

WAGNER AUGUSTO LEMOS DE SANTANA

Utilização da simulação a eventos discretos para o gerenciamento do almoxarifado de materiais utilizados numa indústria automotiva

Wagner Augusto Lemos de Santana

Utilização da simulação a eventos discretos para o gerenciamento do almoxarifado de materiais utilizados numa indústria automotiva

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na área de Gestão e Otimização.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins.

Co-orientador: Prof. Dr. Aneirson Francisco da Silva.

Guaratinguetá - SP
2018

S232u	<p>Santana, Wagner Augusto Lemos de</p> <p>Utilização da simulação a eventos discretos para o gerenciamento do almoxarifado de materiais utilizados numa indústria automotiva / Wagner Augusto Lemos de Santana – Guaratinguetá, 2019. 62 f. : il. Bibliografia: f. 55-61</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019. Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins. Coorientador: Prof. Dr. Aneirson Francisco da Silva.</p> <p>1. Indústria automobilística – Controle de estoque 2. Administração de material 3. Almoxarifados 4. Logística empresarial I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 658.787(043)</p>
-------	--

Ana Cristina Figueiredo Loureiro
Bibliotecária CRB-8/7094

WAGNER AUGUSTO LEMOS DE SANTANA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO”

PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: MESTRADO PROFISSIONAL

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Jorge Muniz Junior
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. DIMAS CAMPOS DE AGUIAR
MAXION STRUCTURAL COMPONENTS


Prof. Dr. ROSINEI BATISTA RIBEIRO
UNIFATEA

Setembro de 2018

DADOS CURRICULARES

WAGNER AUGUSTO LEMOS DE SANTANA

NASCIMENTO 02.10.1973 – Guaratinguetá / SP

FILIAÇÃO Otávio José de Santana
Maria Celia Lemos de Santana

2007/2009 Gestão em Logística - Tecnólogo
Universidade Metodista – São Paulo

Dedico este trabalho primeiramente a Deus autor e consumidor de toda obra, à minha esposa Camila e aos meus filhos João Victor, Maria Carolina e Yasmin pela compreensão e apoio.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

Ao meu co-orientador *Prof. Dr. Aneirson Franscisco da Silva* pela ajuda, entre outros que contribuíram de maneira relevante à elaboração do trabalho.

Ao *Dr. Dimas Campos de Aguiar*. Nossas conversas foram fundamentais e me incentivaram de forma efetiva.

Ao colega *Me. Afonso Teberga* por todo apoio na simulação foram sábados de muito aprendizado.

Aos colegas Bruno, Haroldo, Marcia, Paulo, Adriano, Savio e Tiago pelo apoio em toda essa caminhada.

Ao meu irmão Otávio e minha irmã Ana Beatriz em especial pelo cuidado e carinho dispensado com certeza assumindo o papel de mãe em minha vida.

Ao Sr. Joaquim Borges Rodrigues Junior por permitir que este desejo pessoal e profissional se realizasse.

A *Maxion Structural Components* pela oportunidade e apoio na realização deste projeto.

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”

Mahatma Ghandi

RESUMO

Os processos de recebimento, conferência, armazenagem, separação de pedidos, montagem de kits, distribuição de materiais e inventário são processos vitais dentro dos almoxarifados e interferem diretamente na efetividade da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain* - SC). Como esses processos sofrem várias interferências, devido a outros processos da SC, como compra de materiais, planejamento, programação e abastecimento da produção, tornam-se comuns situações como excessos de materiais, baixa acuracidade dos estoques, dificuldade de localização, falhas no atendimento dos pedidos e montagem de kits, entre outros. Pensando nestas dificuldades gerenciais, busca-se, nesta dissertação, utilizar uma pesquisa de natureza aplicada, com objetivos empíricos e descritivos e análise quantitativa para desenvolver uma ferramenta gerencial, com base em um modelo de simulação a eventos discretos, como apoio às decisões sobre os recursos necessários para execução de forma efetiva dos processos citados. O objeto de estudo foi um almoxarifado de produtos estampados de uma empresa multinacional no setor automotivo. Onde a criação de um modelo conceitual e aplicação da simulação foram os objetivos. Adotou-se a técnica IDEF-SIM para a modelagem conceitual do problema e foi utilizado o *software* ProModel® para se obter uma racionalização na aplicação dos recursos necessários para que o almoxarifado tenha um melhor desempenho, frente a vários cenários possíveis de ocorrer. Identificou-se, após a simulação, que um dos problemas principais na operação do almoxarifado estava relacionado com a chegada desbalanceada dos itens que formam os kits, outro dizia respeito ao tempo excessivo envolvido no processo de desengraxe dos componentes e kits montados, além da falta de *racks* para armazenagem dos kits, distribuição das equipes e turnos de trabalho. Como resposta aos problemas foram aplicadas melhorias nas embalagens, equipamento de desengraxe e redistribuição da equipe com redução de turno.

PALAVRAS-CHAVE: Almoxarifado enxuto. Simulação a eventos discretos. Modelagem com IDEF-SIM. Montagem de kits.

ABSTRACT

The processes of receiving, conferring, storing, sorting orders, assembling kits, distributing materials and inventory are vital processes within warehouses and directly interfere with the effectiveness of the Supply Chain (SC). As these processes suffer several interferences, due to other SC processes, such as material purchase, planning, scheduling and production supply, situations such as material excesses, low inventory accuracy, difficulty in locating, ordering and assembling kits, among others. In this dissertation, we intend to use a research of an applied nature, with empirical and descriptive objectives and quantitative analysis to develop a managerial tool, based on a simulation model to discrete events, as support to the decisions about the necessary resources to effectively execute the cited cases. The object of study was a warehouse of stamped products of a multinational company in the automotive sector. Where the creation of a conceptual model and application of the simulation were the objectives. The IDEF-SIM technique was adopted for the conceptual modeling of the problem and ProModel® software was used to obtain a rationalization in the application of the necessary resources so that the warehouse performs better, against several possible scenarios to occur. It was found after the simulation that one of the main problems in the operation of the warehouse was related to the unbalanced arrival of the items that form the kits, another one related to the excessive time involved in the degreasing process of the components and kits assembled, besides the lack of racks for storage of kits, distribution of teams and work shifts. In response to the problems were applied improvements in the packaging, degreasing equipment and redistribution of the team with reduction of shift.

KEYWORDS: Lean warehousing. Discrete event simulation. Modeling with IDEF-SIM. Kits assembly.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Artigos Publicados sobre Industria 4.0	18
Figura 2 – Artigos Publicados sobre Simulação em Almoarifados.....	18
Figura 3 – Número de Citações sobre Simulação.....	19
Figura 4 – Etapas da Pesquisa	24
Figura 5 – Elementos da Cadeia de Suprimentos	26
Figura 6 – Etapas de um Projeto de Simulação	29
Figura 7 – Visualização do Sistema de Manufatura a ser modelado.....	33
Figura 8 – Modelagem Conceitual do Primeiro Sistema de Manufatura Modelado	33
Figura 9 – Lay-out Almoarifado.....	39
Figura 10 – IDEF-SIM Centro Logístico	41
Figura 11 – Promodel – Chegada das Entidades	50
Figura 12 – Promodel – Lay-out Almoarifado	51
Figura 13 – Promodel – Kits Montados.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Entidades presentes na Figura 8	34
Quadro 2 – Funções presentes na Figura 8	34
Quadro 3 – Recursos Humanos do Almoxarifado.....	42
Quadro 4 – Equipamentos do Almoxarifado.....	42
Quadro 5 – Tipos de componentes	43
Quadro 6 – Descrição dos Atributos	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de Artigos nos últimos cinco anos palavras chaves.....	20
Tabela 2 – Comparativo entre as Citações	20
Tabela 3 – Elementos Símbolos e Descrição da Técnica IDEF-SIM.....	32
Tabela 4 – Tempos de montagem para simulação computacional	44
Tabela 5 – Tempos de montagem dos kits	46
Tabela 6 – Tempos de processo do Almoarifado	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACD	<i>Activity Cycle Diagram</i>
CSCMP	<i>Council Supply Chain Management Professional</i>
DES	<i>Discrete Event Simulation</i>
GIGO	<i>Garbage In Garbage On</i>
IDEF-0	<i>Integration Definition for Function Modeling</i>
IDEF-3	<i>Process Description Capture Method</i>
IDEF-SIM	<i>Integrated Definition Methods – Simulation</i>
LF	<i>Line Feeding</i>
LW	<i>Lean Warehousing</i>
SAD	<i>Simulation Activity Diagrams</i>
SC	<i>Supply Chain</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
TI	<i>Information technology</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
WM	<i>Warehouse Management</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.2	JUSTIFICATIVAS, RELEVÂNCIA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
1.3	OBJETIVOS	22
1.4	CLASSIFICAÇÃO E ETAPAS DA PESQUISA.....	22
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1	GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E ALMOXARIFADOS ...	26
2.2	SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS.....	27
2.3	MODELO CONCEITUAL.....	30
2.4	TÉCNICAS PARA VALIDAÇÃO DO MODELO.....	34
3.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E MODELAGEM CONCEITUAL	40
4	VALIDAÇÃO DOS DADOS E SIMULAÇÃO	43
4.1	COLETA E TRATAMENTO DE DADOS.....	43
4.2	MODELAGEM COMPUTACIONAL.....	49
4.3	RESULTADOS OBTIDOS	52
5	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DO ALMOXARIFADO	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* – SCM) é a incorporação das atividades de planejamento, efetivação e controle de todos os processos de negócios associados com o fluxo de materiais, informação e transformação de bens da fase de matéria-prima até o produto acabado para o usuário final (LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2017), onde interação e integração entre os atores participantes são fundamentais para que os processos sejam fortalecidos, gerando aumento de valor no fluxo físico, de informação e financeiro (CHOPRA; MEINDL, 2012); (GRZYBOWSKA; KOVACS, 2016).

As atividades realizadas na Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain* - SC) precisam desenvolver suas capacidades dinâmicas para alcançar novas formas de vantagens competitivas, inovando as ações para o aumento da competitividade industrial por meio do aumento na qualidade dos processos, reduzindo custos operacionais (JAFARI, 2015), pois integra atividades como transporte, previsão de entregas e gerenciamento de almoxarifados (BARRETO *et al.*, 2017).

Para o desenvolvimento da SC efetiva, que simbolize para as organizações um posicionamento competitivo, diante de um cenário globalizado e com clientes cada vez mais exigentes, a logística representa uma atividade fundamental (TRACEY *et al.*, 2005). Há importância dos almoxarifados em todos os tipos de SC pois em todas as fases de uma SC, como na logística de entrada, produção e distribuição existem estoque que necessitam de armazenagem (KARIM *et al.*, 2018). Desta forma os almoxarifados representam um centro vital no fluxo de mercadorias dentro de uma Cadeia de Suprimentos. Entretanto, no cenário econômico atual, eles representam uma fonte de vantagem competitiva para a logística das organizações (MACAULAY *et al.*, 2015).

As operações em almoxarifados são constituídas por vários processos, que necessitam ações diferentes de controle, sendo que no caso de almoxarifados internos a eficiência no atendimento é fundamental (LAM *et al.*, 2015).

No gerenciamento de almoxarifados o uso efetivo de modelos de estoque dependentes requer que o gerente de operações saiba o que está em estoque, o que deve ser feito e a quantidade de materiais e peças necessários para fabricar o produto; o que está em ordem; quanto tempo de reposição do estoque de componentes (HEIZER *et al.*, 2017).

O gerenciamento clássico de estoque visa obter melhor nível de estoque, considerando as despesas envolvidas, significando que o nível de estoque ótimo é representado pelo estoque derivado dos menores custos totais (KORPONAI *et al.*, 2017). A eficácia dos almoxarifados torna-se um desafio contínuo para todos os gestores pois representam o aumento nos resultados financeiros e vantagem competitiva para as organizações (LAM *et al.*, 2015).

Para o gestor do almoxarifado a tomada de decisão é uma das atividades mais complicadas, o atendimento à programação do cliente é um desafio, pois é necessário para satisfazer a demanda do cliente, visando a aplicação em termos de energia, benefício e flexibilidade com o menor custo (LAM *et al.*, 2015). Outro desafio é a definição do melhor *layout* de acordo com as características do produto, tais como popularidade, similaridade, tamanho, características, utilização e acessibilidade (DHARMAPRIYA; KULATUNGA, 2011).

A necessidade de redução de custo e aumento do desempenho faz com que os almoxarifados desenvolvam processos internos cada vez mais efetivos (CAGLIANO *et al.*, 2011). Dentre estes processos, as principais atividades que interferem no desempenho logístico e a qualidade dos processos dentro dos almoxarifados são: recebimento, conferência, armazenagem, separação de materiais (*picking*), montagem de *kits*, atendimento de pedidos e inventário (TRACEY *et al.*, 2005; BARRETO *et al.*, 2017). Entre todas as atividades de gerenciamento dos almoxarifados, a escolha de pedidos requer maior atenção. (DE VRIES *et al.*, 2014).

A montagem de *kits* é um método constantemente adotado para abastecer as linhas de montagem. Neste método, todas as peças necessárias para montar uma unidade do produto final são colocadas em um ou mais *racks* (HANSON; MEDBO, 2016). Os *kits* são preparados em um almoxarifado e entregues na linha de montagem, seja no início da linha (conceito do *kits* de viagem) ou em estações de trabalho específicas (*kits* fixos), de acordo com a programação da produção (CAPUTO *et al.* 2015).

1.2 JUSTIFICATIVAS, RELEVÂNCIA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Como justificativa para o desenvolvimento deste trabalho pode-se destacar que pretende-se identificar os problemas relacionados às falhas geradas nas atividades de recebimento, conferência, estocagem, separação de materiais (*picking*), montagem de *kits* e atendimento de pedido em um almoxarifado de uma indústria automotiva brasileira.

As organizações enfrentam um grande desafio por meio das necessidades de adaptação ao novo contexto industrial representada pelo conjunto de práticas da Indústria 4.0 que acontecem com os processos em pleno movimento (NASCIMENTO; MUNIZ JUNIOR, 2018). A aplicação destas mudanças no âmbito da logística estimula a criação de processos inteligentes que estejam conectados gerando, maior efetividade para as organizações (BARRETO *et al.*, 2017).

Para os gestores dos almoxarifados a tomada de decisão é constante em relação aos problemas e controle dos processos internos, sendo a separação de pedido e ou montagem de *kits* uma das atividades que consome uma parcela representativa dos recursos, pois está ligada a um *layout* ideal, local de armazenamento, agrupamento, ordenação, roteamento, unitização e classificação de ordens (MOELLER, 2011).

A Simulação, que é uma das técnicas que podem ser utilizadas dentro do conceito da Indústria 4.0, pode ser aplicada nas cadeias logísticas para a tomada de decisão de forma efetiva em etapas da SC, como transporte, estoque, processos internos dos almoxarifados e distribuição (CHWIF, L.; MEDINA.,2014). A aplicação da simulação está presente em vários segmentos como: indústria automotiva (RAMÍREZ-GRANADOS *et al.*, 2014), indústria farmacêutica (MARTINS *et al.*, 2017), indústria aeroespacial (VISINTIN *et al.*, 2012), indústria moveleira (GRANDER, 2011), entre outras. A indústria automotiva representa um segmento de destaque e está bem posicionada no contexto industrial (RAMÍREZ-GRANADOS *et al.*, 2014). Isso requer esforços na coordenação de todos os níveis da cadeia, onde , as decisões devem, portanto, apoiar atividades na SC em diferentes estágios dos processos operacionais, visando aumentar a lucratividade da empresa e satisfação dos clientes (TRACEY *et al.*, 2005 HEIZER *et al.*, 2017)).

Os processos de manufatura sofrem variações em decorrência dos planos de fabricação, fornecimento e demanda. Sendo a demanda do cliente e irregularidades nos pedidos as maiores fontes de variabilidade, o estoque está presente nas organizações para suportar os impactos destas variações (LAMBERT; COOPER, 2000). Várias estratégias foram desenvolvidas e adaptadas ao ambiente de fabricação para gerenciar a incerteza, sendo este fator um dos problemas inevitáveis no ambiente de fabricação (HEES *et al.*, 2017). O problema de incerteza é investigado por intermédio do estudo da variação de pedidos, variância de *lead-time* e atrasos (*backlog*) todos eles com impacto na gestão dos almoxarifados (TORKUL *et al.*, 2016).

A acuracidade do estoque dentro dos almoxarifados é uma das atividades fundamentais para que os demais processos possam acontecer efetivamente (CHUNG *et al.*, 2018). A falta de acuracidade refere-se à discrepância entre o inventário físico mantido em estoque e o registro de estoque armazenado no sistema de informações de uma empresa. Essa dificuldade pode

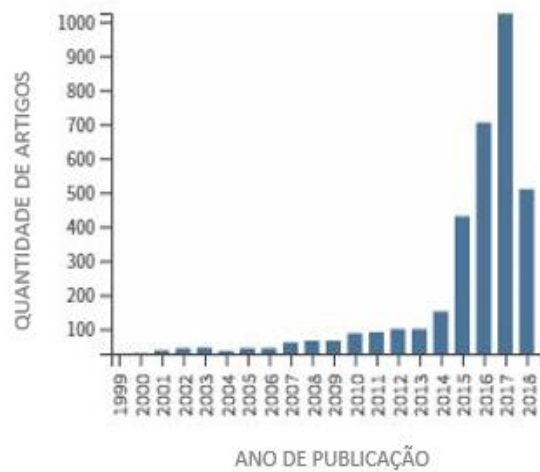
afetar o desempenho das empresas ao gerar vendas perdidas, atrasar produções, reagendamento de entrega, planejamento subdimensionado (CANNELLA *et al.*, 2017).

O inventário é um processo essencial na gestão do estoque para equilibrar o custo do estoque e nível de serviço ao cliente (KORPONAI *et al.*, 2017). Para resguardar as incertezas da demanda durante o ciclo de reposição e reabastecimento periódico dos clientes o estoque de segurança é atribuído com base no tempo de ciclo, reposição e desvio padrão das taxas de demanda (YADOLLAHI *et al.* 2016). A escolha do processo de inventário ideal está relacionado a estratégia de cada organização, sendo de forma centralizada por intermédio do controle de todos os itens ou descentralizado onde a gestão é feita individualmente em cada unidade de estoque, ou *Stock Keeping Unit* – SKU (YE, 2014).

A acurácia dos estoques é fundamental para a realização da atividade de separação dos pedidos, que na indústria automotiva pode ser utilizada por meio da montagem de *kits*. Surge assim a oportunidade de aplicação da simulação para a racionalização do processo de montagem de *kits*, que segundo Hanson e Medbo (2016) é composto por atividades estocásticas, como separação, unitização, apontamento e transferência.

Verifica-se também a possibilidade de aplicação da simulação para a análise referente à eficiência nos processos internos dos almoxarifados (NEGAHBAN; SMITH, 2014). As organizações buscam por meio das aplicações de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 eliminar rupturas e perdas em processos internos nos almoxarifados reduzindo com isto custos logísticos e aumentando o desempenho e satisfação do cliente (NASCIMENTO; MUNIZ JUNIOR, 2018). Para verificar o crescimento no uso de ferramentas relacionadas à Indústria 4.0, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica na base de dados da *Web of Science*, utilizando como base de pesquisa a palavra Industry 4.0, pois este tema tem representando para organizações uma oportunidade de melhoria em seus processos, o início das publicações foram no ano 2001, contudo o tema apresenta um crescimento a partir de 2010 com maior representação em 2017 conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Artigos publicados sobre Industria 4.0.



Fonte: Web of Science (2018).

Ainda na mesma linha de pesquisa utilizando como palavra chave Discrete Event Simulation (DES) e Warehouse encontra-se um número de artigos publicados que oferece campo de pesquisa referente a aplicação do tema que esta diretamente conectado as práticas proposta pela industria 4.0, conforme ilustra a Figura 2.

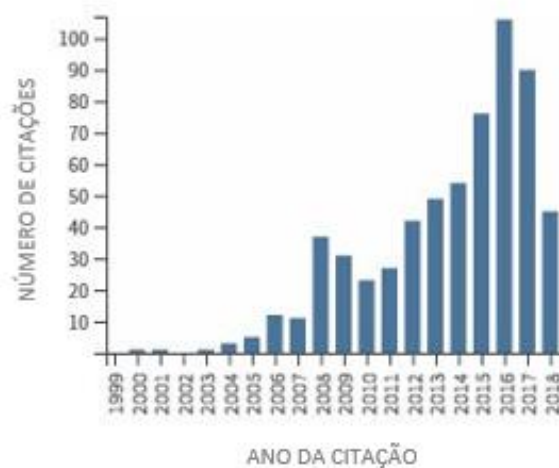
Figura 2. Artigos publicados sobre Simulação em Almojarifados.



Fonte: Web of Science (2018).

Entretanto pode-se perceber a relevância do assunto por intermédio da observação do crescimento do número de citações por ano, com o início em 2000, atingindo o ápice em 2016 sobre o tema, pois as organizações procuram ferramentas e técnicas que ofereçam a possibilidade de aplicação de um cenário futuro no presente para análise das oportunidades de melhoria e alterações necessárias sem que acha impactos diretos no processo, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3. Número de citações sobre Simulação.



Fonte: Web of Science (2018).

Para identificação de questões da pesquisa foi efetuado uma pesquisa relacionada à indústria automotiva e gestão do almoxarifado considerando as palavras chaves: Simulação a Eventos Discretos (DES), Almoxarifado enxuto (*Lean Warehousing* - LW), Montagem de kits (*Kits Assembly*), Gerenciamento de almoxarifado (*Warehouse Management*), Inventário (*Inventory*) Alimentação de linha (*Line Feeding* – LF). Os resultados referentes ao número de artigos publicados estão na Tabela 1.

Tabela 1: Número de artigos nos últimos 5 anos.

Palavras chaves	Número de artigos
<i>Automotive Industry</i>	8.171
<i>Inventory</i>	68.224
<i>Discrete Event Simulation (DES)</i>	4.343
<i>Warehouse Management (WM)</i>	1.797
<i>Lean Warehousing (LW)</i>	35
<i>Kits Assembly</i>	302
<i>Line Feeding (LF)</i>	12.508

Fonte: Web of Science (2018).

Na sequência, foram realizadas pesquisas na *Web of Science* com combinações das palavras chaves da Tabela 1, percebe-se, analisando a Tabela 2, que há uma oportunidade de gerar contribuições para a área pois não há muitas publicações correlatas.

Tabela 2: Número de artigos com combinações de palavras chaves.

Combinações de palavras chaves	Número de artigos
<i>Discrete Event Simulation (DES) / Lean Warehousing (LW)</i>	0
<i>Discrete Event Simulation (DES) / Warehouse Management (WM)</i>	9
<i>Lean Warehousing (LW) / Line Supply (LS)</i>	3
<i>Warehouse Management (WM) / Line Supply (LS)</i>	22
<i>Discrete Event Simulation (DES) / Montagem de kits</i>	1
<i>Warehouse Management (WM) / Inventário</i>	7

Fonte: Web of Science (2018).

Considerando a importância dos almoxarifados na SC, pois quando gerenciados adequadamente, nestes realizam-se muito mais do que armazenamento passivo - eles podem reduzir os custos de transporte e estoque, melhorar a flexibilidade operacional e diminuir os prazos de entrega dos clientes (PATLOLA; WILLIAMS 2011). Para atingir a flexibilidade necessária nos almoxarifados, é necessária a quebra de paradigmas e aplicação de novas práticas, como os Almoxarifados Enxutos (*Lean Warehousing - LW*) buscando-se atender aos

clientes internos e externos com mais precisão, menos estoque, menos tempo e espaço utilizado (SHAH; KHANZODE 2017).

Assim, com a evolução tecnológica em andamento, justificam-se as práticas desenvolvidas por meio da simulação que permitam o uso de técnicas de modelagem para manuseio de materiais, atividades de planejamento, processos de manufatura e logística. Além disto é possível modelar conceitualmente a operação de manuseio de materiais, caracterizá-los por uma representação diagramática e visualizá-los utilizando técnicas computacionais com o intuito de melhorar os resultados (FRANCISCO *et al.*, 2016).

Destaque-se que, para uma gestão efetiva, as informações reunidas ao se aplicar a simulação devem permitir uma análise comparativa do estado atual e futuro do sistema. Para tanto, um banco de dados confiável deve ser disponibilizado para realização da simulação, antes que a abordagem LW seja implementada nos almoxarifados (BOŽIČKOVIĆ *et al.*, 2012).

A DES é um método adequado para estudo da dinâmica de processos discretos, como sistemas de montagem dos kits em almoxarifados, para alimentação da produção, sendo aspectos importantes: a análise de sistemas da montagem dos kits, que incluem efeitos sobre as mudanças realizadas, as mudanças no próprio sistema e a possibilidade de testar cenários diferentes em pouco tempo computacional (INGEMANSSON; BOLMSJÖ, 2004). Para a simulação computacional dos processos citados, nesta dissertação, será utilizado o ProModel®, devido a efetividade deste software na solução de problemas na SC (SAKURADA, NELSON, MIYAKE, 2003; SANTOS *et al.*, 2017).

A utilização do software Promodel® para manufatura, almoxarifados e logística apresenta-se como uma ferramenta eficiente devido às suas características de permitir uma animação das atividades do sistema real e o cálculo de estatísticas de desempenho, entre outras funcionalidades importantes (RAMÍREZ-GRANADOS *et al.*, 2014).

A empresa estudada possui quatro almoxarifados com diferentes tipos de armazenagem tais como: produtos químicos, materiais de manutenção, comprados e produzidos todos gerenciados pela área de suprimentos da companhia. O almoxarifado estudado é o de componentes produzidos e responsável pelo abastecimento de três linhas de montagem onde os principais incômodos são a falta de acuracidade, tempo de ressuprimento, programação para montagem de *kits*, tempo de montagem dos *kits*, tempo de desengraxa, transferência e entrega dos kits e falta de embalagens para o processo interno, diante deste cenário espera-se por meio do desenvolvimento deste trabalho, responder as questões da pesquisa na empresa estudada:

- Quais são os gargalos nas atividades desenvolvidas no almoxarifado?
- Qual a distribuição na utilização dos itens em estoque no almoxarifado?
- Como melhorar o fluxo logístico no almoxarifado?
- Como racionalizar o processo de montagem de *kits* efetuada no almoxarifado?
- Como alterar o processo de ressuprimento do almoxarifado?
- Como melhorar o processo de separação de pedidos do almoxarifado?

Para tanto, foi utilizada a técnica *IDEF-SIM*, ou Integrated Definition Methods–Simulation (LEAL, 2008) na modelagem conceitual e o software Promodel® para a realização da simulação computacional.

1.3 OBJETIVOS

Com o intuito de obter respostas às questões de pesquisa já elencadas, o objetivo geral da pesquisa foi a aplicação de um modelo utilizando a DES, visando racionalizar o fluxo logístico em um almoxarifado de produtos comprados, estampados e beneficiados numa empresa do setor automotivo situada no interior de São Paulo.

Além disto, como objetivos específicos, buscou-se, também:

- Criar um modelo conceitual e um modelo computacional associado, que permitam, de forma antecipada, a análise dos problemas relacionados ao processo estudado como um todo, pois, caso isso não ocorra, pode-se ter uma solução que não possa ser aplicada ao sistema real, devido às dependências existentes entre os vários componentes.

- Mapear as atividades desenvolvidas no almoxarifado;
- Identificar os gargalos destas atividades;
- Propor melhorias nas atividades internas do almoxarifado.

1.4 CLASSIFICAÇÃO E ETAPAS DA PESQUISA

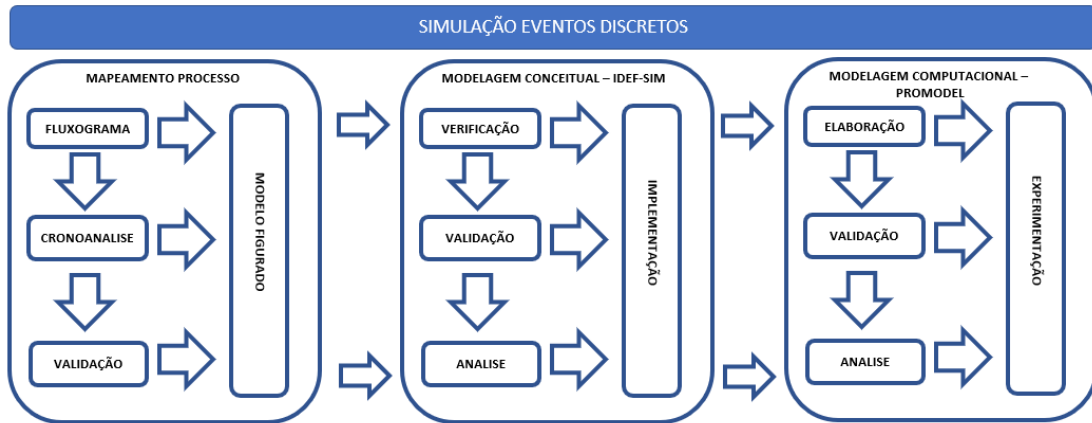
Com base nos problemas mapeados no almoxarifado da empresa estudada, o trabalho propõe uma pesquisa de natureza aplicada, pois trata-se da resolução de problemas específicos como: falta de acuracidade, tempo de ressuprimento, programação para montagem de *kits*, tempo de montagem dos *kits*, tempo de desengraxe, transferência e entrega dos kits e falta de embalagens. Considerando que será criado um modelo conceitual que descreva adequadamente as relações entre os processos internos do almoxarifado com base na realidade para melhorar a

compreensão isto classifica os objetivos da pesquisa como empírico e descritivos, a abordagem do problema de forma quantitativa, pois diante de uma abordagem racional estabelecida por meio de medições e cronoanálises, o desenvolvimento de um modelo que agregue conhecimento e possa capturar os problemas enfrentados pelos gestores do almoxarifado. A simulação como procedimento da pesquisa pois foram utilizados modelos matemáticos e estatísticos para aplicação de vários cenários futuros no presente para análise dos resultados (BERTRAND; FRANSOO2002).

O mapeamento do processo consiste na aplicação de ferramentas da qualidade para visualização das etapas do processos, sendo essas ferramentas importantes para maior efetividade da pesquisa (DOTOLI et al., 2015). Uma etapa importante quando se utiliza a DES é a criação do modelo conceitual sendo que o uso da técnica IDEF-SIM, oferece um caminho eficaz para análise e tomada de decisão referente ao processo atual (LEAL, 2008). A técnica IDEF-SIM possui uma lógica em sua aplicação que considerada elementos de fácil interpretação e que tem uma conexão simples e objetiva com a DES. A sua principal característica é desenvolver um modelo conceitual do processo a ser simulado que contenha elementos exigidos na fase de modelagem computacional. A validação do modelo tem grande importância no resultado final, pois o objetivo é conseguir com o modelo a maior proximidade da realidade (LEAL, 2008). Com ampla utilização em serviços logísticos, projetos para novos processos de produção o ProModel®, oferece a possibilidade simulação de sistemas complexos por meio de pequenos subsistemas que representaram apoio termino do processo o sistema total (SANTOS *et al.*, 2017).

O trabalho foi dividido em três etapas sendo: mapeamento do processo por meio da elaboração do fluxograma de processo (apêndice 1) após a visualização dos processos foi efetuado a medição dos tempos de cada atividade (cronoanálises) e validação dos tempos por meio da aplicação de cálculos estáticos utilizando do software Stat::Fit, modelagem conceitual utilizando a técnica *IDEF-SIM* para verificação, validação e análise dos processos internos finalizando com a modelagem computacional utilizando o software Promodel® onde foram criados vários cenários para validação e análise do que melhor se aplica as características do almoxarifado, este fluxo está ilustrado na Figura 4.

Figura 4. Etapas da pesquisa.



Fonte: Adaptado Chwif e Medina (2014).

Em relação às delimitações desta pesquisa, o estudo foi realizado em um almoxarifado de componentes estruturais de uma empresa do setor automotivo. Onde as variações decorrentes dos processos de manufatura para componentes estruturais, e montagem de chassi para atendimento da programação, geravam rupturas nos processos internos do almoxarifado devido a utilização do sistema empurrado.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este texto está estruturado em mais três capítulos. No Capítulo 2 apresenta-se a importância do gerenciamento da cadeia de suprimentos e a importância da logística nesse contexto, o quando os almoxarifados são unidades vitais para as empresas pois representam a possibilidade de absorção das variações de demandas imposta por os processos inerentes a cadeia de suprimentos, a base conceitual da DES e o quanto essa técnica representa para as organizações a possibilidade de aplicação do cenário futuro para verificação das melhorias possíveis para o processo, as fases do projeto de simulação, a criação do modelo conceito por meio de utilização do IDEF-SIM, como validar o modelo por métodos matemáticos.

No Capítulo 3 apresenta-se a aplicação dos métodos utilizados a empresa estudada, para a simulação por meio de aplicação do mapeamento do processo, modelagem conceitual no almoxarifado pela técnica IDEF-SIM, apresentação dos dados pesquisados no almoxarifado com os tempos, atributos e distribuição no modelo e a simulação computacional utilizando o *software* ProModel® com a análise considerando dois cenários diferentes no almoxarifado em relação aos turnos de trabalho.

No Capítulo 4 estão as conclusões deste trabalho, sugestão para trabalhos futuros com utilização nessa linha de pesquisas, seguidas das referências bibliográficas citadas, e os apêndices com informações complementares.

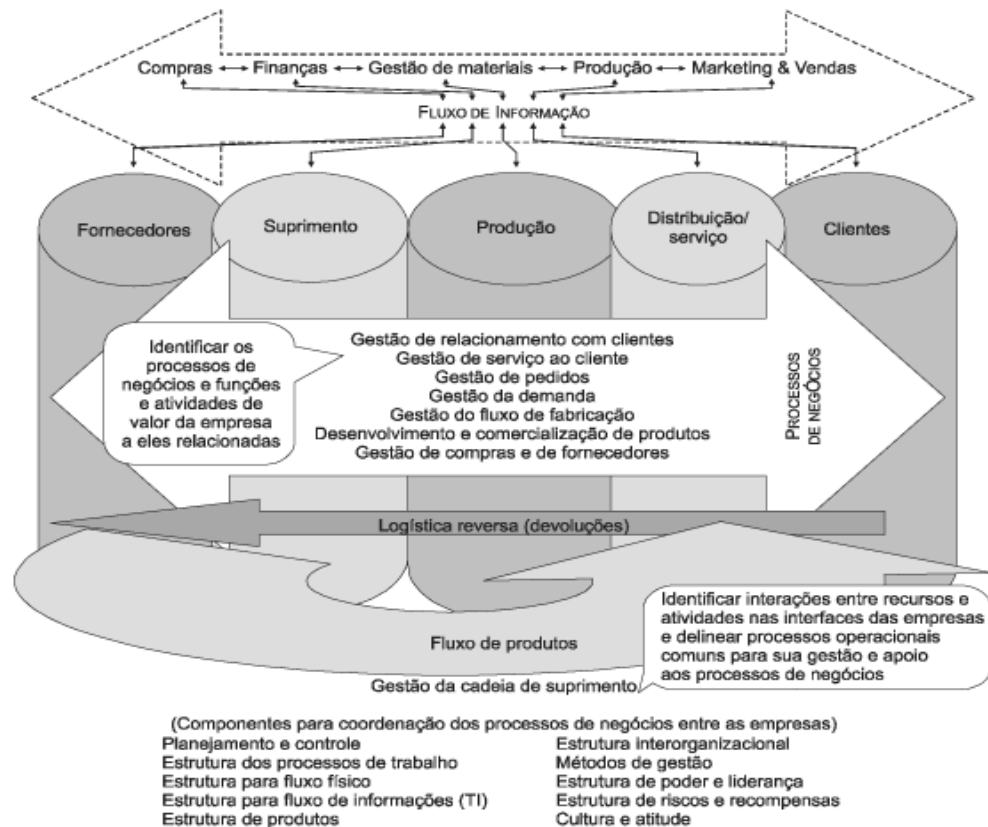
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E ALMOXARIFADOS

O SCM abrange o planejamento e gerenciamento de todas as atividades envolvidas em compras e abastecimento, transformação e todas as práticas de gerenciamento de logística. Inclui também a coordenação e colaboração com parceiros da cadeia, que podem ser fornecedores, intermediários, provedores de serviços de terceiros e clientes. Em essência, o SCM integra o gerenciamento de oferta e demanda dentro e entre organizações (CSCMP, 2018).

Conforme Lambert e Cooper (2000), o SCM deve considerar oito processos básicos sendo: Gestão de relacionamento com o cliente, gestão de serviço ao cliente, gestão de pedidos, gestão de demanda, gestão do fluxo de fabricação, desenvolvimento e comercialização de produtos, gestão de compras, fornecedores e logística reversa, de acordo com o ilustrado na Figura 5:

Figura 5 - Elementos da cadeia de suprimento.



Fonte: Adaptada de Lambert e Cooper (2000).

Os almoxarifados representam um aspecto chave nas cadeias de abastecimento modernas e desempenham uma função vital, para o sucesso ou insucesso das empresas hoje. As operações

desses almoxarifados são fundamentais para a provisão de altos níveis de atendimento ao cliente (BAKER; CANESSA, 2009). Almoxarifados são mais do que o local onde o estoque é armazenado, pois representa um unidade de negócio para as organizações onde os objetivos da gestão são aumentar a produtividade e precisão, e reduzir e controlar o custo de estoque, proporcionando um bom atendimento ao cliente (KARIM *et al.*, 2018). Os desafios dos gestores nos almoxarifados estão ligados a avaliação do almoxarifado, coordenação das atividades, gestão do recebimento, conferência, armazenagem, *picking*, controle do estoque, análise equipamentos de movimentação, recursos de tecnologia da informação (*Information Technology* – TI), controle de qualidade entre outros (PALŠAITIS *et al.*, 2017). Informações sobre inventários de materiais são essenciais para as empresas de manufatura se quiserem atender a demanda dos clientes a um custo baixo. O controle de inventário verifica a quantidade, identificação e qualidade dos itens recebidos, entrada de dados, atribuições de localização no almoxarifado, atividade de seleção precisas e em tempo real (TRACEY *et al.*, 2005).

A utilização de métodos da engenharia de qualidade e produção, auxiliam de forma efetiva na gestão dos almoxarifados (DOTOLI *et al.* 2015). A análise do *layout* do almoxarifado é fundamental para aplicação da simulação, sendo, inicialmente, analisadas e mapeadas todas as atividades do processo de armazenagem (JIMÉNEZ-GARCÍA *et al.*, 2014).

2.2 SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS

Os sistemas de logística e SC utilizam a DES devido às redes e conexões, ligações complexas e estocásticas entre os componentes do sistema e a capacidade de gerar dados que são relativamente quantificáveis. Além disso, o tamanho e a complexidade dos sistemas de logística e cadeia de suprimentos, sua natureza estocástica, o nível de detalhe necessário para a investigação e as inter-relações entre os componentes do sistema fazem da modelagem de simulação uma técnica apropriada para investigar e entender esses sistemas (MANUJ *et al.*, 2009). A DES modela uma seqüência distinta de mudanças de estado que ocorrem no tempo, qualquer sistema que envolva um fluxo de processo no qual os eventos mudam em seqüências de tempo pode ser simulado, como os processos do almoxarifado que alimentam as linhas de manufatura (OMOGBAI; SALONITIS2016).

Para avaliar a eficácia das alterações necessárias utiliza-se a DES, pois os sistemas reais normalmente apresentam uma maior complexidade devida, principalmente, a sua natureza dinâmica e aleatória (MICHALOS *et al.*, 2016).

O modelo de simulação demonstra eficiência, pois consegue representar com mais fidelidade essas características, de variação nos processos, procurando reproduzir em computador o mesmo comportamento que o sistema apresentaria quando submetido às mesmas condições (MONTEVECHI *et al.*, 2008)

A utilização da simulação tem como finalidade aplicar um cenário futuro ao modelo real e entender se os resultados representam a racionalização do processo (CHWIF, L.; MEDINA2014). A DES permite analisar projetos e processos de almoxarifados, estratégias de escolha de pedidos e políticas de aplicação de tarefas (MENSAH *et al.*, 2015).

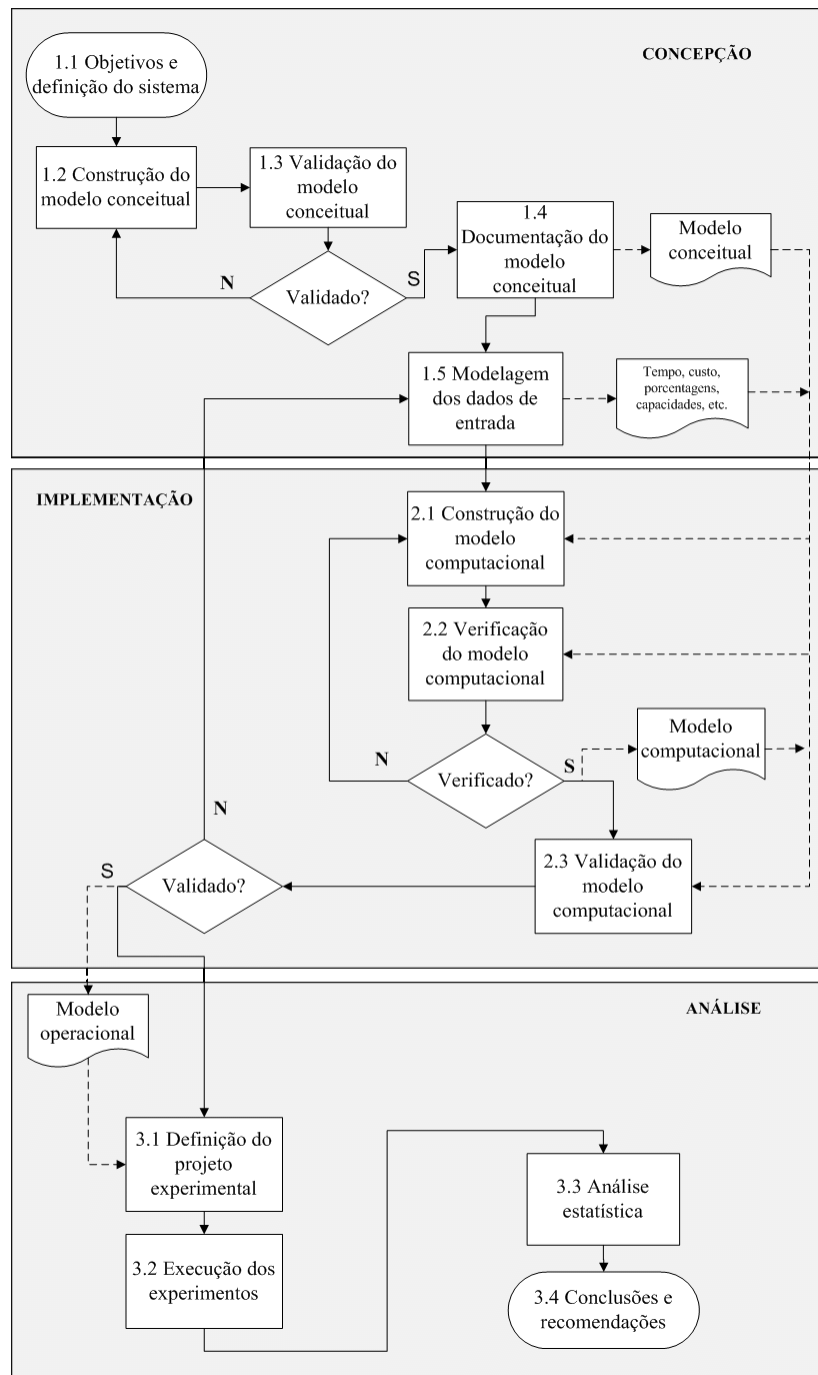
Analisando a literatura acadêmica sobre *design* de almoxarifado, metodologias de realização de pedidos e armazenagem, percebe-se que a maioria dos estudos envolve simulação como uma ferramenta de avaliação para verificar o desempenho entre o *design* do almoxarifado e a estratégia operacional (ANSARI; SMITH, 2017).

A representação do modelo deve ser adequada e existem várias técnicas disponíveis na literatura, que podem ser classificadas em duas categorias: métodos diagramáticos (ou gráficos) e linguagens de especificação formal (CHWIF *et al.*, 2006).

Segundo Montevechi *et al.* (2010), um projeto de simulação pode ser dividido em três fases:

- Concepção (modelo conceitual) - requer atenção do pesquisador pois o entendimento do processo atual da forma correta, representa a efetividade da simulação,
- Implementação (modelo computacional) - construção e verificação do modelo por meio do software de simulação selecionado,
- Análise (modelo operacional) - definição e execução dos experimentos e análises estatísticas, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Etapas de um projeto de simulação



Fonte: Montevechi et al. (2010).

As aplicações de projetos de simulação oferecem oportunidades de melhorias, contudo a fase de modelagem conceitual é a que recebe a menor atenção dos que pretendem trabalhar com a simulação e, por consequência disto, é a menos entendida. De fato, observa-se um esforço maior nesta fase quando o projeto é realizado por pesquisadores mais experientes (MONTEVECHI *et al.*, 2010).

A DES é uma técnica comum para analisar e compreender a dinâmica dos sistemas de fabricação e fluxo de materiais, ela representa um recurso flexível que permite analisar diversos cenários, configurações e estratégias no sistema, permitindo a melhor tomada de decisão (NEGAHBAN; SMITH, 2014).

Considerando as variáveis independentes, volume de produção, número de *kits* a serem montados, quantidade de *racks* entre outras, no sistema estudado, que impactam as eventuais variáveis dependentes existentes, tempo de processo, quantidade de montadores necessários, turnos de trabalhos, a simulação aparece como a ferramenta eficaz para se realizar análises do tipo “o que ocorre se”, bem como quantificar benefícios e custos envolvidos, permitindo, assim, uma análise de sensibilidade frente à mudanças nos parâmetros do problema (CIGOLINI *et al.*, 2014).

A DES é um método eficaz para sistemas complexos, ela apoia a análise de micro atividades para um contexto macro (MENSAH *et al.*, 2015). A simulação colaborativa inter-organizacional é uma estrutura que modela seus micro mecanismos inter-organizacionais operacionais (LONG, 2016). Ela é caracterizada pela alteração no estado dos elementos componentes do sistema real, ocorrendo em pontos discretos do tempo quando os eventos, em geral aleatórios, ocorrem (BANKS *et al.*, 2010).

As principais aplicações da DES na indústria automotiva são: o *design* do sistema de fabricação em sua fase conceitual, teste de políticas operacionais durante a fase de lançamento, avaliação do desempenho do local de fabricação, quando ele está operando e/ou determinar causas e soluções de problemas operacionais que estão afetando ou podem afetar o desempenho desejado de um local de fabricação (RAMÍREZ-GRANADOS *et al.*, 2014).

2.3 MODELO CONCEITUAL

O desenvolvimento do modelo conceitual representa um impacto em todos os aspectos da simulação, na coleta de dados, velocidade no desenvolvimento do modelo, validação, tempo de experimentação e confiança nos resultados. Sendo assim, é importante escolher uma técnica de modelagem conceitual que forneça o apoio que o projeto de simulação necessita (ROBINSON, 2006). De acordo com (BANKS, 1998) o modelo conceitual é uma representação da situação abstrata no sistema do mundo real, usando relacionamentos matemáticos e lógicos relativos aos componentes e estrutura do sistema. As descrições detalhadas dos processos incluídas no modelo conceitual, incluindo suposições e afirmações diretas garantem que o modelo se desenvolve de acordo com a declaração do problema (MONTEVECHI *et al.*, 2010).

A validade do resultado de um sistema depende do que está incluído na descrição do sistema. Portanto, é importante construir um modelo conceitual para que o modelo possa ser verificado antes de investir recursos no desenvolvimento de um modelo de computador e que os resultados sejam efetivos (MANUJ; MENTZER; BOWERS, 2009).



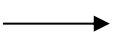

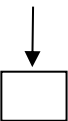




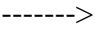
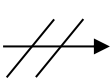


Os processos de fabricação e logística utilizam as técnicas de modelagem e simulação no planejamento de tarefas. Por meio da representação diagramática (fluxograma) é possível modelar a operação de manuseio de material de forma conceitual e, traduzindo para uma ferramenta de simulação computacional as relações existentes entre os vários elementos que a compõe será possível visualizar e caracterizar seu desempenho (PRADO 2014) A importância dada à modelagem conceitual pode ser comprovada por inúmeras técnicas disponíveis na literatura, pela qualidade da simulação resultante do seu uso, além da comprovada redução o tempo necessário na modelagem computacional (FRANCISCO *et al.*, 2016).

Segundo Oliveira (2010); (LEAL, 2008), há várias técnicas de modelagem conceitual tais como: ACD (*Activity Cycle Diagram*), SAD (*Simulation Activity Diagrams*), UML (*Unified Modeling Language*) e IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods–Simulation*).

As técnicas de abordagem da Família IDEF podem ser utilizadas no suporte à simulação. Por exemplo, segundo (BATEMAN *et al.*, 2013) o IDEF0 é um processo para modelagem de tomada de decisão, ações e atividades, avaliando assim o que é certo e errado em um sistema. Porém existem vulnerabilidades nas técnicas existentes que deixam de registrar informações importantes para simulação computacional (OLIVEIRA, 2010).

A técnica IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*), foi desenvolvida para aplicação na simulação, na fase da modelagem conceitual, mas existe possibilidade de aplicação também em projetos de melhorias em geral, pois utiliza elementos extraídos das técnicas de abordagem da família IDEF utilizando símbolos gráficos que facilitam a interpretação e utilização nos processos, conforme Tabela 3 (LEAL, 2008).

Tabela 3 – Elementos, símbolos e descrição da técnica IDEF-SIM.

Elemento	Símbolo	Descrição	Técnica de Origem
Entidade		Itens a serem processados pelo sistema	IDEF3
Funções		Representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação	IDEF0
Fluxo da entidade		Caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções	IDEF0 IDEF3
Recursos		Representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções	IDEF0
Controles		Regras utilizadas nas funções	IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	  	<p>Após esta função os caminhos podem ser executados juntos</p> <p>Após esta função os caminhos são alternativos</p> <p>Permitindo ambas as regras</p>	IDEF3
Movimentação		Representa um deslocamento da entidade	IDEF0 IDEF3
Informação explicativa		Inserir uma explicação no modelo	IDEF0 IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		Define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo	
Ponto final do sistema		Define o final de um caminho dentro do fluxo modelado	
Conexão com outra figura		Utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes	

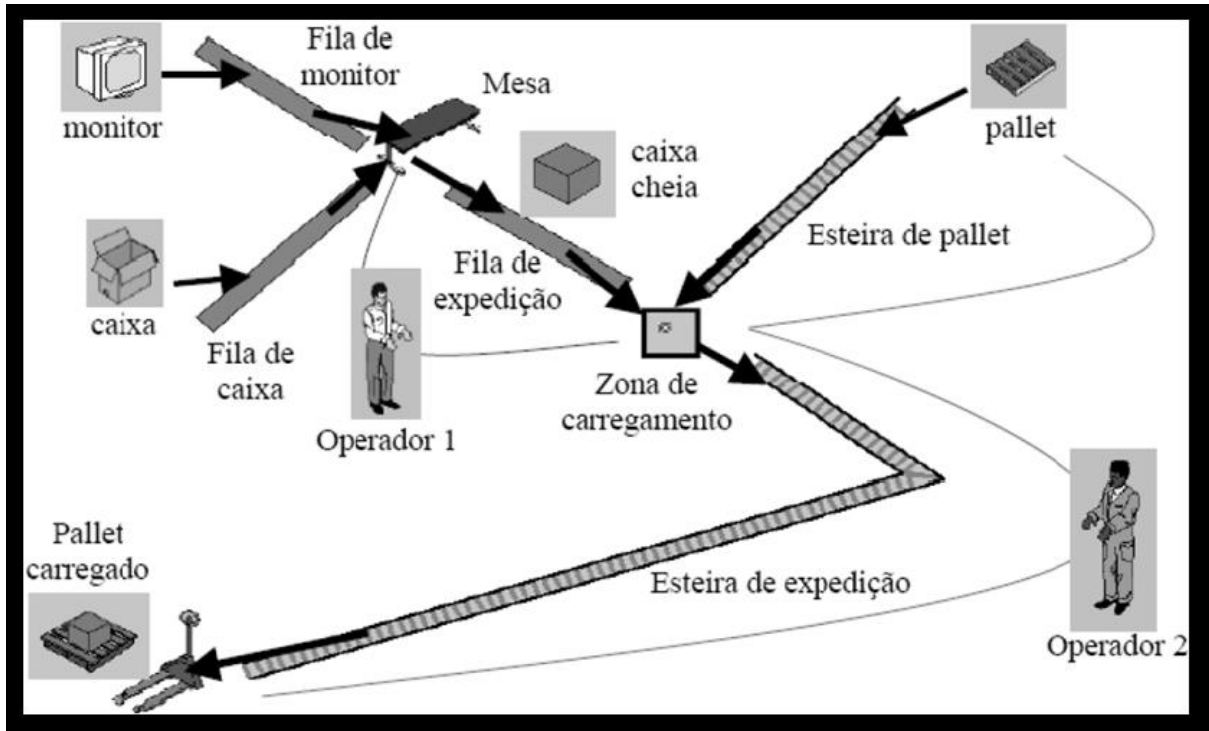
Fonte: Adaptado Leal, Almeida e Montevechi (2008).

O IDEF-SIM foi desenvolvido utilizando elementos das técnicas de modelagem IDEF0, IDEF3 e Fluxograma, dentro de uma lógica que contempla a sua aplicação na simulação (LEAL, 2008). Percebe-se que as técnicas da Família IDEF não foram estruturadas para simulação deixando de considerar aspectos importantes para o modelo.

A aplicação da técnica IDEF-SIM permite que os sistema seja modelado por meio da análise de elementos gráficos, diferente da visualização no modelo computacional onde as etapas do processo são visual por meio de figuras, essas diferença na visualização do sistema

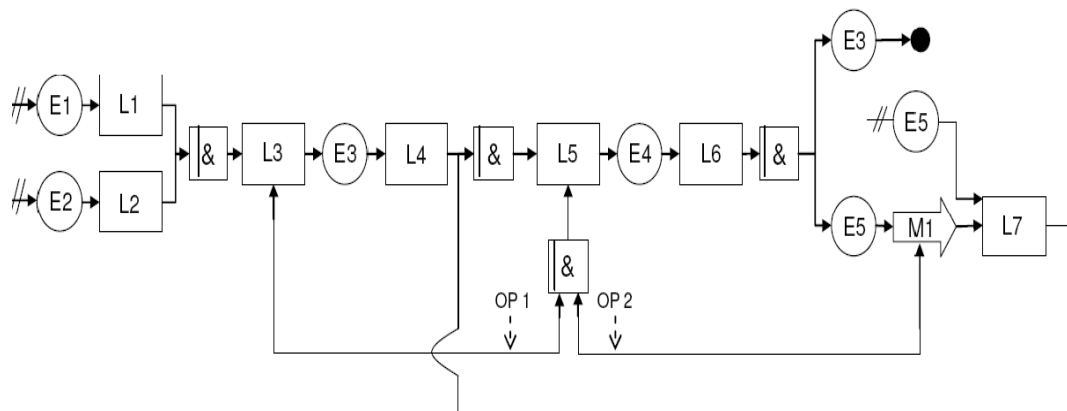
de manufatura a ser modelado e o modelo conceitual por meio do IDEF-SIM, estão ilustradas nas Figuras 7 e 8, conforme notação descritas nos Quadros 1 e 2.

Figura 7 – Visualização do sistema de manufatura a ser modelado.



Fonte: Leal, Almeida e Montevechi (2008).

Figura 8 – Modelagem conceitual do primeiro sistema de manufatura utilizando o IDEF-SIM.



Fonte: Leal, Almeida e Montevechi (2008).

Considerando a aplicação a técnica IDEF-SIM o sistema modelado apresenta cinco entidades, que são os itens a serem processados pelo sistema, representando matéria-prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros, conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Entidades presentes na Figura 8.

ENTIDADES	NOMES
E1	MONITOR
E2	CAIXA
E3	CAIXA CHEIA (=E1+E2)
E4	PALETE CARREGADO (=E1+E5)
E5	PALETE VAZIO

Fonte: Leal, Almeida e Montevechi (2008).

Já as funções representam os locais onde as entidades sofreram alguma alteração, entendem-se como funções: postos de trabalho, esteiras de movimentações, filas e estoques, postos de atendimento. Estas funções podem modificar uma entidade, como no caso de postos de trabalho, ou mesmo alterar o ritmo desta entidade no fluxo como uma espera na fila, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Funções presentes na Figura 8

FUNÇÕES	NOME
L1	FILA MONITOR
L2	FILA CAIXA
L3	MESA
L4	FILA EXPEDIÇÃO
L5	ZONA DE CARREGAMENTO
L6	ESTEIRA EXPEDIÇÃO
L7	ESTEIRA PALETES

Fonte: Leal, Almeida e Montevechi (2008)

2.4 TÉCNICAS PARA VALIDAÇÃO DO MODELO

O modelo deve ser validado para que os objetivos sejam atendidos na simulação, nesta etapa a avaliação acontece por intermédio de testes que incluem os dados de origem, e tem a

finalidade de verificar sua consistência no modelo. Esta etapa é importante, pois caso haja incoerência no modelo a simulação será afetada diretamente (LEAL et al., 2009).

Nesta pesquisa, conforme já citado, adotou-se o modelo adaptado de (CHWIF, L.; MEDINA, 2014), descrito na Figura 4, sendo a validação conceitual a chave para a aprovação de um projeto, por meio dela que o trabalho é qualificado e mostra sua efetividade. De acordo com (MONTEVECHI et al., 2010), a etapa de validação vai responder:

- Se o modelo em desenvolvimento está correto;
- Se a representação do modelo está completa com todas as observações e detalhes necessários de forma adequada ao sistema que será simulado.

A conceitualização consiste em simplificar e usar modelos idealizados do sistema. A modelagem conceitual é a etapa mais importante do processo de simulação. Na verdade, conceitualizações no início do processo de *design* permitem que os tomadores de decisão considerem um grande número de possibilidades (REMIEL et al., 2014)

São três as finalidades básicas dos dados que serão usados na simulação: construção do modelo conceitual, validação de dados e experimentação. É importante não utilizar o mesmo conjunto de dados para construir e testar o modelo. Ou seja, não deve esquecer o princípio GIGO (*Garbage In, Garbage Out*), se os dados do modelo estão incorretos, não há como o melhor dos modelos gerar resultados corretos.

Encontram-se na literatura várias técnicas para validação do modelo conceitual, tais como: Modelo Duplicado - aplicação eficiente, contudo cansativa, orienta o desenvolvimento de dois modelos e equipes distintas no mesmo sistema. Espera-se que as equipes desenvolvam modelos semelhantes, caso isso aconteça representa um bom indicador para a validação do modelo. Comparativo de modelos - desenvolver de um modelo de por meio de outro previamente validado. Aprovação face a face - debate junto aos especialistas com o objetivo de alcançar com esses especialistas a garantia de usar o modelo (aplicado em modelos conceituais e operacionais) (CHWIF; PAUL; BARRETTO, 2006). Segundo Robinson (2006) é importante ter um conjunto de critérios de avaliação, como velocidade, simplicidade, objetividade. Tais critérios devem fornecer uma base para a validação da simulação, independente do modelo conceitual e para revisões contínuas do modelo, como as necessárias para determinar se um modelo pode ser reutilizado, após processo de aprovação que deve ser bem documentado.

Diferenciar os termos “reprodução” e “rodada” é muito importante a partir da validação. Rodada, refere-se ao início da execução da simulação no computador. Cada execução do modelo deve ser entendida como um novo experimento, onde cada uma das execuções pode ter várias reproduções. A reprodução é uma réplica da simulação do modelo, seguindo os mesmos

moldes, com o mesmo tempo e utilizando parâmetros de entrada semelhantes, mas aleatoriedade diferente (LEAL, ALMEIDA e MONTEVECHI, 2008).

A apresentação dos resultados da simulação deve levar em consideração a confiança estatística e a precisão. A confiança estatística representa que um intervalo de valores contém a média da população, com a probabilidade certa. A precisão representa ao tamanho do intervalo (CHWIF; PAUL; BARRETTO, 2006).

Conforme Devore (2000) e Chung, (2004), um intervalo de confiança, com nível de significância α , para a média de uma população é construído por meio da Equação (1) ou da Equação (2):

$$P(\bar{x} - h \leq \mu \leq \bar{x} + h) = 1 - \alpha \quad (1)$$

$$\bar{x} \pm t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

sendo, \bar{x} a média de amostras; $h = t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$ a metade do tamanho do intervalo de precisão; $t_{n-1, \alpha/2}$ o $(1-\alpha/2)$ percentil da distribuição t de Student com $(n - 1)$ graus de liberdade; s o desvio padrão da amostra; e n o número de dados da amostra.

O número de dados da amostra pode ser entendido como o número de réplicas utilizado. O aumento da precisão (redução do tamanho do intervalo) pode ser obtido por meio do aumento do número de replicações. Esta é uma forte vantagem da simulação, pois uma vez obtido o modelo operacional, cabe ao modelador decidir o número de replicações.

O número de reproduções a serem realizadas, para se obter a precisão desejada, torna-se então uma decisão a ser tomada pelo modelador. Para Chung, (2004), a seleção do número inicial de replicações é arbitrária, sendo comum optar-se por 10 replicações.

O procedimento consiste em retirar da população uma quantidade de amostras (n) e elaborar o intervalo de confiança do parâmetro desejado. Caso os valores obtidos forem menores que os desejados, recomenda-se, segundo Chwif e Medina (2006), o uso da Equação (3):

$$n = n_{\text{utilizado}} \left(\frac{h_{\text{obtido}}}{h_{\text{desejado}}} \right)^2 \quad (3)$$

Segundo Chung, (2004), existem duas abordagens para o cálculo do nível de precisão: a comparação absoluta do erro padrão, para um dado nível de tolerância, e a comparação do valor relativo do erro padrão, para uma média amostral. A segunda alternativa, segundo o mesmo autor, é preferida, pois não é necessário selecionar um valor arbitrário absoluto de nível de precisão. A abordagem da precisão relativa pressupõe o cálculo de uma taxa, que corresponde à divisão do erro padrão dos dados pelo valor da média dos dados.

Chung, (2004), afirma ainda que o valor comumente utilizado para a precisão relativa é 0,10. Isto significa que se deseja que o erro padrão seja somente 10% do valor da média da amostra. A precisão relativa está representada na equação (4):

$$h_{relativo} = \frac{t_{1-\alpha/2, n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}}{\bar{x}} \quad (4)$$

O período transitório é chamado de *warm-up*. De acordo com Robinson, (2006), a seleção do período de *warm-up* para uma simulação a eventos discretos continua a ser problemático. Na visão de Chwif e Medina (2006), o período de transição é representado de maneira mais prática por intermédio das observações. Caso o sistema modelado seja não-terminal, ou seja, não possua um momento pré-determinado para o término da simulação, as saídas da simulação executada devem ser obrigatoriamente coletadas no regime permanente.

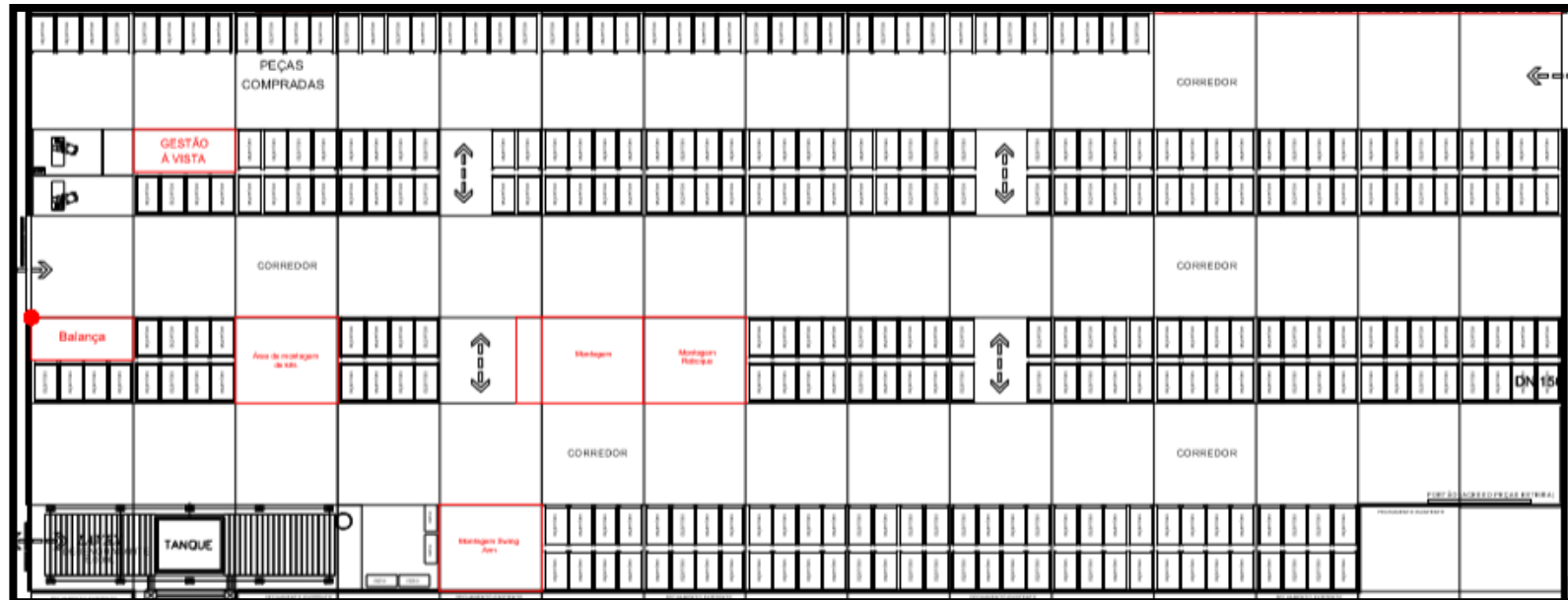
Diante dos desafios nas organizações em se adequar as práticas relacionadas a Indústria 4.0 a utilização da simulação a eventos discretos, representa uma pratica efetiva e contemporânea (NASCIMENTO; MUNIZ JUNIOR, 2018).

Contudo, para que a simulação alcance os resultados esperados é necessário que o levantamento dos dados obedeça uma sequência lógica e de que qualidade respeitando o apontamento real, pois caso haja incerteza ou dúvidas nos dados os resultados serão questionados no momento da validação (CHWIF, L.; MEDINA, 2014). O modelo conceitual bem definido por meio da técnica de mapeamento facilita o uso das informações na simulação, e deve ser validado por meio da utilização de técnicas de estatística, pois se as informações colhidas no processo de modelagem conceitual forem inadequadas o resultado da modelagem computacional será insatisfatório gerando alto esforço na aplicação e desconfiança junto aos membros da organização (LEAL et al., 2009). Sendo assim, é importante entender a visão dos gestores e especialista da área para que as informações estejam alinhadas aos objetivos propostos para a aplicação da simulação.

3 MODELAGEM DO PROBLEMA

O almoxarifado onde foi aplicado a simulação desenvolve as atividades de recebimento, conferência, armazenagem, separação dos pedidos, montagem de *kits*, desengraxe dos materiais e controle de estoque entre outros. O local possui uma área de 2.000 m², com 865 posições para armazenagem que podem ser dos tipos blocado e verticalizados, possui também um equipamento para desengraxe, processo necessário para limpeza das peças após estampagem dos itens nas áreas de manufatura para prensados leves e médios. O processo de montagem de *kits* acontece para que o suprimento das linhas de montagem de conjunto e chassis, onde os componentes são separados e disponibilizados em *racks*. O almoxarifado tem um lay-out definido visando atender um fluxo contínuo, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9: *Lay-out* Almoxarifado.



Fonte: Empresa Estudada (2018).

A aplicação da simulação no almoxarifado de componentes estruturais iniciou-se por intermédio do mapeamento dos processos e desenvolvimento do modelo diagramático (APÊNDICE A) onde a mitigação das rupturas referente aos processos do almoxarifado foram analisadas, para desenvolvimento de um modelo que elimine os fatores de maior impacto e que impedem o aumento do desempenho. A preocupação com o nível de detalhes é importante para que na fase de planejamento do trabalho a compilação dos dados em cada etapa atenda os níveis necessários para extração do resultado desejado, sem que ocorra desperdício de tempo e recursos ou superficialidade. Espera-se ao fim desta análise, ter o mapeamento dos processos do almoxarifado e modelo abstrato definido.

De acordo com Chiwf e Medina (2014) a próxima etapa após o modelo abstrato deve ser a elaboração do modelo conceitual, o objetivo da utilização deste método é reproduzir o processo por meio de elementos de fácil interpretação no sistema. Nesta pesquisa, foi utilizada a técnica IDEF-SIM (MONTEVECHI et al., 2008), a qual possui uma estrutura que fácil aplicação na modelagem computacional.

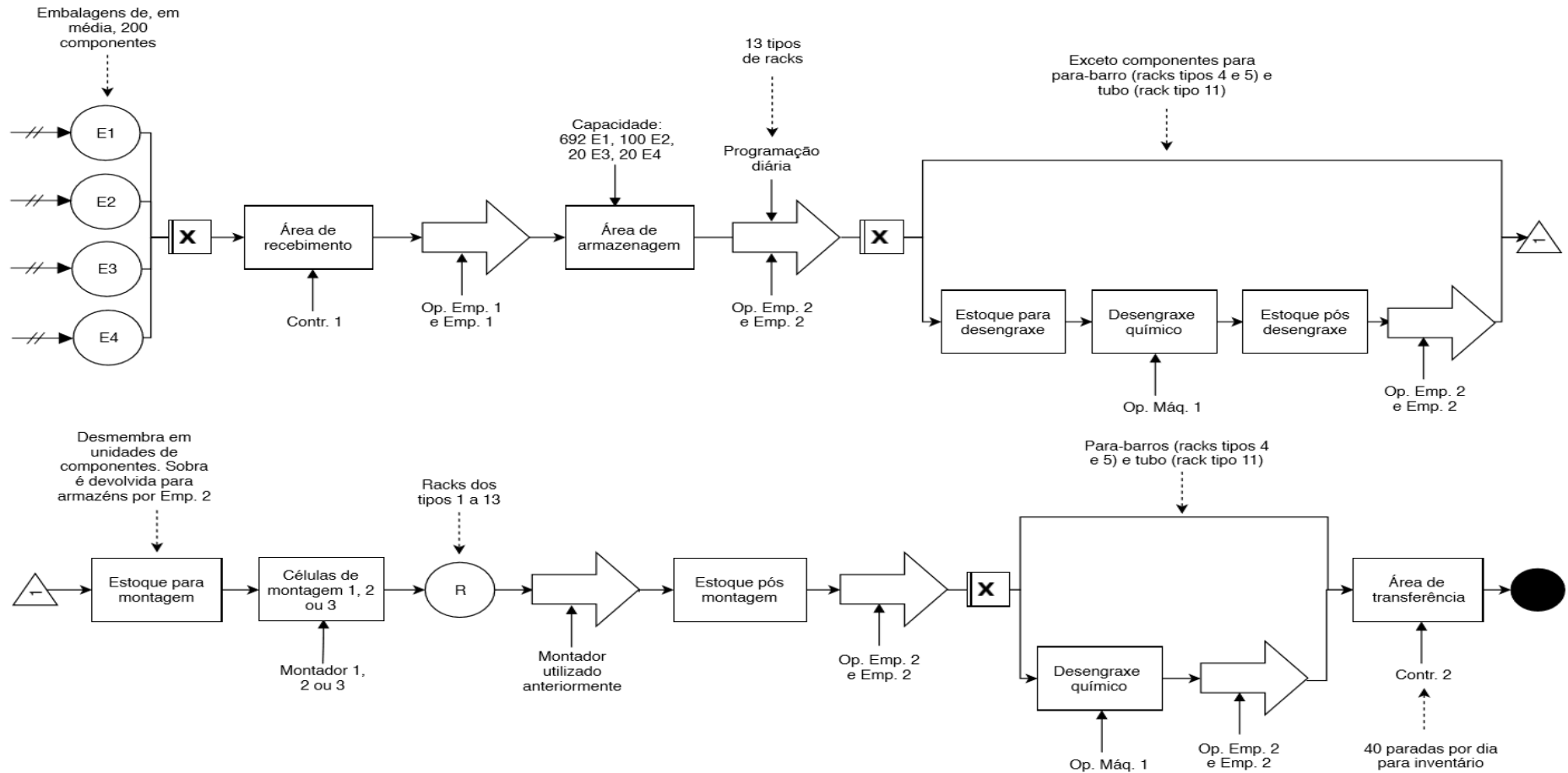
3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E MODELAGEM CONCEITUAL

O almoxarifado estudado na pesquisa é responsável pela armazenagem de componentes estruturais da empresa estudada. Por possuir um *mix* de montagem de *kits* de alta variedade e o almoxarifado não possuir muitos processos automatizados, depende de um elevado número de operadores. Os processos efetuados no almoxarifado estão representados na Figura 9.

O processo inicia-se com o recebimento dos componentes estruturais produzidos nas áreas de manufatura da empresa estudada, nesta atividade há um operador. As peças passam pela conferência e transferência do saldo físico para o almoxarifado, após a conferência o material é estocado de acordo com o sistema de endereçamento.

Diariamente o almoxarifado recebe programações para montagem de kits que passam por um processo de desengraxe por meio de lavagem química por submersão. Após o processo de desengraxe existe a montagem dos *kits* ou envio de componentes avulsos para as áreas de manufatura que processam os itens transformando em conjuntos montados médios que serão utilizados na montagem de chassis, o modelo conceitual por meio da técnica IDEF-SIM, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10: IDEF-SIM Centro Logístico.



Fonte: Empresa Estudada (2018).

As movimentações dentro do almoxarifado ocorrem por meio de duas empilhadeiras que são divididas entre movimentações para montagem de *kits* e armazenagem dos itens. O almoxarifado tem um equipamento para desengraxe químico que representa um gargalo no processo devido ao acúmulo de peças aguardando desengraxe.

Após a lavagem existe um grande número de itens que passam por um processo de montagem em *kits* para atendimento da produção. O almoxarifado também tem um processo de inventário cíclico onde é feito a contagem manual dos itens estocados visando garantir a acuracidade do estoque. Os recursos aplicados no almoxarifado estão descritos nas Quadros 3 e 4.

Quadro 3 : Recursos Humanos do Almoxarifado.

Recurso	Atividade
Controlador (1)	Conferência entrada de componentes
Controlador (2)	Conferência saída <i>kits</i> montados e ou componentes avulsos
Operador de empilhadeira (1)	Estocagem de materiais e colocação de materiais para desengraxe
Operador de empilhadeira (2)	Coleta de materiais no estoque e colocação de materiais para desengraxe
Operador (1)	Manuseio da máquina de desengraxe
Operadores (2, 3 e 4)	Montagem de <i>kits</i>
Líder do Almoxarifado	Acompanhamento das atividades diárias

Fonte: Empresa Estudada (2018).

Os equipamentos utilizados no almoxarifado estão descritos na Quadro 4.

Quadro 4: Equipamentos do Almoxarifado.

Equipamento	Finalidade
Empilhadeiras (1 e 2)	Movimentação interna no almoxarifado
Talha elétrica	Movimentação de materiais para desengraxe
Lavex	Máquina para desengraxe

Fonte: Empresa Estudada (2018).

4 VALIDAÇÃO DOS DADOS E SIMULAÇÃO

4.1 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Foram definidos os mesmos locais previstos no modelo conceitual, além de três filas fictícias de recebimento de ordens de produção, uma para cada célula de montagem, de forma a registrar a sequência de ordens previstas. A fim de facilitar a escolha da posição dos locais, assim como a identificação do layout, foi inserida como imagem de fundo a planta baixa do sistema. No Quadro 5 estão descritas as entidades (E_i) que constam no modelo conceitual da Figura 9, e na Tabela 4, estão os tipos de kits, entidades que os compõem, demandas diárias e tempo de montagem.

Quadro 5 - Tipos de componentes.

Componente	Descrição
E1	Prensados Médios
E2	Prensados Leves
E3	Componentes Laser
E4	Componentes Comprados

Fonte: Empresa estudada (2018).

As distribuições apresentadas na Tabela 4 foram identificadas por meio do *software* Stat::Fit. Para todos os testes de aderência realizados pelo *software*, não houve evidências suficientes para se rejeitar estatisticamente as distribuições escolhidas. A aplicação foram nos 13 tipos de *kits* montados no almoxarifado para atendimento da linha de conjuntos soldados médios os quais são montados em *racks*.

Tabela 4 – Tempos de montagem para simulação computacional.

Rack	Descrição	Composição (por rack)	Demanda média diária (racks)	Tempo de montagem (min / rack)
01	Reboque Cargo Ford	4 E1 (50 unidades); 2 E2 (50 unidades).	1	Weibull: 14.+W(1.83, 6.18)
02	Reboque H534 Ford	3 E1 (100 unidades); 2 E2 (100 unidades).	2	Weibull: 14.+W(1.83, 6.18)
03	Elão MAN	4 E1 (40 unidades).	2	Triangular: T(14., 25.2, 29.3)
04	Para-barros 151	1 E1 (8 unidades); 3 E2 (8 unidades); 2 E4 (8 unidades).	16	Weibull: 5+W(1.42, 9.1)
05	Para-barros 152	2 E1 (8 unidades); 2 E2 (8 unidades); 2 E4 (8 unidades).	16	Weibull: 5+W(1.42, 9.1)
06	Degrau MAN	8 E1 (40 unidades); 1 E2 (80 unidades); 2 E2 (40 unidades).	2	Weibull: 6+W(1.72, 5.73)
07	Bateria MAN	3 E1 (80 unidades); 3 E2 (80 unidades).	2	Triangular: T(19, 23.3, 32)
08	Swing Arm Phevos MAN	4 E1 (60 unidades); 2 E2 (120 unidades); 4 E2 (60 unidades); 1 E4 (60 unidades).	2	Beta: B(1.48, 2.09, 13, 25.8)
09	Reboque largo MAN	1 E1 (60 unidades); 1 E1 (30 unidades); 3 E2 (30 unidades); 1 E3 (30 unidades).	3	Weibull: 14.+W(1.83, 6.18)
10	Reboque Phevos MAN	2 E1 (60 unidades); 1 E2 (60 unidades).	3	Beta: B(1.35, 1.38, 14, 26.3)
11	Tubo MAN	4 E2 (30 unidades); 1 E4 (30 unidades).	8	Beta: B(1.05, 1.16, 7., 14.)
12	Multifuncional MAN	5 E1 (30 unidades); 2 E2 (60 unidades); 2 E2 (30 unidades).	4	Weibull: 28+W(2.21, 7.48)
13	Bateria MBB	3 E1 (80 unidades); 3 E2 (80 unidades); 1 E3 (80 unidades); 1 E3 (160 unidades).	2	Triangular: T(19, 23.3, 32)

Fonte: Empresa estudada (2018).

Para os *Racks* dos tipos 01, 02 e 09 (reboques), foi considerado o mesmo tempo de montagem, assim como para os *Racks* 04 e 05 (para-barros) e *Racks* 07 e 13 (bateria). Por fim,

criou-se a entidade Ordem de Produção. Cada ordem de produção se refere à produção de um *Rack* de produtos montados. Com isso, caso esteja programada a montagem de 16 *Racks* de um certo produto, entrarão no modelo 16 ordens de produção com informações relacionadas ao produto específico. As ordens de produção possuem 34 atributos, conforme Quadro 6.

Quadro 6 – Descrição dos atributos.

Atributo	Descrição
Produto	Registra o tipo de Rack / Produto que será montado.
Tamanho da Ordem de Produção	Registra a quantidade de Racks de um produto que serão montados, de modo a poder se calcular a quantidade de componentes que serão necessários.
Número de Ordem de Produção	Registra o número da ordem de produção. Quando há uma troca de ordem de produção nas células de montagem, executa-se o procedimento de devolução dos componentes sobressalentes e busca dos componentes necessários para a próxima ordem de produção.
Tempo de Montagem	Como os tempos de montagem são diferentes para cada tipo de Rack, estes são definidos por meio desse atributo.
Tipo de componente necessário	15 atributos que permitem listar até 15 componentes necessários para cada tipo de Rack (E1, E2, E3 e E4).
Quantidade necessária do componente	15 atributos que permitem listar até 15 quantidades dos componentes referidos no atributo anterior.

Fonte: Empresa estudada (2018).

As chegadas no sistema se referem a chegadas de componentes para montagem (uma embalagem a cada 20 minutos) e de ordens de produção (uma vez ao dia). Foram definidos os mesmos recursos presentes no modelo conceitual.

O horário de funcionamento do sistema simulado foi definido de forma a considerar 3 turnos de trabalho, com pausas para refeições da 1h30 às 2h30, das 10h30 às 11h30 e das 19h30 às 20h30. Observe-se que, para o cenário futuro, foi desenvolvido um modelo e um arquivo de turno para possibilitar o teste da eliminação de um turno. Com exceção do tempo para descarregamento das empilhadeiras, que teve sua distribuição definida por meio do software Stat::Fit, as distribuições apresentadas na Tabela 5 foram definidas por especialista

Tabela 5 – Informações sobre os tempos.

Descrição	Tempo
Tempo de recebimento de embalagens	Triangular: T(3, 5, 10) minutos / embalagem
Tempo de desengraxe	Triangular: T(15, 25, 45) minutos / desengraxe
Tempo de transferência de racks	Triangular: T(3, 5, 10) minutos / rack
Tempo de pega das empilhadeiras	15 segundos
Tempo de descarregamento das empilhadeiras	Uniforme: U(30, 10) segundos
Tempo de inventario	Triangular: T(2, 4, 8) por parada para inventário
Velocidade das empilhadeiras	6 km/h

Fonte: Empresa estudada (2018).

Para contabilizar os indicadores de interesse no modelo, foram criadas as seguintes variáveis:

- A. Número de *Racks* montados por cada uma das células de montagem;
- B. Número de *Racks* montados, no total;
- C. - Número de *Racks* transferidos;
- D. - Número de *Racks* prontos no sistema, mas ainda não transferidos;
- E. - Horário de transferência do último *Rack*.

As variáveis de interesse foram inseridas no *layout* do modelo por meio de um *dashboard*:

- Prensados médios - componentes produzidos na área de manufatura prensados médios.
- Comprados - fixadores, pinos, usinados, fundidos.
- Laser - itens de corte a laser.
- Prensados Leves - componentes produzidos na área de manufatura prensados leves.

A execução do modelo foi definida para um período de 24 horas, em um dia completo de trabalho, e 30 réplicas. Para reduzir as chances de uma recomendação errada após a experimentação, é necessário executar certo número de replicações e então basear as recomendações em todos os dados disponíveis. Entender que é inapropriado tirar conclusões em cima de uma única execução da simulação devido ao fato de que os resultados da simulação

podem apresentar variações (CHUNG 2004). Para que os estoques refletissem seu nível real, foi definido, adicionalmente, um período de aquecimento de 24 horas.

Com base em dados do setor de planejamento da empresa foi possível identificar, dentro de cada família, os modelos de maior volume de produção e giro de estoque. Assim, iniciou-se a medição de tempos de operação e movimentação para estes. Para processos envolvendo o trabalho de três operadores simultaneamente, as tarefas foram tratadas individualmente.

Para garantir a qualidade dos dados coletados e lembrando-se do conceito GIGO, há de se observar que a coleta de dados deve ser realizada com muita atenção, garantindo a qualidade das informações.

Procurou-se observar se não havia interferência incomum no almoxarifado, e de que o objeto de estudo esteja em seu ritmo de trabalho usual. Cuidou-se dos *outliers*, por meio da análise dos dados. Para os dados coletados o Minitab® identifica os *outliers* e identifica a curva de melhor aderência.

Outra observação pertinente é que os dados são estratificados, e a metodologia exposta inicialmente e representações compreensivas para simulação, como a do IDEF-SIM, ajudam muito. A Tabela 6 traz as operações do almoxarifado, e tem-se para cada operação os detalhes e seus respectivos tempos, sendo que para cada detalhe tem-se 30 medições.

Tabela 6 – Tempos de processo do almoxarifado.

Tempos	Atividades			
	INVENTÁRIO	MONTAGEM DE KITS	ARMAZENAGEM	LAVAGEM
1	00:02:20	00:13:00	00:03:43	00:12:46
2	00:01:20	00:28:00	00:06:31	00:11:06
3	00:02:30	00:17:16	00:08:14	00:12:53
4	00:02:13	00:23:04	00:07:33	00:12:32
5	00:05:26	00:18:00	00:05:15	00:11:20
6	00:02:56	00:25:48	00:09:02	00:13:07
7	00:03:02	00:14:16	00:03:27	00:15:30
8	00:01:57	00:15:13	00:04:12	00:16:29
9	00:02:01	00:20:13	00:03:02	00:10:08
10	00:03:04	00:16:56	00:07:46	00:13:49
11	00:05:03	00:13:17	00:06:42	00:12:26
12	00:01:27	00:15:00	00:03:57	00:11:30
13	00:03:00	00:23:58	00:05:02	00:16:56
14	00:02:29	00:19:23	00:03:45	00:13:17
15	00:03:49	00:24:39	00:06:13	00:10:55
16	00:02:10	00:22:19	00:03:39	00:10:13
17	00:03:45	00:15:03	00:04:55	00:11:29
18	00:02:13	00:21:06	00:04:07	00:14:23
19	00:02:47	00:14:18	00:04:59	00:12:57
20	00:04:10	00:15:23	00:03:28	00:18:50
21	00:05:02	00:30:16	00:06:46	00:19:00
22	00:03:45	00:12:31	00:05:21	00:15:03
23	00:02:29	00:14:00	00:02:29	00:10:11
24	00:03:07	00:14:43	00:05:03	00:10:34
25	00:05:31	00:12:46	00:03:04	00:11:28
26	00:03:39	00:11:28	00:03:22	00:13:54
27	00:03:04	00:11:29	00:03:07	00:14:16
28	00:02:21	00:18:50	00:04:59	00:12:31
29	00:04:12	00:13:47	00:04:10	00:11:24
30	00:03:16	00:15:16	00:05:00	00:12:57
Observações:	Contagem + Atualização de etiquetas	Movimentação + Montagem do kit + Movimentação	Conferência + Movimentação + Armazenagem	Movimentação + Lavagem + Movimentação

Fonte: Empresa estudada (2018).

Verifica-se em diferentes referências que cada uma define uma quantidade ideal de medições, 12 a 100, para garantir a qualidade dos dados. Nesse trabalho 30 medições foram suficientes para validar os dados.

Verifica-se que, tendo objetivos bem definidos inicialmente e de posse da representação IDEF-SIM, pode-se dividir as operações do almoxarifado em seis séries de informações diferentes, sendo: recebimento, conferência, armazenagem, programação e montagem de kits, inventário. Isto se deve ao fato que já se tem como objetivo a análise dos recursos envolvidos nas atividades do almoxarifado.

Ao se separar a operação em cinco etapas e ainda identificar quais as contribuições de cada operador, verificou-se dados como: tempo de uso e ociosidade de cada operador. Com isso estudou-se alternativas para a realização desta operação com maior eficiência. Adicionalmente, pode-se reordenar e redistribuir as partes da operação buscando um melhor ajuste nas atribuições de cada recurso.

A mesma operação pode ser interpretada de maneira diferente em outro estudo. Ao se adequar a coleta aos objetivos do estudo, deve-se mudar o foco de forma a garantir a qualidade das informações para dados que realmente contribuam com estes objetivos. Uma coleta não adequada pode até ser extremamente detalhada e ter qualidade na informação, porém esta consumirá muito tempo e não irá produzir um resultado muito melhor do que uma coleta com foco nos objetivos.

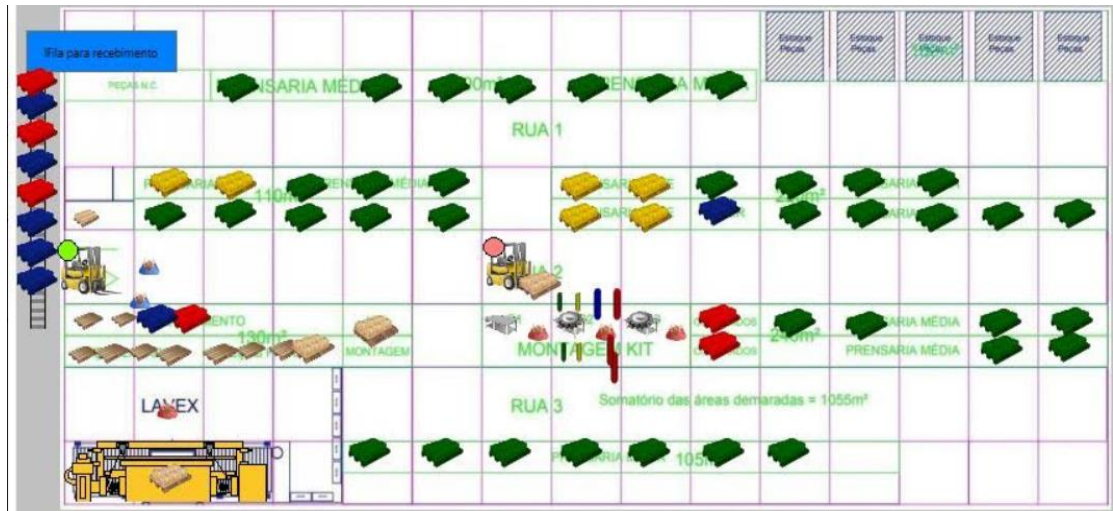
Desta forma, as atividades do almoxarifado em questão, para um estudo teórico de distribuição de atividade, poderiam muito bem deixar de lado as informações de recursos e apenas usar o tempo total da operação. Ter a informação conjunta ou dividida em cinco séries não impactaria de forma diferente nos resultados e nem influenciaria o estudo na capacidade deste alcançar seus objetivos.

4.2 MODELAGEM COMPUTACIONAL

A aplicação da modelagem computacional por meio da utilização do *software* ProModel® na versão *Full*, pois devido ao número de entidades, locais, atributos e atividades a utilização da versão completa possibilitou maior aplicação do cenário real.

O processo de simulação inicia-se com a chegada das entidades no modelo, após a entrada ocorre o primeiro fluxo de atividade referente ao recebimento dos materiais está função efetuada pelo processo de conferência de cada entidade por meio da checagem da quantidade apontada na identificação da manufatura versus transferência contábil, a próxima atividade no modelo apresentado será a movimentação feita por meio da empilhadeira para a armazenagem do material, a atividade de retirada das entidades do local de armazenagem acontece após definição da programação onde os componentes selecionados são enviados para a área de montagem de *kits* a operação de desengraxe pode acontecer antes ou após o processo de montagem dos *kits* isto depende dos tipos de *kits* montados, etapa final refere-se a transferência dos kits para envio as linhas de montagem, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Modelo Promodel – Chegada entidades.

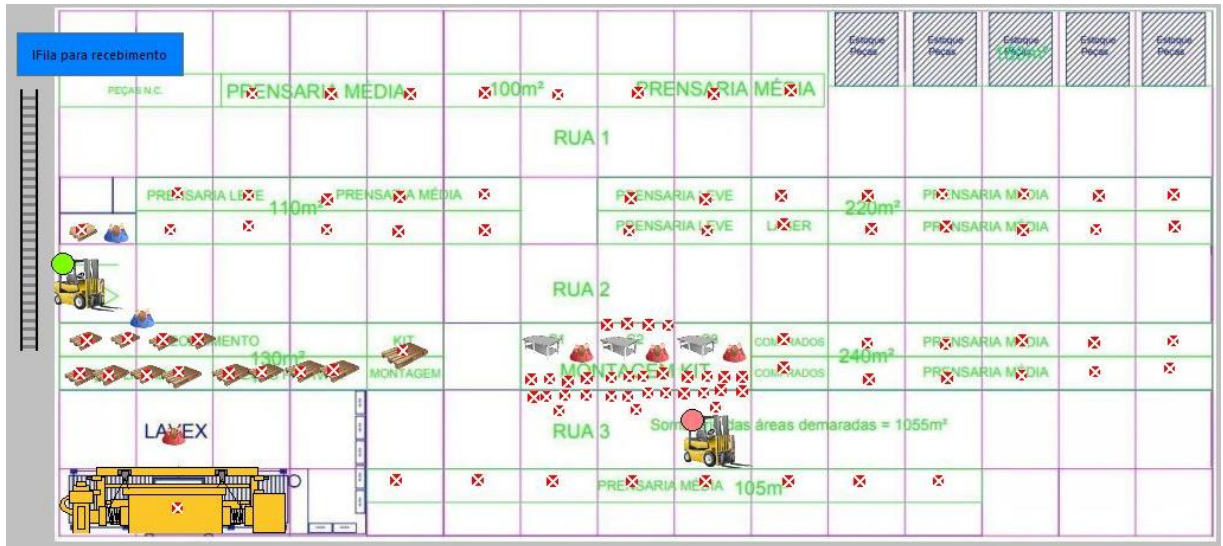


Fonte: Empresa Estudada (2018)

A distribuição das entidades no modelo ocorre de acordo com o *layout* atual do almoxarifado onde existem três ruas para armazenagem em condições verticalizadas e blocadas.

Após a entrada e recebimento das entidades no modelo o processo de armazenagem ocorre por meio das movimentações por empilhadeiras essa atividade é considerada fundamental nos indicadores de desempenho do almoxarifado pois representam gargalos durante as movimentações e geram perdas no processo pois em alguns momentos ocorreram acúmulo de materiais para serem armazenados devido a falta de empilhadeira. Outro ponto verificado na simulação foi o gargalo devido ao tempo de desengraxe pois este também de acordo com as validações estatísticas aplicadas na validação da modelagem conceitual e inserida no modelo computacional representou gargalos no desengraxe fazendo com que os itens ficassem na fila aguardando este processo, ambos os pontos estão ilustrados na Figura 12.

Figura 12: Modelo Promodel – Lay-out almoxarifado.



Fonte: Empresa Estudada (2018)

A atividade de programação registra a necessidade de montagem de kits para atendimento das linhas de montagem por meio dos kits e embalagens avulsas onde existe uma sequência de retirada do almoxarifado. O tempo de desengraxe foi apontado na cronoanálise como gargalo e comprovado no modelo computacional, sendo que essa comprovação está registrada no indicador gerado no ProModel® onde a quantidade de racks que permaneceram no sistema representam os *racks* aguardando o processo de desengraxe, e conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13: Modelo Promodel – Numero de *kits* montados.

Local	Saída	Status	Tempo até última transferência (h)
Recebimento	214	●	4.30
Montagem 1	5	●	
Montagem 2	8	●	
Montagem 3	12	●	
Total Montagens	25	-	
Transferência	7	●	
Racks montados ainda no sistema	18	-	

Saída Recebimento = embalagens
Demais saídas = racks

Fonte: Empresa Estudada (2018).

4.3 RESULTADOS OBTIDOS

As oportunidades de melhorias verificadas no almoxarifado após análise do modelo computacional são:

- Criação de três modelos de embalagens para armazenagem dos itens nas unidades de produção médios e leves: existem baixa ocupação nas embalagens utilizadas para armazenagem dos itens, isto faz com que o número de movimentação aumente seja para armazenagem quanto para a retirada das embalagens além da quantidade de posições serem insuficientes fazendo com que em alguns momentos os itens sejam deixados nas ruas de movimentação causa obstrução da passagem para as empilhadeiras

- Criação de outros tipos de kits com a armazenagem dos itens juntos facilitando a retirada dos itens do estoque: vários itens são armazenados de forma individual e separados no mesmo formato, contudo quando são enviados para linha de montagem estes itens são agrupados para a montagem, sendo que está atividade efetuada na linha gera desperdício de tempo que poderia ser utilizado na produção

- Redução do tempo de lavagem por meio de revisão no método de desengraxe: a composição química utilizada no desengraxe pode ser alterada assim como o número de resistência, processo de circulação da água, filtragem e bombeamento dos detritos e sujidades acumulados no tanque, isto pode reduzir o tempo de desengraxe em 15%

- Revisão do *layout* e padronização do sistema de armazenagem eliminando a armazenagem bloqueada: As movimentações em armazenagem bloqueada representam 25% acima da movimentação em locais com prateleiras, isso representa o desperdício da empilhadeira e gera gargalos nas movimentações;

- Criação de embalagens para recebimento dos itens que eliminem transbordo: Alguns itens comprados são enviados para o almoxarifado em modelos de embalagens que no momento da utilização são transbordados devido ser incompatível com o tanque de desengraxe ou porque estão em posição errada.

5 CONCLUSÃO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O uso da simulação representa para as organizações adequar-se às novas ferramentas empregadas por meio do conjunto de práticas da Indústria.4.0. Contudo, pode-se observar que as técnicas de simulação ainda estão pouco difundidas no ambiente industrial e que, para a melhor compreensão, é necessária capacitação dos membros da organização, pois o conhecimento desta ferramenta ainda está restrito ao corpo técnico e com pouca oportunidade de utilização por falta de acesso aos softwares de modelagem computacional, devido ao custo de licença.

VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS

Pode-se constatar, que o grande número de variáveis encontradas no almoxarifado e a complexidade do sistema e número de eventos, a modelagem e simulação representa uma ferramenta viável que permite uma maior compreensão do funcionamento do sistema e possibilita a realização de análises com mudanças nos valores das variáveis.

Pode-se afirmar que os objetivos geral e específicos foram atingidos, pois foi criado um modelo conceitual por meio da técnica IDEF-SIM onde foi possível visualizar várias soluções antes mesmo de fechar o ciclo de trabalho da simulação. O mapeamento dos processos do almoxarifado por meio de um modelo diagramático possibilitou a identificação de gargalos nas atividades tais como: tempo excessivo de desengraxe, excesso de movimentações por meio de lay-out em desacordo com o fluxo de montagem que após a identificação permitiu uma alteração de lay-out aprovado pela gerência da empresa.

Todos os recursos e ferramentas disponíveis no *software* ProModel® conseguiram suprir as necessidades do modelo de simulação de acordo com as características do sistema, o maior tempo gasto foi no levantamento dos dados pois a quantidade de eventos dentro de sistema é grande.

Sendo assim, além de validar o modelo atual no almoxarifado estudado, a simulação mostrou oportunidades de melhorias, como a redução de turnos de trabalho devido a ociosidade no recebimento das entidades, a alteração dos racks foi simulado e apresentou como resultado um aumento de eficiência na montagem de kits. Com pequenas mudanças pode-se aumentar o

desempenho nas atividades de recebimento, armazenagem, desengraxe e montagem de kits realizadas dentro do almoxarifado.

SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO

Os assuntos tratados nessa dissertação podem ser usados em novos trabalhos com o intuito de avaliar o fluxo de outros almoxarifados e células de montagem de kits dentro da empresa estudada, por meio da simulação a eventos discretos.

Outra oportunidade é a aplicação em outros segmentos tais como manufatura, logística, farmacêutica, varejo, atacado, hospitalar. Pois a aplicação desta ferramenta está alinhada as práticas da indústria 4.0

Pode-se, assim, disseminar na empresa a otimização de recursos e aumento de produtividade utilizando esta técnica importante para as organizações.

REFERÊNCIAS

- ANSARI, Mohammadnaser; SMITH, Jeffrey S. Warehouse operations data structure (WODS): a data structure developed for warehouse operations modeling. **Computers and Industrial Engineering**, Aurbun, v. 112, p. 11–19, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2017.08.009>>. Acesso em: 21 out. 2017.
- BAKER, Peter; CANESSA, Marco. Warehouse design: a structured approach. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 193, n. 2, p. 425–436, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.045>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- BANKS, Jerry. Discrete event simulation. **Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference**, UK, v. 18, n. 1, p. 01-22, 1998.
- BANKS, Jerry et al. **Discrete-event system simulation**. p. 1–23, 2010. Disponível em: <<http://www.coursesmart.com/discrete-event-system-simulation-fifth-edition/jerry-banks-john-s-carson-barry-l-nelson/dp/9780136097730%5Cnhttp://www.pearsonhighered.com/educator/product/Discrete-Event-System-Simulation/9780136062127.page>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, Vigo, v. 13, p. 1245–1252, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>>. Acesso em: 12 ago. 2018.
- BATEMAN, Robert E. et al. **Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 200 p.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations and Production Management**, Eindhoven, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002. Acesso em: 21 jan. 2017.
- BOŽIČKOVIĆ, Ranko et al. Integration of simulation and lean tools in effective production systems: case study. **Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering**, Bosnia, v. 58, n. 11, p. 642–652, 2012. Acesso em: 21 out. 2017.
- CAGLIANO, Anna Corinna et al. Using system dynamics in warehouse management: a fast-fashion case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Torino, v. 22, p. 171–188, 2011. Acesso em: 04 mar. 2017.
- CANNELLA, Salvatore; DOMINGUEZ, Roberto; FRAMINAN, Jose M. Inventory record inaccuracy: the impact of structural complexity and lead time variability. **Omega**, Uk, v. 68, p. 123–138, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2016.06.009>>. Acesso em: 21 out. 2017.
- CAPUTO, Antonio C.; PELAGAGGE, Pacifico M.; SALINI, Paolo. Modeling errors in kitting processes for assembly lines feeding. **IFAC: PapersOnLine**, v. 28, n. 3, p. 338–344, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.104>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- CHOPRA, Von Sunil.; MEINDL, Peter. **Supply chain management: Strategy, Planning & Operation**. 3. ed. Germany, p. 265–266, 2006.

CHUNG, Jaeyoung. Hyers-ulam-rassias stability of cauchy equation in the space of Schwartz distributions. **Journal of Mathematical Analysis and Applications**, Eua, v. 300, n. 2, p. 343–350, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2004.06.022>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

CHUNG, Wenming; TALLURI, Srinivas; KOVÁCS, Gyöngyi. Investigating the effects of lead-time uncertainties and safety stocks on logistical performance in a border-crossing JIT supply chain. **Computers and Industrial Engineering**, Eua, v. 118, p. 440–450, mar. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.018>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 5. ed. São Paulo: Campus, 2015. 298 p.

CHWIF, Leonardo; PAUL, Ray J.; BARRETTO, Marcos Ribeiro Pereira. Discrete event simulation model reduction: a causal approach. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 14, n. 7, p. 930–944, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.simpat.2006.05.001>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CIGOLINI, Roberto et al. Linking supply chain configuration to supply chain performance: a discrete event simulation model. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 40, p. 1–11, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2013.08.002>>. Acesso em: 21 out. 2017.

CSCMP - COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Glossary of terms**. Disponível em: <<http://csmp.org/website/AboutCSCMP/Definitions/Definitions.asp>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

DEVORE, J.L. **Probabilidade e estatística para engenharia e as ciências**. 5. ed. Duxbury: Thomson Learning, 2000.

DE VRIES, Harwin et al. Prioritizing replenishments of the piece picking area. **European Journal of Operational Research**, v. 236, n. 1, p. 126–134, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.045>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

DHARMAPRIYA, U. S. S.; KULATUNGA, A. K. New strategy for warehouse optimization: lean warehousing. In: **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Kuala Lumpur, Malaysia, January 22 – 24, 2011 New, p. 513–519, 2011. Acesso em: 21 out. 2017.

DOTOLI, Mariagrazia et al. An integrated approach for warehouse analysis and optimization: a case study. **Computers in Industry**, v. 70, n. 1, p. 56–69, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2014.12.004>>. Acesso em: 21 out. 2017.

FRANCISCO, Roberto P. et al. On the application of modelling and simulation to compare human- and automation-based order-picking systems. **IFAC: PapersOnLine**, v. 49, n. 12, p. 1062–1067, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.583>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

GRANDER, Gustavo. **Simulação e análise do processo de picking no estoque de uma indústria moveleira**. 2011. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia

de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/364>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

GRZYBOWSKA, Katarzyna; KOVACS, Gabor. The modelling and design process of coordination mechanisms in the supply chain. **Journal of Applied Logic**, v. 24, p. 25–38, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jal.2016.11.011>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

HANSON, Robin; MEDBO, Lars. Aspects influencing man-hour efficiency of kit preparation for mixed-model assembly. **Procedia CIRP**, v. 44, p. 353–358, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.064>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

HEES, Andreas et al. A production planning method to optimally exploit the potential of reconfigurable manufacturing systems. **Procedia CIRP**, v. 62, p. 181–186, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.001>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

HEIZER, Jay; RENDER, Barry; MUNSON, Chuck. **Operations management sustainability and supply chain management**. 12 ed. U.S.A, 2017. 918p.

INGEMANSSON, Arne; BOLMSJÖ, Gunnar S. Improved efficiency with production disturbance reduction in manufacturing systems based on discrete event simulation. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 15, n. 3, p. 267–279, 2004. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17410380410523498>>. Acesso em: 21 out. 2017.

HAMID, Jafari. Logistics flexibility: a systematic review. **International Journal of Productivity and International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 64 n. 7 p. 947 - 970, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/IJPPM-05-2014-0069>>. Acesso em: 21 out. 2017.

JIMÉNEZ-GARCÍA, J. A. et al. Materials supply system analysis under simulation scenarios in a lean manufacturing environment. **Journal of Applied Research and Technology**, v. 12, n. 5, p. 829–838, 2014. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)70589-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1665-6423(14)70589-9)>. Acesso em: 21 out. 2017.

KARIM, Nur Hazwani; ABDUL RAHMAN, Noorul Shaiful Fitri; SYED JOHARI SHAH, Syed Faizal Shah. Empirical evidence on failure factors of warehouse productivity in Malaysian logistic service sector. **Asian Journal of Shipping and Logistics**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 151–160, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ajsl.2018.06.012>>. Acesso em: 03 set. 2018.

KORPONAI, János; TÓTH, Ágota Bányainé; ILLÉS, Béla. The effect of the safety stock on the occurrence probability of the stock shortage. **Management and Production Engineering Review**, v. 8, n. 1, p. 69–77, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.106>>. Acesso em: 21 out. 2017.

LAM, H. Y. et al. A knowledge-based logistics operations planning system for mitigating risk in warehouse order fulfillment. **International Journal of Production Economics**, v. 170, p. 763–779, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.005>>. Acesso em: 22.out.2017.

LAMBERT, Douglas; COOPER, Martha. Issues in supply chain management. **Industrial Marketing Management**, v. 29, n. 1, p. 65–83, 2000. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00113](http://dx.doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00113)>. Acesso em: 11 nov. 2017.

LEAL, Fabiano. **Manufatura através de projeto de experimentos simulados**. 2008. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

LEAL, Fabiano et al. Desenvolvimento e aplicação conceitual de processos em projetos de simulação: o Idef-sim. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, **Anais...** Salvador: A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentavel: Integrando Tecnologia e Gestão – ENEGEP, p. 2–14, 2009.

LIMA JÚNIOR, Francisco Rodrigues; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Quantitative models for supply chain performance evaluation: a literature review. **Computers and Industrial Engineering**, v. 113, n. September, p. 333–346, 2017. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360835217304400>>. Acesso em: 21 out. 2017.

LONG, Qingqi. A multi-methodological collaborative simulation for inter-organizational supply chain networks. **Knowledge-Based Systems**, v. 96, p. 84–95, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.knsys.2015.12.026>>. Acesso em: 21 out. 2017.

MACAULAY, James; BUCKALEW, Lauren; CHUNG, Gina. Internet of things in logistics. **DHL Trend Research**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–27, 2015. Acesso em: 13 ago. 2018.

MANUJ, Ila; MENTZER, John T.; BOWERS, Melissa R. **Improving the rigor of discrete: event simulation in logistics and supply chain research**. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09600030910951692>>. Acesso em: 06 mar. 2017.

MARTINS, Sara et al. An optimization-simulation approach to the network redesign problem of pharmaceutical wholesalers. **Computers and Industrial Engineering**, v. 106, p. 315–328, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2017.01.026>>. Acesso em: 03 set. 2018.

MENSAH, Peter; MERKURYEV, Yuri; MANAK, Sukhvir. Developing a resilient supply chain strategy by exploiting ICT. **Procedia Computer Science**, v. 77, p. 65–71, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.360>>. Acesso em: 21 out. 2017.

MICHALOS, George et al. Decision making logic for flexible assembly lines reconfiguration. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 37, p. 233–250, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2015.04.006>>. Acesso em: 21 out. 2017.

MOELLER, Klaus. Increasing warehouse order picking performance by sequence optimization. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 20, p. 177–185, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.08.023>>. Acesso em: 06 mar. 2017.

MONTEVECHI, José Arnaldo Barra et al. Combined use of modeling techniques for the development of the conceptual model in simulation projects. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2008., 2008, Bartimore. **Proceedings...** Bartimore, 2008 p. 987–995, 2008.

MONTEVECHI, José Arnaldo Barra et al. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted idef: an application in a brazilian tech company. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010., 2010, Miami. **Proceedings...** Miami, 2010. p. 1624–1635.

NASCIMENTO, Oliveira; MUNIZ JUNIOR, Jorge. **Transformação e desafios para o cenário brasileiro**. Unespciência p. 01-06, 2018. Acesso em: 01 set. 2018.

NEGAHBAN, Ashkan; SMITH, Jeffrey S. Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. **Journal of Manufacturing Systems**, Dearborn, v. 33, n. 2, p. 241–261, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.12.007>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

OLIVEIRA, Mona Lisa Moura de. **Análise da aplicabilidade da técnica de modelagem idef-sim nas etapas de um projeto de simulação a eventos discretos**. 2010. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

OMOGBAI, Oleghe; SALONITIS, Konstantinos. Manufacturing system lean improvement design using discrete event simulation. **Procedia CIRP**, v. 57, p. 195–200, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.034>>. Acesso em: 03 set. 2018.

PALŠAITIS, Ramunas; ČIŽIUNIENE, Kristina; VAIČIUTE, Kristina. Improvement of warehouse operations management by considering competencies of human resources. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 187, p. 604–613, 2017. Acesso em: 10 set. 2018.

PATLOLA, Phanindher; WILLIAMS, Edward J. Simulation improves stretch-wrap packaging logistics in Warehouse. **Proceedings of the 2011 Summer Computer Simulation Conference**, Dearborn, p. 175–179, 2011. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84869853240&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

PRADO, Darci. **Teoria das filas e da simulação**. 5. ed. São Paulo: Falconi, 152 p.

RAMÍREZ-GRANADOS, M.; HERNÁNDEZ, J. E.; LYONS, A. C. A Discrete-event simulation model for supporting the first-tier supplier decision-making in a UK 's automotive industry. **Journal of Applied Research and Technology**, UK, v. 12, n. October, p. 860–870, 2014. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)70592-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1665-6423(14)70592-9)>. Acesso em: 04 mar. 2017.

REMIEL, FENO Mahenina; CAUVIN, Aline; FERRARINI, Alain. **Conceptual design and simulation of an automotive body shop assembly line**. South Africa, IFAC, 2014. v. 47 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.01576>>. Acesso em: 21 out. 2017.

ROBINSON, S. Conceptual modeling for simulation: issues and research requiremntents. **Simulation**, UK, n. 1994, p. 792–800, 2006. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4117684>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

SAKURADA, NELSON; MIYAKE, Ikuo Dario. Estudo comparativo de softwares de simulação de eventos discretos aplicados na modelagem de um exemplo de Loja de Serviços. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ENEGEP, p. 1–8, 2003.

SANTOS, Lyvia Pereira dos; VIEIRA, Mateus Santos; MUNIZ, Emerson Cleister Lima. As contribuições e limitações da simulação computacional via promodel: um panorama geral de aplicações. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 5., 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: SIMEP, 2017. p. 2936–2954.

SHAH, Bhavin; KHANZODE, Vivek. Storage allocation framework for designing lean buffers in forward-reserve model : a test case. **International Journal of Retail and Distribution Management**, Mumbai, v. 45, n. 1, p. 90–118, 2017. Acesso em: 24 abr. 2017.

TORKUL, O. et al. A real-time inventory model to manage variance of demand for decreasing inventory holding cost. **Computers and Industrial Engineering**, California, v. 102, p. 435–439, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.04.020>>. Acesso em: 21 out. 2017.

TRACEY, M.; LIM, J. S.; VONDEREMBSE, M. A. The impact of supply-chain management capabilities on business performance. **Supply Chain Management-an International Journal**, Idaho, v. 10, n. 3–4, p. 179–191, 2005. Acesso em: 02 fev. 2017.

VISINTIN, Filippo; PORCELLI, Isabella; GHINI, Andrea. **Applying discrete event simulation to the design of a service delivery system in the aerospace industry**: a case study. Bucareste, IFAC, 2012. v. 14. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3182/20120523-3-RO-2023.00339>>. Acesso em: 03 set. 2018.

YADOLLAHI, Ehsan; AGHEZZAF, El Houssaine; RAA, Birger. A statistical comparison of two safety stock replenishment mechanisms in a cyclic stochastic IRP. **IFAC: PapersOnLine**, Belgium, v. 49, n. 12, p. 1508–1513, 2016. Acesso em: 21 out. 2017.

YE, Taofeng. Inventory management with simultaneously horizontal and vertical substitution. **International Journal of Production Economics**, Zhenjiang, v. 156, p. 316–324, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.06.017>>. Acesso em: 21 out. 2017.

APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DO ALMOXARIFADO

FLUXOGRAMA MACRO CENTRO LOGÍSTICO

