variável, pois depende do número de formandos. Esse processo é composto pelas atividades Conferir Notas, Apurar Resultados, Conferir Documentos, Gerar Histórico, Imprimir Histórico, Assinatura Gerente e Arquivar na Pasta. As atividades executadas pelos operadores podem ser realizadas por quaisquer um dos três servidores do setor, não sendo nenhum deles dedicado à estas atividades, parando assim o processo para realizar outras atividades que possam surgir e que sejam de maior urgência. A Gerente do setor também não é dedicada às atividades que ela executa no processo, pois ela tem outras tarefas demandadas pela função que ocupa.

O processo inicia com a conferência das notas, por meio de consulta padronizada no ERP, para verificar se os professores lançaram todas as notas para todos os alunos, pois sem esse lançamento a etapa seguinte de apuração dos resultados não é possível. Foram feitas consultas para a verificação do lançamento nas datas de 02/01/2020, 06/01/2020, 14/01/2020, 15/01/2020, 22/01/2020, 24/01/2020, 28/01/2020, 29/01/2020, 31/01/2020 e 04/02/2020, bem como várias cobranças desses lançamentos aos professores, conforme Quadro 9. No dia 28/01/2020 foi feita uma reunião com o Diretor-Geral para tratar sobre diários com pendências.

Quadro 9 - Solicitação para lançamento de notas pendentes

<b>Data</b>	<b>E-mail para</b>
06/01	Professor
14/01	Professor
24/01	Professor/coordenador de curso/Chefe de departamento
28/01	Professor/coordenador de curso/Chefe de departamento/Diretoria de Ensino
31/01	Professor/coordenador de curso/Chefe de departamento/Diretoria de Ensino

Fonte: A autora

A etapa Apurar Resultados é feita por curso e por meio de fórmulas previamente cadastradas no ERP, em conformidade com o Regimento de Ensino do IFMG, e sua realização só é possível após o lançamento de todas as notas pelos professores. É importante ressaltar que no dia 29/01/2020 foram gastos 2h50m apenas na conferência da apuração de resultados para a identificação de erros, erros esses que geraram um retrabalho de correção com duração de 36

minutos. No dia 13/03/2020 foram reabertos 13 diários a pedido de coordenadores de curso, sendo necessário que a apuração fosse desfeita e executada novamente no dia 17/03/2020, gerando mais retrabalho.

Conferir Documentos consiste em verificar se o aluno entregou toda a documentação exigida no ato da matrícula e se os dados dessa documentação estão corretos no ERP. Caso haja alguma pendência de documentos, o aluno é notificado para que a situação seja regularizada, e caso haja alguma divergência de dados dos documentos no ERP, a correção é realizada.

Dando seguimento ao processo, a etapa Gerar Histórico consiste na execução de geração do relatório contendo o histórico de notas do aluno. Os históricos são gerados individualmente, conferidos antes da impressão e, caso haja algum erro, esses devem ser corrigidos e os históricos gerados novamente. Na amostra em análise, 35% dos históricos tinham erros de geração do sistema (dados não estavam sendo mostrados) e tiveram que ser gerados novamente.

A etapa Imprimir Histórico é realizada individualmente por histórico, após a geração de todos os históricos para cada curso, e na amostra não foi necessária a reimpressão de nenhum histórico.

Após a impressão dos históricos, esses vão em lote para a Assinatura da Gerente do setor, que os assina de acordo com sua disponibilidade de tempo em razão das atividades de gerência que dela são demandadas.

Por fim, após a assinatura da gerente, os históricos são arquivados nas pastas dos alunos e ficam disponíveis para retirada conforme necessidade.

A coleta de dados para o processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo ocorreu entre os dias 02/01/2020 e 13/02/2020, conforme Tabela 1, em uma amostra de 40 alunos de um total de 134 formandos, de 6 cursos distintos.

Tabela 1 - Coleta de dados para o processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo

<b>Atividades</b>	<b>Período</b>	<b>Forma de coleta de dados</b>
Conferir Notas	02/01/2020 a 04/02/2020	Cronometragem
Apurar Resultados	28/01/2020 a 04/02/2020	Cronometragem
Conferir Documentos	03/02/2020	Cronometragem
Gerar Histórico	03/02/2020 e 04/02/2020	Cronometragem
Imprimir Histórico	04/02/2020	Cronometragem
Assinatura Gerente	04/02/2020 a 13/02/2020	Cronometragem
Arquivar na Pasta	14/02/2020	Cronometragem

Fonte: A autora

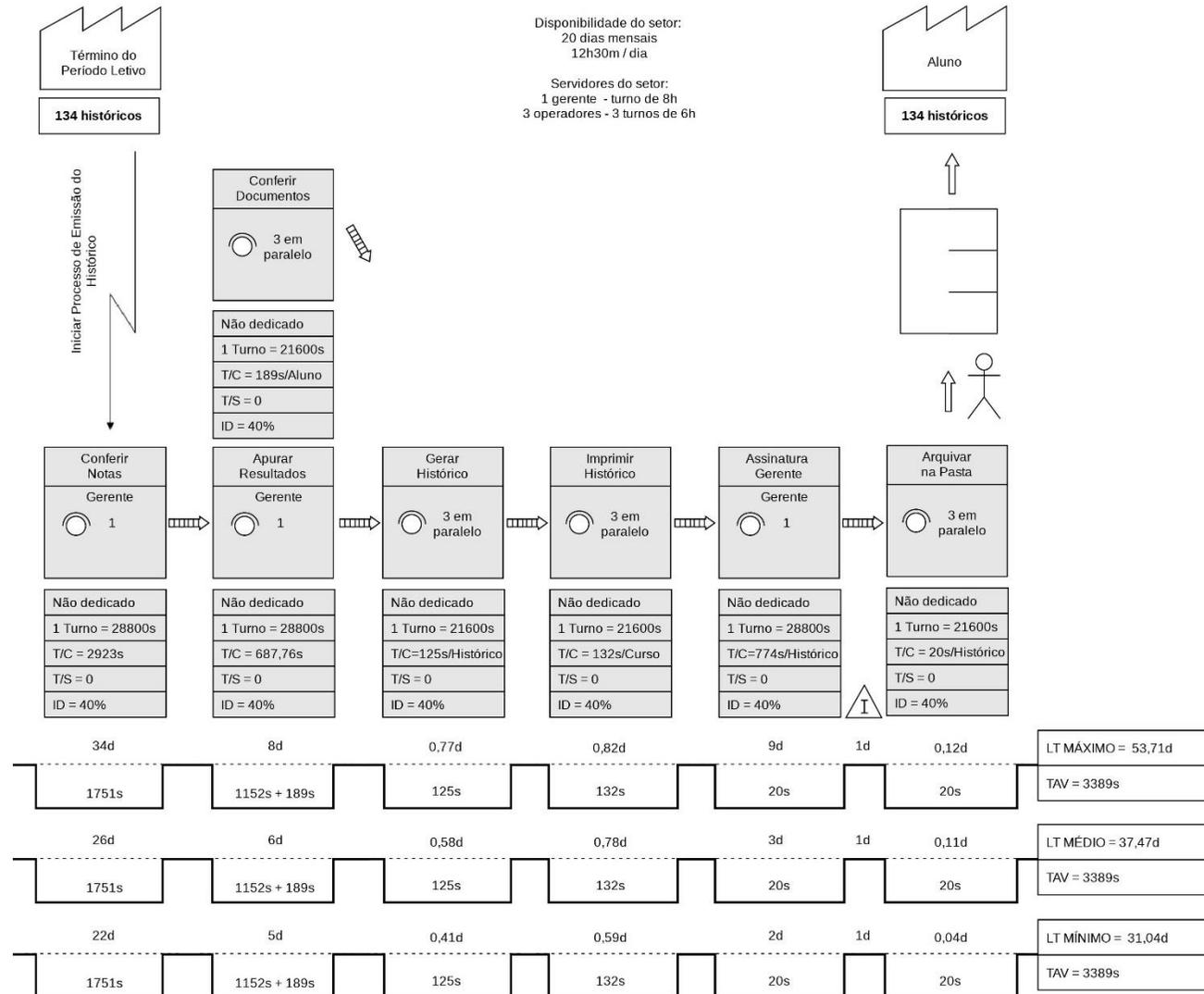
Os dados foram coletados por meio de observação direta e cronometragem de tempo. Foram coletados, pela pesquisadora, dados de TAV, *Lead Time*, datas e horários de início e término das atividades do processo, disponibilidade do setor e dos servidores do setor, e estoques, que neste mapa significam documentos aguardando para serem processados. Esses dados coletados foram registrados e processados em uma planilha do *software* Excel®, e para a construção do mapa, foram usados maiores valores coletados para cada atividade.

No mapa do estado atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo foram identificados os desperdícios de espera (espera por lançamento de notas pelos professores para a apuração de resultados e assinatura da gerente nos históricos), estoque (espera entre as atividades) e correção (retrabalho para gerar novamente e reimprimir históricos gerados com erro pelo ERP).

Na construção do mapa do estado atual da Emissão dos Históricos ao Final do Período Letivo, foram consideradas 3 linhas do tempo: uma com o *Lead Time* máximo, representada pelos maiores valores encontrados na coleta de dados; uma com o *Lead Time* médio, representada pela média simples dos valores encontrados na coleta de dados; e uma com o *Lead Time* mínimo, representada pelos menores valores encontrados na coleta de dados. É importante destacar que nas atividades Conferir Notas, Apurar Resultados e Assinatura Gerente, foram considerados o momento de início e de término da atividade, sendo este o do *Lead Time* máximo dessas atividades, e os *Lead Times* médio e mínimo para essas etapas foram calculados com base na experiência dos servidores do setor.

A Figura 8 mostra o mapa do estado atual da Emissão dos Históricos ao Final do Período Letivo, a partir do qual é possível observar o *Lead Time* máximo de 53,71 dias, um *Lead Time* médio de 37,47 dias, um *Lead Time* mínimo de 31,04 dias, e um TAV de 3.389 segundos.

Figura 8 - MFV do estado atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

O segundo mapa do estado atual desenhado é o da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, que tem como cliente o Aluno, como produto final a expedição de 134 Diplomas e acontece sempre ao final de cada período letivo. Novamente, destaca-se que essa quantidade de diplomas é variável, pois depende do número de formandos. Este processo é composto pelas atividades Registrar Data de Conclusão no ERP, Gerar Diploma, Alterar Situação no SISTEC, Lançar Número SISTEC no ERP, Imprimir Diploma, Assinatura do Gerente no Diploma, Protocolo para Diretoria Geral, Assinatura do Diretor-Geral no Diploma, Protocolo para Reitoria, Assinatura da Gerente no Protocolo da Reitoria, Assinatura do Diretor de Ensino no protocolo da Reitoria, Assinatura do Reitor no Diploma, Arquivar na Pasta. As atividades executadas pelos operadores podem ser realizadas por quaisquer um dos três servidores do setor, não sendo nenhum deles dedicado a essas atividades, parando assim o processo para realizar outras atividades que possam surgir e que sejam de maior urgência. A Gerente do setor também não é dedicada às atividades que ela executa no processo, pois ela tem outras tarefas demandas pela função que ocupa.

A primeira etapa, Registrar Data de Conclusão no ERP, é feita por aluno e consiste em cadastrar no ERP a data em que este concluiu o curso.

A etapa seguinte, Gerar Diploma, é a execução de um processo no ERP, feita em lotes de alunos selecionados pela matriz curricular, para “criar” o diploma no ERP.

A Alteração da Situação do Auno no SISTEC (Sistema Nacional de Informações da Educação Profissional e Tecnológica) consiste em entrar nesse sistema do Governo Federal e registrar a conclusão do curso, alterando a situação dos alunos para o *status* formado.

Ainda no sistema SISTEC, é necessária a validação do diploma, gerando o número SISTEC que deve ser lançado no ERP para constar no verso do diploma. Tanto a alteração do *status* do aluno quanto a validação do diploma são realizadas em lotes de cursos/ciclo de matrícula, e o lançamento do número do SISTEC no ERP é feito individualmente por aluno.

A etapa Imprimir Diploma é a geração do relatório diploma no ERP e a impressão propriamente dita. Os relatórios Diploma são gerados para todos os formandos para depois serem impressos, pois é necessário um *setup* da impressora para ajuste de margens aos pré-impressos enviados pela Reitoria. Não existe uma configuração padrão para esse *setup*, pois todas as vezes em que existe a necessidade de impressão de diplomas, o relatório diploma é gerado com margens diferentes, necessitando sempre de ajustes personalizados.

Após a impressão, os diplomas são encaminhados para assinatura da Gerente do setor.

Dando sequência ao processo, após a impressão dos diplomas é feito um protocolo para ser enviado juntamente a estes ao gabinete do Diretor-Geral, pois o Diretor-Geral também deve

assinar os diplomas. Este protocolo contém a relação nominal dos diplomas enviados, data de entrada e saída no gabinete do Diretor-Geral e assinatura de quem recebeu e devolveu o protocolo com os documentos listados.

Após a Impressão dos Diplomas, um outro protocolo é feito, dessa vez para acompanhar os diplomas para a Reitoria, sendo assinado pela gerente do setor e pelo Diretor de Ensino. Esse protocolo contém, além das assinaturas da gerente do setor e do Diretor de Ensino, o nome e CPF do concluinte, bem como o número e data de registro do diploma.

Os diplomas são então enviados para a Reitoria para assinatura do Reitor via malote, malote esse que vai somente às quartas-feiras. Após a devolução dos diplomas pela Reitoria devidamente assinados pelo Reitor, são feitas cópias desses diplomas, as quais são arquivadas juntamente a estes nas pastas dos alunos, finalizando o processo de Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo.

A coleta de dados para o processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo ocorreu entre os dias 04/02/2020 e 09/03/2020, em uma amostra de 40 alunos de um total de 134 formandos, de 6 cursos distintos, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Coleta de dados para o processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo

<b>Atividades</b>	<b>Período</b>	<b>Forma de coleta de dados</b>
Registrar Data de Conclusão no ERP	04/02/2020	Cronometragem
Gerar Diploma	04/02/2020	Cronometragem
Alterar Situação no SISTEC	10/02/2020	Cronometragem
Lançar Número SISTEC no ERP	10/02/2020	Cronometragem
Imprimir Diploma	10/02/2020	Cronometragem
Assinatura da Gerente no Diploma	10/02/2020 a 13/02/2020	Cronometragem
Protocolo para Diretoria Geral	13/02/2020	Cronometragem
Assinatura do Diretor-Geral no Diploma	13/02/2020 a 17/02/2020	Cronometragem
Protocolo para Reitoria	10/02/2020	Cronometragem
Assinatura Gerente no Protocolo Reitoria	10/02/2020	Cronometragem
Assinatura Diretor Ensino no Protocolo Reitoria	10/02/2020 a 12/02/2020	Cronometragem
Assinatura do Reitor no Diploma	18/02/2020 a 06/03/2020	Cronometragem
Arquivar na Pasta	09/03/2020	Cronometragem

Fonte: A autora

Para o MFV do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, foram coletados dados por meio de observação direta e cronometragem de tempo. Foram coletados, pela pesquisadora, dados de TAV, *Lead Time*, datas e horários de início e término das atividades

do processo, disponibilidade do setor e dos servidores do setor e estoques, que neste mapa significam informações e documentos aguardando para serem processados.

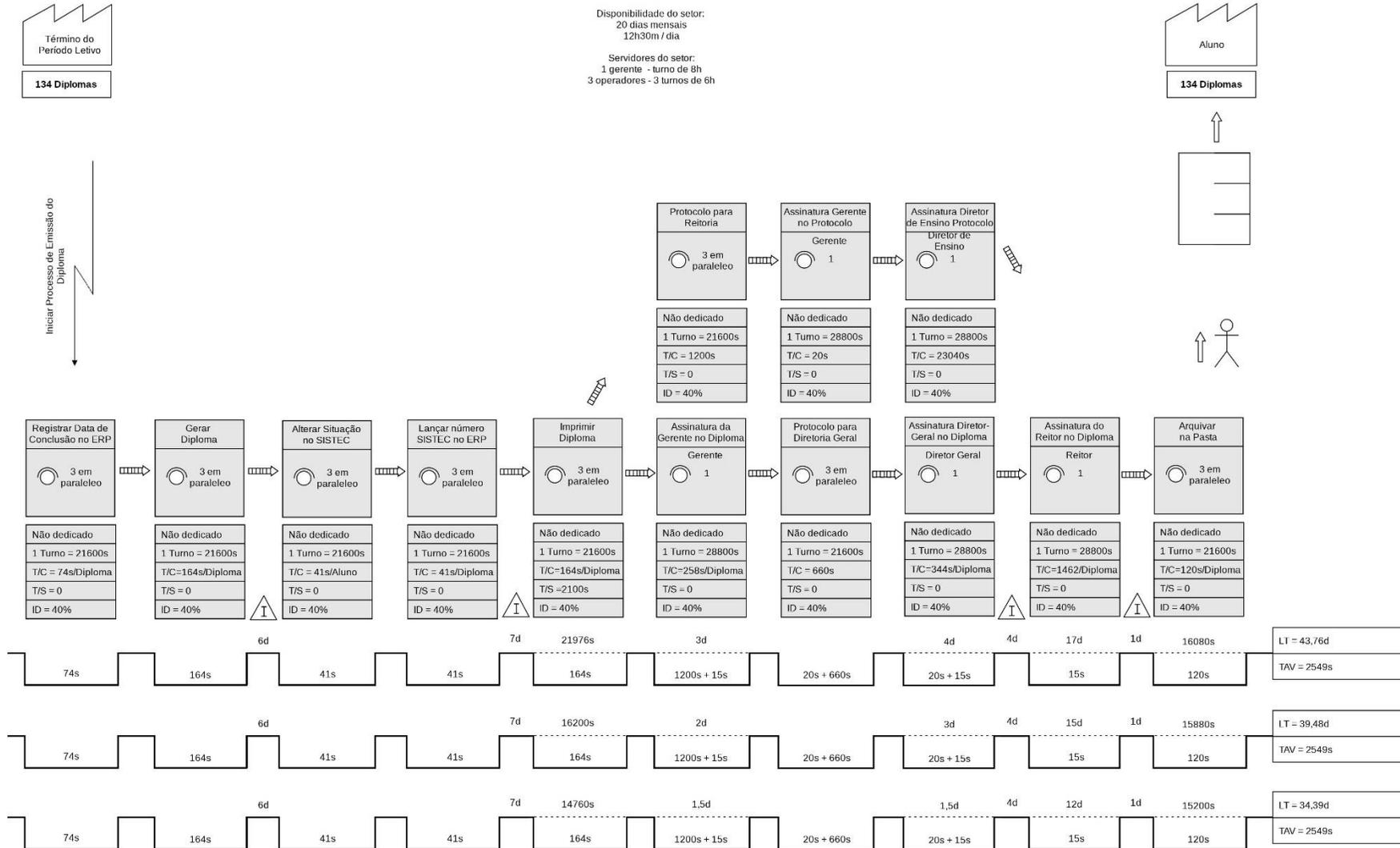
Os dados coletados foram registrados e processados em uma planilha do *software* Excel® e para a construção do mapa foram usados maiores valores coletados para cada atividade.

No MFV atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo foram identificados os desperdícios de superprodução e processamento (existência de dois protocolos distintos); espera (espera por assinatura do Diretor de Ensino no protocolo, assinatura da Gerente nos Diplomas), estoque (espera entre as atividades) e de transporte e de movimentação (deslocamentos para assinatura Diretor de Ensino no protocolo, deslocamento para assinatura do Diretor-Geral nos diplomas).

Na construção do mapa do estado atual da Emissão dos Diplomas ao Final do Período Letivo, também foram consideradas 3 linhas do tempo: uma com o *Lead Time* máximo, representada pelos maiores valores encontrados na coleta de dados; uma com o *Lead Time* médio, representada pela média simples dos valores encontrados na coleta de dados; e uma com o *Lead Time* mínimo, representada pelos menores valores encontrados na coleta de dados. Neste processo, é importante destacar que nas atividades Assinatura da Gerente no Diploma, Assinatura Diretor de Ensino Protocolo, Assinatura Diretor-Geral no Diploma e Assinatura do Reitor no Diploma, foram coletados o momento de início e de término da atividade, sendo este o do *Lead Time* máximo dessas atividades, e os *Lead Times* médio e mínimo para essas etapas foram calculados com base na experiência dos servidores do setor.

A Figura 9 apresenta o mapa do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, a partir do qual é possível observar um *Lead Time* máximo de 43,76 dias, um *Lead Time* médio de 39,48 dias e um *Lead Time* mínimo 34,39 de dias, com um TAV de 2.549 segundos.

Figura 9 - MFV do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

O terceiro e último mapa do estado atual desenhado é o da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo para os cursos técnicos, que possui como clientes Alunos e Professores e como produto final os alunos devidamente matriculados. Foram realizadas, no primeiro semestre de 2020, um total de 235 matrículas de aprovados no processo seletivo, em conformidade com seu Edital. Esse processo consiste em Incluir no ERP, Matricular Alunos, Conferir Dados, Fazer Pastas. As atividades executadas pelos operadores podem ser realizadas por quaisquer um dos três servidores do setor, não sendo nenhum deles dedicado à estas atividades, parando assim o processo para realizar outras atividades que possam surgir e que sejam de maior urgência. A Gerente do setor também não é dedicada às atividades que ela executa no processo, pois ela tem outras tarefas demandadas pela função que ocupa.

A Inclusão no ERP é feita pela Gerente do setor e acontece por meio da importação dos dados dos alunos aprovados para o ERP. A equipe da Reitoria responsável pelo processo seletivo envia para o campus uma planilha, extraída do sistema de inscrição do processo seletivo, com os dados dos aprovados, e essa planilha, após edição para adequação ao formato exigido pelo ERP, é então importada. Quando é feita a importação, o RA (registro acadêmico ou número de matrícula) é criado pelo sistema e vinculado àquele aluno. A importação é feita de acordo com a publicação das chamadas para matrícula publicadas em conformidade com o Edital do processo seletivo vigente.

Após a importação, acontece a matrícula dos alunos no curso e nas disciplinas, realizada também no ERP, já disponibilizando automaticamente a relação de alunos matriculados nas disciplinas para os professores. A matrícula inicial nas disciplinas é feita em lotes, tanto de alunos quanto de disciplinas, à medida em que os alunos são incluídos no ERP e por meio de filtros disponíveis neste sistema.

Dando seguimento, é feita a conferência dos dados importados. Essa etapa consiste não somente na conferência, mas também na correção e cadastro de dados pessoais dos alunos de acordo com a documentação que foi apresentada no ato da matrícula presencial, tais como números de documentos, dados dos pais, endereço, dados da escola anterior, tipo de ingresso, etc.

Após a conferência dos dados, as pastas físicas são confeccionadas. Estas pastas são de cartolina e já vem cortadas e vincadas para dobra. Uma etiqueta contendo RA, nome do aluno e curso é impressa, recortada e colada na pasta com plástico adesivo. A foto 3x4 entregue no ato da matrícula também é colada na pasta com plástico adesivo.

Após a montagem das pastas, estas são arquivadas nos armários de arquivos de alunos em curso.

A coleta de dados para o processo Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo ocorreu entre os dias 13/02/2020 e 28/04/2020, para todo o processo, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Coleta de dados para o processo Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo

Atividades	Período	Forma de coleta de dados
Incluir alunos no ERP	13/02/2020 a 05/03/2020	Relatórios SQL ERP
Matricular os alunos	17/02/2020 a 26/03/2020	Relatórios SQL ERP
Conferir dados	23/03/2020 a 28/04/2020	Cronometragem
Fazer pastas	Em aberto	Cronometragem

Fonte: A autora

Para esse processo foram coletados dados de TAV, *Lead Time*, datas de início e término das atividades do processo, disponibilidade do setor e dos servidores do setor, quantidades de itens processados em cada etapa do processo e estoques, que neste mapa significam informações aguardando para serem processadas.

A coleta dos dados para as atividades Incluir Alunos no ERP e Matricular Alunos desse processo também foi feita por um servidor da Coordenadoria de Gestão de Tecnologia da Informação do *Campus*, por meio de relatórios emitidos por consultas SQL no formato de planilhas do *software* Excel®, representando fielmente as datas em que as atividades foram executadas, bem como seus horários de execução. Nesse mesmo *software* os dados foram tratados e, para a construção do mapa, foram usados maiores valores coletados para cada atividade.

A coleta de dados da etapa Conferir Dados foi realizada por meio de cronometragem realizada pela Gerente do setor, pois esta etapa aconteceu durante o trabalho remoto imposto pela pandemia COVID-19 já mencionado nesta dissertação, impossibilitando esta pesquisadora de coletar estes dados *in loco*.

Os dados coletados para a etapa Fazer Pastas foram baseados na experiência dos servidores do setor, pois devido à falta de materiais para a montagem das pastas e à pandemia COVID-19, até a data de 18/02/2020 esta etapa não havia sido realizada.

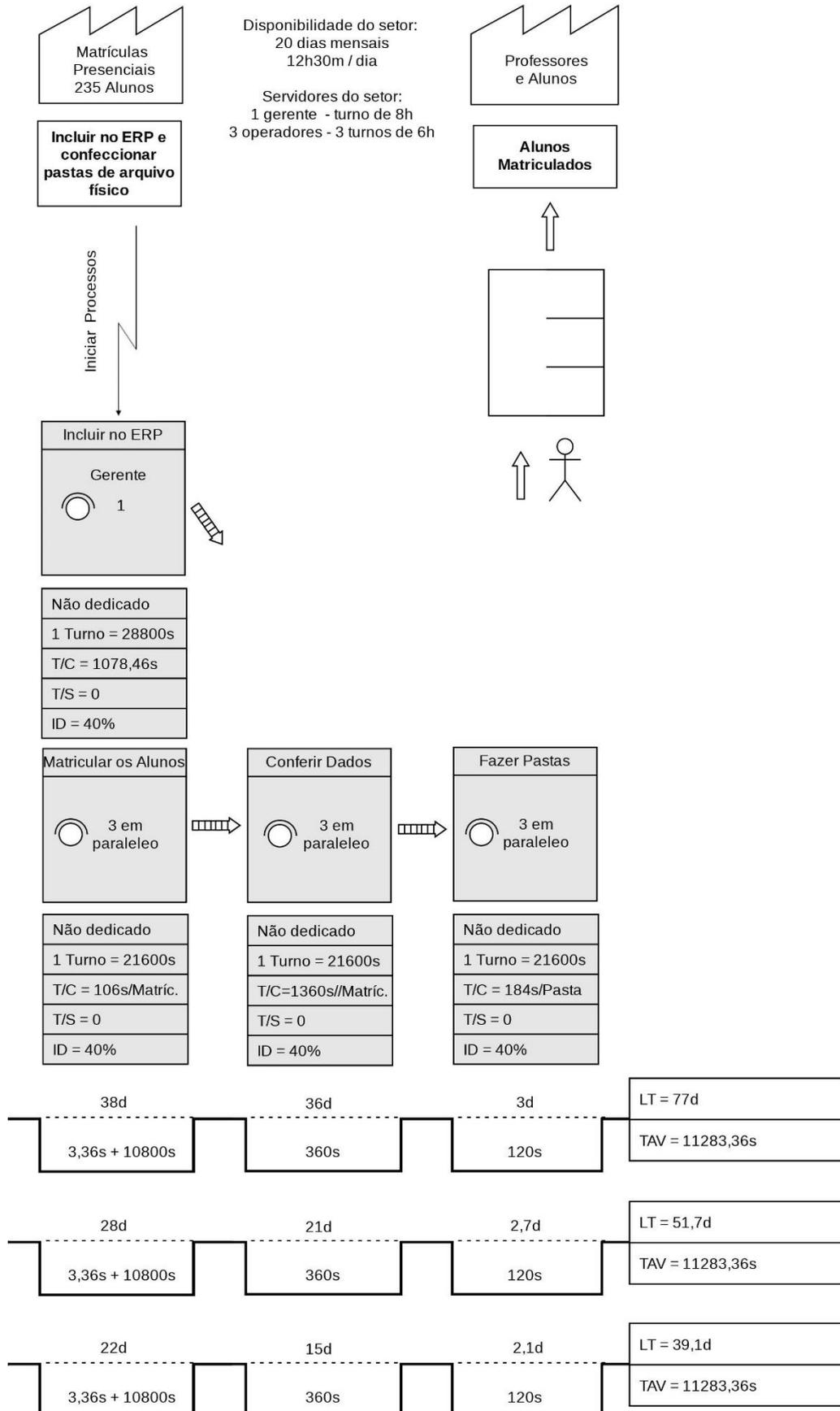
No MFV atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo foram identificados os desperdícios de espera (pelos materiais para fazer as pastas) e desconformidade (conferência e correção de dados).

Na construção do mapa do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, novamente foram consideradas 3 linhas do tempo: uma com o *Lead Time* máximo,

representada pelos maiores valores encontrados na coleta de dados; uma com o *Lead Time* médio, representada pela média simples dos valores encontrados na coleta de dados; e uma com o *Lead Time* mínimo, representada pelos menores valores encontrados na coleta de dados. É importante destacar que na atividade Incluir no ERP, foram coletados o momento de início e de término da atividade, sendo este o do *Lead Time* máximo dessa atividade, os *Lead Times* médio e mínimo para essas etapas foram calculados com base na experiência dos servidores do setor.

A Figura 10 apresenta o mapa do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, a partir do qual é possível observar um *Lead Time* máximo de 77 dias, um *Lead Time* médio de 51,7 dias, um *Lead Time* mínimo de 39,1 dias e um TAV de 11.283,36 segundos.

Figura 10 - MFV do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

Como os processos representados pelos mapas dos estados atuais acontecem em paralelo e os servidores do setor não são dedicados a eles, pode-se observar que existem altos estoques, além de um alto *Lead Time*. Isso se deve ao fato de os servidores pararem no meio dos processos mapeados para atender outras demandas, tanto dos outros processos mapeados quanto de outros serviços prestados pela Gerência que demandam urgência. Esses são os desperdícios classificados por Womack (2006) como *mura's* (irregularidades no ritmo de produção e/ou nas cargas de trabalho), que acabam sendo causas-raiz de *muri's* (sobrecargas) e de *muda's* (os desperdícios, tais como definidos por Ohno (1997)).

Estão presente nos mapas os desperdícios apontados por Tapping e Shuker (2003), tais como de superprodução, com o excesso de impressos e informações; de espera, interrompendo o fluxo do processo devido ao aguardo de assinaturas ou documentos; de estoque, como os impressos e informações aguardando serem processados; de transporte, como os deslocamentos desnecessários ou excessivos dos impressos e informações para a realização do processamento; de movimentação, como os deslocamentos desnecessários ou excessivos dos operadores para a realização das atividades; de desconformidade, como parada do processo normal para execução de inspeções, correções ou descartes; de processamento, como execução de atividades que podem ser eliminadas sem comprometer o valor definido pelo cliente ou usuário.

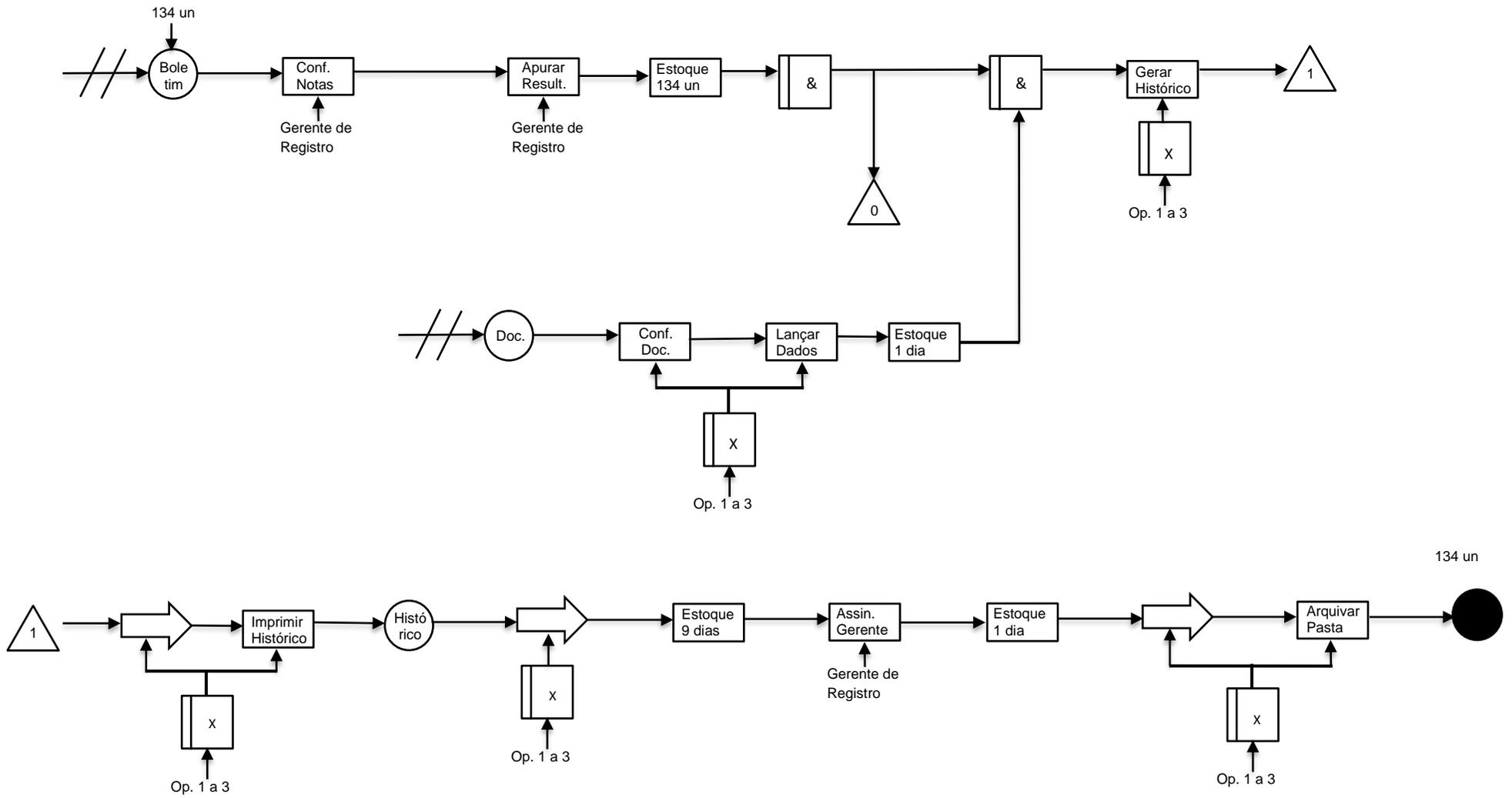
Tanto os desperdícios classificados por Womack (2006) quanto os desperdícios apontados por Tapping e Shuker (2003) serão combatidos e eliminados ou minimizados no desenho dos mapas dos estados futuros e apresentados em momento oportuno.

#### 5.1.6 Conversão do mapa atual em IDEF-SIM

A partir dos mapas dos estados atuais das famílias de serviços selecionadas foram construídos os modelos IDEF-SIM atuais, objetivando a elaboração dos modelos conceituais com informações úteis aos modelos computacionais e permitir a documentação dos modelos. Para a construção dos IDEF-SIM atuais, utilizou-se a simbologia apresentada por Bateman *et al.* (2013) constante no Anexo 2 desta dissertação.

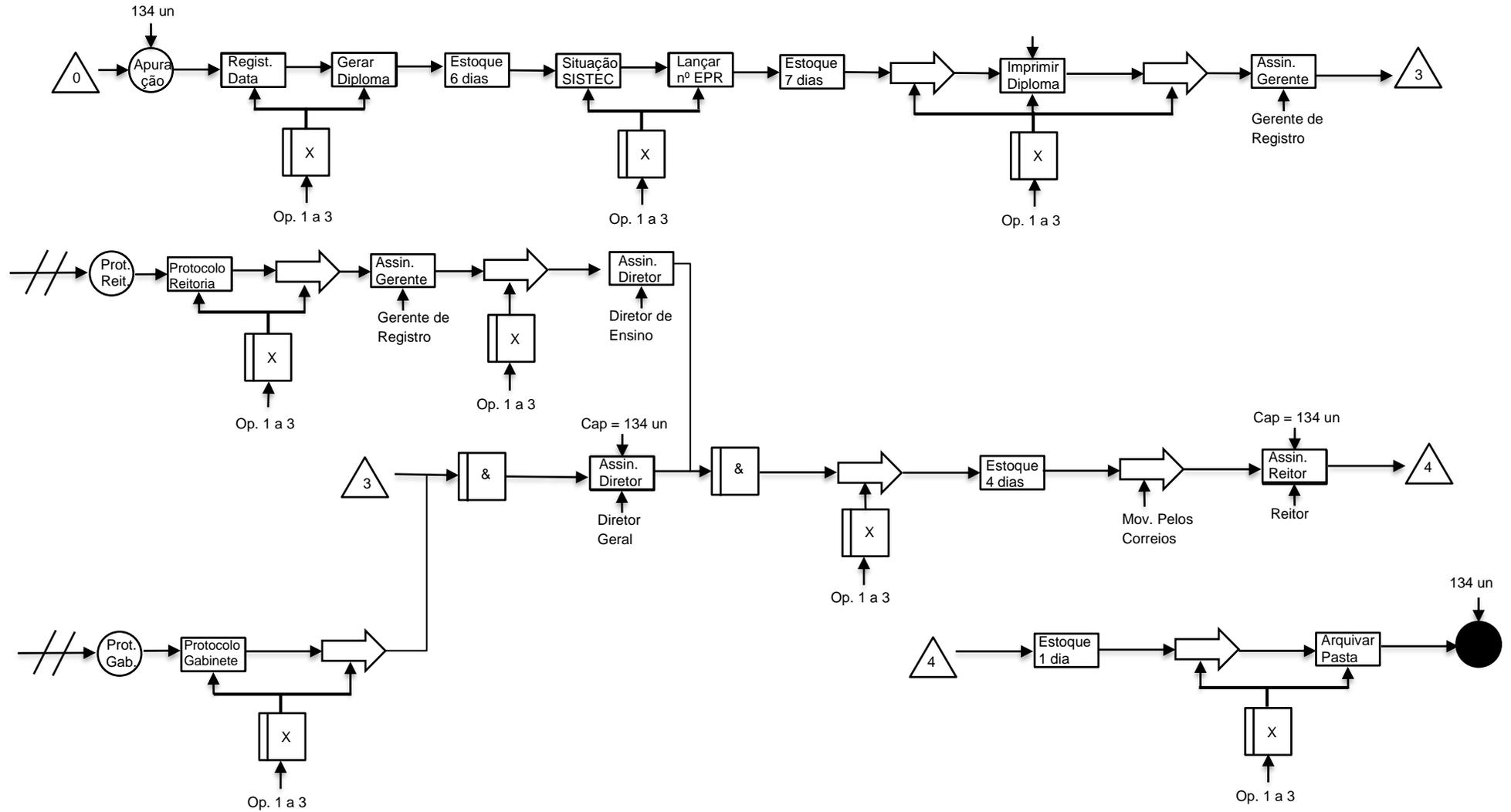
As Figuras 11, 12 e 13 representam a conversão dos mapas dos estados atuais em IDEF-SIM atuais.

Figura 11 - IDEF-SIM do estado atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



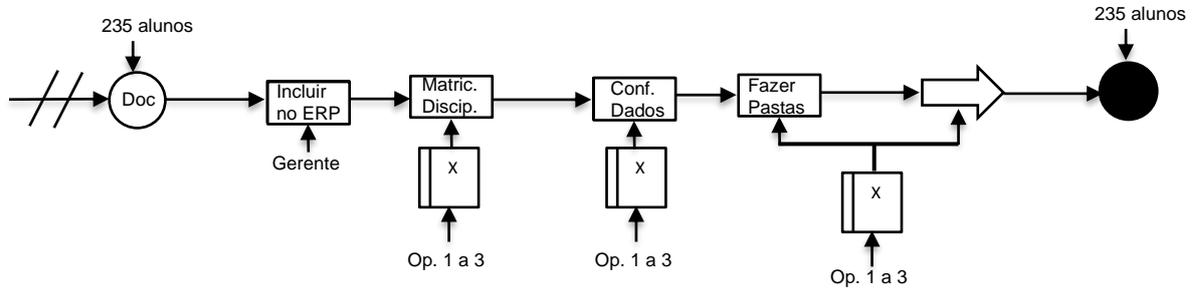
Fonte: A autora

Figura 12 - IDEF-SIM do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 13 - IDEF-SIM do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

### 5.1.7 Validação do modelo conceitual

A técnica para a validação dos modelos conceituais foi a Face a Face citada por Chwif e Medina (2014), onde a pesquisadora apresentou os modelos para a Gerente do setor que também é a Gerente do Fluxo de Valor, que os validaram, por apresentarem lógicas e resultados condizentes com os objetos reais em seus estados atuais.

### 5.1.8 Documentação do modelo conceitual

Os desenhos dos mapas dos estados atuais, Figuras 8, 9 e 10, bem como os IDEF-SIM equivalentes, Figuras 11, 12 e 13, representam, por si, uma forma de documentação dos modelos conceituais.

### 5.1.9 Modelagem dos dados de entrada

Na modelagem dos dados de entrada foram utilizados dados estocásticos e foram feitos os tratamentos estatísticos por meio do *software* Expert Fit®, integrado ao software de simulação FlexSim®. Por meio do Expert Fit®, foram realizados os processos de *Fitting* automáticos, os quais indicaram quais eram as distribuições de probabilidades que melhor se ajustavam a cada conjunto de dados. Essas distribuições apontadas pelo Expert Fit® são apresentadas no Apêndice B deste trabalho. Em seguida, os dados determinísticos foram substituídos pelas distribuições de probabilidades indicadas, transformando os modelos de determinísticos em estocásticos, tal como apresentados na seção 5.2.1.

## 5.2 Etapa de implementação

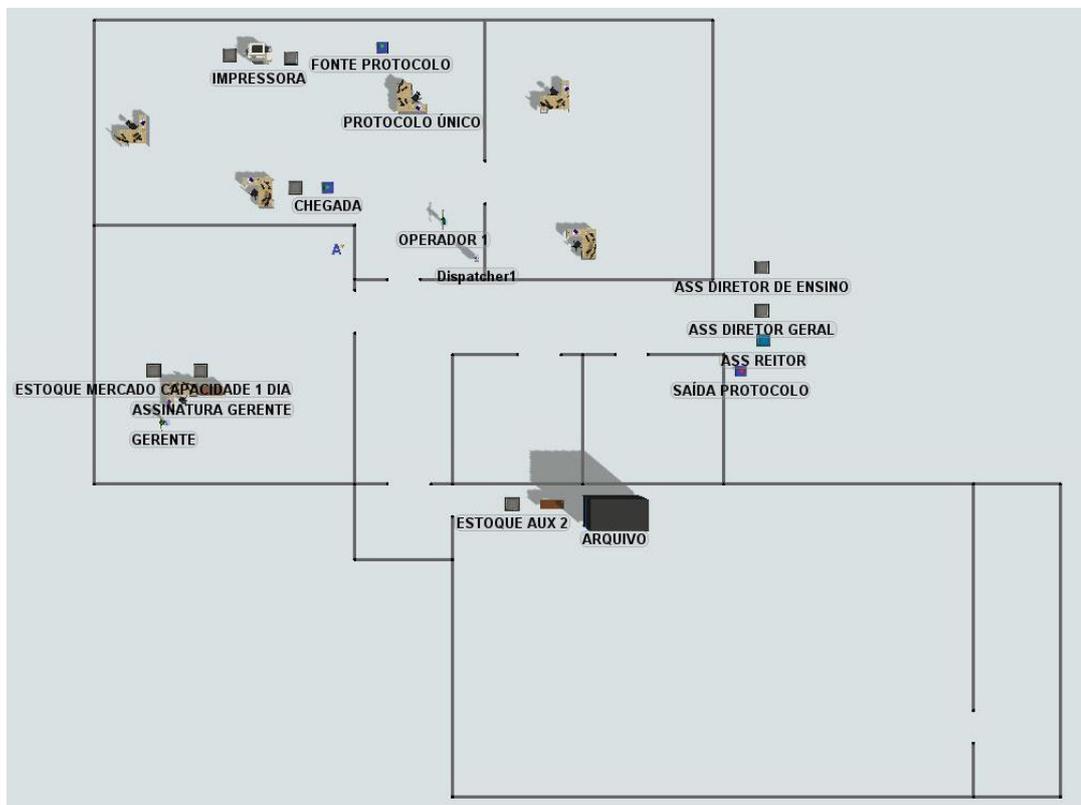
### 5.2.1 Construção do modelo computacional do estado atual

Conforme apresentado no Roteiro de Pesquisa, os modelos computacionais foram construídos no *software* Flexsim® e desenvolvidos em conjunto com um aluno do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, a partir do desenvolvimento de seu Trabalho de Conclusão de Curso, destacando-se que os mapas e a melhorias propostas foram desenvolvidos exclusivamente pela autora.

Para a construção de todos os modelos, o *layout* do setor foi reproduzido a partir de sua planta baixa. As mesas dos operadores, os arquivos e os equipamentos foram dispostos em conformidade com o ambiente de trabalho real. Também foram informados os turnos de trabalho de cada operador em conformidade com seus cargos e atribuições.

A Figura 14 apresenta um “*print*” da tela do Flexsim® com o *layout* modelado correspondente ao sistema real.

Figura 14 - Representação do *layout* modelado a partir do sistema real



Fonte: A autora

Para a construção do primeiro modelo computacional do estado atual, o de Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, a demanda de emissão de 134 históricos do final do período de 2019 foi definida como entrada para a simulação do processo. Também foram definidos os fluxos de atividades e quando estas deveriam acontecer, bem como quais operadores as executariam. Para esse modelo, os deslocamentos físicos de operadores são: entre a mesa do operador e a impressora, entre a mesa do operador e a mesa da gerente, e entre a mesa do operador e o arquivo. Há também trânsito de informações, que ocorre de modo informatizado.

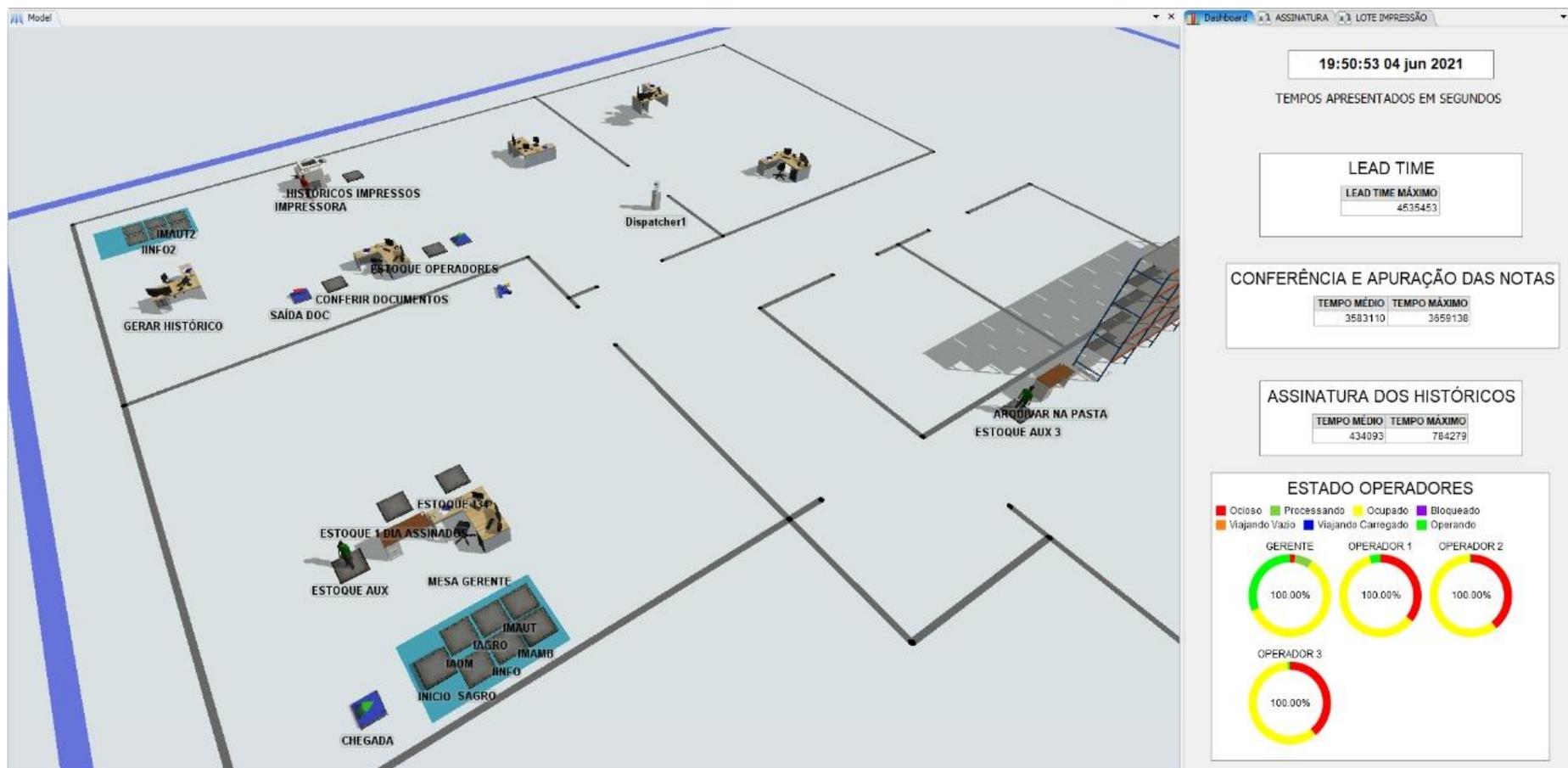
Para a construção do segundo modelo computacional do estado atual, o de Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, a demanda de emissão de 134 diplomas do final do período de 2019 foi definida como entrada para a simulação do processo. Também foram definidos os fluxos de atividades e quando estas deveriam acontecer e quais operadores as executariam. Nesse modelo os deslocamentos físicos de operadores são: entre a mesa do operador e a impressora, entre a mesa do operador e a mesa da gerente, entre a mesa do operador e a Diretoria de Ensino, entre a mesa do operador e a Diretoria Geral, e entre a mesa do operador e o arquivo. Há também trânsito de informações, que ocorre de modo informatizado.

Para a construção do terceiro e último modelo computacional do estado atual, o de Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, foi definida como entrada o número de aprovados no processo, um total de 235 alunos. Também foram definidos os fluxos de atividades e quando estas deveriam acontecer e quais operadores as executariam. Nesse modelo não houve deslocamentos referentes a primeira, segunda e terceira atividades, pois elas são realizadas no ERP. A quarta atividade até o presente momento ainda não foi realizada, mas baseado na experiência dos operadores, para que ela aconteça, o operador deve deslocar-se de sua mesa até o arquivo onde são armazenados os materiais de escritório.

Para os três modelos computacionais dos estados atuais, os tempos de ciclo determinísticos dos mapas dos estados atuais foram substituídos pelas distribuições de probabilidades indicadas pelo processo de *Fitting* automático do ExpertFit® do FlexSim®.

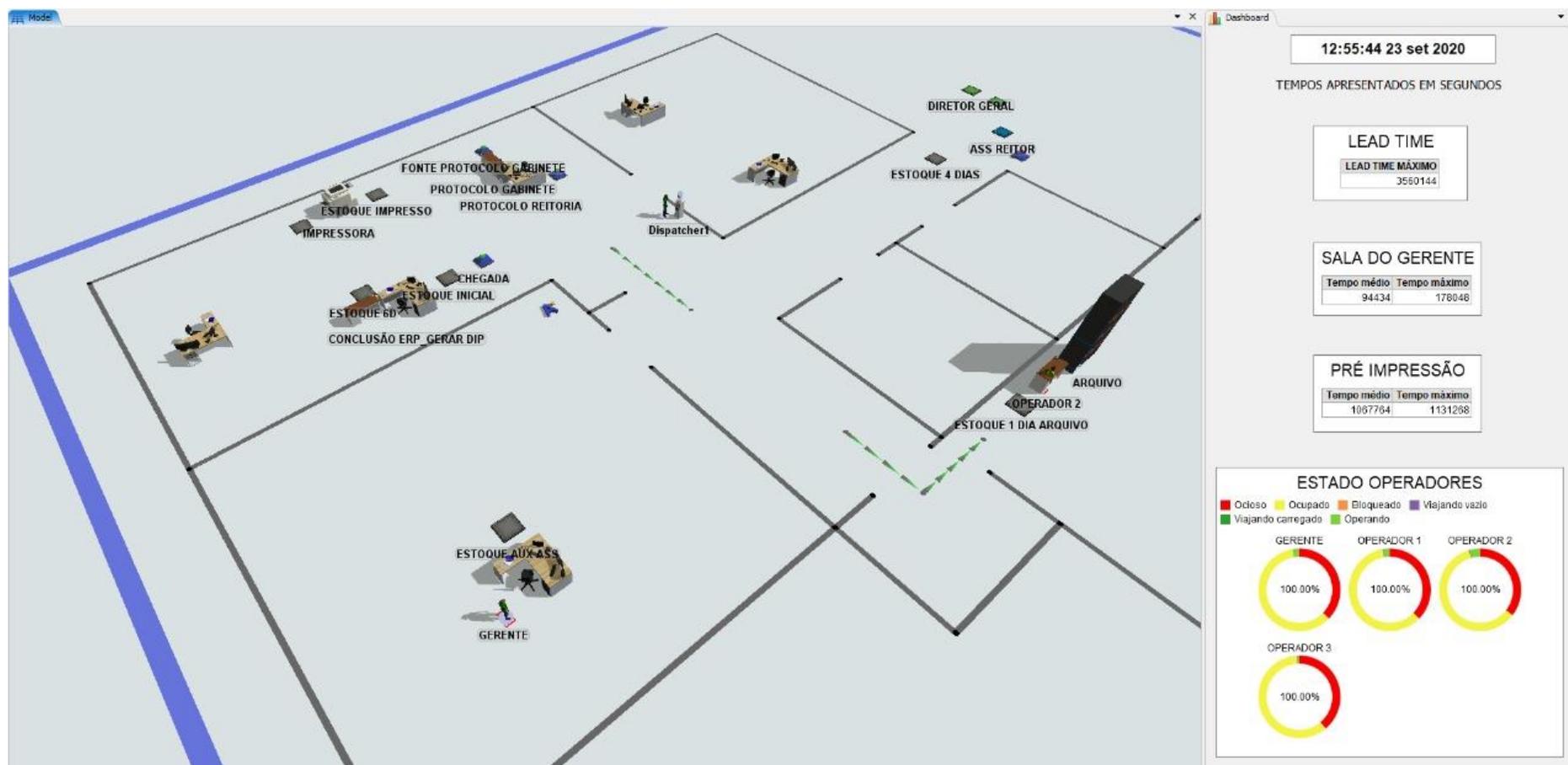
As Figuras 15, 16 e 17 mostram, respectivamente, reproduções da tela do Flexsim® dos modelos computacionais dos estados atuais da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo com os principais indicadores.

Figura 15 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



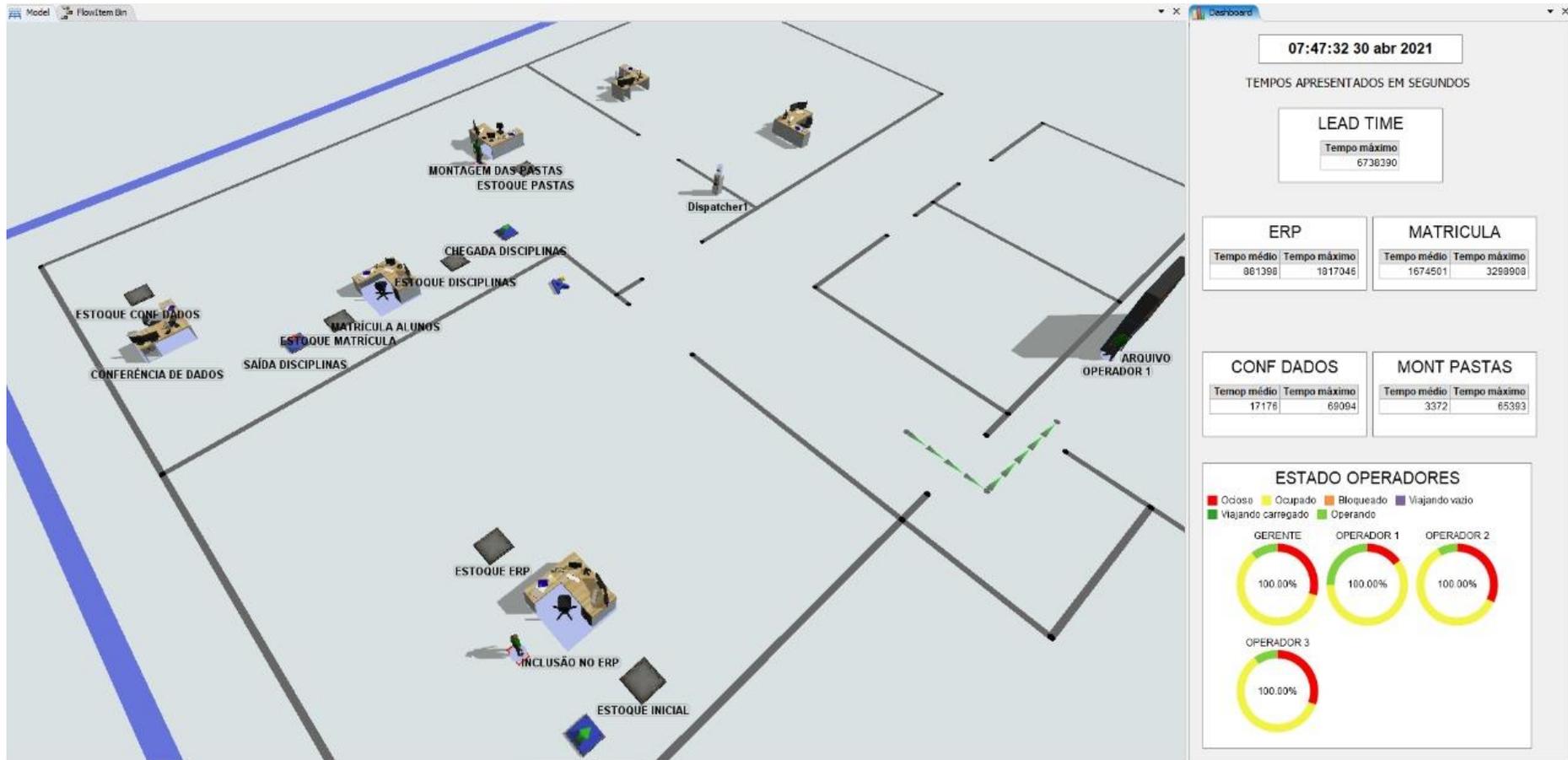
Fonte: A autora

Figura 16 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 17 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

### 5.2.2 Verificação do modelo computacional

Os modelos computacionais dos estados atuais foram verificados conforme proposto no Roteiro de Pesquisa, primeiramente, rodando-se a simulação e monitorando de perto a sua operação (BATEMAN *et al.*, 2013), e, posteriormente, por meio da técnica de implementação modular ou verificação modular. (LAW, 2015; CHWIF; MEDINA, 2014; BATEMAN *et al.*, 2013).

Por meio da implementação modular ou verificação modular, verificou-se que as lógicas e os resultados relativos aos modelos computacionais eram condizentes com os objetos reais em seus estados atuais, assim como com os seus respectivos IDEF-SIM.

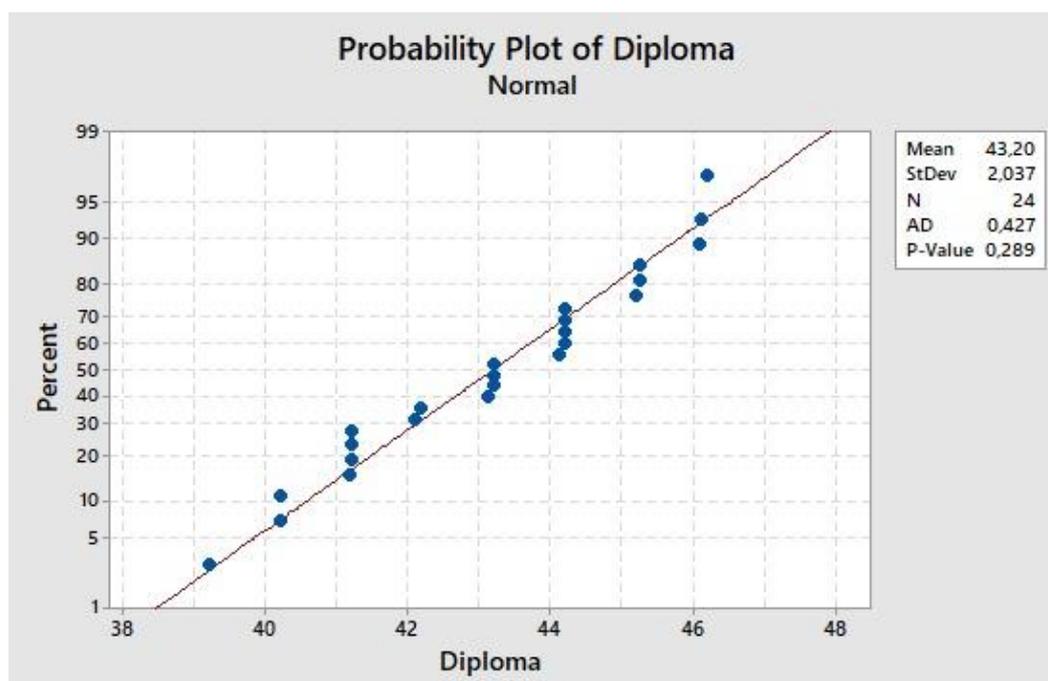
### 5.2.3 Validação do modelo computacional

Baseado em Leal *et al.* (2011), todos os modelos computacionais dos estados atuais foram submetidos às mesmas condições do sistema real e foram programados para simular os processos gerando as mesmas saídas apresentadas nos mapas. Na sequência foram realizados testes de normalidade para os modelos simulados dos estados atuais e testes de hipótese *I-sample t* para validar os modelos atuais e futuros pelas suas médias de *Lead Time*, no software Minitab®.

O teste de normalidade para os dados do modelo computacional do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo apresentou, conforme a Figura 18, um *p-value* de 0,289, maior que o nível de significância de 0,05, sendo aceita assim a normalidade, uma vez que não há evidências estatísticas para refutar a hipótese nula de normalidade.

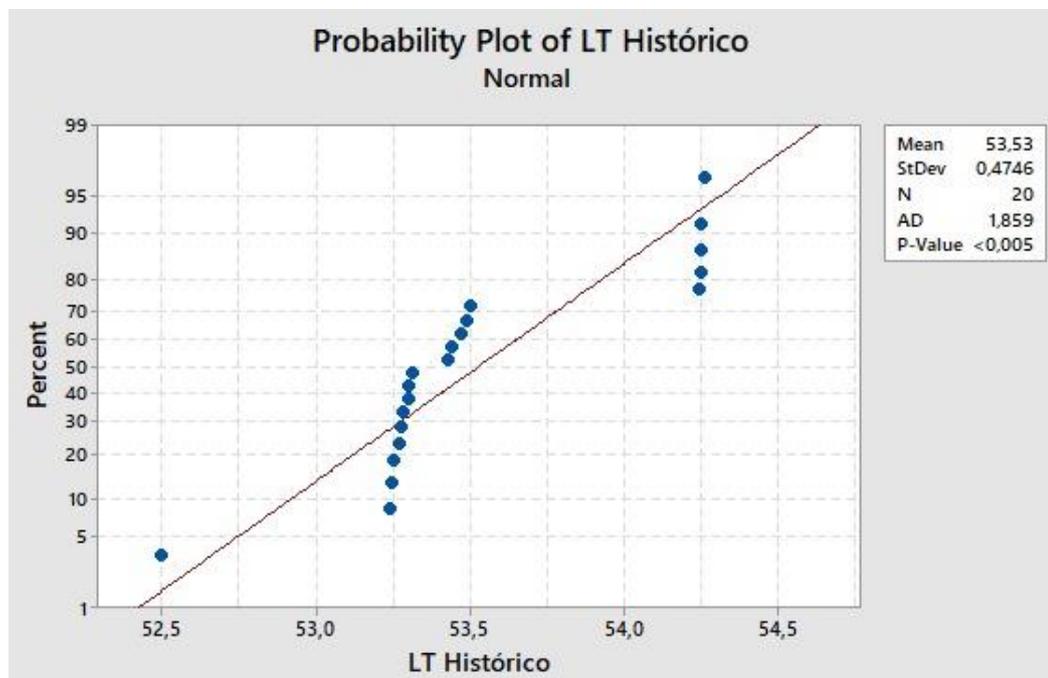
Os testes de normalidade para os modelos computacionais dos estados atuais da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo (Figura 19) e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo (Figura 20), apresentaram, respectivamente, *p-values* com valores <0,005 e 0,036, não sendo aceitas suas normalidades por serem menores que o nível de significância 0,05.

Figura 18 - Teste de normalidade para os dados da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



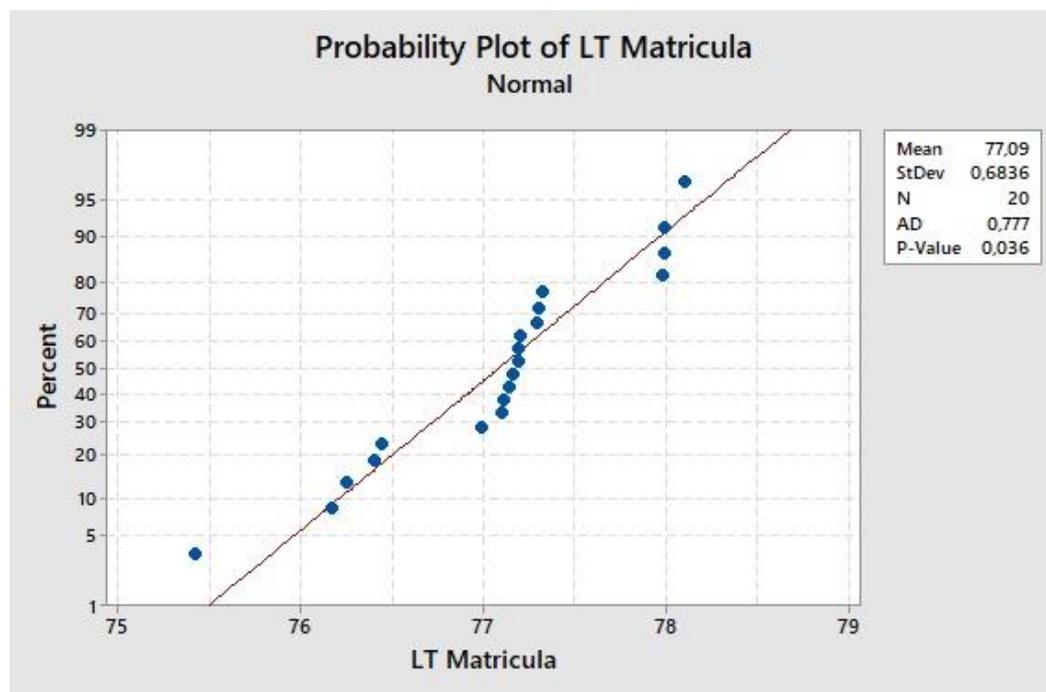
Fonte: A autora.

Figura 19 - Teste de normalidade para os dados da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 20 - Teste de normalidade para os dados da Matrícula Inicial dos Aprovados do Processo Seletivo



Fonte: A autora

Embora os dados da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo tenham apresentado evidências estatísticas que permitam refutar a hipótese nula de normalidade, optou-se, assim mesmo, por se utilizar testes *1-sample t* aos dados de todos os três modelos, mesmo para aqueles que não atenderam à hipótese nula de normalidade. A aplicação justifica-se pelo fato de que os testes paramétricos podem funcionar bem com distribuições distorcidas e não normais, desde que o tamanho amostral seja maior do que 20 (SUPORTE MINITAB, 2019), algo que foi obedecido para todos os dados, e pelo fato de que, baseado na Teoria Central do Limite, a distribuição da média de dados de qualquer distribuição se aproxima da distribuição normal conforme o tamanho amostral aumenta (SUPORTE MINITAB, 2018). A Figura 21 mostra os resultados dos testes *1-sample t* aplicados aos dados dos modelos.

Figura 21 - Resultados dos testes *I-sample t* aplicados aos dados dos modelos computacionais atuais

<b>One-Sample T: LT DIPLOMA</b>							
Test of $\mu = 43,76$ vs $\neq 43,76$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
LT DIPLOMA	20	43,047	2,057	0,460	(42,085; 44,010)	-1,55	0,138
<b>One-Sample T: LT HISTÓRICO</b>							
Test of $\mu = 532,71$ vs $\neq 53,71$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper CI	T	P
LT HISTÓRICO	20	53,529	0,475	0,106	(53,307; 53,751)	-1,71	0,104
<b>One-Sample T: LT MATRÍCULA</b>							
Test of $\mu = 77$ vs $\neq 77$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
LT MATRÍCULA	20	77,088	0,684	0,153	(76,768; 7,407)	0,57	0,573

Fonte: A autora

Os resultados dos testes *I-sample t* resultaram nos *p-values* apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - *P-values* apresentados nos testes *I-sample t* para os dados dos modelos computacionais atuais

<b>Modelo</b>	<b><i>P-value</i> apresentado</b>
Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo	0,104
Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo	0,138
Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo	0,573

Fonte: A autora

Segundo Chwif e Medina (2014), a confiança estatística refere-se a um intervalo de valores que contém a média da população, com certa probabilidade, e para a aplicação dos testes *I-sample t* definiu-se o nível de confiança de 95% (0,95), com o valor de  $\mu =$  ao valor dos *Lead Times* ( $H_0$ ) versus  $\neq$  do valor dos *Lead Times* ( $H_1$ ).

Como os *p-values* foram maiores que o nível de significância 0,05 não há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de igualdade e, desse modo, os modelos computacionais dos estados atuais foram validados. Assim, os modelos computacionais validados correspondem aos modelos operacionais (reais) dos estados atuais, sendo a base para a

construção dos modelos computacionais dos estados futuros baseados nas melhorias propostas na construção dos mapas dos estados futuros. Em outras palavras, dado que os modelos computacionais dos estados atuais foram validados, isto é, representam os objetos reais dentro dos parâmetros estatísticos adotados, deve-se esperar que os impactos causados pela incorporação, nos modelos computacionais dos estados atuais, das melhorias alinhadas aos conceitos enxutos, sejam condizentes com aqueles esperados pela incorporação, nos objetos reais, dessas mesmas melhorias. Com isso, será possível não só visualizar antecipadamente o funcionamento esperado dos sistemas reais, como, principalmente, os resultados esperados quando tais sistemas forem submetidos às melhorias propostas, o que contribuirá para a diminuição da resistência à implementação dos conceitos e ferramentas enxutas nesses objetos reais.

### **5.3 Etapa de análise**

#### **5.3.1 Construção do mapa do estado futuro**

Os mapas dos estados futuros foram construídos implementando-se os conceitos e ferramentas enxutos para a melhoria dos processos e eliminação dos desperdícios identificados na construção dos mapas dos estados atuais.

Para eliminar as causas-raiz dos desperdícios identificados durante a construção dos mapas dos estados atuais da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, o mapa do estado futuro propõe: eventos *kaizen* junto à Diretora de Ensino, professores, Gestão de Pessoas e Gerência do Setor para eliminar o desperdício de espera; colocar uma canaleta FIFO para eliminar o desperdício de estoque; e reforçar junto à equipe responsável pelo ERP as consequências que erros nesse sistema trazem.

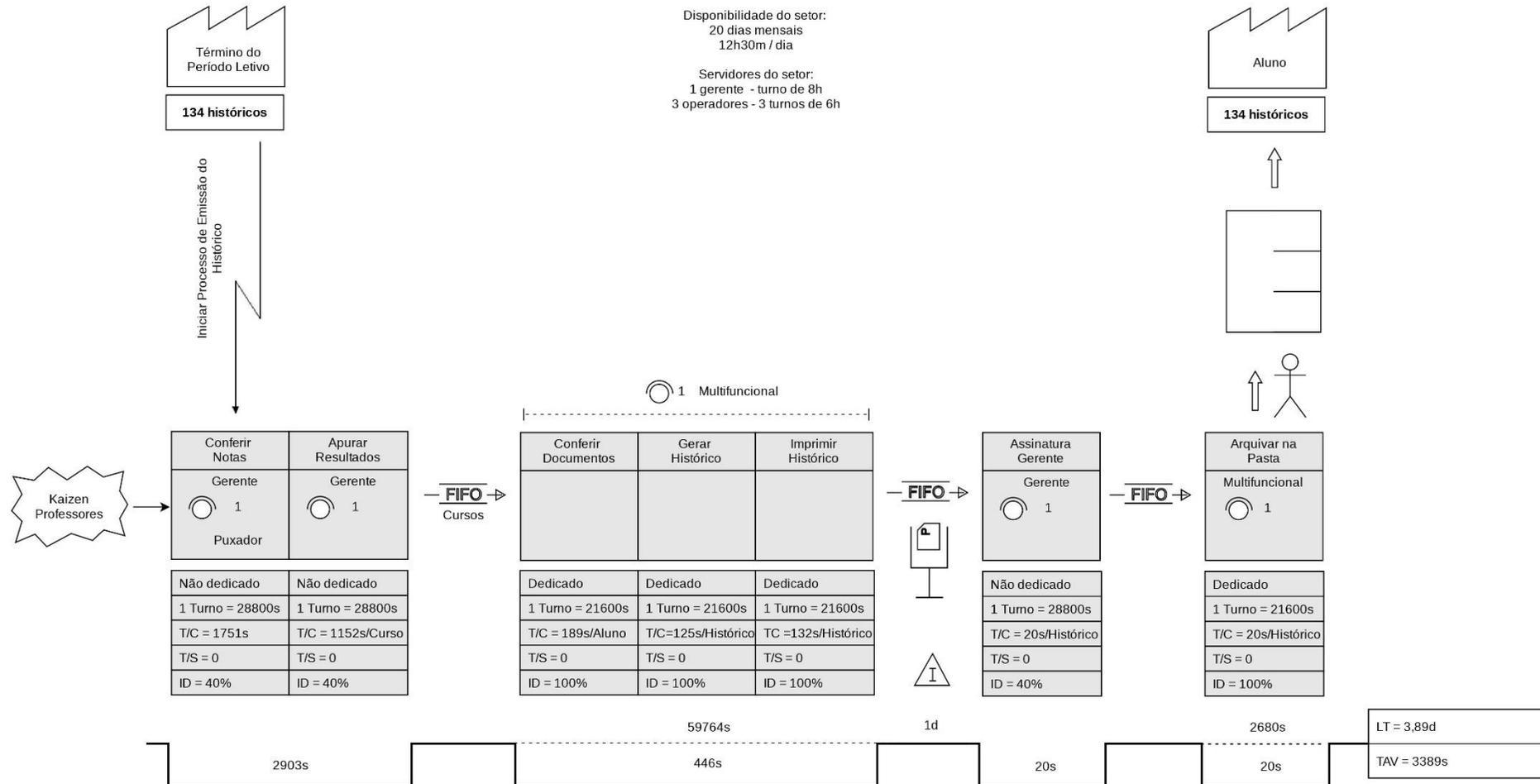
As atividades realizadas pela Gerente não sofrerão alterações na disponibilidade, pois esta tem outras tarefas que são inerentes ao cargo de Gerente. Quanto as demais atividades, diferentemente do mapa do estado atual, onde quaisquer dos operadores recebiam e realizavam as atividades do processo, no mapa do estado futuro somente um operador será dedicado a realização dessas atividades.

O TAV não sofreu alterações, pois este é um tempo de execução do ERP, enquanto o *Lead Time* passou de 53,71 para 3,89 dias, uma redução de 49,82 dias ou 92,8%. Essa redução será possível com a realização de *kaizens* junto aos professores e a Gerência do setor. A maior parte do *Lead Time* atual de 53,71 dias é devido às atividades Conferir Notas (34 dias) e Apurar

Resultados (8 dias), pois os professores não lançam as notas no tempo previsto e, com o não lançamento das notas, a Apuração de Resultados é prejudicada e o processo de emissão dos históricos fica parado.

A Figura 22 apresenta o mapa do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo.

Figura 22 - MVF do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

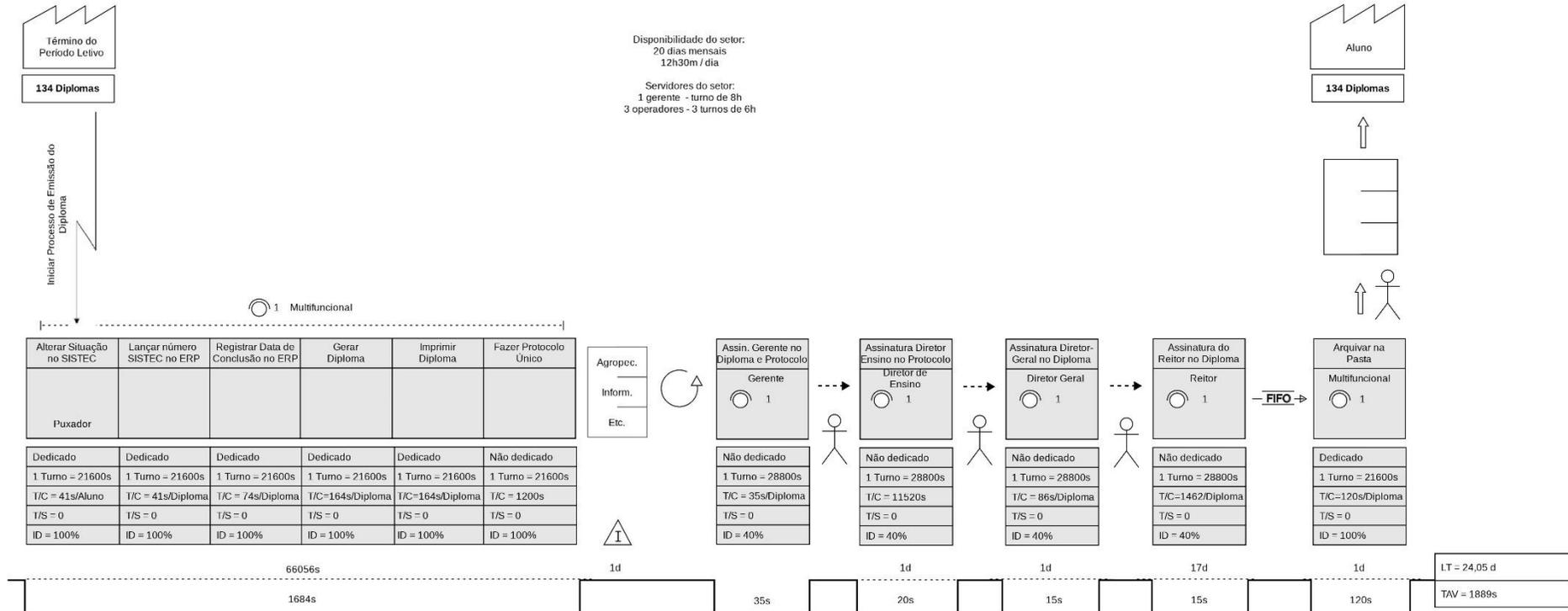
Para eliminar desperdícios identificados durante a construção do mapa do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, o mapa do estado futuro propõe: eliminação do protocolo para o Gabinete do Diretor Geral, sendo então expedido um protocolo único que servirá tanto ao Gabinete do Diretor-Geral quanto à Reitoria, eliminando assim os desperdícios de superprodução, de processamento, de transporte e de movimentação; *kaizen* junto à Diretora Geral e à Gerência do setor para eliminar o desperdício de espera; criação de um célula de trabalho para que todas as atividades realizadas pelo operador do setor sejam realizadas de uma só vez, estabelecendo-se um fluxo contínuo (e unitário) entre as atividades, implementação de um supermercado e canaleta FIFO entre atividades para eliminar o desperdício de estoque.

As atividades realizadas pela Gerente, pelo Diretor-Geral e pelo Reitor não sofrerão alterações na disponibilidade, pois estes têm outras tarefas que são inerentes aos cargos que ocupam. Quanto às demais atividades, diferentemente do mapa do estado atual, onde quaisquer dos operadores recebiam e realizavam as atividades do processo, no mapa do estado futuro somente um operador será dedicado a realização dessas atividades.

Com a eliminação de atividades, o TAV sofreu uma redução de 660 segundos, enquanto o *Lead Time* passou de 43,76 dias para 24,05 dias, uma redução de 19,71 dias ou 45,0%.

A Figura 23 apresenta o MVF do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo.

Figura 23 - MVF do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Para eliminar desperdícios identificados durante a construção do mapa do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, o mapa do estado futuro propõe: planejamento junto à Diretoria de Administração do Campus para aquisição de materiais na quantidade certa e na bora certa para fazer as pastas, eliminando assim o desperdício de espera; verificar junto à TI do *Campus*/Reitoria a possibilidade de ajustar o sistema de inscrição no processo seletivo para que os campos de inserção de dados aceitem apenas dados no formato exigido para aquela informação/documento, diminuindo assim o desperdício de desconformidade com correções.

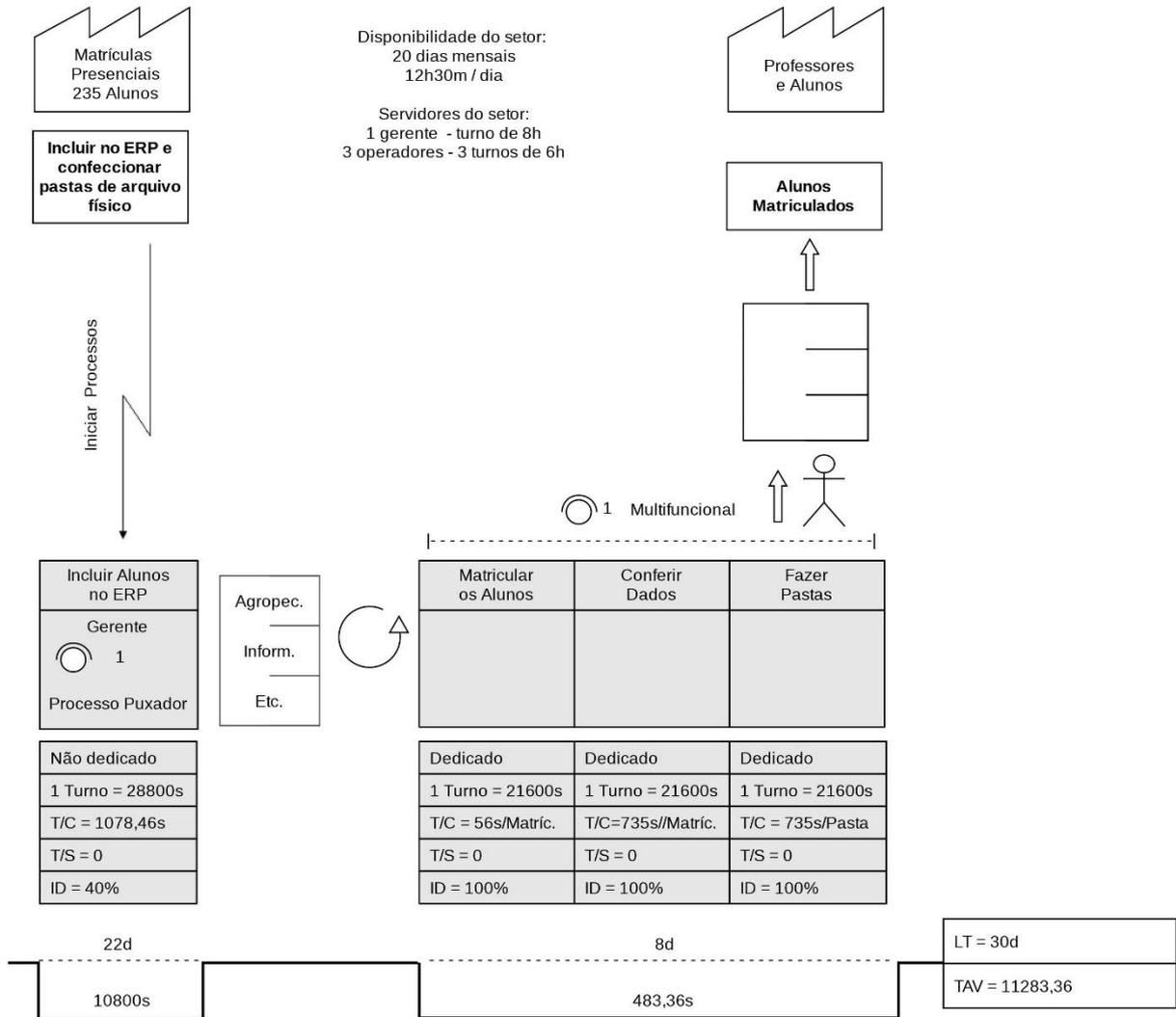
Este processo depende do Edital de Processo Seletivo realizado para todo o IFMG e deve ser realizado nas datas conforme determinam os Editais do Processo Seletivo, mas com a eliminação dos desperdícios dos processos de Emissão de Históricos e Diplomas ao Final do Período Letivo, que deverão estar finalizados antes do início deste processo, os operadores dedicarão seu tempo a sua execução e ao processo de matrícula presencial (que literalmente interrompe todas as atividades do setor).

As atividades realizadas pela Gerente não sofrerão alterações na disponibilidade, pois esta possui outras tarefas que são inerentes ao cargo de Gerente. Quanto as demais atividades, diferentemente do MFV do estado atual onde quaisquer dos operadores recebe e realiza as atividades do processo, no MFV do estado futuro apenas um operador será dedicado a realização dessas atividades.

O TAV não sofreu alterações, pois as atividades desse processo foram mantidas, enquanto o *Lead Time* passou de 77 dias para 30 dias, uma redução de 47 dias ou 61,0%.

A Figura 24 apresenta o mapa do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo.

Figura 24 - MVF do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo

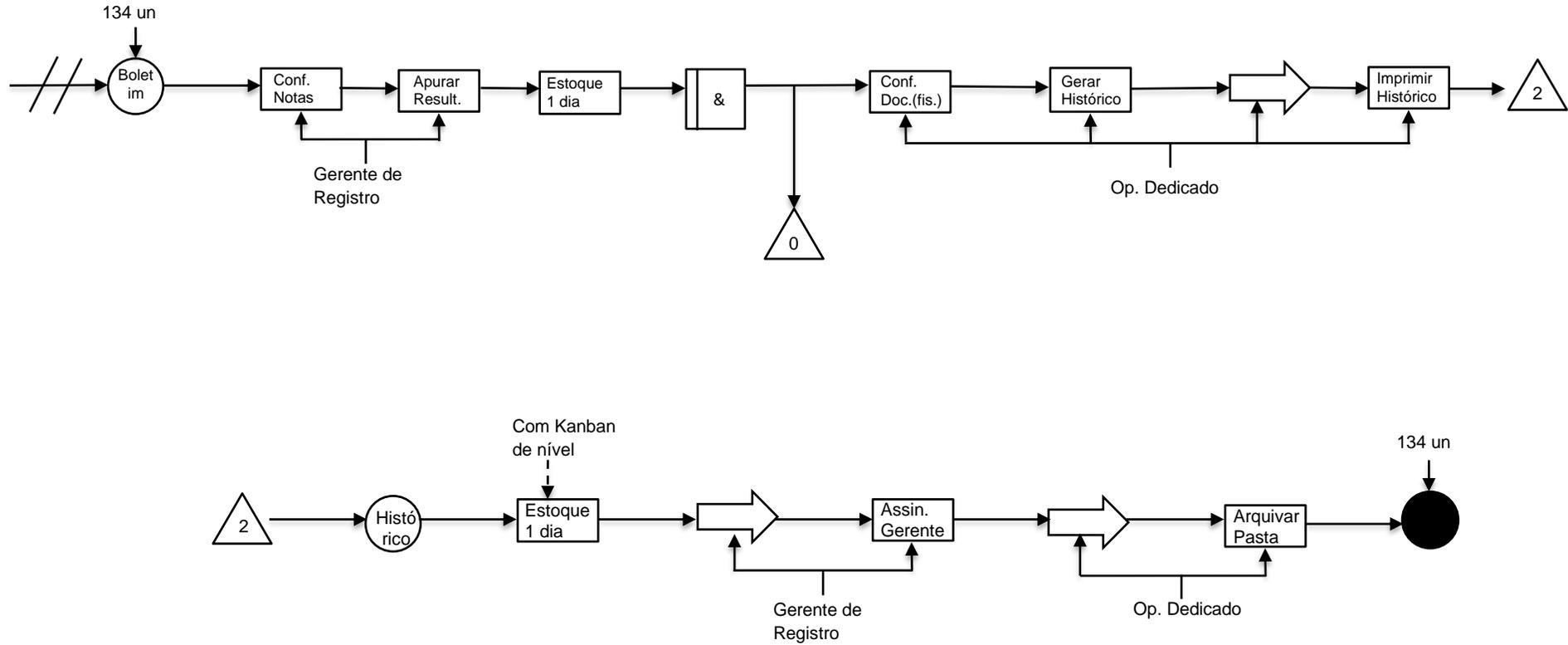


Fonte: A autora

### 5.3.2 Conversão do mapa futuro em IDEF-SIM futuro

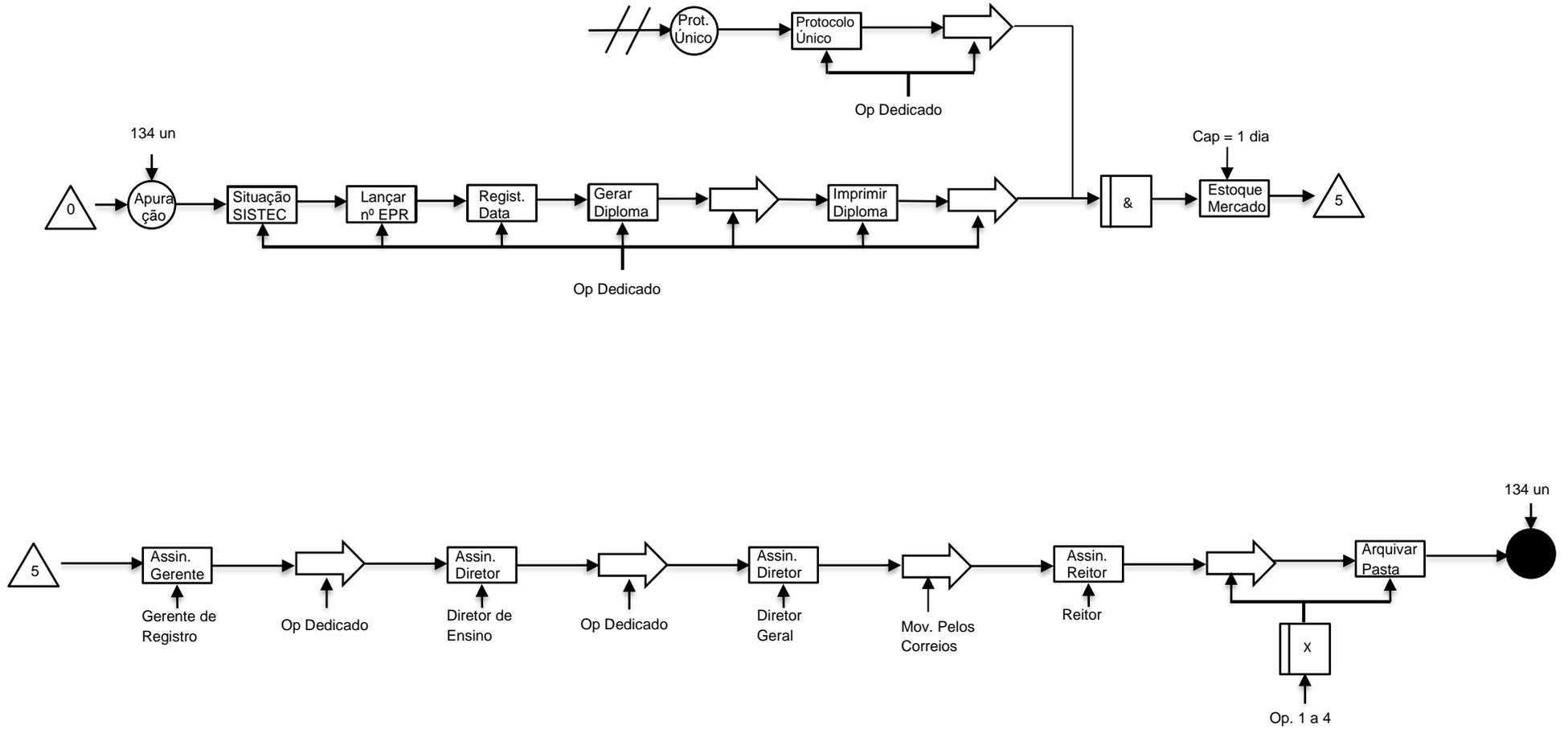
A partir dos mapas dos estados futuros das famílias de serviços selecionadas foram construídos os modelos IDEF-SIM futuros, utilizando-se a simbologia apresentada por Bateman *et al.* (2013) constante no Anexo 1 desta dissertação, conforme Figuras 25, 26 e 27.

Figura 25 - IDEF-SIM do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



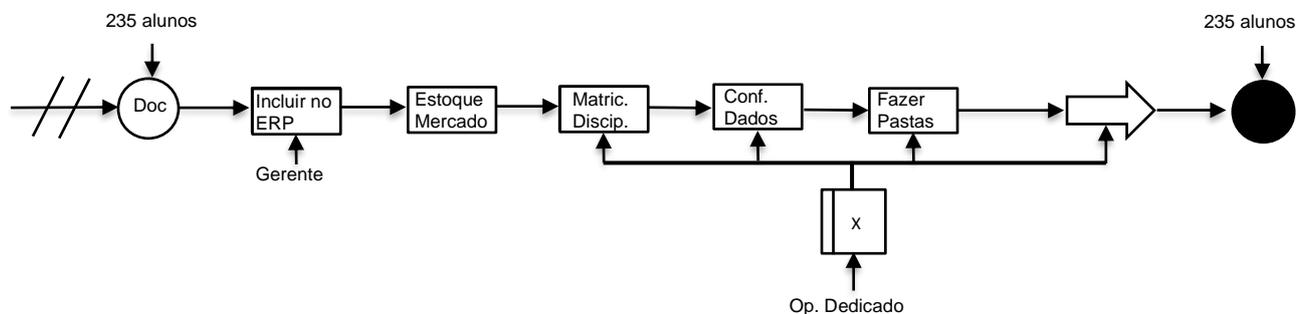
Fonte: A autora

Figura 26 - IDEF-SIM do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 27 - IDEF-SIM do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

### 5.3.3 Construção do modelo computacional do estado futuro - experimentos simulados

A partir da construção dos IDEF-SIM futuros, os modelos computacionais dos estados futuros foram construídos no *software* Flexsim®. É importante destacar que as entradas dos modelos futuros se mantiveram em relação aos modelos computacionais atuais e que essa fase de construção dos modelos computacionais dos estados futuros abrange também a fase de Definição e Execução dos Experimentos.

No processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo foram realizadas as seguintes alterações:

- criação de uma célula (célula 01) com as atividades Conferir Notas e Apurar Resultados realizadas pela gerente, sem alteração da disponibilidade da mesma em virtude de outras tarefas pertinentes ao cargo ocupado;
- criação de uma célula (célula 02) com as atividades realizadas por um operador dedicado (Conferir Documentos, Gerar Histórico e Imprimir Histórico);
- implementação de duas canaletas FIFO após as células 01 e 02, e entre as atividades Assinatura Gerente e Arquivar na Pasta, com a finalidade de armazenar somente uma quantidade limitada de estoque, mantendo o fluxo das atividades.

No processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo foram realizadas as seguintes alterações:

- criação de uma célula com todos os processos que acontecem no setor com um operador dedicado, eliminando assim os estoques;

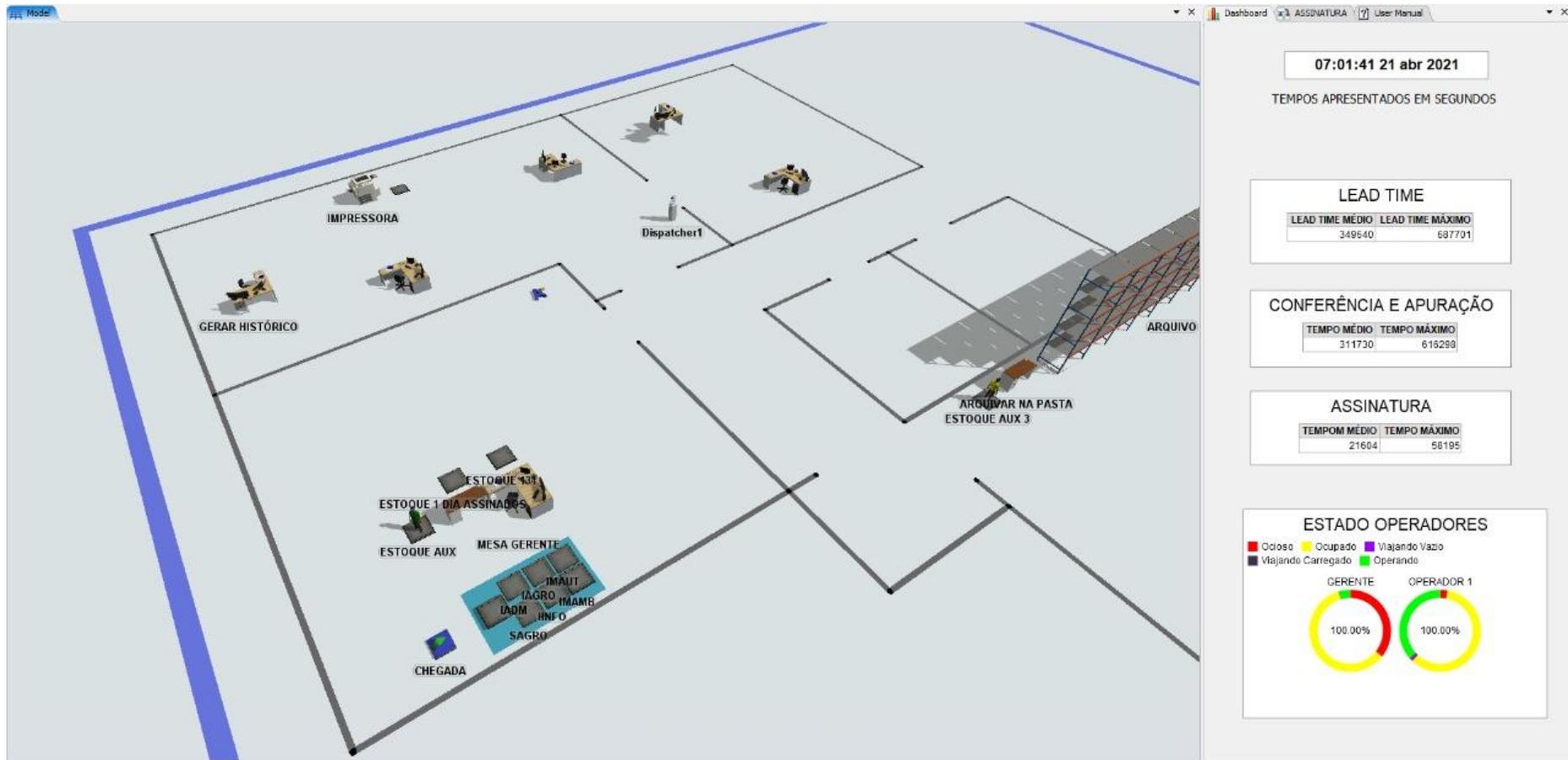
- implementação de um supermercado após a célula, para a organização dos diplomas que são impressos em lotes por curso;
- criação da atividade Fazer Protocolo Único;
- eliminar as atividades Protocolo para Reitoria e Protocolo para Diretoria Geral;
- implementação de uma canaleta FIFO antes da atividade Arquivar na Pasta mantendo o fluxo das atividades.

No processo Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo foram realizadas as seguintes alterações:

- criação de uma célula com as atividades Matricular Alunos, Conferir Dados e Fazer Pasta, com um operador dedicado;
- implementação de um estoque de supermercado após a atividade Incluir Alunos no ERP pois as atividades da célula acontecem por curso.

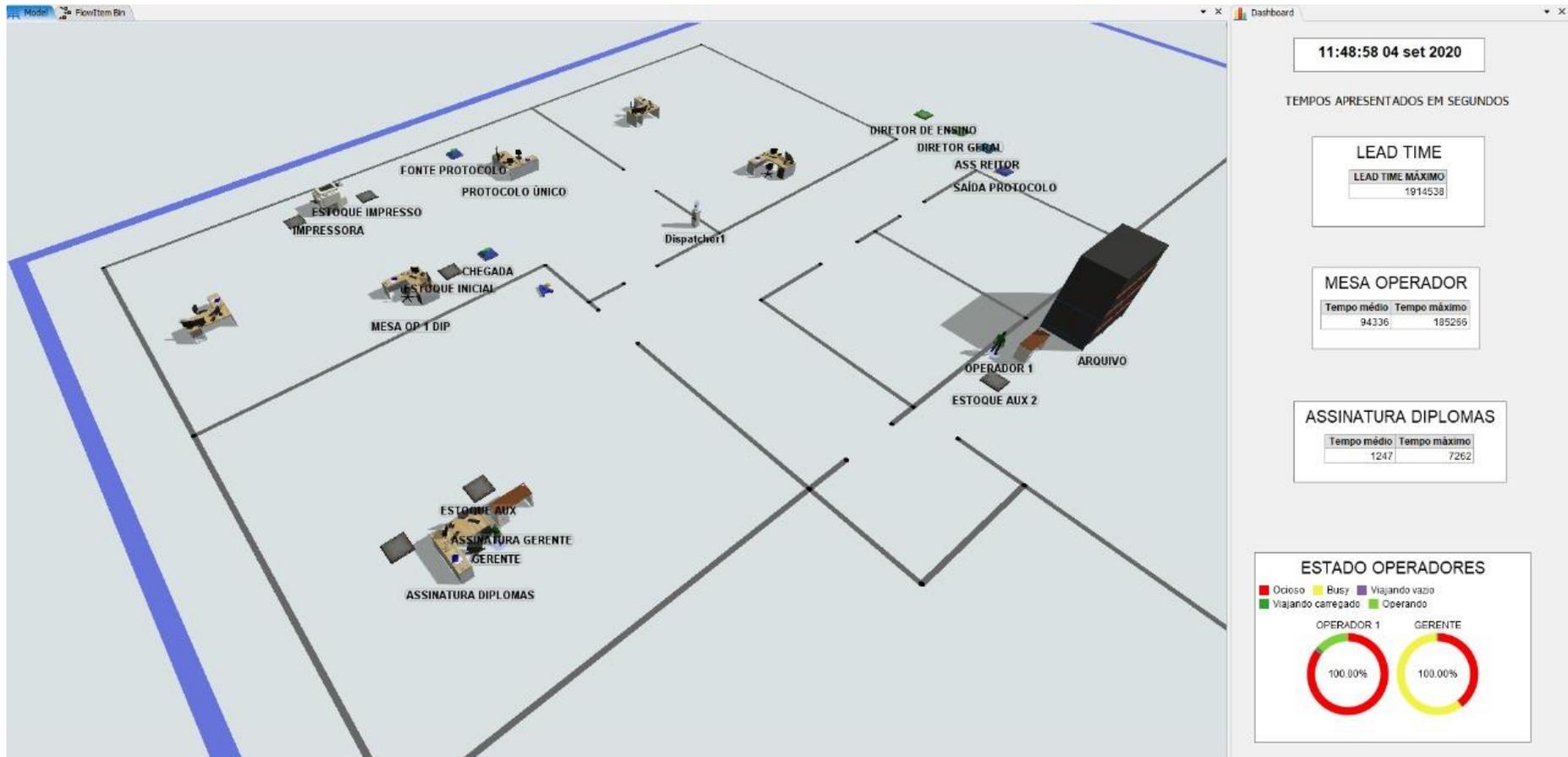
As Figuras 28, 29 e 30 reproduzem as telas do FlexSim® do modelo computacional dos estados futuros da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, respectivamente, com os principais indicadores.

Figura 28 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



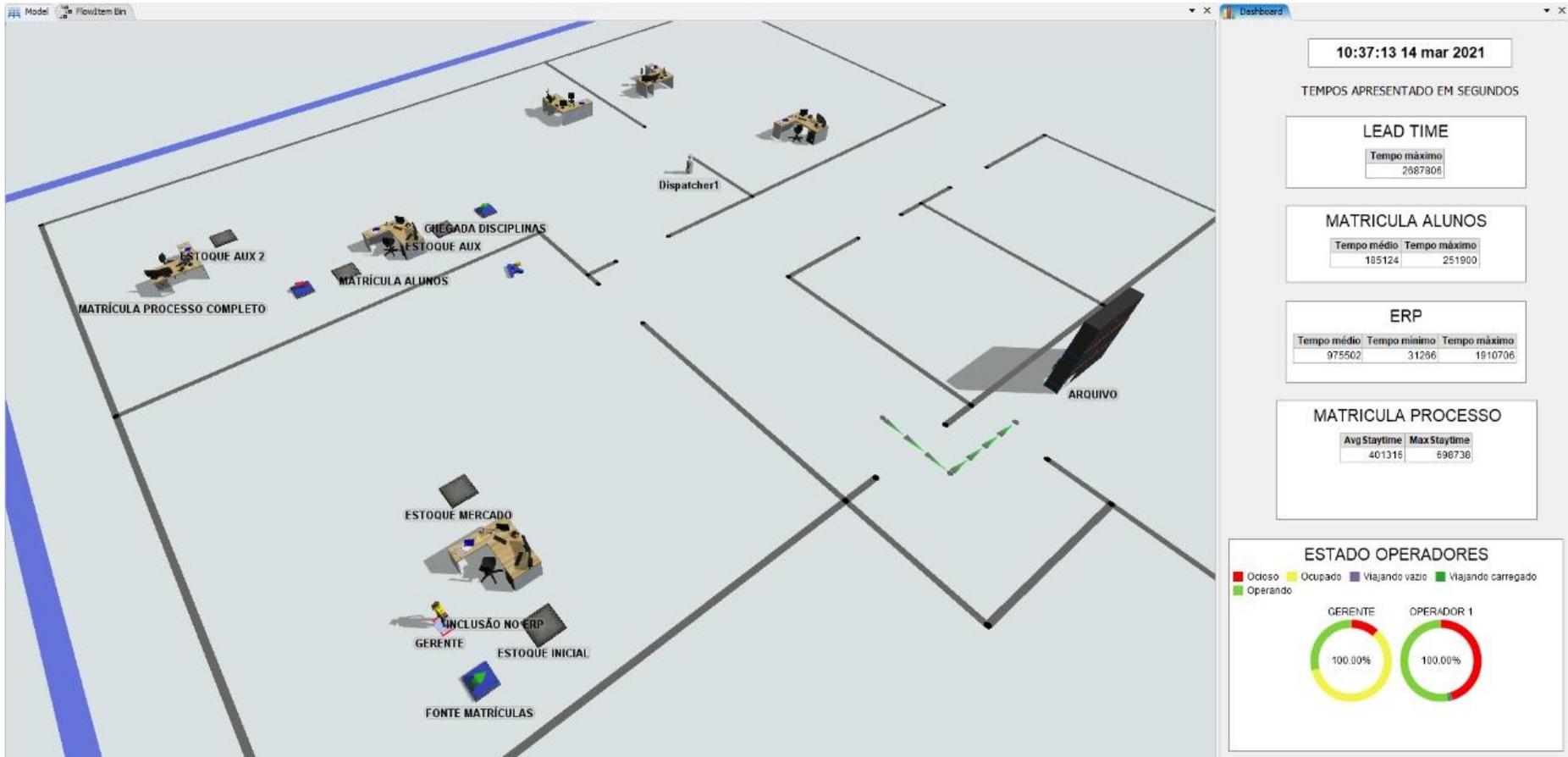
Fonte: A autora

Figura 29 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 30 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

### 5.3.4 Análise estatística dos experimentos

A análise estatística dos experimentos foi realizada por meio do *software* Minitab®, a partir dos resultados obtidos nesses experimentos.

Como os modelos computacionais dos estados futuros são cenários idealizados, assumiu-se a normalidade de seus dados. Foram então aplicados testes *1-sample t* aos dados dos três modelos computacionais futuros para validar esses modelos pelas suas médias de *Lead Time*. Os resultados dos testes são apresentados na Figura 31.

Figura 31 - Resultados dos testes *1-sample t* aplicados aos dados dos modelos computacionais futuros

<b>One-Sample T: LT DIPLOMA FUTURO</b>							
Test of $\mu = 43,76$ vs $< 43,76$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
LT DIPLOMA FUTURO	20	22,646	1,695	0,379	23,301	-55,71	0,000
<b>One-Sample T: LT MATRÍCULA FUTURO</b>							
Test of $\mu = 77$ vs $< 77$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
LT MATRÍCULA FUTURO	20	31,1895	0,0276	0,0062	31,2002	-7413,70	0,000
<b>One-Sample T: LT HISTÓRICO FUTURO</b>							
Test of $\mu = 53,71$ vs $< 53,71$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
LT HISTÓRICO FUTURO	20	3,5027	0,4241	0,0948	3,6667	-529,48	0,000

Fonte: A autora

Para a aplicação dos testes *1-sample t* aos modelos computacionais futuros, definiu-se o nível de confiança de 95% (0,95), com o valor de  $\mu =$  ao valor dos *Lead Times* (H0) versus < do valor dos *Lead Times* (H1).

Os teste *1-sample t* para os dados dos modelos computacionais futuros apresentam *p-values* inferiores a 0,05 (todos apresentaram *p-value* 0,000), portanto, há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de igualdade (validando a melhoria).

A Tabela 5 mostra um comparativo das médias dos *Lead Times* dos três modelos dos estados atuais com as médias dos três modelos dos estados futuros obtidos nos testes *1-sample*

$t$  aplicados aos dados dos modelos computacionais atuais com os resultados dos testes *1-sample t* aplicados aos dados dos modelos computacionais futuros.

Tabela 5 - Comparativo das médias dos *Lead Times* dos modelos computacionais atuais e futuros validados

Modelo	Média atual (dias)	Média futura (dias)	Diferença (dias)
Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo	53,529	3,5027	50,0263
Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo	43,047	22,646	20,401
Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo	77,088	31,1895	45,8985

Fonte: A autora

É possível observar uma significativa diferença entre as médias dos *Lead Times* dos modelos atuais e futuros (93,5%, 47,4% e 59,6%, respectivamente, e apenas ligeiramente diferente de quando a base de comparação são os mapas estáticos do MFV), comprovando assim, por meio da Simulação a Eventos Discretos, que a aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas à Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino médio pode reduzir os *Lead Times* dos processos das famílias selecionadas para esta pesquisa.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho consistiu em analisar a aplicação da Simulação a Eventos Discretos (SED) na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES).

Foram abordados, na Revisão Bibliográfica, os principais conceitos em Manufatura Enxuta, Escritório Enxuto e Simulação a Eventos Discretos (SED), bem como suas vantagens, desvantagens, indicações e dificuldades.

Além da Revisão Bibliográfica, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que demonstrou as contribuições e as dificuldades da implementação do pensamento enxuto em ambientes administrativos, especialmente nos públicos.

Como principais dificuldades encontradas na RSL, destaca-se a resistência à implementação e às mudanças, a pouca literatura sobre a aplicação do pensamento e ferramentas enxutas nos ambientes administrativos públicos e a falta de conhecimento sobre o *Lean*. Como forma de superação dessas dificuldades de implementação, a RSL destaca o treinamento e capacitação para toda a equipe envolvida no processo de implementação enxuta, o maior envolvimento de todas as pessoas ligadas ao projeto de implementação enxuta e o maior número de publicações de estudos e pesquisas sobre o tema. Destaca-se aqui que as principais soluções propostas na RSL estão diretamente ligadas às principais dificuldades encontradas.

Entre os métodos de pesquisa utilizados pelos artigos analisados na RSL o de Estudo de Caso foi o mais utilizado (56%), enquanto o de Modelagem e Simulação foi utilizado em somente em um estudo da RSL. Esse dado comprova a pouca utilização da Modelagem e Simulação, em especial da Simulação a Eventos Discretos, como ferramenta auxiliar da implementação de conceitos e ferramentas enxutas e reforça a importância deste trabalho.

Entre as ferramentas utilizadas nos estudos investigados na RSL, destaca-se o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como a mais utilizada (32%), o que comprova a importância da utilização do MFV e justifica sua adoção neste trabalho.

Ao integrar o Pensamento Enxuto, por meio da técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), ao método de Modelagem e Simulação, por meio da Simulação a Eventos Discretos (SED), foi possível simular os mapas dos estados atuais e futuros das famílias de serviços selecionadas para esta pesquisa e, principalmente, visualizar antecipadamente os comportamentos e os resultados esperados pelas implantações das melhorias e ferramentas enxutas aos objetos de estudos reais, sem interferências diretas nos mesmos, que invariavelmente demandam paradas e perdas.

Os resultados apontam para reduções significativas dos *Lead Times* dos processos mapeados e simulados, reduções essas alcançadas por meio da eliminação dos desperdícios encontrados durante o Mapeamento de Fluxo de Valor dos estados atuais. No processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, a redução no *Lead Time* foi de 93,5%; no processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo obteve-se uma redução de 47,4% no *Lead Time*; e no processo de Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo a redução do *Lead Time* foi de 59,6%, tomando-se como base sempre os *Lead Times* simulados, sejam dos estados atuais, sejam dos estados futuros, os quais divergem um pouco quando a base são os valores dos mapas dos atuais e futuros do Mapeamento do Fluxo de Valor, onde os valores foram de 92,8%, 45,0% e 61,0%, respectivamente. Primeiro, tais conjuntos de valores comprovam as significativas reduções. Segundo, comprovam também a coerência entre os mapas desenhados, que são estáticos e determinísticos, e os simulados, que são dinâmicos e estocásticos.

Após a análise dos resultados e considerando o objetivo geral deste trabalho, que está restrito a utilização da Simulação a Eventos Discretos (SED) na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos, a aplicação *in-loco* da pesquisa fica como proposta natural para trabalhos futuros, assim como, a coleta de um volume maior de dados, para que todos os conjuntos atendam à hipótese de normalidade.

Encerrando, este trabalho tem a pretensão de servir de referência para futuras aplicações dos conceitos e ferramentas enxutas em ambientes administrativos do objeto de estudo, bem como em ambientes administrativos de outras instituições públicas.

## REFERÊNCIAS

- ABDULMALEK, Fawaz A.; RAJGOPAL, Jayant. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. **International Journal of Production Economics** **107**, p. 223-236, 2007.
- ALBERTIN, Marcos Ronaldo; PONTES, Heráclito Lopes Jaguaribe. **Gestão de Processos e Técnicas de Produção Enxuta**. Curitiba: InterSaber, 2016.
- ALLAOUI, A.; BENMOUSSA, R. Employees' attitudes toward change with Lean Higher Education in Moroccan public universities. **Journal of Organizational Change Management**, v. 33, n. 2, p. 253-288. 2020.
- ALMEIDA, J. P. L.; GALINA, S. V. R.; GRANDE, M. M.; BRUM, D. G. Lean thinking: planning and implementation in the public sector. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 8, n. 4, p. 390-410, 2017.
- ANTONY, J.; RODGERS, B.; COULL, I.; SUNDER, M. V. Lean Six Sigma in policing services: A case study from an organisational learning perspective. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 67, n. 5, p. 935-940, 2018.
- ANTONY, J.; RODGERS, B.; CUDNEY, E. A. Lean Six Sigma for public sector organizations: is it a myth or reality? **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 34, n. 9, p. 1402-1411, 2017.
- ANTONY, J.; RODGERS, B.; GIJO, E. V. Can Lean Six Sigma make UK public sector organisations more efficient and effective? **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 7, p. 995-1002, 2016.
- BANKS, J., CARSON, John S.; NELSON, Barry L.; NICOL, David M. **Discrete-Event System Simulation**. 5th. ed. [s.l.] Pearson, 2010.
- BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014. E-book.
- BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. O.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; MONTEVECHI, J. A. B. **Simulação de sistemas**: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- CAMPOS, Josemberg Marins; SILVA, Liz Bezerra; ILIAS, Elias Jirjos; FERRAZ, Álvaro Antônio Bandeira. **Manual prático da pesquisa científica**: da graduação à pós-graduação. 1 ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2016.
- CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**: Teoria & Aplicações. 4 ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2014.
- DAYCHOUM, Merhi. **40+8 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. 4 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2012.

DIEHL, Astor Antônio; TATIM, Denise Carvalho. **Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

DOUGLAS, J. A.; ANTONY, J.; DOUGLAS, A. Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking. **The International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 32, n. 9, p. 970-981, 2015.

FLETCHER, J. Opportunities for Lean Six Sigma in public sector municipalities. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 2, p. 256-267, 2018.

FREITAG, Alberto Eduardo Besser; SANTOS, Juliana das Chagas; REIS, Augusto Da Cunha. Lean Office and digital transformation: a case study in a services company. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 4, p. 588-594. 2018.

FREITAS, R. D. C.; FREITAS, M. D. C. D.; GOMES DE MENEZES, G.; ODORCZYK, R. S. Lean Office contributions for organizational learning. **Journal of Organizational Change Management**, v. 31, n. 5, p. 1027-1039, 2018.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão Sistemática da Literatura: Conceituação, Produção e Publicação. **Logeion: Filosofia da informação**. Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 57-73, set. 2019/fev. 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GREEF, Ana Carolina; FREITAS, Maria do Carmo Duarte; ROMANEL, Fabiano Barreto. **Lean Office: Operação, Gerenciamento e Tecnologias**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012.

HILLS, M. Assuring organisational resilience with lean scenario-driven exercises. **International Journal of Emergency Services**, v. 4, n. 1, p. 37-49, 2015.

HOLMEMO, M.; INGVALDSEN, J. Bypassing the dinosaurs? - How middle managers become the missing link in lean implementation. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 27, n. 12, p. 1332-1345, 2016.

HOLMEMO, M. D. Q.; INGVALDSEN, J. A. Local adaption and central confusion: decentralized strategies for public service Lean implementation. **Public Money and Management**, v. 38, n. 1, p. 13-20, 2018.

HOLMEMO, M. D. Q.; POWELL, D. J.; INGVALDSEN, J. A. Making it stick on borrowed time: the role of internal consultants in public sector lean transformations. **TQM Journal**, v. 30, n. 3, p. 217-231, 2018.

HOLMEMO, M. D. Q.; ROLFSEN, M.; INGVALDSEN, J. A. Lean thinking: outside-in, bottom-up? The paradox of contemporary soft lean and consultant-driven lean implementation. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 29, n. 1-2, p. 148-160, 2018.

IFMG Campus Bambuí. **Histórico**. Disponível em: <http://www.bambui.ifmg.edu.br /portal/a-instituicao>. Acesso em 03 de jun. 2019.

JULIANI, F.; OLIVEIRA, O. J. D. Synergies between critical success factors of Lean Six Sigma and public values. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 30, n. 15-16, p. 1563-1577, 2019.

KADAROVA, J.; DEMECKO, M. New approaches in Lean management. **Procedia Economics and Finance**, v. 39, p. 11-16, 2016.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.

KRAUSE-JENSEN, J. Trimming the social body: an analysis of Lean management among family counsellors in a Danish municipality. **Journal of Organizational Ethnography**, v. 6, n. 2, p. 68-86, 2017.

KREGEL, I.; CONERS, A. Introducing Lean Six Sigma to a German municipality: an action research report. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 2, p. 221-237, 2018.

KOSAKA, Gilberto. **Heijunka: pré-requisito mais importante para fazer a produção JIT**. Lean Institute Brasil, 2004. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/352/heijunka---pre-requisito-mais-importante-para-fazer-a-producao-jit.aspx>. Acesso em 09 out. 2019.

LAW, A. **Simulation Modeling and Analysis**. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 4.ed. Nova York: McGrawHill, 2007.

LEAL, F.; COSTA, R. F. S.; MONTEVECCHI, J. A. B.; ALMEIDA, D. A. A.; MARINS, F. A. A Pratical guide for operational validation of discrete simulation models. **Pesquisa Operacional**, v. 31, p 57-77, 2011.

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

LIU, Qingqi; YANG, Hualong. An Improved Value Stream Mapping to Prioritize Lean Optimization Scenarios Using Simulation and Multiple-Attribute Decision-Making Method. **IEE ACCESS**, v. 8, p. 204914-204930, 2020.

LOCHER, Drew. **Lean Office and Services Simplified: The Definitive How-to Guide**. New York: Taylor & Francis Group, 2017.

LUKRAFKA, T. O.; SILVA, D. S.; ECHEVESTE, M. A geographic picture of Lean adoption in the public sector: cases, approaches, and a refreshed agenda. **European Management Journal**, v. 38, n. 3, p. 506-517, 2020.

MAALOUF, M.; GAMMELGAARD, B. Managing paradoxical tensions during the implementation of lean capabilities for improvement. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 36, n. 6, p. 687-709, 2016.

MAGALHÃES, Júlio C.; ALVES, Anabela, C.; COSTA, Néelson; RODRIGUES, Ana Rita. Improving processes in a postgraduate office of a university through Lean Office tools. **International Journal for Quality Research**, v. 13, n. 4, p. 797-810, 2019.

MONDEM, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just-in-time**. Tradução: Ronald Saraiva de Menezes. 4 ed. São Paulo: Bookman, 2015.

MONTEIRO, Mónica F. J. R.; PACHECO, Claudia C. L.; DINIS-CARVALHO, J.; PAIVA, Francisco C. Implementing Lean Office: a successful case in public sector. **FME Transactions**, v. 43, n. 4, p. 303-310, 2015.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; SILVA, A. L. F. S. Conceptual Modeling in Simulation Projects by Mean Adapted IDEF: An Application in a Brazilian Tech Company. In: **Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference**. Washington, DC, USA. 2010.

MORGAN, James M.; LIKER, Jeffrey K. **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processo e tecnologia**. Tradução: Raul Rubenich. S.l.: Bookmam, 2008. Título original: The Toyota Product Development Process: Integrating People, Process and Technology.

NIIMI, Atsumi. **Sobre o Nivelamento (Heijunka)**. Tradução: Odier Tadashi. Lean Institute Brasil, 2004. Disponível em: [https://www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-\(heijunka\).aspx](https://www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-(heijunka).aspx). Acesso em 08 out. 2019.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Bookman, 1997.

PÁDUA, Elisabete Matallo Marchesini de. **Metodologia da Pesquisa: abordagem teórico-prática**. 10 ed. rev. e atual. Campinas, SP: Papirus Editora, 2004.

PEGDEN, C.D.; SHANNON, R.E.; SADOWSKI, R.P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

PRICE, O. M.; PEPPER, M.; STEWART, M. Lean Six Sigma and the Australian business excellence framework. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 2, p. 185-198, 2018.

ROBINSON, S.; RADNOR, Z. J, BURGESS, N.; WORTHINGTON, C. SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 219, p. 188–197, 2012.

RODGERS, B.; ANTONY, J. Lean and Six Sigma practices in the public sector: a review. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 36, n. 3, p. 437-455, 2019.

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.

SANTOS, Gabriele Lacerda. **Proposta de uso integrado entre o Mapeamento do Fluxo de Valor e a Simulação a Eventos Discretos em uma fábrica de laticínios**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2016.

SMITH, R. Policing in austerity: time to go lean? **International Journal of Emergency Services**, v. 5, n. 2, p. 174-183, 2016.

SUPORTE MINITAB. Minitab: Versão 19. Minitab®, 2019. Disponível em: <https://blog.minitab.com/pt/como-escolher-entre-um-teste-nao-parametrico-e-um-teste-parametrico>. Acesso em 11 mai. 2021.

SUPORTE MINITAB. Minitab: Versão 18. Minitab®, 2018. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/what-to-do-with-nonnormal-data/>. Acesso em: 11 mai. 2021.

TAPPING, Don; SHUKER, Tom. **Value Stream Management for the Lean Office**: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas. New York, USA: Productivity Press, 2003.

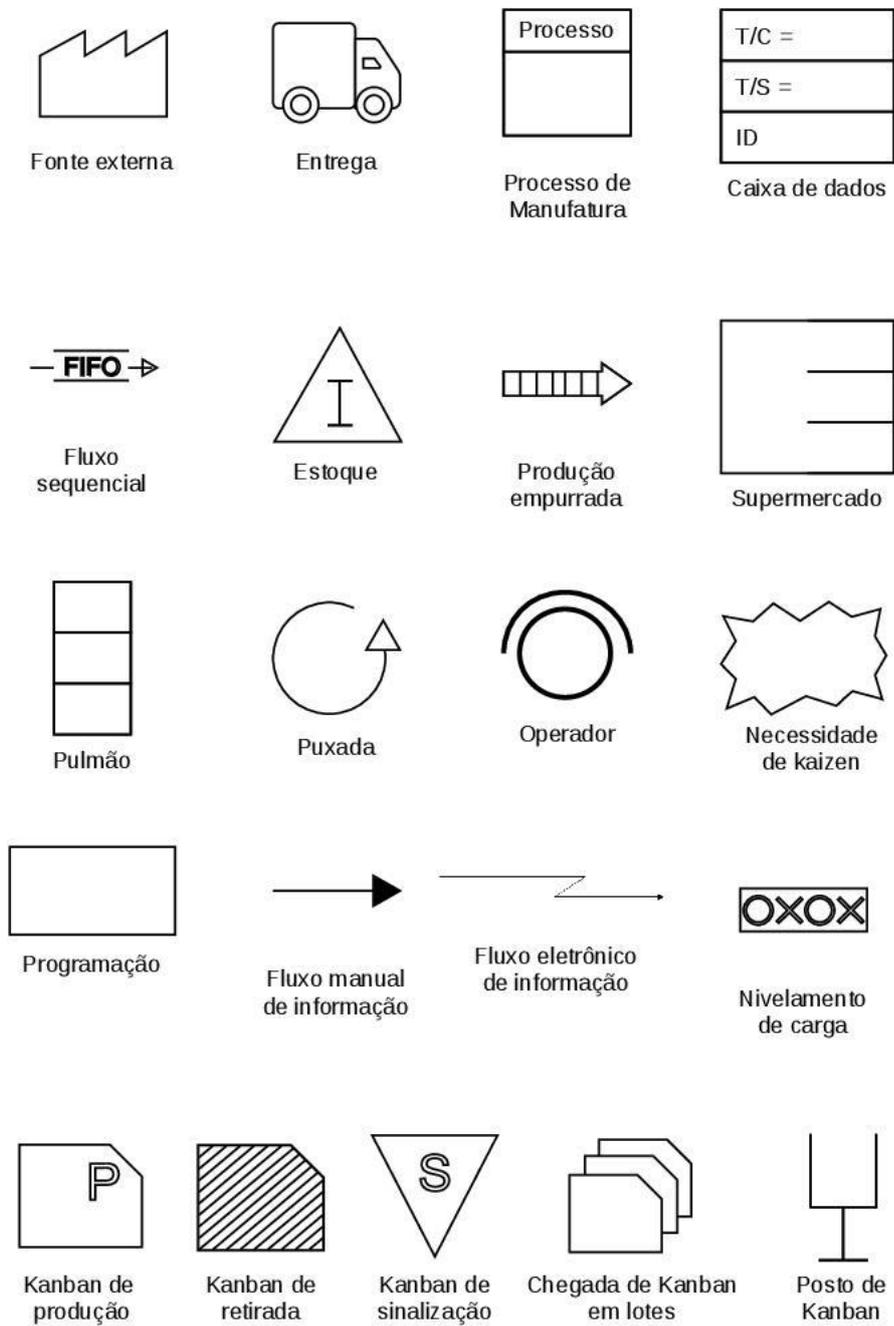
URIARTE, Ainhoa Goienetxea; NG, AMOS HC; MORIS, Matías Urenda. Bringing together Lean and simulation: a comprehensive review. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 1, p. 87-117, 2020.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Tradução: Ivo Korytowski. 10. reimp. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P. **Murá, Muri, Muda?** Lean Institute Brasil, 2006. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/350/mura,-muri,-muda-.aspx>. Acesso em 02 out. 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução: Ana Beatriz Rodrigues, Priscilla Maria Celeste. 6 reimp. Campus, 2003. Título Original: Lean Thinking.

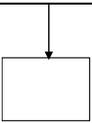
## ANEXO 1 - Simbologia do Mapeamento de Fluxo de Valor



Fonte: Adaptado de Rother e Shook

## ANEXO 2 - Simbologia do IDEF-SIM e detalhamento das funções

### Simbologia utilizada no DIEF-SIM

Elementos	Simbologia
Entidade	
Funções	
Fluxo da entidade	
Recursos	
Controles	
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 Regra E
	 Regra OU
	 Regra E/OU
Movimentação	
Informação explicativa	
Fluxo de entrada no sistema modelado	
Ponto final do sistema	
Conexão com outra figura	

Fonte: Adaptado de Bateman *et al.* (2013)

Detalhamento das funções (BATEMAN *et al.*, 2013):

- entidade: são os itens que serão processados pelo sistema, podendo representar matéria-prima, produtos, pessoas, entre outros. Esses itens podem ser agrupados ou divididos durante o processo e sua movimentação pode ser feita tanto de forma própria quanto por um recurso;
- funções: representam os locais onde a entidade irá sofrer uma ação. Em linhas gerais, as funções são os postos de trabalho, postos de atendimento (modificam as entidades), filas, estoques (controlam o fluxo da entidade no tempo), entre outros;
- fluxo de entidade: refere-se ao direcionamento da entidade no modelo, fazendo referência tanto aos momentos de entrada, quanto de saída de entidades das funções;
- recursos: representam os elementos responsáveis pela movimentação das entidades e por executar funções, podendo representar pessoas ou equipamentos. Esses recursos podem ainda ter outra classificação: os estáticos são aqueles em que não existe movimentação, enquanto os dinâmicos são dotados de uma possibilidade de movimento, dentro de um caminho predefinido;
- controles: são as regras utilizadas nas funções para definir as diretrizes das ações às quais as entidades serão submetidas;
- regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: dentro desse contexto, são chamadas de junções. A intenção desses blocos é fornecer uma relação lógica que pode ser aplicada logo após uma função. Após uma função ser realizada mais de um caminho pode ser tomado e, nestes casos, as regras lógicas E, OU e E/OU devem ser aplicadas;
- movimentação: representa uma movimentação de entidade, considerada pelo modelador como relevante dentro do contexto do modelo. Ao representar este estado, espera-se na implementação computacional uma programação específica que forneça um detalhamento de dados, como tempo gasto na movimentação e recursos utilizados;
- informação explicativa: objetiva inserir no modelo uma explicação visando facilitar o entendimento do modelo;
- fluxo de entrada no sistema modelado: define a entrada ou criação de entidades dentro do modelo;
- ponto final do sistema: define o final de um caminho dentro do fluxo de modelagem;
- conexão com outra figura: utilizada para possibilitar a divisão do modelo em diferentes figuras, mantendo uma fácil visualização do sequenciamento entre os modelos.

**APÊNDICE A - Dados coletados para o desenho dos mapas dos estados atuais**

**Fragmento da tabela de dados do Excel ® - Processo Emissão Históricas ao Final do Período Letivo**

<b>Etapa</b>	<b>Conferir Notas</b>	<b>Apurar Resultados</b>	<b>Conferir Documentos</b>	<b>Gerar Histórico</b>	<b>Imprimir Histórico</b>	<b>Assinatura Gerente</b>	<b>Arquivar na Pasta</b>
<b>Tempo (em segundos)</b>	6660	780	180	240	135	770820	20
	1380	5220	120	120	135		18
	360	660	180	180	99		20
	1740	1140	240	120	159		19
	1320	1080	180	120	132		21
	720	840	180	120	132		20
	1080	720	120	120	159		22
	4380	1080	240	180	99		17
	900	11520	240	120	99		21
	420	1140	120	120	135		22
<b>Desvio padrão</b>	2029,4236	3475,174816	48,98979486	41,952354	22,6627448	-	1,6329932
<b>Média</b>	1896	2418	180	144	128,4	-	20



**Fragmento da tabela de dados do Excel ® - Processo Matrícula Inicial dos Aprovados no  
Processo Seletivo**

Etapa	Incluir alunos no ERP	Matricular os alunos	Conferir dados	Fazer pastas
Tempo (em segundos)	10800	2	1200	190
		2	1420	209
		2	1180	215
		2	1370	173
		3	1195	220
		1	1450	182
		2	1425	209
		2	1375	210
		2	1200	218
		2	1375	187
Desvio padrão	-	0,471404521	110,8001203	16,720247
Média	-	2	1319	201,3

## APÊNDICE B - Distribuições de probabilidades apontadas pelo Expert Fit®

### Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo

Etapa	Tipo de Distribuição	Valores
Conferir Notas	Triangular	436185,439980,438650
Apurar Resultados	Triangular	14850, 16370, 15180
Conferir Documentos	Beta	84.878241, 316.605590, 2.010246, 2.409304
Gerar Histórico	Erlang	0.000000, 10.375000, 12.000000
Imprimir Histórico	Triangular	95, 185, 140
Assinatura Gerente	Triangular	840, 920, 880
Arquivar na Pasta	Triangular	16, 21, 19

### Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo

Etapa	Tipo de Distribuição	Valores
Registrar Data de Conclusão no ERP	Inversegaussian	59.929795, 1.000000,
Gerar Diploma		0.039837
Alterar Situação no SISTEC	Exponential	108.713520, 54.786480
Lançar Número SISTEC no ERP		
Imprimir Diploma	Triangular	95, 160, 130
Assinatura da Gerente no Diploma	Triangular	175, 250, 215
Protocolo para Diretoria Geral	Triangular	480, 780, 600
Assinatura do Diretor-Geral no Diploma	Triangular	169740, 342540, 256140
Protocolo para Reitoria	Triangular	1020, 1440, 1200
Assinatura Gerente no Protocolo Reitoria	Triangular	175, 250, 215
Assinatura Diretor Ensino no Protocolo Reitoria	Triangular	900, 155160, 28800
Assinatura do Reitor no Diploma	Triangular	1186980, 1878180, 1705380
Arquivar na Pasta	Triangular	55, 64, 58

### Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo

Etapa	Tipo de Distribuição	Valores
Incluir alunos no ERP	Triangular	985, 1090, 1055
Matricular os alunos	Triangular	98, 107, 102
Conferir dados	Triangular	1245, 1460, 1380
Fazer pastas	Triangular	182, 235, 209