

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA – FAEN
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

KEVIN FERREIRA SILVA

MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS PROCESSOS DE UMA
FÁBRICA DE PRODUTOS DE LIMPEZA

DOURADOS - MS

2019

KEVIN FERREIRA SILVA

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS PROCESSOS DE UMA
FÁBRICA DE PRODUTOS DE LIMPEZA**

Trabalho apresentado a Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Vinicius Carrijo dos Santos

DOURADOS - MS

2019

KEVIN FERREIRA SILVA

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS PROCESSOS DE UMA
FÁBRICA DE PRODUTOS DE LIMPEZA**

Trabalho apresentado a Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Vinicius Carrijo dos Santos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Vinicius Carrijo dos Santos

Prof. Me. Katherine Kaneda Moraes

Prof. Renata Tilemann Facó

Dourados, 11 de junho 2019.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586m Silva, Kevin Ferreira

Modelagem e Simulação Computacional dos Processo de Uma Fábrica de Produtos de Limpeza [recurso eletrônico] / Kevin Ferreira Silva. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Vinicius Carrijo dos Santos.

TCC (Graduação em Engenharia de Produção)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Simulação. 2. Layout. 3. Capacidade. 4. Processos. 5. Melhoria. I. Santos, Vinicius Carrijo Dos. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus pela sabedoria e a sustentação para concretizar esse sonho.

Agradeço a minha família pelo apoio, e por terem me impulsionado a chegar até aqui.

Agradeço aos meus amigos e companheiros do ônibus, aos que findaram parte dessa jornada acadêmica, aos que permanecerão e aos que adentraram em outros objetivos. Vínculo este construído a partir dessa rotina cansativa, obrigado por tornarem parte desse cansaço uma das maiores recordações da minha vida. Obrigado por tantas memórias.

Agradecer ao Lucas, que representa parte do desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por ter participado da coleta de dados e por ter sido interceptador com a empresa, além de todas horas gastas me ajudando na construção desse projeto. Agradeço de coração pelo seu carinho, dedicação e atenção com esse projeto, sem você ele não seria concluído. Espero que toda força dedicada com meus objetivos possam voltar como energia e força.

Agradecer ao meu orientador, o professor Vinicius Carrijo, pela atenção, dedicação e paciência. Obrigado por passar parte do seu conhecimento e tornar isso verdade e desculpe pelos incômodos em dias não convenientes.

Agradecer a minha banca, a professora Katherine Kaneda e Renata Tilemann pelo carinho e dedicação e por também serem parte desse sonho. Escolhi vocês não somente pela competência e pela forma como são profissionais, mas pela admiração que tenho por vocês.

E por último, não menos especial, agradecer a todo corpo docente da UFGD, aos funcionários e toda equipe envolvida.

RESUMO

Com o aumento da competição e o surgimento crescente de pequenas empresas que conseguem se consolidar no mercado, existe a necessidade de se conhecer a capacidade de produção com intuito de atender as demandas com o menor custo e aumento de qualidade. A melhoria e processos mais enxutos contribuem para que essas empresas consigam se consolidar. O presente estudo tem como objetivo a análise da capacidade de produção de uma pequena fábrica de produtos de limpeza, através da simulação. Grande parte dessas empresas possuem grande limitações de capacidade que inibem o crescimento, além do custo existente para se aumentar essa capacidade e os riscos do investimento envolvido. A simulação surge como facilitador pois permite a visualização do novo cenário antes que as mudanças sejam feitas. Os gestores podem tomar as decisões a partir dos seus resultados, por meio do apresentado pelo sistema. No presente estudo buscou-se o melhor aproveitamento dos recursos humanos, além de melhorias com relação aos desperdícios com a proposição de um novo arranjo físico. O redesenho dos processos foi realizado com objetivo de reduzir os custos, além do melhor aproveitamento dos insumos. A metodologia aplicada consiste na análise dos processos de produção da empresa e na formulação do problema, e a partir da aplicação do estudo de simulação para estudo da capacidade e melhoria dos atuais processos foi possível identificar a possibilidade de aumento de 700% da capacidade atual e ainda economia de mão de obra.

Palavras-chaves: simulação; layout; capacidade; processos; melhoria.

ABSTRACT

With the increase of competition and the growth of companies that are consolidating in the market, there is a need to know the production capacity in order to meet the needs of lower cost and higher quality. Further improve ways to reduce the contribution to companies that can consolidate. The present study aims to analyze the production capacity of a series of cleaning products through simulation. Article to the largest companies of large capacity rates that inhibit the growth, addition to the possible extension and the risk of investment invest. The issue appears as a facilitator because it allows a visualization of the new scenario before the changes are made. Managers can make decisions from the results, through the form by the system. In the present study, the best use of human resources was sought, in addition to having a relationship with food with the proposition of a new physical arrangement. The redesign of the processes was carried out with the greatest cost sense, in addition to the better utilization of the inputs. Applied methodology is an analysis of the production processes of a company and a practical way. labor savings.

Keywords: simulation; layout; capacity; processes; improvement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	23
Figura 2 - Organização do layout posicional.....	26
Figura 3 - Arranjo físico por processos.....	27
Figura 4 - Layout por produto ou em linha.....	27
Figura 5 - Layout celular.....	28
Figura 6 - Etapas para modelagem de um sistema.....	31
Figura 7 - Tipos de Simulação.....	33
Figura 8 - Elementos de um sistema.....	34
Figura 9 - Etapas do projeto de Simulação.....	35
Figura 10 - Arranjo físico da Fábrica.....	44
Figura 11 - Planta da Empresa.....	45
Figura 12 - Movimentação para Processamento dos Produtos.....	46
Figura 13 - Processo de Fabricação dos Produtos de Limpeza.....	48
Figura 14 - Modelo Computacional.....	61
Figura 15 - Módulo de Processos.....	62
Figura 16 - Finalização do Modelo.....	62
Figura 17 - Legenda dos fluxos da planta proposta.....	70
Figura 18 - Mapa de Fluxo do Layout Proposto.....	72
Figura 19 - Planta Baixa da Fábrica Proposta.....	73
Figura 20 - Vista 3D da Fábrica.....	74
Figura 21 - Lava olhos e Sanitário.....	75
Figura 22 - Estoque de reposição.....	75
Figura 23 - Estoque de Reposição e Acesso ao Processo.....	76
Figura 24 - Vista dos Estoques de Reposição.....	77
Figura 25 - Vista dos Exaustores e Mesa de Etiquetagem.....	77
Figura 26 - Planta Baixa da Empresa.....	78
Figura 27 - Fachada Frontal da Empresa Proposta.....	79
Figura 28 - Fachada da Empresa Proposta com Fábrica.....	79
Figura 29 - Vista Lateral da Empresa e Fábrica.....	80
Figura 30 - Distribuição do envase de 5 litros.....	91
Figura 31 - Testes do envase de 5 litros.....	91
Figura 32 - Distribuição do envase de 20 litros.....	92

Figura 33 - Testes do envase de 20 litros.....	92
Figura 34 - Distribuição do envase de 50 litros	93
Figura 35 - Testes do envase de 20 litros.....	93
Figura 36 - Distribuição do envase de 500ml	94
Figura 37 - Testes do envase de 500 ml.....	94
Figura 38 - Distribuição da etiquetagem.....	95
Figura 39 - Testes da etiquetagem	95
Figura 40 - Distribuição do processo de rotulagem.....	96
Figura 41 - Testes do processo de rotulagem	96
Figura 42 - Planta Nova	97
Figura 43 - Planta Baixa Completa.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os sete desperdícios.	24
Quadro 2 - Etapas para mudança do arranjo físico	29
Quadro 3 - Principais produtos	42
Quadro 4 - Principais melhorias apontadas.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade em relação a demanda entre 10 e 15 de dezembro de 2018.....	49
Tabela 2 - Tamanho dos Lotes.....	51
Tabela 3 - Tempos de Mistura.....	52
Tabela 4 - Percentual envasado de cada produto.....	52
Tabela 5 - Envase de 5 litros.....	53
Tabela 6 - Envase de 20 litros.....	54
Tabela 7 - Envase de 5 litros.....	54
Tabela 8 - Envase de 5 litros.....	55
Tabela 9 - Tempos referentes a etiquetagem da validade.....	56
Tabela 10 - Tempos referentes a etiquetagem da validade.....	57
Tabela 11 - Distribuições e expressão das amostras.....	58
Tabela 12 - Testes aplicados a distribuição.....	59
Tabela 13 - Saída de entidades (lotes) do sistema.....	64
Tabela 14 - Utilização dos recursos de fabricação.....	65
Tabela 15 - Porcentagem de utilização dos recursos humanos.....	65
Tabela 16 - Capacidade da Fábrica a partir do Cenário C.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem demandada de cada produto.	50
Gráfico 2 - Porcentagem de utilização dos recursos humanos nos cenários	68
Gráfico 3 - Aumento da Capacidade.....	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.2	PROBLEMA DA PESQUISA.....	17
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	Objetivos Gerais	17
1.3.2	Objetivos Específicos	18
1.4	JUSTIFICATIVA	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1	TAYLORISMO E FORDISMO	20
2.2	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	21
2.2.1	Os sete desperdícios.....	23
2.3	ARRANJO FÍSICO	25
2.3.1	<i>Layout</i> posicional ou <i>layout</i> fixo ou <i>Project shop</i>	26
2.3.2	<i>Layout</i> por processos ou funcional ou <i>job shop</i>	26
2.3.3	<i>Layout</i> por produto ou em linha.....	27
2.3.4	<i>Layout</i> Celular.....	28
2.3.5	<i>Layout</i> misto ou híbrido.....	28
2.3.6	Etapas de mudança do arranjo físico	29
2.5	SIMULAÇÃO.....	30
2.5.1	Tipos de Simulação.....	32
2.5.2	Componentes da Simulação.....	33
2.6	ETAPAS NO ESTUDO DA SIMULAÇÃO	35
2.6.1	Construção do modelo conceitual.....	35
2.6.2	Coleta e análise de dados	37
2.6.3	Simulação e análise dos resultados.....	38

2.7 ARENA ®.....	39
3 METODOLOGIA	40
4 DESENVOLVIMENTO	42
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	42
4.1.1. A Empresa.....	42
4.1.2 Processos de Fabricação	43
4.1.3 O <i>Layout</i>	43
4.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	47
4.2.1 Definição do Problema	47
4.2.3 Análise dos Dados	49
4.3.5 Modelo Computacional.....	59
4.3.6 Validação e Verificação do Modelo	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
5.1. CENÁRIOS SIMULADOS	67
5.2. ANÁLISE DOS CENÁRIOS	67
6 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICE A.....	91
APÊNDICE B.....	97
APÊNDICE C	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA

O surgimento da industrialização na Inglaterra, no século XVIII, acarretou a descoberta de processos produtivos com visão de maximização de produção, lucros e redução de custos. A proposição do pioneiro, Frederic W. Taylor em estudos relacionados a padronização de tempos e movimentos, divisão de tarefas, destacando a substituição de métodos empíricos por métodos científicos (PASQUALINI, 2004). Chiavenato (2000) descreve o modelo organizacional como o primeiro voltado para máxima eficiência e produtividade.

Combinado com o taylorismo, o modelo de produção em massa fordista destacava outro cenário dentro do capitalismo, o surgimento e crescimento dos direitos sociais que impulsionavam maiores salários (PASQUALINI, 2004). A busca pela redução de custos através de maior volume de produção gerava altos estoques, porém, menores investimentos, de produtos padronizados com baixa diferenciação.

O modelo gestado a partir do taylorismo-fordismo após a segunda guerra mundial, o toyotismo, foi concebido com intuito de eliminar completamente os desperdícios (MAURICI, 2007). Segundo Ohno (1997) as bases do sistema se ancoraram em dois pilares, sendo o *just-in-time* (JIT) e a automação com um toque humano.

A gênese e implantação do Sistema Toyota de Produção (STP) ultrapassava o modelo americano de produção em massa, decorrente à redução de estoques e produção baseada na demanda, com maior flexibilidade, menor tempo de entrega, de acordo com as exigências de um mercado mais competitivo e carente de atenção. O toyotismo transformou as indústrias no que se refere a filosofias e os métodos de produção (LIKER, 2005).

Atualmente as organizações, independente do setor de atuação são vítimas da rivalidade e complexidade existente no mercado, com isso não é aceitável as perdas nos processos e de capital, sem que seja recompensado o investimento aplicado. O incentivo ao surgimento e expansão das micro e pequenas empresas (MPE) acirra a competição e amplia o crescimento regional, de acordo com pesquisa do Sebrae (2018) “no Brasil existem cerca de 6,4 milhões de estabelecimentos, desse total 99% são MPE”.

Um estudo sobre as empresas jovens, com até cinco anos de existência feito pelo Sebrae (2017) apontam que grande parte não levanta informações como clientes, fornecedores e mais

da metade possuem deficiência ou inexistência de um planejamento estratégico antes do início das atividades. A inexistência de um planejamento da realização das tarefas organizacionais, assim como entendimento básico de gestão em meio a realidade econômica, não apenas de estagnação e recessão, ocasiona o término precoce.

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins (ABIPLA, 2018) a composição do segmento é quase inteiramente representada por micro e pequenas empresas. A Associação tem como objetivo levar o setor a reflexão e ações para a preservação do meio ambiente e recursos naturais, para os atuantes e novos entrantes.

O *layout* surge como problema no chão de fábrica de algumas pequenas empresas, o mal aproveitamento do espaço e do desenho do processo fomentam os gargalos e as perdas excedentes durante a produção dos bens. Para Gerlach et al. (2017) “Assim, um dos maiores desafios encontrados pelas fábricas de pequeno, médio e grande porte é a adaptação do *layout* de acordo com a evolução da empresa, ou seja, a entrada de novos produtos na linha de produção e de novas máquinas”.

Nesse contexto, Ivanqui (1997) descreve desenvolver um novo *layout* como explorar e sanar impasses relacionados ao mal aproveitamento do espaço. Entretanto, além dos problemas relacionados a má utilização do espaço ocasionando movimentação excessiva, espera, atrasos, existe também os impasses relacionados a reengenharia dos processos proporcionados pelo custo de análise e mudança para as pequenas fábricas.

Com o advento da simulação de sistemas utilizando modelos computacionais, torna-se executável análise do sistema real, virtualmente, sem interferência nas atividades (ARAGÃO, 2011). Entretanto, é necessário conhecimento do processo e dados suficientes que permitam simulação eficiente e aplicável, pois a falta de dados pode impossibilitar o uso do método devido a inconsistência e segurança do modelo simulado.

Algumas ferramentas possibilitam melhor visão do sistema para a melhoria, segundo Villela (2000) o mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação com intuito a melhoria dos processos e a implantação de uma nova estrutura mais eficiente.

Dessa maneira, o objetivo do estudo é análise dos desperdícios e melhoria do arranjo físico em uma pequena fábrica de produtos de limpeza, localizada na cidade de Dourados, através da simulação dos processos para a gestão da capacidade e proposição de um novo projeto de *layout*, além de sugestões que contribuam para o desenvolvimento de suas atividades, tornando a empresa mais competitiva dentro do setor.

1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

O conjunto de questões ressaltadas no estudo de caso se fundamentam nos problemas consequentes da baixa funcionalidade de um *layout*. A ausência do planejamento de um arranjo físico estruturado dentro de uma fábrica gera excesso de movimentação tanto de materiais como dos envolvidos no processo, ocasionando atrasos. As perdas decorrentes do mal dimensionamento do espaço na alocação das máquinas, reduzem a produtividade da organização.

À vista disso, a preocupação das pequenas fábricas para amadurecimento dentro desse mercado competitivo, que sejam feitos com baixo investimento e busquem a redução dos custos dos seus atuais processos. A simulação surge como solução para a identificação não apenas das perdas, mas como visualização dos gargalos presentes no processo sem que se precise interromper as atividades. Disposto através da modelagem matemática não apenas a maneira de sanar o problema, mas o modelo funcional que disponibilizará maior produtividade, tendo em vista se o método apresentado possui eficiência ou não.

Embora o processo de fabricação dos produtos de limpeza na empresa não seja complexo, realizado quase todo manualmente em misturadores não automáticos, a empresa também conta com alguns misturadores automáticos, mas que são menos utilizados. No entanto, existem perdas decorrentes ao arranjo físico que impulsionam atrasos no processo. Mesmo que misturados automaticamente ou não, os insumos são dispostos a água em sequência, quando realizado manualmente o operador executa a tarefa de misturar após a adição de cada insumo. Depois de produzido são envasados nos galões, não existindo uma sequência após a fabricação. Por vezes os produtos são envasados em seguida a transformação outras não, assim como nem sempre após a fabricação já está disposto os rótulos ou com o prazo de validade carimbado, para o processo de colagem e, posteriormente, apto a ser encaminhado ao cliente ou estoque.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Gerais

O objetivo é analisar os processos de operação da fábrica de produtos de limpeza por meio da simulação, visando a melhoria dos mesmos, o redesenho do arranjo físico e proposição de melhorias através do modelo de simulação e gestão da capacidade.

1.3.2 Objetivos Específicos

Com intuito de atender as análises demonstrada nos objetivos gerais, foram listados os seguintes objetivos específicos:

- Revisão de literatura dos temas abordados e através da mesma a proposição o redesenho do arranjo físico da empresa;
- Compreender os processos e por meio da engenharia de métodos obter valores para a disposição da simulação;
- Aplicação de ferramentas do pensamento enxuto como os 5 sentidos, identificação dos sete desperdícios, redesenho de processos para redução dos desperdícios como solução para as perdas existentes;
- Desenvolver um modelo de simulação do arranjo físico;
- Identificar através do mapeamento do processo as possíveis perdas e o gargalo existente;
- Comparar cenários a respeito dos arranjos propostos, discernir os pontos fortes e fracos de cada um. Propor um arranjo que atenda melhor a realidade da empresa com foco na redução de custos e aumento da produtividade;
- Demonstrar a capacidade instalada e a redução dos desperdícios existentes;
- Através dos cenários propostos apontar o modelo de simulação ideal;
- Identificar os possíveis impactos que o estudo possa causar operações da fábrica e propor como solução, visando a aplicabilidade do modelo.

1.4 JUSTIFICATIVA

A empresas estão inseridas nesse contexto de globalização, de dinamismo estimulando não apenas a concorrência, mas a necessidade de mudanças, de flexibilidade. A eficiência no processo apresenta-se como maior meta para garantir seu espaço dentro desse dinamismo, dessa forma enxugar a produção, aliado a uma boa gestão de custos. Dentro do sistema de produção, os insumos são postos na entrada para possibilitar a saída, de maneira que se obtenha maior produtividade. Para Ritzman e Krajewski (2004), nesse sentido o aumento da produtividade acarreta o melhor aproveitamento de funcionários, máquinas, da energia, da matéria-prima e assim sucessivamente durante todo a produção.

Diante disso torna-se primordial a avaliação da capacidade existente, permitindo a mensuração da capacidade instalada e a maneira mais eficaz de atingi-la. Como analisado por Moreira (2000) mensura-se a capacidade através da produção, quando existem produtos

semelhantes cujas medidas podem ser consideradas iguais. Através dos insumos mede-se a capacidade pelo que é oferecido e pode ser utilizado.

Sobre o arranjo físico, de acordo com Slack et al (2002), “o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com a localização física dos recursos de transformação”. Assim sendo, o estudo do *layout* analisa a melhor alocação das instalações, máquinas, equipamento e pessoas envolvidas. Dessa maneira o *layout* determina informação sobre como fluem os recursos de transformações durante a operação (SLACK et al, 2002).

Na arquitetura do arranjo físico algumas informações são essenciais como, a especificação, características, quantidades do produto a manufaturar, as matérias-primas necessárias, a sequência do processo, o espaço e os equipamentos. Para Gaither e Frazier (2001) o intuito da aplicabilidade do arranjo físico é a capacidade de produção com maior rapidez para entregá-los no tempo exato, evitando atrasos.

Portanto, a modelagem e simulação possibilita a seleção do melhor arranjo físico para uma pequena empresa de produtos de limpeza, visando enxugar os desperdícios do processo com intuito não apenas da redução dos mesmos, mas o menor custo do processo e o aumento da produtividade decorrente de um arranjo físico mais ordenado. Através da simulação computacional pode-se enxergar o melhor *layout*, de maior aplicabilidade, entendendo as dificuldades das pequenas empresas relacionados ao investimento para tal mudança.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TAYLORISMO E FORDISMO

Antes do surgimento da administração científica proposta por Taylor, não havia a concepção de processos delineados, onde o operário entendia completamente sua atividade. Durante a primeira revolução industrial, a criação dos processos, atrelados a aparição das máquinas com intuito de aumentar a produtividade. Segundo Taylor (1990) nunca havia sido descrito e codificado sistematicamente esses ensinamentos. Após a revolução industrial houve a necessidade da criação de novos métodos com intuito de facilitar o processo e torná-lo mais produtivo (ARRUDA, 1994).

Durante esse período, não havia a divisão de trabalho, como descrito por Taylor (1990) o sistema propunha ao trabalhador o livre arbítrio, onde o mesmo desenvolvia a tarefa de acordo com suas aptidões, tendo a liberdade para usar suas habilidades e inteligência. Havia a remuneração ao operário como incentivo para execução de suas atividades. Quando ocorreu a divisão manufatureira, a designação da atividade contribuiu com a otimização do tempo, no entanto, não proporcionou controle sobre os movimentos do trabalhador.

De acordo com Lodi (1971) Taylor buscava a redução da ociosidade do trabalhador, perante as dificuldades impostas pela baixa produtividade. Nesse contexto, Rago e Moreira (1984) afirmaram que o conhecimento tradicional era classificado, tabulado e reduzido a regras e fórmulas pelos “cientistas do trabalho”.

Segundo Taylor (1990), doze mecanismos podem ser compreendidos a partir daí, sendo eles:

1. Estudo dos tempos;
2. Chefia numerosa e funcional;
3. Padronização de instrumentos e materiais;
4. Necessidade de uma sala para planejamento;
5. Princípios da exceção na administração;
6. Uso da régua de cálculo e recursos semelhantes para economizar tempo;
7. Fichas de instrução para o trabalhador;
8. Ideia de tarefa na administração;
9. Pagamento com gratificação diferencial;
10. Sistema mnemônico para classificar os produtos e ferramentas;
11. Sistema de rotina;

12. Novo sistema de cálculo de custo.

Assim, os métodos propostos por Taylor abandonavam o modelo de ritmo natural pela sistematização do trabalho. Construído a partir do Taylorismo no início do século passado, o Fordismo configurou-se da evolução desse sistema de produção. A inovação aplicada por Ford disseminava a filosofia que remete a implantação da esteira mecânica com função de maximizar o conhecimento e controle dos processos de trabalho (BRAVERMAN, 1987).

Utiliza-se de uma linha de produção onde é inserida uma esteira transportadora onde os trabalhadores são ajustados a ela (VIEIRA, 1989). A sistemática difundida que as tarefas foram especializadas de tal modo que os operários executavam suas atividades sem, literalmente, movimentar os pés (SILVA, 1987). Os esforços aplicados dentro da linha de produção reduziam drasticamente os esforços do indivíduo nas operações, devido a automatização dos processos, instigando a redução de custos, aumento de produtividade melhorando substancialmente a qualidade.

[...] Nos países avançados o padrão de crescimento econômico posteriormente a guerra, fomentado pela expansão da produção industrial com a liderança dos setores metal mecânico e químico acarretando o desenvolvimento de outros setores como a agricultura, serviços, transportes e comunicações. O desenvolvimento técnico contribuía com atenção aos setores, atendendo as necessidades específicas principalmente das potências econômicas, com escassez relativa de mão de obra e/ou materiais, construindo-se através de uma fonte de energia barata, o petróleo (SUZIGAN, 1989).

O combinado da automatização, intercambialidade de peças, alta padronização dos produtos e grande produção caracterizavam a produção em massa, além da redução do tempo de preparação das máquinas, sendo disposta de maneira sequencial. O único problema era a falta de flexibilidade. Apesar do grande desenvolvimento da Ford durante esse período, a crise do petróleo em meados dos anos 1970 demonstrava o esgotamento do modelo.

O declínio do modelo produtivo impulsionava a ascensão do modelo japonês, o crescimento da flexibilidade se adaptava com maior facilidade e encaixava melhor na nova realidade econômica.

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Após a segunda guerra mundial os Estados Unidos se concretizou como hegemonia mundial, acarretando impactos na economia japonesa necessitando de uma reforma imediata

(BARRETTO, 2012). O Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu no Japão na década de 40, sendo sua ideia e seu desenvolvimento realizados na *Toyota Motor Company* (OHNO, 1997).

Precedente ao princípio do sistema de produção seguindo a demanda, os engenheiros da empresa conheceram os métodos americano (VOTTO, 2012). Depois de uma visita do engenheiro Eiji Toyoda a fábrica da Ford, pois a produção em massa era reconhecida como modelo ideal de produção (WOMACK et al, 1992). Hitora e Formoso apud Veiga (2018), afirmam que a necessidade de produção em pequenas quantidades de maiores modelos estimulou o desenvolvimento de uma nova forma sistemática de produção.

Ao retomar ao Japão os engenheiros observaram que o sistema tido como ideal pelos americanos não combinaria com a atual situação japonesa pós-guerra, tampouco haveria facilidade de implantação nas indústrias, dessa experimentação nasceu o STP. Conhecido também como produção enxuta, a empresa busca um sistema de administração para controlar a demanda específica (CORRÊA et al, 2012).

“A busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia (SHINOHARA,1988).”

Para Ohno (1988), a construção do modelo Toyota se concretizou pela redução de desperdícios através de ferramentas que possibilitem alcançar os resultados em lotes reduzidos em processos mais flexíveis, estabelecendo a ferramenta *Just-in-time* como marca do sistema. Nesse contexto, Shingo (1996) esclarece que o princípio do Sistema Toyota de Produção é promover um fluxo harmônico dos materiais dentro dos processos, com eficiência de comunicação entre os postos de trabalho e produzindo componentes na quantidade e momentos necessários. Durante a crise do petróleo em 1973 a Toyota conseguiu se manter no mercado automobilístico, em consequência das ferramentas e das técnicas de processos. O modelo obteve destaque devido ao período, apresentando ao mundo maneiras de produção enxuta (*Lean Manufacturing*).

O Sistema Toyota de Produção pode ser apresentado com várias estruturas diferentes. Guinato (1996) apresenta como ilustrado na Figura 1 com os dois pilares de sustentação: *Just-in-Time* e *Autonomação* (JIDOKA) e os demais componentes essenciais para atingir as metas do modelo.

Figura 1 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção.



Fonte: Guinatto, 2006.

Os pilares são indispensáveis para atingir o objetivo principal, garantindo produtos de alta qualidade, com menor custo possível e no *lead time* mais curto. O *Just-in-time* é um processo de entregar somente o necessário e na quantidade necessária (OHNO, 1997). Para Motta (1993) o JIT consiste numa técnica de gerenciamento com aplicabilidade em diversas áreas além de produção.

As razões que definem a filosofia da ferramenta são: a eliminação dos desperdícios, o envolvimento dos funcionários e a melhoria contínua (SLACK et al, 2002). Através desse pilar a empresa consegue atingir ao nível zero de estoque, através da produção puxada, onde só gera necessidade ao processo precedente quando um item é retirado do processo que o precede, tendo uma abordagem diferente da tradicional.

O conceito de *Autonomação* consiste na autonomia do operador em interromper o processo produtivo na presença de produtos defeituosos, evitando a fabricação de itens com anomalia, assim como a parada ao atingir a demanda dos produtos (OHNO, 1997). Segundo Ghinato (1994), Ohno compreendia que o método surgiu com base nos mecanismos de parada automática, que foram instalados nos teares inventados por Sakichi Toyoda. O cumprimento desse pilar aumenta qualidade dos produtos manufaturados, além de evitar o retrabalho, custos e superprodução.

2.2.1 Os sete desperdícios

O pensamento sobre os desperdícios foi descrito inicialmente por Taylor e Henry Ford, no início do século XX (ANTUNES, 2008). Para Oliveira (2016) “as perdas são atividades que

geram custos e não adicionam nenhum valor ao produto, logo, devem ser eliminadas”. Existe certa dificuldade em notar a ocorrência de problemas na produção durante a execução normal das atividades, o que dificulta a percepção dos desperdícios, pois se tornam eventos naturais do trabalho (SHINGO, 1996).

Segundo Robinson e Schroeder (1992) dois motivos são culpados por tornar desperdícios invisíveis, sendo eles: o desconhecimento e a resistência de mudança de perspectiva. No Quadro 1 são detalhados os sete tipos de desperdícios.

Quadro 1 - Os sete desperdícios.

Desperdício	Definição
Superprodução	A metodologia aplicada ao STP é o <i>Just in time</i> , produzindo apenas o pedido do cliente na quantidade do cliente. Produzir em excesso ocasiona os estoques, problematizando em custos, além de sobrecarga de máquinas, quebra de máquina, refugos, entre outros.
Espera	Significa a espera de um material a ser processado, potencializando o surgimento de filas e estoques indesejados e atrasos de produtos a serem manufaturados.
Transporte	Embora necessário dentro do processo, a movimentação de materiais e estoques em processo não agregam valor, sendo assim, existe um custo pela distância além de tempo devido a distância de transporte.
Processamento	Durante a etapa de transformação dos bens e serviços existem atividades que agregam valor e outras que não, dessa forma o processo deve ser repensado de forma a inibir as atividades que não agregam valor, e demandam tempo e custo desnecessários.
Movimento	Decorrente principalmente de um ambiente de trabalho com pouca ou nenhuma organização, onde o trabalhador acaba se movimentando demais para conseguir cumprir suas atividades. Assim é primordial que os movimentos do trabalhador estejam de acordo apenas com a tarefa à qual está executando.
Produtos defeituosos (retrabalho)	Referente as falhas do produto, perda de custo, tempo, material, mão de obra pra retrabalhar uma peça com problemas de qualidade, ou seja, fora das especificações.
Estoques	Armazenamento excessivos decorrente ao excesso de produção, não sendo apenas estoque de produtos manufaturados, mas também de materiais. Além de demandarem maiores espaços, geram custos de antecipação de compra ou de produção.

Fonte: Adaptado Ohno (1997).

Para Silva et al. (2016) o fator importante para a eficiência e produtividade conseguir ser realizada, sendo estes o fator redução dos desperdícios, pois se não considerado, gera altos custos e perda de oportunidade para a empresa. Os autores descrevem essas oportunidades como

extinção de outros investimentos pela organização estar estagnada em não enxergar os desperdícios existentes (SILVA et al., 2016).

Ohno (1997) descrevem os desperdícios como elementos que não agregam valor e aumentam o custeio das atividades, por isso devem ser identificados e eliminados para que a lucratividade seja maximizada. Porter (1992) defende que para alcançar a eficiência e produtividade as organizações devem agregar valor ao produto, de modo que o consumidor consiga perceber. Logo o autor conclui que para agregar valor é necessário a mitigação das atividades que não expressam valor ao produto final. A eliminação dos desperdícios se dá através da análise realizada no chão de fábrica, assim como das atividades não geradora de valor ao processo produtivo (CORRÊA & CORRÊA, 2008).

2.3 ARRANJO FÍSICO

Arranjo físico é a forma como os recursos de produção estão dispostos em manufatura de maneira mais adequada ao fluxo de processos (CHIAVENATO, 2005). A disposição correta de máquinas e ferramentas dentro do fluxo de produção da organização tem papel fundamental, pois de acordo com Júnior et al. (2012) o *layout* bem definido permitirá um caminho correto entre todas as operações, estimulando a redução desnecessária de circulação de materiais.

De acordo com Peinado e Graeml (2007), a parte mais visível e exposta de qualquer organização é o arranjo físico. “O *Layout* de uma fábrica é produto de milhares de decisões, passadas e presentes. É a manifestação física da estratégia de produção da empresa” (LEE, 1998). Nesse interim, Prata (2002) afirma que o objetivo do arranjo físico como a forma de distribuição dos recursos de produção para que esta cumpra com o que se destina.

Entretanto, em grandes indústrias o procedimento de mudança de *layout* não é tão simplório, e qualquer erro, pode levar a um mal aproveitamento do espaço, podendo modificar as estruturas, gerando conseqüentemente, aumento de custos (FIGUEIREDO, 2016). Para obtenção do arranjo físico as empresas devem ter em mente algumas decisões, bem como análise, como proposto por Fernandes *et al.*, (2013):

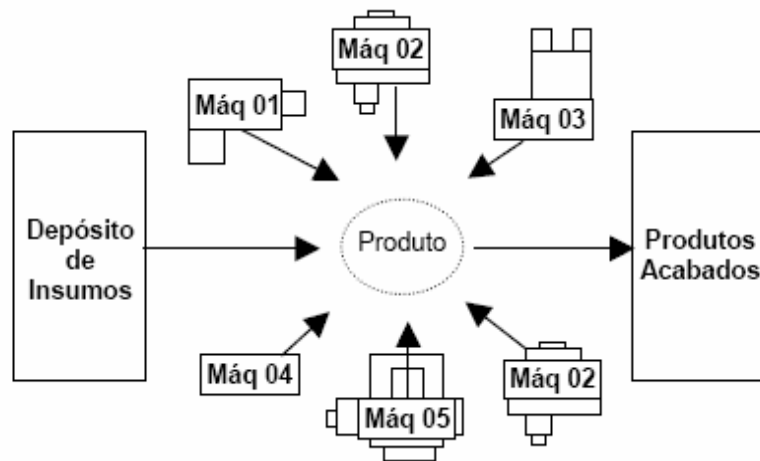
As empresas que possuem um layout definido a partir de cálculos bem formulados e fatores baseado na produção, com certeza agregam em sua linha de fabricação uma vantagem de larga escala onde se ganha tempo e organização. Escolher meticulosamente a posição de cada máquina ou ferramenta, a sequência lógica de produção, o número de pessoas envolvidas em cada processo e a quantidade a ser produzida faz parte do desenvolvimento de um bom layout.

Existem vários tipos de *layout*, de forma que cada modelo esteja adequado a determinadas características, quantidades, diversidades e movimentações no chão de fábrica (BORDA, 1998).

2.3.1 *Layout* posicional ou *layout* fixo ou *Project shop*

É considerado um dos tipos de *layout* mais simples e muito utilizado quando o produto tem grandes dimensões, com pouca facilidade de movimentação/deslocamento. Nesse tipo de arranjo, é mais comum o material permanecer parado enquanto a mão de obra e os equipamentos se movimentam em função dele, por exemplo, construção civil e fabricação de um navio (Figueiredo, 2016). Conforme observado na Figura 02.

Figura 2 - Organização do *layout* posicional.

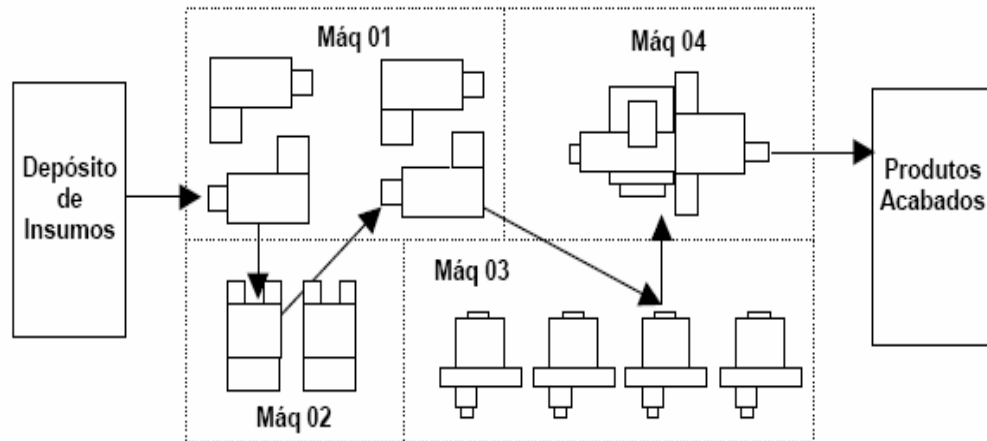


Fonte: Oliveira et al., 2006.

2.3.2 *Layout* por processos ou funcional ou *job shop*

Camarotto (1998) descreve que os equipamentos são dispostos nesse *layout* através da similaridade. O produto se desloca até a estação de trabalho, sendo cada estação completamente autônoma, não existe uma sequência fixa nas operações (OLIVEIRA et al., 2006). O produto se movimenta para qualquer estação de trabalho até sua manufatura final. É indicado quando se produz por encomendas, sendo um *layout* que dispõe a organização mais flexibilidade, produzindo grandes lotes de poucas variedades. A Figura 03 exhibe como funciona esse modelo de arranjo físico.

Figura 3 - Arranjo físico por processos.

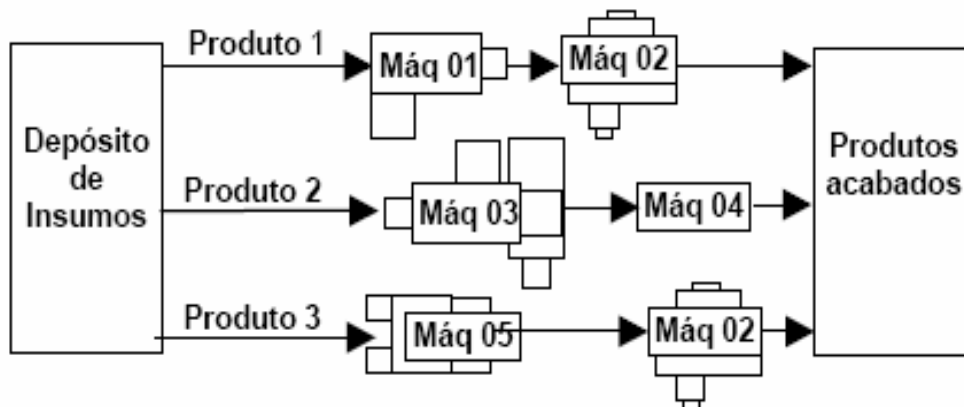


Fonte: Oliveira et al., 2006.

2.3.3 Layout por produto ou em linha

Moura (1996) afirma que o *layout* por produto é indicado para processos com baixa variabilidade e grandes demandas. É organizado (Figura 04) de modo a favorecer a movimentação dos recursos que serão transformados. É indicado quando não se tem grande variedade de itens, mas que se processa grandes volumes. Nesse modelo as máquinas permanecem fixas enquanto o material se move até a saída do produto final, por exemplo, a indústria automobilística (OLIVEIRA et al., 2006).

Figura 4 - Layout por produto ou em linha.

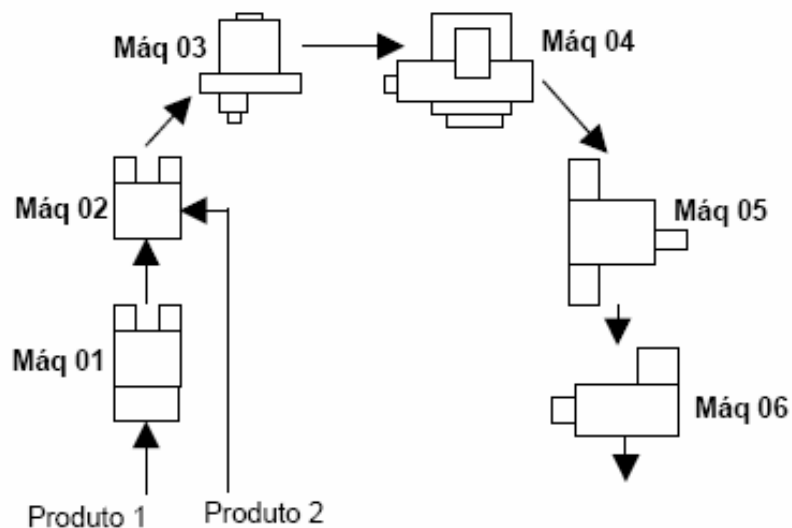


Fonte: Oliveira et al., 2006.

2.3.4 Layout Celular

Geralmente é disposto em formato de “U”, o que lhe confere maior fluidez e otimização do processo produtivo. O *layout* celular é aquele que os recursos transformados, ao entrar em processo, são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação até os recursos transformadores necessários os encontram (SLACK et al., 2002). Utiliza o *Kanban* como forma de estocagem e controle de informação, conforme a Figura 05.

Figura 5 - Layout celular



Fonte: Oliveira et al., 2006.

2.3.5 Layout misto ou híbrido

Esse modelo de arranjo físico é a junção dos modelos (FIGUEIREDO, 2016). Em meio ao novo cenário econômico, as empresas adaptam seus arranjos físicos de modo a conseguir atender a demanda e as necessidades do mercado. Ou seja, o modelo misto propõe a junção de dois ou mais *layout* formulados de acordo com as necessidades da empresa para poder atender o mercado da melhor maneira.

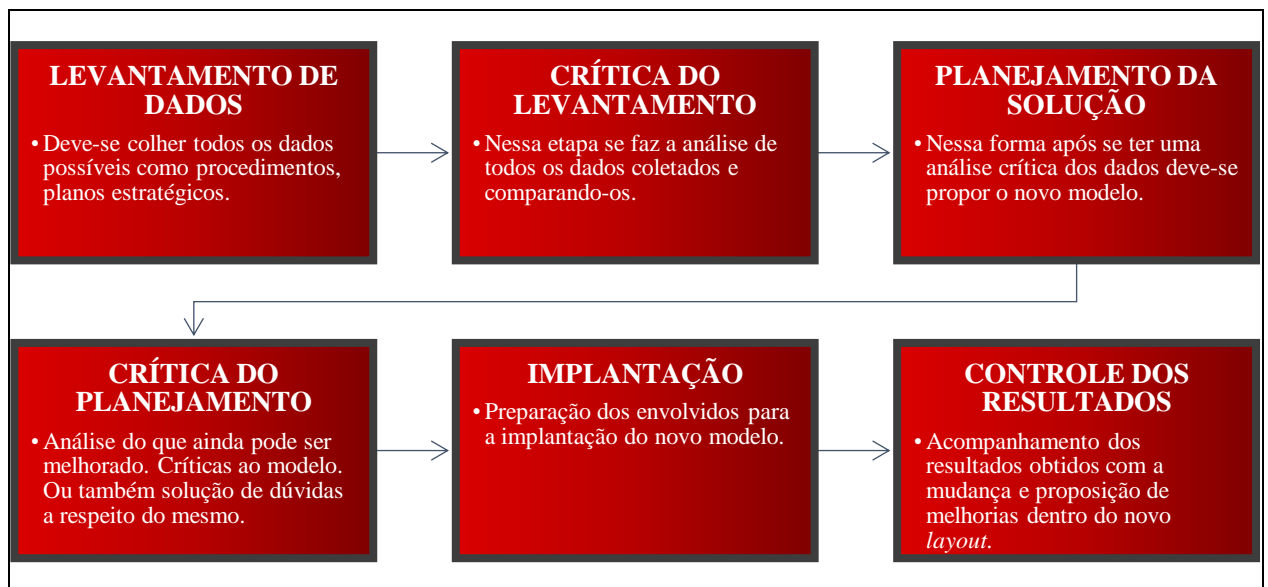
2.3.6 Etapas de mudança do arranjo físico

É importante a seleção certa do arranjo físico, para Junior et al. (2009), a escolha adequada garante maior agilidade aos processos, podendo ser em um escritório ou numa linha de produção.

Existem algumas decisões importantes no momento de planejar e fazer a escolha do *layout*, sendo eles, quantidade de capital para investimento, facilidade de criação de pontos de armazenamento e estocagem, certa flexibilidade e facilidade de manutenção e os conhecimentos técnicos sobre os equipamentos/máquinas, para assim ter a criação de um ambiente agradável de trabalho, para assim conseguir atender as necessidades demandadas pelo mercado (RUSSEL, 2002).

Algumas etapas são essenciais para escolha do modelo, como demonstrado no Quadro 02.

Quadro 2 - Etapas para mudança do arranjo físico



Fonte: Adaptado de Cury, 2007.

Antes da aplicação de qualquer mudança no *layout* de uma fábrica, deve-se levar em consideração diversos estudos dos processos, até mesmo se possível uma análise por meio de simulação, de tal forma a prever da melhor maneira possível os eventos que irão afetar e os sucessos do novo modelo que está sendo instalado.

2.5 SIMULAÇÃO

Os estudos relacionados a tomada de decisão são abordados há décadas e pode ser definida como incrementalista ou compreensiva (FREDERICKSON; MITCHEL, 1984). Incrementalista se refere a tomada em gradativos passos ou incrementos, e a compreensiva quando ocorre a análise de problemas complexos de modo a considerar todas as possíveis alternativas (PIMENTEL, 2015).

De acordo com Filho (2001), a simulação tem as seguintes características para a tomada de decisão:

- 1) Modelos digitais demonstram as condições reais do sistema de modo a permitir maior conhecimento sobre o sistema;
- 2) A partir do ambiente real possibilita a criação de cenários futuros;
- 3) Capacidade de expor virtualmente o modelo proposto a condições extremas, de forma a testar o sistema em análise sobre como se comportaria nos estados mais extremos;
- 4) Possibilita a otimização dos sistemas e dos recursos em processo;
- 5) Reduz os custos de implantação devido a viabilidade disposta através do modelo virtual;
- 6) Reduz os custos de implantação do projeto relacionados a evolução dos sistemas;
- 7) Aumenta o índice de assertividade do sistema.

A melhor maneira de delinear a estrutura de tomada de decisão consiste que ambos os sistemas centralizados e descentralizados possuem vantagens e desvantagens, e a organização pode mudar a estrutura de tomada de decisão (HOLLENBECK et al., 2011). Atualmente, os modelos de simulação dentro da organização possuem aspectos para a tomada de decisão, pois reduzem os custos da mudança.

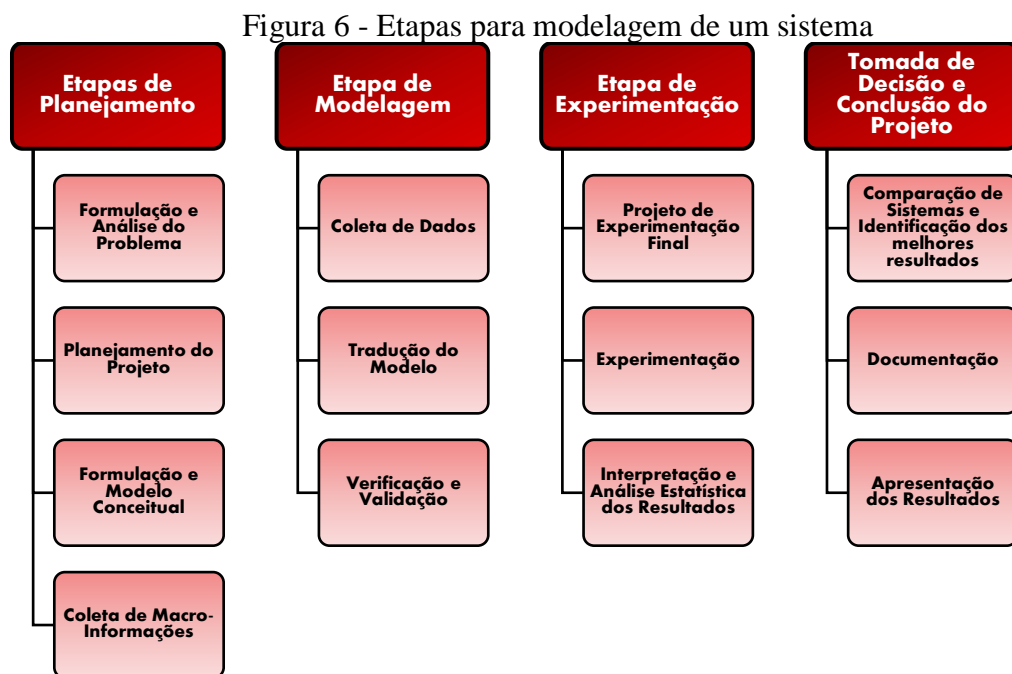
Os desperdícios provenientes do arranjo físico necessitam de transformação que, por exemplo, nas pequenas e médias empresas não se tornam viável sem que antes ocorra uma simulação, que pode matematicamente demonstrar os resultados do novo *layout* para o processo, disponibilizando assim uma análise de custo para viabilizar ou não os modelos, dentre eles, qual terá maior aplicabilidade e sucesso.

O uso da simulação proporciona a revelação de questões complexas sem os custos elevados das tentativas da vida real (PINTO, 2001). No que se refere as novas ferramentas para enxergar custos, viabilizar processos, a simulação é cada vez mais necessária e dentro da nova

revolução industrial, a conhecida indústria 4.0, os modelos 3D possuem ainda mais importância e usabilidade. Para Trebesquim (2013) antes a simulação computacional era muito cara, entretanto, está cada vez mais sendo utilizada em diversas áreas como apoio ao processo de tomada de decisão.

A simulação é a modelagem de um processo ou sistema – sendo uma coleção de entidades (pessoas, equipamentos, métodos) que possuem um conjunto de regras bem delineadas de tal forma que o modelo expresse as respostas do sistema real através de um sucesso de eventos (SCHRIBER,1974 apud FILHO, 2008). Banks (1984) compreende que a simulação é a imitação de um processo ou sistema da realidade ao longo do tempo.

De acordo com Morabito e Pureza (2011) a modelagem de simulação é baseada na pesquisa operacional, a pesquisa operacional utiliza construção de modelos para compreensão do ambiente, além de identificar problemas, formular estratégias e oportunidades de melhoria. Mellor et al. (2005) afirma que modelos consistem em conglomerados de elementos que descrevem alguma realidade física, abstrata ou hipotética. A figura 06 demonstra as 4 etapas para modelagem de um sistema.



Fonte: Adaptado de Freitas Filho (2001).

Segundo Freitas Filho (2001) a etapa de planejamento envolve as atividades como demonstradas na Figura 06, onde a formulação e análise consiste em compreender o problema e o objetivos que se pretende alcançar através do projeto de modelagem, assim o planejamento

do problema viabiliza os recursos necessários para o projeto. Na formulação do modelo conceitua-se a imagem do sistema real com dados que formularão o projeto, para assim haver a coleta de informações, ou seja, qualquer dado estatístico que envolva maior compreensão do projeto.

Na etapa de modelagem utiliza-se os dados coletados através da macro informação, os dados serão filtrados e categorizados, a coleta de dados não deve ser negligenciada, pois necessita de atenção devido a inconsistência sistêmica se porventura houver análise errada da base (FILHO, 2001). As bases são traduzidas para modelagem matemática, ou seja, para a linguagem de programação, o maior desafio na tradução do modelo é a falta de dados decorrente da coleta. A verificação e validação envolve análise da sintaxe e semântica do modelo, muitas vezes realizadas por softwares.

A fase de experimentação determina a quantidade de experimentos do modelo com objetivo de traduzir as informações de maneira satisfatória, a execução do modelo através da simulação e a interpretação estatísticas para estimação do desempenho do sistema (FILHO, 2001).

A comparação após a simulação abrange entender as vantagens e desvantagens de todos os modelos testados nos mais diversos cenários, interpretando-os para a escolha do mais eficiente e assim tornando a documentação detalhada de todos os passos do projeto para uma apresentação mais compreensiva dos resultados.

2.5.1 Tipos de Simulação

A simulação considera um modelo real detalhado, com foco na avaliação do comportamento do sistema quando ocorre mudanças de sua estrutura, condições ou ambiente e demais condições (Harrel et al., 2002). A Figura 07 demonstra as classificações dos modelos estatísticos de simulação.

Figura 7 - Tipos de Simulação



Fonte: Adaptado de Law e Kelton (1991).

Conforme a Figura 7 as simulações podem ser categorizadas como estática, que representa o sistema a partir de um dado ponto onde o tempo não desempenha papel de importância, ou seja, o modelo num momento particular, o modelo dinâmico representa o sistema de acordo com a transformação durante o tempo, que apresenta evolução durante o tempo, sendo divididos em: determinístico e estocástica.

Quando o modelo não possui nenhuma base estatística é reconhecido como determinístico, tem um conjunto de entradas que resultarão em uma única saída, independentemente do número de replicações das simulações os resultados serão sempre iguais, por possuírem entradas exatas. Os modelos estocásticos assumem valores probabilísticos ou aleatórias de diferentes entradas, possibilitando maior realidade do modelo e os resultados gerados a partir das replicações são diferentes, decorrente da natureza aleatória dos dados de entrada. A simulação estocástica é dividida em: contínua e eventos discretos.

O modelo contínuo se caracteriza pelas variáveis apresentarem mudanças no decorrer do tempo de forma contínua. Em eventos discretos cujas variáveis são mantidas estáticas durante um tempo e após ocorrer determinado evento as mesmas sofrem alterações, apresentam evolução do sistema no decorrer do tempo onde as variáveis do estado mudam constantemente as ações ocorridas.

2.5.2 Componentes da Simulação

A simulação também tem como objetivo demonstrar a realidade de um sistema virtualmente, dessa forma torna-se possível também compreender as partes que formam o sistema analisado. Um sistema é formado por várias partes, sendo que uma influência no

resultado final do modelo, assim é possível por meio da simulação analisar essas partes e ver como cada evento pode influenciar no resultado final do modelo.

Para entender melhor como são formados esses elementos, sendo os principais demonstrados na Figura 8, como proposto por Filho (2008).

Figura 8 - Elementos de um sistema.



Fonte: Adaptado de Freitas (2008).

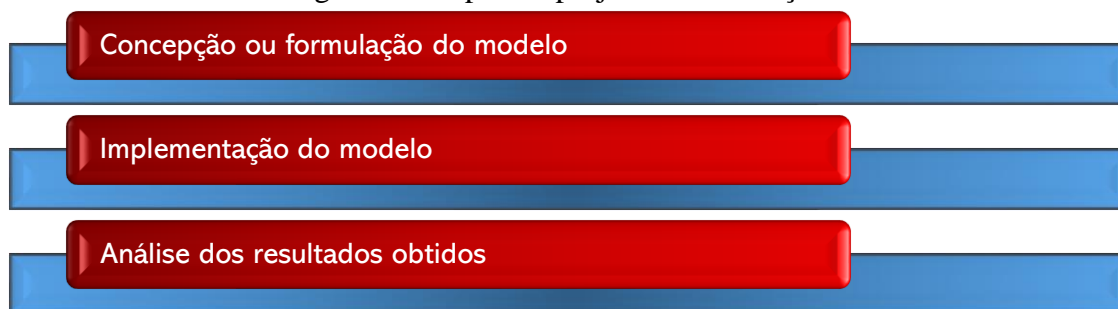
De acordo com a Figura 8, o primeiro elemento diz respeito as variáveis de estado que são valores capazes de determinar o estado do sistema, são um conjunto de informações que dispõem o conhecimento sobre o sistema, por exemplo: número de pessoas ou peças esperando na fila. Os eventos são episódios, que podem ou não ser programados, no entanto quando ocorrem alteram o estado do sistema, por exemplo, a chegada/saída um cliente/peça que marcam o início/fim de um atendimento. As entidades e atributos são as pessoas ou objetos que estão formando o sistema e podem ser dinâmicos ou estáticos, conforme a Figura 7. As entidades juntas podem se mover e transformar o sistema, por exemplo, entidades dinâmicas: peças e clientes. Exemplo de entidades estáticas: máquinas e operadores. Os atributos são características das entidades, por exemplo, a idades dos clientes (FILHO, 2008).

Os recursos podem ser considerados entidades estáticas, dessa forma no modelo de simulação sempre que uma entidade dinâmica não conseguir acessar o recurso, ele será mantido em fila (FILHO, 2008). As atividades são um período em que ocorre a simulação, podendo ser pré-determinado ou não.

2.6 ETAPAS NO ESTUDO DA SIMULAÇÃO

A fase de desenvolvimento de um projeto de simulação, as seguintes etapas podem ser adotadas seguindo o método descrito por Chwif e Medina (2015, p. 8 e 9), demonstrados na Figura 9.

Figura 9 - Etapas do projeto de Simulação.



Fonte: Adaptado de Chwif e Medina, 2015.

Na fase de concepção ou formulação do modelo tem grande importância no desenvolvimento do projeto, por isso é necessária a compreensão do modelo que se deseja construir e os objetivos a atingir. Nessa fase também é feita a coleta de dados de entrada utilizada para a construção do modelo, para isso é fundamental conhecimento sobre o problema analisado, evitando uma simulação errônea e não condizente com a realidade.

A etapa seguinte, de implementação do modelo representa a conversão do modelo conceitual em uma modelagem computacional. Segundo Couto (2003), o modelo computacional é um conjunto de dados e informações de um processo isolado ou seu todo, com objetivo de obter informações sobre os processos reais. Após a simulação do modelo adotado, os dados gerados são analisados com intuito de decisão se o modelo de fato atende a veracidade do processo.

A última etapa, a análise dos resultados obtidos consiste na experimentação do modelo, ou seja, são realizadas várias rodadas do modelo para análise e documentação dos resultados, não resultando algo satisfatório pode haver mudanças no modelo.

2.6.1 Construção do modelo conceitual

De acordo com Chwif e Medina (2015), o modelo é uma subjetividade da realidade, que tem aproximação ao verdadeiro comportamento do sistema, no entanto mais simples que o

sistema real. Para Law (2006) a criação do modelo conceitual é a etapa mais importante. Heavey e Ryan (2006) denominam os métodos aplicados a construção de modelos como métodos formais e descritivos.

Para Filho (2001), na construção do modelo deve-se traçar um esboço do sistema, de forma gráfica ou algorítmica. Na fase de construção do modelo deve-se entender claramente o sistema que está sendo estudado e definir o escopo (BOTTINO, 2016). Para a criação do modelo conceitual deve-se fazer o mapeamento dos processos.

Ryan e Heavey (2006) discutem que poucas técnicas de modelagem contribuem significativamente com a simulação. Os autores debatem que a existência de diversas técnicas, no entanto a maioria não está focada em projetos de simulação. As principais técnicas utilizadas e debatidas pelos autores são, o Diagrama de Ciclo de Atividades (*Activity Cycle Diagram – ACD*), o Diagrama de Atividade de Simulação (*Simulation Activity Diagram – SAD*) e os Métodos de Definição Integrados para Simulação (*Integrated Definition Methods – Simulation - IDEF-SIM*).

O IDEF-SIM é uma técnica baseada em outras técnicas, sendo a definição de cada elemento de acordo com Leal (2009):

- a) **Entidade:** são os itens que serão processados no sistema, como a matéria-prima, as pessoas e produtos. São movimentadas de acordo com os recursos ou próprios meios e podem ser agrupadas ou divididas ao longo do processo.
- b) **Funções:** Local onde as entidades sofrerão algum tipo de ação. Sendo alguns exemplos as filas, estoques, postos de trabalho. As funções podem modificar alguma entidade ou alterar o fluxo dessa entidade, como a formação de filas.
- c) **Fluxo da entidade:** é o direcionamento da entidade dentro do modelo, representando a entrada e saída das entidades nas funções.
- d) **Recursos:** são os elementos utilizados para a movimentação das entidades para executar funções, como o caso dos equipamentos ou as pessoas. Podendo eles ser estáticos ou dinâmicos.
- e) **Controles:** são as regras estabelecidas as funções, como sequenciamento, regra de filas, programação, entre outros.
- f) **Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos:** através das regras dois ou mais caminhos podem ser estabelecidos e executados juntos (junção E), de forma alterativa (junção OU) ou empregando as duas juntas.
- g) **Movimentação:** é o deslocamento de uma entidade com uma influência importante sobre o comportamento do modelo.

- h) **Informação explicativa:** são adicionadas ao modelo para facilitar seu entendimento.
- i) **Fluxo de entrada no sistema modelo:** define a entrada e entidades do modelo.
- j) **Ponto final do sistema:** indica o fim do sistema ou caminho.
- k) **Conexão com outra figura:** usado para dividir o modelo entre figuras diferentes.

2.6.2 Coleta e análise de dados

A fase de coleta e análise de dados, segundo Silva (2010), os dados serão utilizados e o nível de detalhamento do modelo, de acordo com as metas do projeto. Os dados são aplicados para especificar os parâmetros e distribuições de probabilidades das entradas. Shannon (1975) diz que a coleta de dados quantitativos e qualitativos fornece informações sobre as entradas e saídas e também sobre os componentes do sistema.

Segundo Filho (2008) todo estudo da distribuição de probabilidade mais apropriado a expressar o comportamento da variável começa com a coleta de dados. Ainda de acordo com o autor, a simulação é uma ferramenta de avaliação, ou seja, o *output* (saída de dados) depende da qualidade existente nos *inputs* (entrada de dados). Em problemas de simulação a determinação de coleta de dados enfrenta duas situações: a existência ou possibilidade de obtenção de dados e a não-existências ou impossibilidade de obtenção de dados (FILHO, 2008). No primeiro caso, o mais comum, os modelos são baseados em sistemas reais e acessíveis, já no segundo não existem ou mesmo que haja existência, não há possibilidade de coleta de dados.

As distribuições são determinadas a partir dos dados coletados do evento a ser analisado, no processo de tratamento de dados, de forma a tornar acessíveis e compreensíveis as informações contidas nos dados. Logo após o tratamento, facilitando e permitindo que duas etapas sejam alcançadas, a simulação e a estimação precisam de seus parâmetros (FILHO, 2008). No tratamento, os dados são agrupados por classes em um histograma para assim uma distribuição estatística ser adequada. O Arena ® tem uma ferramenta *Input Analyzer*, que automaticamente gera a distribuição mais adequada aos dados postos em histograma.

De acordo com Filho (2008), as principais distribuições contínuas são:

- Normal: sem dúvida uma das principais distribuições, conhecida como a curva em torno da média. Ela possui como parâmetros a média (μ) o desvio-padrão (σ).
- Uniforme: é mais utilizada quando a única informação está disponível entre variáveis aleatórias é que está entre dois limites, tendo dois parâmetros seu valor máximo (b) e seu valor mínimo (a).

- Triangular: Possui semelhança com a uniforme, mas a mesma ocorre quando se desconhece a curva associada a variável aleatória, no entanto se possui boas estimativas sobre seus limites, inferior (a) e superior (b), e o seu valor mais provável (m).
- Exponencial: a distribuição se caracteriza pela imprevisibilidade, tendo como média (β). Descrevendo melhor, o conhecimento prévio do último evento não ajuda na previsão do próximo evento.
- Lognormal: quando a variável sob análise resulta do produto de um grande número de variáveis aleatórias positivas, com média (μ) e desvio-padrão (σ).
- Erlang: a aplicabilidade é uma extensão da exponencial, quando o fenômeno aleatório é observado ao longo de diversas etapas que podem ser descritas de forma independente, com distribuição exponencial. Possui dois parâmetros a soma dessas m distribuições e a média exponencial (β).
- Gama: a diferença entre a distribuição Erlang é que a Gama permite que m assumam valores não inteiros.
- Beta: é utilizada para caracterizar variáveis aleatórias que se encontrem entre o intervalo, dependendo de seus dois parâmetros (a e b).
- Weibull: a principal representação de variáveis que descrevam características de confiabilidade de um sistema ou equipamento.

Principais distribuições discretas segundo Freitas Filho (2008):

- Poisson (λ): é utilizada para distribuição discreta com um número de ocorrência (valores discretos) que uma variável possa assumir durante um intervalo contínuo.
- Uniforme discreta (a, b): é utilizada quando a variável aleatória só pode assumir valores inteiros, limitada dentro de um valor máximo e mínimo.

2.6.3 Simulação e análise dos resultados

A simulação é uma ferramenta antes da aplicação em um sistema novo ou para alteração do existente, com intuito de descobrir falhas e poder reduzir os gargalos para alocar melhor os recursos (MARIA, 1997). A etapa de análise dessas variáveis podem ser contadores de ocorrência, tempos nas filas. Para a medição do sistema modelado algumas questões devem ser tratadas, Filho (2008) exhibe os seguintes aspectos:

- Qual a duração apropriada de uma rodada de simulação?

- Como interpretar corretamente seus resultados?
- Como analisar corretamente as diferenças obtidas em cada uma das replicações?

Os cenários analisados devem ser registrados de forma que os resultados obtidos sejam utilizados para as melhorias, de modo que o resultado da simulação consiga determinar o desempenho do sistema.

2.7 ARENA ®

O Arena ® é um *software* originado da junção de dois outros programas (SIMAN e CINEMA), atualmente pertencente a empresa Rockwell *Software*, com disponibilidade para simulação de diversos ambientes como, por exemplo, ambientes de manufatura (ARAGÃO, 2011). Não é necessária a construção de uma linguagem de programação para execução da simulação através do Arena ®, pois todo processo de criação é proveniente de um modelo gráfico e visual.

O *software* contém todos recursos necessários para a modelagem de processos, animação, desenhos, análise estatística e de resultados. Dessa forma o Arena ® pode ser utilizado facilmente para reengenharia de processos (ARAGÃO, 2011).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho é de abordagem quali-quantitativa devido aos dados estatísticos utilizados para simulação e ao levantamento teórico. Para Richardson (1999), a pesquisa quantitativa tem característica devido ao emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de dados quanto ao tratamento por meio de técnicas estatísticas. Segundo Minayo (2001), a pesquisa qualitativa corresponde ao universo de significados entre a relação dos processos e fenômenos.

Quanto a natureza é aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para emprego prático com objetivos de solução para os desperdícios da empresa estudada. Quanto aos objetivos a pesquisa é caracterizada como exploratória, já que visa maior familiaridade com o problema analisado em chão de fábrica. A pesquisa é classificada como simulação dentro do método quantitativo. Segundo Chung (2004), a modelagem e simulação são o processo de criar e experimentar um sistema física através da modelagem matemática computadorizado.

O local de estudo abrange uma fábrica de Dourados - MS, sendo uma pequena empresa de produtos de limpeza em que será analisada a comparação de diversos cenários (arranjos físicos), de como estão dispostos o processo, a fim de reduzir os desperdícios causados por problemas relacionados ao *layout*. A comparação desses cenários será feita por meio de simulação, de forma a propor solução ao processo através dos dados advindos do modelo de simulação e demais melhorias incrementais para eficiência do processo por meio de ferramentas revisadas na literatura.

O trabalho tem a importância da aplicação da simulação em pequenas empresas devido ao custo de mudança, onde o novo cenário pode ser simulado e apresentado como proposição a solução dos problemas, sendo mais assertiva em casos de mudanças. Compreendendo que os processos existentes dentro dessas pequenas empresas são menos complexos, com maior facilidade de aplicação após a simulação.

O trabalho foi estruturado nos seguintes assuntos:

- 1) Descrição da empresa: identificação das atuais atividades da empresa e descrição dos processos de fabricação em geral e a respeito dos principais problemas que levaram ao desenvolvimento do projeto de melhoria. Nessa etapa foi feita coleta de dados referentes aos tempos de processamento, além de entrevistas, medições e análises a respeito da estrutura do ambiente. Os dados referentes ao processo são utilizados para fase de análise de dados e no modelo computacional, e os demais para construção do problema e do projeto;

- 2) Definição do problema: no chão de fábrica após a coleta de dados a identificação dos principais problemas que afetam a empresa atualmente, como o arranjo físico e a falta de entendimento da capacidade;
- 3) Construção do modelo conceitual: a partir de todos os dados coletados o fluxograma do processo pode ser desenhado para identificar os atuais gargalos do processo;
- 4) Análise dos dados: fazendo uso do *Input Analyzer* para obtenção da melhor distribuição e análise dos dados coletados para utilização no modelo conceitual. Essa etapa consiste em tratar todos os dados e transformar em modelos matemáticos adequados a necessidade do modelo computacional com objetivo de representar a realidade do atual sistema de produção;
- 5) Modelo Computacional: a tradução do modelo conceitual e os dados analisados dentro do Arena ®;
- 6) Validação e Verificação do Modelo: os testes realizados com intuito de ver se o modelo construído atende as necessidades e se representa o modelo atual da empresa, de acordo com o esperado e sem erros, sendo a validação a representatividade da realidade;
- 7) Construção de Cenários: depois de simulado e obtido os resultados de teste na fase anterior o modelo sofre alterações com intuito de gerar sugestões a cerca de uma nova realidade. O objetivo é a construção de diversos cenários de melhoria para a empresa;
- 8) Apresentação e documentação dos resultados: após obtidos os resultados referentes a nova realidade, a apresentação desses resultados a banca examinadora, a correção e entrega ou documentação a Universidade Federal da Grande Dourados.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

4.1.1. A Empresa

A fábrica de produtos de limpeza analisada situa-se em Dourados – MS, tendo um *mix* voltado a indústria automobilística e doméstica, além de contar com um varejo próprio para comercializar os principais itens do portfólio. O contato da empresa pode ser direto com o consumidor final (através do varejo), através dos revendedores ou encomenda por parte dos comerciantes regionais ou locais. Os produtos de limpeza para casa geralmente formam a maior demanda do varejo, enquanto a linha automotiva tem grande destaque no comércio regional pelo qual a empresa é responsável por fornecer sua linha de produtos. O Quadro 3 destaca os produtos de maior demanda nas duas linhas de fornecimento da empresa.

Quadro 3 - Principais produtos

PRODUTOS	
Linha automotiva	<ul style="list-style-type: none"> • Intercap; • Solupan; • Shampoo Automotivo;
Linha doméstica	<ul style="list-style-type: none"> • Amaciante; • Sabão Líquido; • Alvejante; • Detergente; • Limpa Alumínio; • Água Sanitária.

Fonte: Próprio Autor, 2019.

O Quadro 3 destaca a linha de produtos ofertados pela empresa com maior demanda atualmente. A dinâmica para fabricação dos produtos consiste basicamente em dois funcionários que são responsáveis pelo processo de produção dos itens, e outros três para logística, rotulagem, etiquetagem e lavagem das embalagens, pois grande parte dos galões utilizadas para envasar os produtos são reaproveitados. O processo de lavar os galões é feita antes do produto ser fabricado, estando disposto em chão de fábrica no momento de envase.

Diante disso, os produtos da linha automotiva são fabricados quase sempre somente após a comercialização, enquanto os do varejo são feitos com intuito de reposição de estoque, não tendo um controle de demanda sobre nenhum dos itens.

O setor de compras adquire alguns insumos na própria cidade, quando o custo compensa ou também alguns produtos que são dispostos a venda na região, enquanto insumos químicos a aquisição vem rotineiramente de outra região, não tendo nenhum fornecedor específico, seguindo a lógica do custo e necessidade.

A reposição dos insumos para o processo geralmente acontece quando um operador responsável pela fabricação avisa sobre o baixo estoque, por não haver controle de demanda nem de estoque, ora ou outra há falta de matéria-prima e a produção esperando que a mesma seja repostada ou passam a fabricar outro produto.

4.1.2 Processos de Fabricação

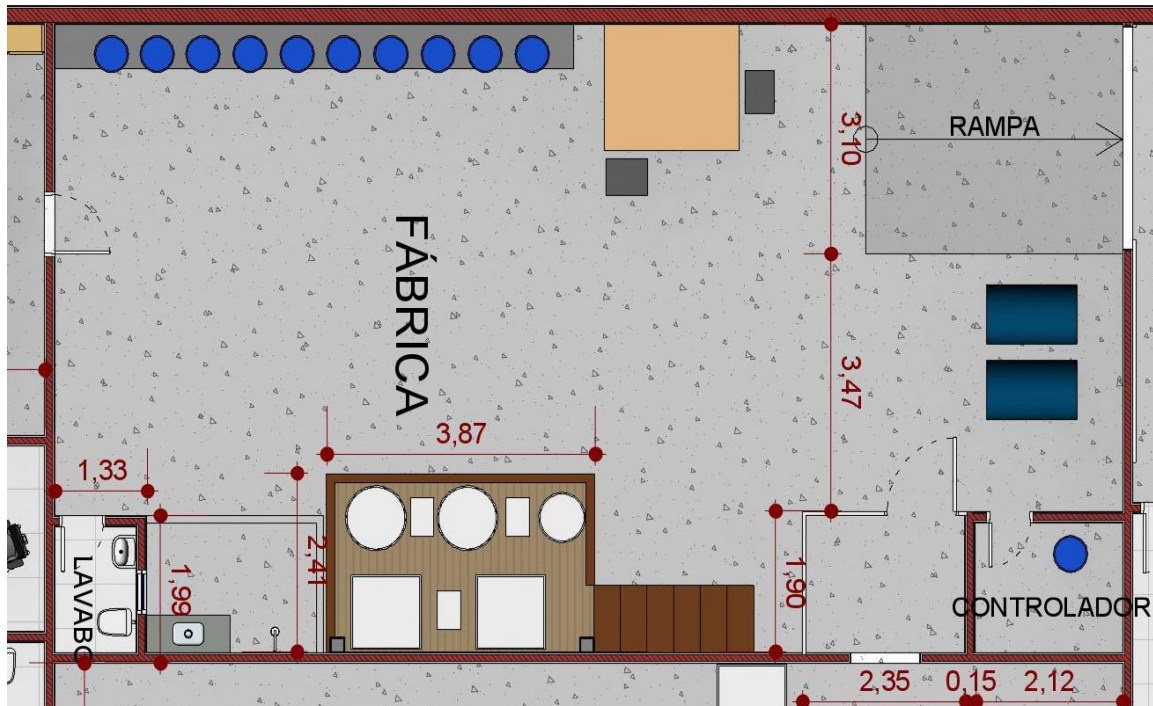
Embora o processo exija alguns cuidados devido a existência de produtos químicos tóxicos e nocivos à saúde caso não siga o procedimento de segurança, ele é relativamente simples. Alguns produtos demonstrados no Quadro 4 possuem uma família, de processo semelhante mudando em muitos casos apenas a essência, como é o caso do detergente que pode ser neutro, de maçã ou limão. Outros, embora possuam aplicação diferentes são considerados da mesma família por mudar somente a quantidade de determinado componente químico e corante, como é o caso do Intercap, que pode ser Limpa Pedras ou Limpa Alumínios, sendo diferenciado somente pelo corante aplicado durante a fabricação.

Depois de fabricados, os produtos passam pelo processo de envase que depende do produto, podendo ser de 500ml, 5l, 20l ou 50l. Logo na sequência os rótulos recebem data de validade na tarefa de etiquetagem. Os rótulos são recortados manualmente e colados sobre o galão, depois de etiquetados, esse processo é conhecido como rotulagem.

4.1.3 O Layout

A empresa possui um chão de fábrica maior do que o necessário para atender sua demanda, por ser um espaço alugado e adaptado para a realização das atividades. Isso implica na dificuldade de se aplicar determinadas mudanças, no entanto, o espaço pode ser melhor utilizado. Durante o processo, os funcionários se movimentam demais e isso implica no processamento dos produtos, não somente na fabricação, mas no envase, na etiquetagem e rotulagem. O arranjo físico, embora seja simples devido à baixa quantidade de máquinas para a fabricação, faz com que os processos se tornem mais demorados, pois a distância de onde os produtos são armazenados é maior do que deveria.

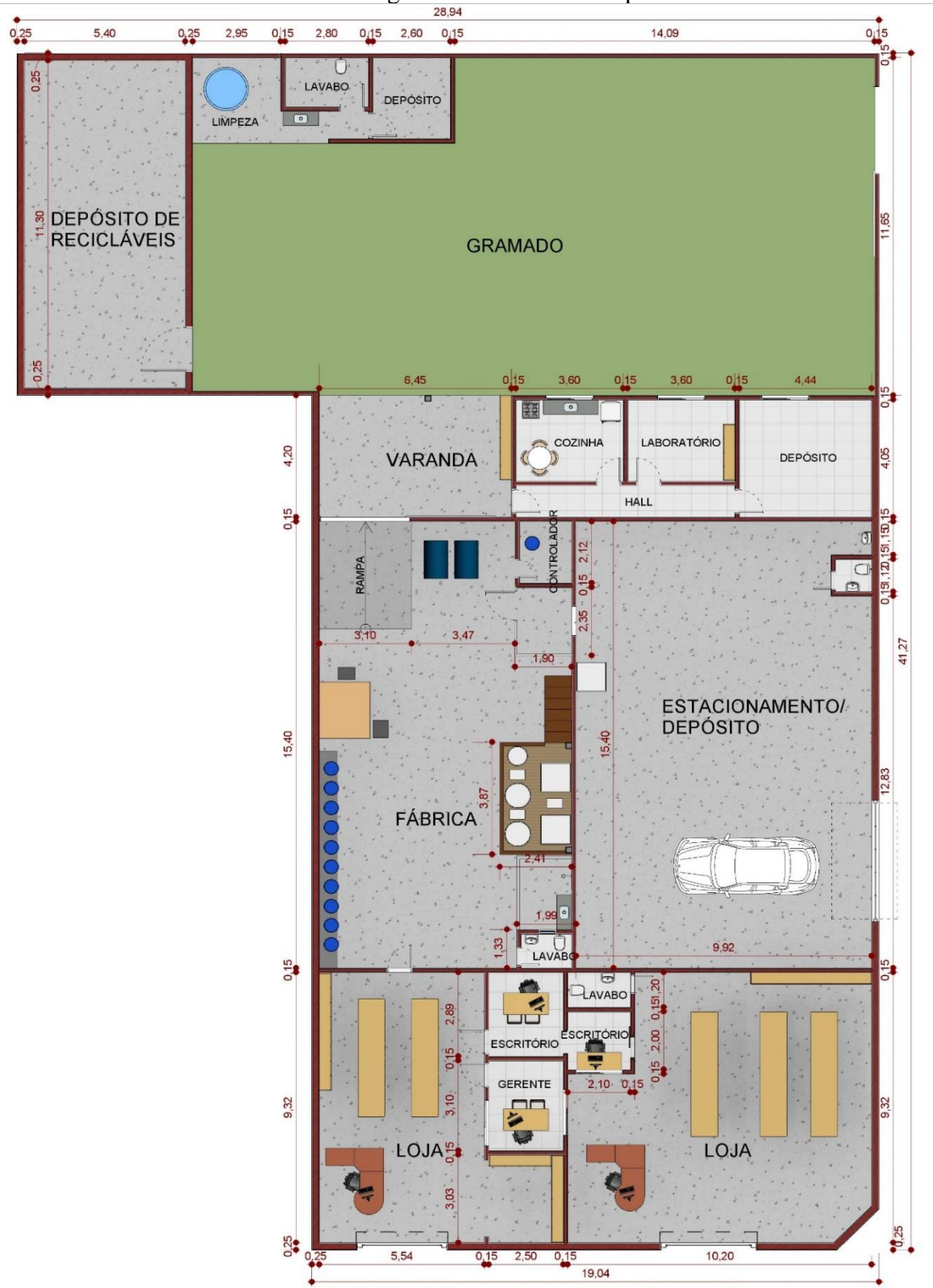
Figura 10 - Arranjo físico da Fábrica.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A arranjo físico da fábrica é demonstrado na Figura 10, demonstrando que o tamanho do espaço onde ocorre o processo. Como observado os produtos que são fabricados nos misturadores automáticos são feitos na parte mais alta e precisam subir a escada, ilustrada de marrom a pouco mais de dois metros de altura o que dificulta o trabalho e o torna perigoso, pois eles sobem essas escadas com insumos pesados e vez ou outra há resíduos que podem torna-la escorregadia e perigosa. Os misturadores azuis são os manuais, mais utilizados na produção de detergente, água sanitária e demais produtos com lotes de 200 litros. O controlador ou quarentena, onde guardam alguns ácidos se encontra longe do processo. A rampa dá acesso ao lado de fora da fábrica, perto de onde outro funcionário algumas vezes está lavando embalagens para reutilização e onde há um estoque dessas embalagens o que faz ele exceder sua movimentação no momento de envase. Ao lado do controlador existe a porta ilustrada pela cor branca que dá acesso ao estoque de alguns insumos e os produtos acabados, além da garagem dos carros. Isso gera a problemática de excesso de movimentação e desorganização, a falta de padronização e de local apropriado para os insumos. A Figura 11 exhibe a planta da fábrica com todas as suas partes, o setor de vendas que é composto por duas lojas juntas e os escritórios responsáveis pelas partes financeiras e contábeis.

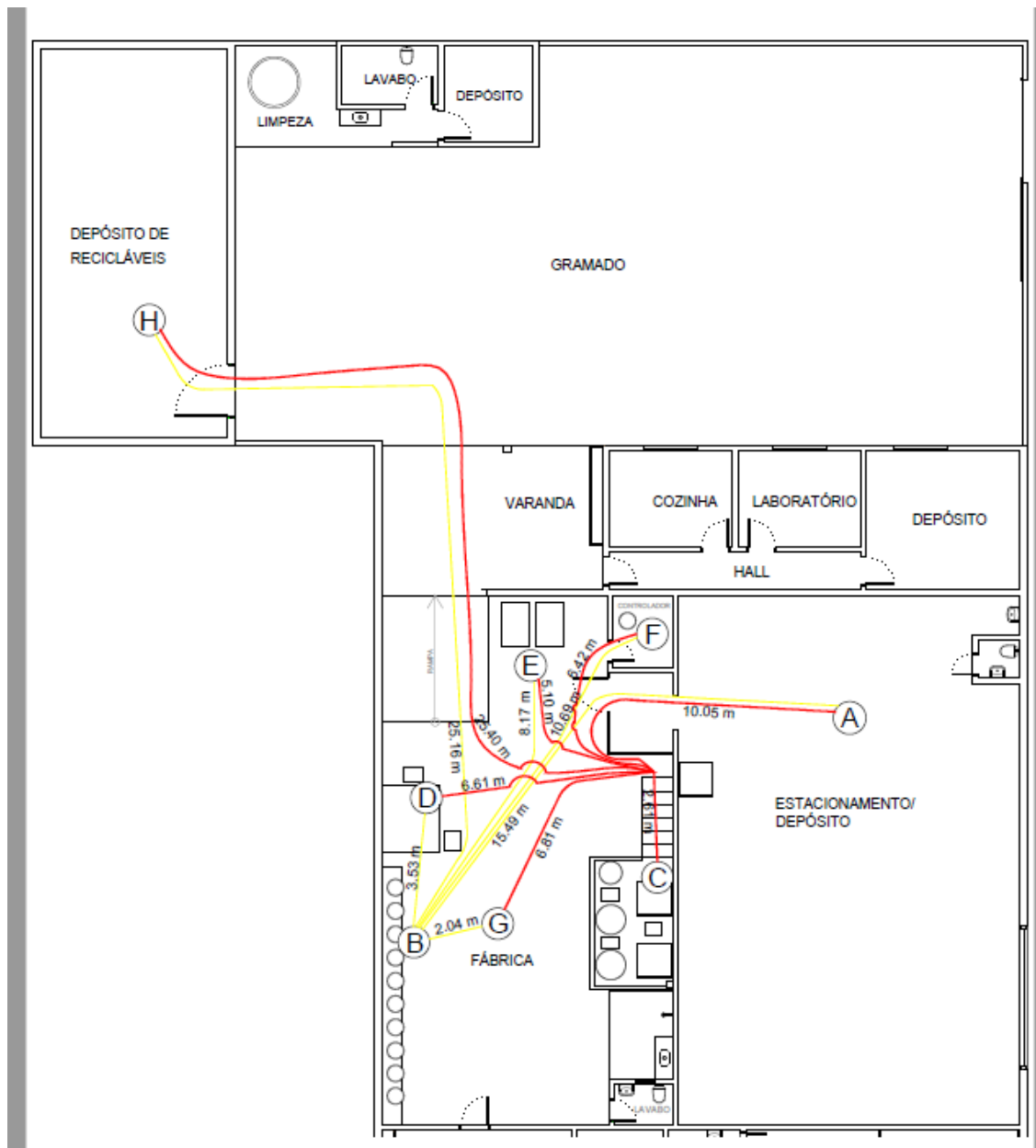
Figura 11 - Planta da Empresa.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Na Figura 11 a planta da fábrica demonstra o quão grande é o espaço utilizado por eles, sendo que a maioria desse espaço serve somente como desperdício não agregando valor ao processo e gerando somente movimentação.

Figura 12 - Movimentação para Processamento dos Produtos.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 12 mostra toda movimentação feita para realização do processo, sendo a amarela representada pelos processos feito pelo operador 2 nos produtos da linha doméstica e a vermelha do operador 1, responsável pelos produtos da linha automotiva. O operador responsável pelos produtos da linha automotiva processa os produtos no misturador alto, ou seja, tem que subir as escadas com produtos pesados. Essa movimentação demonstrada na figura considera como se o operador fosse somente uma vez em cada local, no entanto, no processo, dependendo do produto que ele tem que buscar ele vai mais de cinco ou seis vezes em cada local buscar o insumo para o processo. Diante disso, é possível concluir o quanto os

operadores andam durante o processo para buscar seus insumos em locais a longa distância, resultando em desperdícios de movimento e transporte.

No processamento de insumos da linha doméstica o operador da início no estoque (A) e caminha para os misturadores automáticos (C), onde liga o registro de água e espera que o tanque complete a quantidade necessária de água, logo após acessa o estoque (A) diversas vezes (isso depende de cada produto, pois varia a quantidade de insumos de um para outro, quanto mais insumo mais movimentação). Ele também acessa o controlador (F) e volta para os misturadores e logo na sequência acessa os ácidos que ficam no meio do chão de fábrica (E) e retorna aos misturadores. Após a fabricação do produto ele vai até o estoque de embalagens ou depósito de recicláveis (H) e volta vai até (D) onde faz o processo de etiquetagem dos rótulos e logo após rotula no meio do chão de fábrica (G) para a finalização do processo.

O mesmo excesso de movimentação ocorre para os produtos que são fabricados nos misturadores manuais, no entanto, não precisam subir as escadas pois são processados nos galões azuis. O caminho percorrido é semelhante e pode ser notado através da linha amarela na Figura 12 onde o operador começa ligado o registro em (B) e caminha até o estoque (A) para pegar o primeiro insumo, com movimentação semelhante a já comentada.

4.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.2.1 Definição do Problema

Atuar no mercado de forma a atingir crescimento e conseguir dentro dos recursos existentes dentro da empresa é uma das maiores dificuldades das pequenas fábricas, que em muitos casos não conhecem tempos de processos, tampouco a capacidade. A falta de um planejamento de produção, o controle de estoques, a gestão da demanda e dos processos afetam expressivamente o desempenho dessas fábricas, reduzindo assim a sua capacidade e gerando assim atividades mais onerosas tanto em tempo quanto em custo.

O planejamento e o conhecimento da capacidade são primordiais. Não conhecer os tempos de processos, a capacidade, os gargalos existentes fazem com que a organização não consiga atender ao mercado e em muitos casos ocasionam atrasos. Aliada ao controle de demanda, a gestão da capacidade pode garantir mais segurança a empresa como seus compromissos, maior entendimento e redução de desperdícios por processos não necessários.

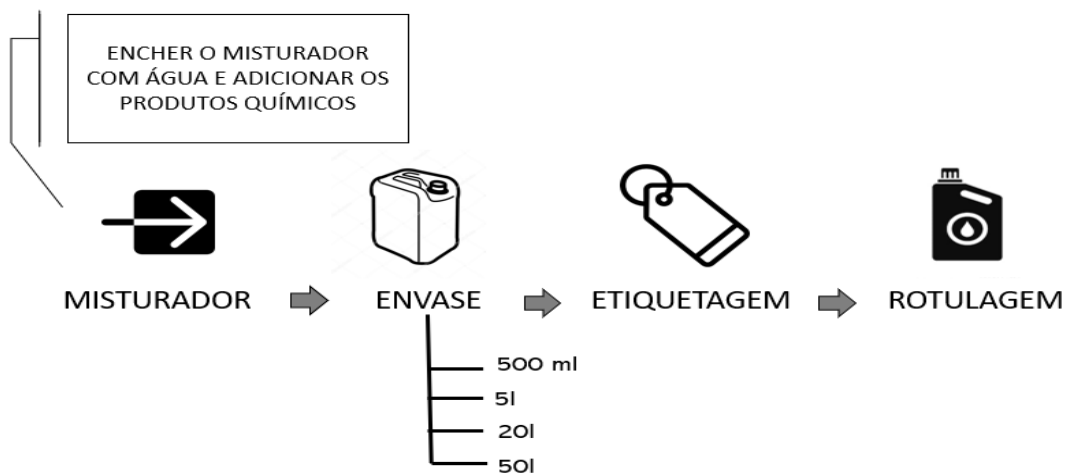
A fábrica de produtos de limpeza em estudo não possui conhecimento sobre sua capacidade e o quanto pode atender o mercado, não somente em caso de aumento das vendas, mas também sobre sua capacidade atual. O modelo de simulação pode proporcionar para a empresa a noção da sua capacidade em relação ao estado atual e ao futuro, partindo do *layout* já adotado pela empresa e dos tempos atuais. No *layout* que será proposto as atividades que não agregam valor ao processo poderão ser eliminadas, o que pode aumentar ainda mais capacidade da empresa, promovendo também um melhor desempenho.

4.2.2 Construção do Modelo Conceitual

4.2.2.1 Processo de Fabricação

A construção do modelo conceitual se dá a partir dos processo de fabricação da empresa, como ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Processo de Fabricação dos Produtos de Limpeza



Fonte: Próprio Autor, 2019.

O processo de fabricação dos produtos de limpeza é semelhante, mudando somente a quantidade e os produtos químicos que são colocados na fase de mistura. O operador enche o misturador e logo em seguida começa adicionar os produtos químicos. Quando fabricados no misturador manual logo após adicionar os produtos o operador faz uma rápida mistura, já no automático esse processo é feito automaticamente. O único produto que possui mais diferença é o amaciante, que diferente dos demais passa pelo processo de descanso depois da mistura.

Esse descanso é para que o amaciante não picote, mas depois desse descanso de 24h ele segue o fluxograma normalmente, como os demais produtos.

Em seguida os produtos já estão prontos para serem envasados, sendo que alguns são envasados com 5l, 20l ou 50l, dependendo do produto. Por exemplo, o detergente é envasado em galões de 500ml e 5l, já o Intercap em galões de 5l, 20l ou 50l. Depois de envasados os produtos são destinados a fase de etiquetagem, que consiste no carimbo da validade nos rótulos e em seguida já pode ser rotulado. Esse processo de etiquetagem e rotulagem é realizado pelo operador 3.

4.2.3 Análise dos Dados

Foram analisados os dados provenientes da rotina obtidos através da coleta no mês de dezembro e final de novembro de 2018. A coleta de dados foi dividida em três fases sendo a primeira uma entrevista com os funcionários para entender a dinâmica de funcionamento da empresa, como acontece a chegada de pedidos, o processo de aquisição de insumos, o planejamento da produção e questões referentes a demanda e sazonalidade.

A segunda fase consistiu na análise da quantidade de pedidos atendimento durante aquela semana, a quantidade em litros de cada produto processado, como demonstrado na Tabela 01. A porcentagem de cada produto foi considerada sobre o total produzido durante toda a semana, obtendo assim a relação da família e/ou produto com maior demanda durante aquele período, usada como análise para a chegada de pedidos e consideração no modelo de simulação.

Tabela 1 - Quantidade em relação a demanda entre 10 e 15 de dezembro de 2018.

	Demanda	Unidade
Intercap	2600	litros
Solupan	1800	litros
Shampoo Automotivo	400	litros
Sabão Líquido	600	litros
Detergente	1000	litros
Limpa Alumínio	100	litros
Água Sanitária	400	litros
Alvejante	400	litros
Amaciante	200	litros
Total	7500	litros

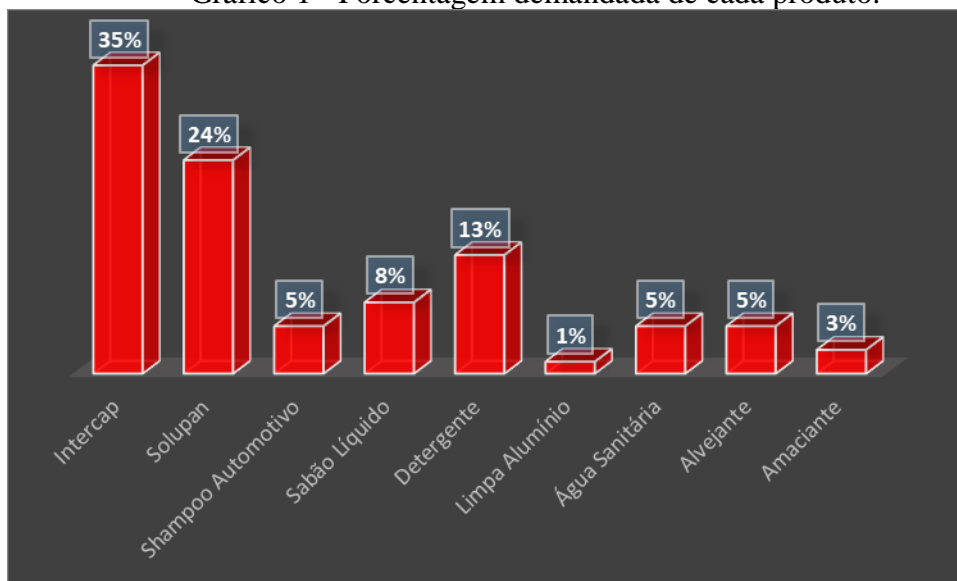
Fonte: Próprio Autor, 2019.

A partir da coleta de dados foi possível entender os produtos com maior demanda durante aquela semana, tanto para a linha automotiva como doméstica. O item de maior saída é o Intercap, logo em seguida o Solupan com grande representatividade, os dois produtos juntos correspondem a metade da demanda da empresa. Segundo os profissionais da empresa os dados coletados representam também o que ocorre no resto do ano, sendo estes os produtos de maior comercialização. Os dois produtos possuem bastante mercado pois são utilizados por donos de postos e lava-rápido da região, devido a quantidade exigida para a lavagem de um automóvel e a quantidade de veículos que essas empresas atendem e por geralmente serem empresas da região, não costumam ter grandes estoques dos dois itens, o que gera maior demanda dos produtos durante todo ano.

Assim, com base na demanda média para a chegada de pedidos foi considerada a quantidade de 25 lotes (pedidos) durante a semana, dividido pelo número de dias de produção, sendo este cinco dias, num total de 5 lotes por dia num intervalo de oito horas de serviço, assim a quantidade de chegadas de pedidos por hora é de 0,625 pedidos por hora.

A partir dos dados de demanda foi possível analisar a chegada de pedidos pelos lotes formados e a porcentagem de fabricação de cada família ou produto, como demonstrado no Gráfico 01 onde as porcentagens são consideradas pelo produzido de cada produto no período analisado com relação ao acumulado de toda a demanda da semana.

Gráfico 1 - Porcentagem demandada de cada produto.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Dessa forma, o Gráfico 01 exibe o percentual individual de todos os produtos fabricados, esses dados são utilizados como divisão dos produtos fabricados dentro do modelo de simulação, para análise da capacidade dos insumos com base na demanda tida naquele período. cinco dias, sendo o sexto dedicado a entregas.

A Tabela 02 demonstra quantidade de produtos processados durante a semana e seus lotes de produção. Embora alguns produtos como o Intercap tenham sido processados em lotes de 200L, no modelo de simulação o item será processado somente em lotes de mil litros, assim como o Solupan também em misturador de mil litros e o Shampoo Automotivo e o Amaciante em misturadores de 600l, pois em muitos casos mesmo que não seja feita a quantidade a fabricação dos produtos utilizam do recurso com essa capacidade. Os demais itens são considerados de acordo com o misturador manual de 200l como acontece no cotidiano da empresa, a diferença é que os lotes geralmente são de 200l mesmo, diferente dos demais que mesmo sendo processados em equipamentos com maior capacidade são feitos em quantidades menores, não tendo um lote totalmente definido por ter um produção puxada.

Tabela 2 - Tamanho dos Lotes.

Produto	Tamanho de Lote		
	1000L	600L	200L
Intercap	2		3
Solupan	1		4
Shampoo		1	
Sabão			3
Detergente			5
Limpa Alumínio			1
Água Sanitária			2
Alvejante			2
Amaciante			1
Total de Lotes			25

Fonte: Próprio Autor, 2019.

O tempo de processamento dos principais produtos é rápido, como demonstrado na Tabela 03 o que garante que a empresa consiga atender aos pedidos assim que adentrados em produção. O Intercap além de ter alta demanda é facilmente fabricado, sendo também um dos produtos com menor tempo de processamento, no entanto o Solupan se iguala ao amaciante em tempo de processamento, o que difere o tempo dos dois é que apesar de rapidamente ser processado, o amaciante precisa de um descanso de 24 horas para não picotar, já o Solupan após ser produzido pode ser rapidamente envasado e expedido.

Tabela 3 - Tempos de Mistura.

Processo	Tempo	Parâmetro	Expressão
Intercap	18	min	constant(18)
Solupan	34	min	constant(34)
Shampoo Automotivo	25	min	constant(25)
Amaciante	34	min	constant(34)
Sabão Líquido	27	min	constant(27)
Alvejante	19	min	constant(19)
Detergente	31	min	constant(31)
Limpa Alumínios	18	min	constant(18)
Água Sanitária	15	min	constant(15)

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Embora possuam processos semelhantes a quantidade de insumos faz com que o tempo de processamento aumente ou diminua, pois muito dos produtos não se encontram em fácil acesso e o operador responsável acaba andando bastante para pegá-lo. A água sanitária possui o menor tempo de processamento, já o detergente e o sabão líquido possuem tempos bem semelhantes. O Limpa Alumínios e Limpa Pedras possui tempo igual ao do Intercap, pois ambos possuem a mesma formulação.

Os produtos depois de processados já podem ser envasados em galões de 500ml, 5l, 20l e 50l. A próxima etapa do modelo considerou o percentual de produtos que são envasados para cada quantidade, tendo também como base a quantidade de produtos envasados durante aquela semana. A quantidade envasada para cada galão dividida pelo acumulado de envase de cada produto gerando o percentual de cada família de produto, como ilustrado na Tabela 04.

Tabela 4 - Percentual envasado de cada produto

Produto	Envase				Total (%)
	500ml	5l	20l	50l	
Intercap	0%	58%	19%	23%	100%
Solupan	0%	31%	46%	23%	100%
Shampoo	0%	60%	40%	0%	100%
Sabão	0%	100%	0%	0%	100%
Detergente	83%	17%	0%	0%	100%
Limpa Alumínio	0%	100%	0%	0%	100%
Água Sanitária	0%	100%	0%	0%	100%
Alvejante	0%	100%	0%	0%	100%
Amaciante	0%	100%	0%	0%	100%

Fonte: Próprio Autor, 2019.

A partir desses dados considerou-se dentro do modelo de simulação que, por exemplo, que dentro do total de Intercap fabricado durante aquela semana 58% foram envasados dentro de galões de 5l, 19% em galões de 20l e os outros 23% em galões de 50l. A mesma análise foi adotada para todas as famílias de produtos, como abordado na Tabela 04.

Depois da decisão da divisão do percentual de fabricação determinado para cada quantidade de envase os tempos de envase foram considerados. Através da Tabela 05 é possível observar os tempos coletados para os produtos de 5L, utilizada para o envase de 5l de todos os produtos, pois ambos possuem valores de envase semelhantes.

Tabela 5 - Envase de 5 litros.

Envase 5L								
28,0	24,0	25,0	27,0	23,0	27,0	25,0	20,0	23,0
26,0	25,0	24,0	20,0	28,0	27,0	26,0	23,0	24,0
20,0	24,0	29,0	22,0	26,0	23,0	25,0	22,0	28,0
27,0	26,0	25,0	26,0	25,0	25,0	23,0	25,0	
24,0	27,0	25,0	27,0	24,0	25,0	25,0	25,0	
27,0	28,0	24,0	24,0	20,0	22,0	26,0	22,0	
23,0	27,0	24,0	26,0	23,0	23,0	24,0	23,0	
29,0	29,0	27,0	27,0	25,0	20,0	25,0	22,0	
25,0	20,0	24,0	27,0	28,0	22,0	25,0	24,0	
20,0	25,0	26,0	25,0	28,0	24,0	26,0	25,0	
27,0	26,0	24,0	23,0	20,0	27,0	22,0	25,0	
Contagem de Dados Coletados							91	
Desvio Padrão							2,29	
Tempo Médio (s)							25,48	

Fonte: Próprio Autor, 2019.

O tempo médio de envase de 5l são de 25,48s com desvio padrão de 2,29s dentro de uma amostra de 91 dados. Isso foi feito para os demais envases, como de 20L ilustrado na Tabela 06.

Tabela 6 - Envase de 20 litros.

Envase 20L						
55,0	52,0	57,0	54,0	58,0	53,0	55,0
58,0	53,0	56,0	56,0	53,0	57,0	57,0
53,0	54,0	54,0	56,0	58,0	52,0	54,0
59,0	57,0	58,0	55,0	55,0	57,0	53,0
52,0	59,0	52,0	53,0	58,0	56,0	56,0
56,0	52,0	53,0	57,0	52,0	59,0	54,0
59,0	56,0	56,0	59,0	54,0	54,0	56,0
56,0	56,0	57,0	53,0	56,0	53,0	
54,0	52,0	58,0	55,0	57,0	57,0	
58,0	54,0	59,0	57,0	54,0	53,0	
Contagem de Dados Coletados						67
Desvio Padrão						2,18
Tempo Médio (s)						55,39

Fonte: Próprio Autor, 2019.

O tempo médio de envase de 20l, de acordo com a Tabela 06 foi de 55,39s com desvio padrão amostral de 2,18s e a amostra adotada com 67 valores de tempos. O envase de 20L é um envase comum dentro da linha automotiva. A Tabela 07 aborda dos valores referentes ao envase de 50l presente somente nos produtos da linha automotiva, mas especificamente o Intercap e Solupan.

Tabela 7 - Envase de 5 litros.

Envase 50L				
1,42	1,30	1,35	1,38	1,42
1,33	1,32	1,38	1,35	1,31
1,35	1,32	1,30	1,38	1,39
1,38	1,40	1,34	1,35	1,41
1,35	1,44	1,45	1,33	1,35
1,44	1,34	1,40	1,40	1,33
1,32	1,38	1,41	1,33	1,37
1,41	1,43	1,40	1,37	1,34
1,40	1,39	1,32	1,38	1,39
1,37	1,42	1,33	1,33	
Contagem de Dados Coletados				49
Desvio Padrão				0,0399
Tempo Médio (s)				1,3694

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Os tempos referentes ao envase de 50L demonstrados na Figura 07 corresponde à um desvio padrão de 0,03 e o tempo médio de 1,3694s numa amostra de 49 tempos coletados durante aquela semana. A Tabela 08 exhibe os dados referentes ao envase mais especificamente

do detergente, pois de todas as famílias de produto o único que também é envasado dentro da embalagem de 500ml é o detergente.

Tabela 8 - Envase de 5 litros

Envase 500ml						
10,0	9,0	10,0	8,0	12,0	12,0	10,0
12,0	10,0	13,0	11,0	11,0	11,0	10,0
8,0	10,0	12,0	9,0	9,0	9,0	13,0
13,0	11,0	9,0	13,0	10,0	11,0	12,0
9,0	13,0	11,0	12,0	13,0	10,0	11,0
11,0	13,0	10,0	11,0	8,0	11,0	8,0
10,0	9,0	12,0	10,0	10,0	13,0	10,0
13,0	9,0	8,0	9,0	11,0	12,0	10,0
11,0	12,0	13,0	13,0	10,0	9,0	8,0
12,0	10,0	10,0	12,0	12,0	10,0	12,0
11,0	11,0	11,0	8,0	10,0	11,0	11,0
8,0	11,0	12,0	12,0	13,0	11,0	13,0
10,0	8,0	9,0	11,0	8,0	8,0	
13,0	12,0	10,0	12,0	12,0	12,0	
11,0	10,0	13,0	13,0	9,0	9,0	
Contagem de dados coletados						102
Desvio Padrão						1,56
Tempo Médio (s)						11,59

Fonte: Próprio Autor, 2019

O número de tomada de tempo coletados na amostra de 500ml foi de 102, tendo o tempo médio de 11,59s de envase, pois mesmo sendo pouca a quantidade o produto é envasado mais devagar se comparado ao demais para evitar que o volume seja preenchido rápido demais e forme bolhas ou que derrame, então é tomada uma certa precaução. O desvio padrão da amostra foi de 1,56s.

Assim que os produtos são envasados outro operador, que geralmente é o funcionário que lava embalagens ou que ajuda nas entregas, que também faz a contagem de produtos envasados e etiquetar manualmente a data de fabricação dos produtos antes de serem rotulados no produto. Os tempos referentes a etiquetagem da validade nos rótulos está demonstrado na Tabela 09, ambos os produtos compartilham do mesmo tamanho de rótulo, com diferença somente o detergente envasado em 500ml, pois dos demais de 5l, 20l ou 50l possuem o mesmo rótulo.

Tabela 9 - Tempos referentes a etiquetagem da validade.

Etiquetagem				
2,0	5,0	2,0	1,0	4,0
1,0	1,0	3,0	3,0	
3,0	2,0	2,0	2,0	
2,0	4,0	3,0	2,0	
3,0	3,0	4,0	3,0	
1,0	2,0	2,0	2,0	
3,0	3,0	3,0	3,0	
2,0	4,0	2,0	3,0	
1,0	3,0	3,0	4,0	
4,0	2,0	4,0	1,0	
1,0	3,0	3,0	3,0	
2,0	2,0	3,0	2,0	
3,0	4,0	3,0	3,0	
4,0	1,0	2,0	3,0	
2,0	3,0	2,0	2,0	
Contagem dos dados coletados				61
Desvio Padrão				0,9553
Tempo Médio (s)				2,5902

Fonte: Próprio Autor, 2019

A atividade de etiquetagem é rápida e executada sem nenhuma dificuldade, demandando pouquíssimo tempo, pois consiste basicamente em carimbar no rótulo a data de fabricação dos produtos envasados, com o prazo de validade determinado na embalagem através de um tempo variáveis para cada produto que está descrito em meses após a data de fabricação. O tempo médio de etiquetagem é de 2,59s, com um desvio padrão de 0,95s dentro de uma amostragem de 61 tempos coletados.

A fase de finalização dos produtos é a rotulagem, a fase final que geralmente é feita pelo operador três logo após etiquetar as datas de fabricação dos produtos. O processo de rotulagem também não é demorado, pois em determinados produtos ele precisa somente cortar e colar, pois o produto é adesivado, enquanto outros ele tem que passar uma cola.

O processo é igual e os produtos de maior demanda são geralmente adesivados, apesar de possuir essa diferença os tempos são semelhantes e são considerados dentro da mesma amostra. O tempo gasto para retirar o plástico do adesivo é o mesmo de passar a cola, o que mais demora na atividade é o recorte que é feito manualmente com uma tesoura.

A Tabela 10 exhibe os tempos coletados no processo de rotulagem, posterior a etiquetagem.

Tabela 10 - Tempos referentes a etiquetagem da validade.

Rotulagem				
1,55	1,52	1,51	1,54	1,51
1,5	1,5	1,54	1,52	1,59
1,53	1,56	1,57	1,51	1,59
1,56	1,52	1,56	1,55	1,55
1,59	1,49	1,58	1,57	1,57
1,57	1,57	1,54	1,58	1,52
1,49	1,59	1,58	1,57	1,5
1,53	1,55	1,5	1,49	1,53
1,56	1,53	1,53	1,53	1,58
1,55	1,49	1,57	1,55	1,54
Contagem dos dados coletados				50
Desvio Padrão				0,0306
Tempo Médio (s)				1,54

Fonte: Próprio Autor, 2019

A última etapa do roteiro de fabricação de qualquer produto do portfólio da empresa termina com a rotulagem, o tempo médio demandado pelo processo é de 1,54s, com desvio padrão amostral de 0,03, o número de tempos utilizados na amostra foi de 50. Após finalizados os produtos são expedidos, encaminhados para o estoque para serem entregues ou já são diretamente entregues quando o cliente está esperando pelo produto.

4.3.3.1 Tratamento de Dados

Antes da aplicação dos dados no modelo de simulação foi necessário a filtragem dos dados, devido aos desvios de tempos causados por variáveis que influenciam severamente o tempo de processamento. Durante a coleta de dados alguns processos demandaram tempo dobrado para execução devido a distração, movimentação excessiva, além de paradas aleatórias para cobrir outra obrigação ou até mesmo esperas.

Com isso muitos dados tiveram de ser excluídos e descartados da amostra, por não representarem a realidade no tempo de processamento, as atividades repetidas como rotulagem, etiquetagem e envase são as que mais sofreram alterações decorrentes a distração, paradas aleatórias. Com intuito de atender a realidade esses tempos foram retirados para não prejudicar na execução e não comprometer os resultados obtidos nesse projeto.

4.3.3.2 Distribuições de probabilidades

Após o tratamento de dados, os tempos coletados precisam ser analisados através de softwares para descobrir a melhor distribuição, nesse caso utilizando o *Input Analyzer* do próprio Arena ® que identifica a distribuição que melhor se adequa ao modelo, oferecendo o melhor ajuste e os dados dos principais testes.

A Tabela 11 exibe os resultados e o tamanho das amostras coletadas para cada distribuição.

Tabela 11 - Distribuições e expressão das amostras.

Processo	Tamanho da Amostra	Tipo de Distribuição	Expressão
Envase 5L	50	Beta	$21.5 + 8 * \text{BETA}(1.69, 2.03)$
Envase 20L	67	Uniforme	$\text{UNIF}(0.51, 0.6)$
Envase 50L	49	Beta	$1.28 + 0.19 * \text{BETA}(2.18, 2.46)$
Envase 500ml	102	Normal	$\text{NORM}(10.7, 1.56)$
Etiquetagem	49	Triangular	$\text{TRIA}(0.999, 2.2, 5)$
Rotulagem	50	Beta	$1.48 + 0.12 * \text{BETA}(1.47, 1.36)$

Fonte: Próprio Autor, 2019

A partir do *software Input Analyzer* obtemos parâmetros dos dados referentes a amostra e o tipo de distribuição. O tipo de distribuição foi definido a partir da análise de todas as alternativas, e diante disso o que mais se encaixava na amostra, tendo aprovação nos testes para validação da amostra como apresentado na Tabela 12. Entretanto ainda na Tabela 10 é possível conferir os valores obtidos nos testes aplicados a amostra, essas expressões foram as utilizadas no modelo computacional.

Na Tabela 12 os valores referentes aos testes de aderência, que possibilita saber se os dados são de qualidade. Os testes de aderência tem como objetivos expor se os dados coletados correspondem a realidade do sistema e se podem ou não serem utilizados no modelo computacional, caso haja aprovação.

Tabela 12 - Testes aplicados a distribuição.

Processo	Testes		
	Chi-Quadrado	Erro Quadrático	Kolmogorov-Smirnov
Envase 5L	0.363	0.007350	
Envase 20L	0.661	0.009328	> 0.15
Envase 50L	0.45	0.009096	> 0.15
Envase 500ml	0.194	0.004827	> 0.15
Etiquetagem	0.42	0.006035	> 0.15
Rotulagem	0.372	0.007948	> 0.15

Fonte: Próprio Autor, 2019.

O teste do erro quadrático é o valor médio das diferenças elevado ao quadrado, diante disso é indicado que quanto menor o valor do erro quadrático melhor é o ajuste. O Teste do Chi-quadrado indica que quanto maior melhor a probabilidade de representatividade dessa amostra. O Kolmogorov-Smirnov (K-S) também tem a indicação de quanto maior o valor obtido no teste maior a confiança e a representatividade.

Na Tabela 12 os valores obtidos nos testes exibem que as amostras foram aprovadas e são representativas, ou seja, com qualidade para a simulação de forma que seja exibido a verdade do sistema. Não tem importância de não ter todos os testes aplicados a distribuição, em alguns casos determinada distribuição não apresenta um teste como o envase de 5l não ter o teste de aderência do K-S, no entanto, é importante que a amostra esteja aprovada nos demais testes a qual está submetida.

4.3.5 Modelo Computacional

O modelo conceitual nessa etapa é transformado em modelo computacional, através do uso de uma linguagem de simulação apropriada de cada *software*. Nesse projeto utilizou-se o Arena ® para obter o resultado da simulação.

O modelo necessita de algumas alterações para ser adaptado a realidade do programa, pois algumas limitações são impostas. Diante disso, o modelo foi reduzido de forma a atender essas necessidades e conseguir simular da melhor maneira possível a realidade do sistema. Nos produtos da linha automotiva o uso de um operador 1, enquanto nos produtos da linha doméstica o operador 2, como conhecido dentro do modelo.

No processo de envase foi considerado um operador 3, ou seja, cada operador foi destinado a uma atividade. O Modelo Computacional utilizado no Arena ® está disposto na Figura 21. A construção do modelo começa a partir da chegada de pedidos, ou seja, o momento

em que a fábrica de produtos de limpeza recebe a demanda de produtos requisitados pelos clientes. Com esses dados se obtêm a quantidade de pedidos que entram no sistema em relação ao tempo analisado (entre 10 e 15 de dezembro de 2018). Após entrarem em processos cada pedido tem seu tempo de processamento e por isso existe a decisão, ou seja, para obtenção da probabilidade de cada pedido corresponder a determinado produto é feita pela divisão do número de vezes que o produto chegou no sistema/processo pelo total de entidades/pedidos que a fábrica recebeu durante esse período.

O cálculo da chegada de pedidos utilizados na decisão pode ser observado no Gráfico 1. Depois de passar pela decisão, os produtos entram para os atributos, caso seja o processamento do Intercap, o atributo corresponderá ao Intercap. Passados pelos atributos, os produtos entram no módulo de processo, que corresponde ao tempo de mistura de cada produto. Esse tempo de mistura está representado pelo tempo total que o operador 1 ou 2 gasta para buscar cada insumo em seus respectivos lugares e misturá-los até finalizar o processamento do produto.

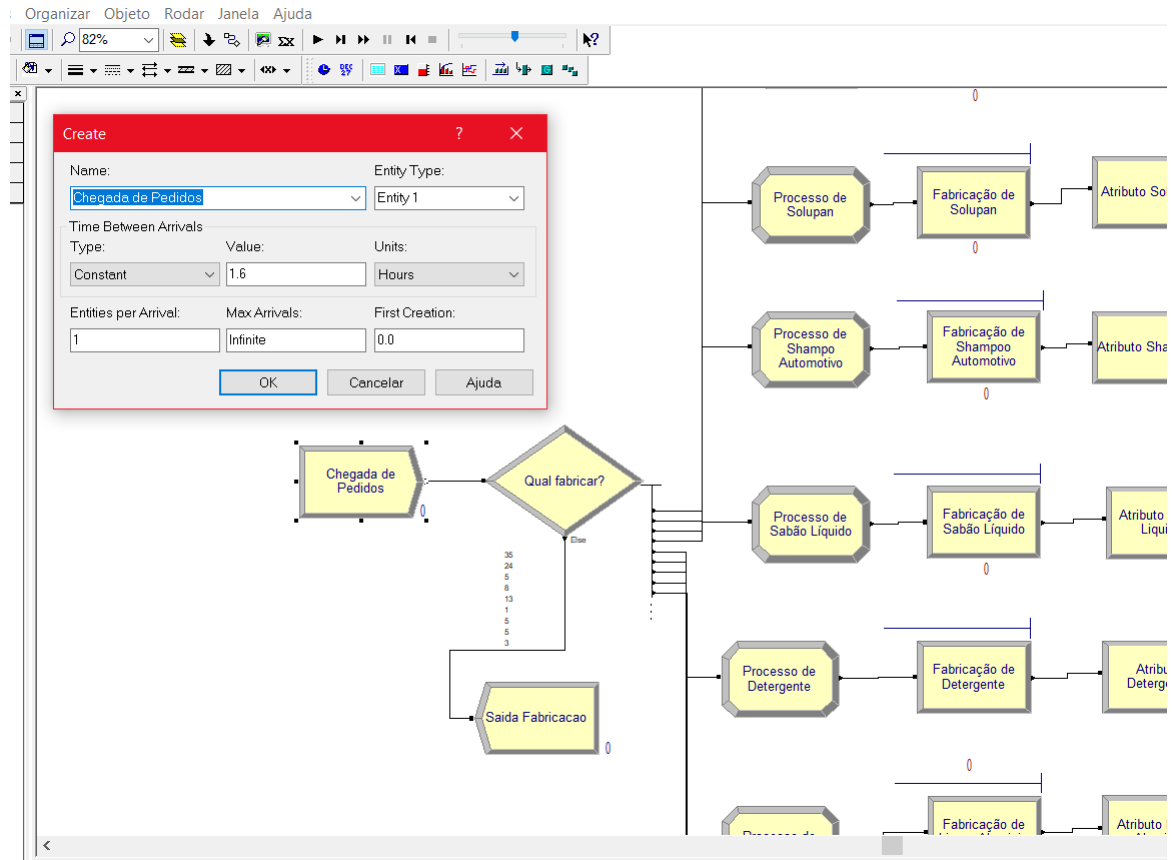
A nova decisão do modelo está relacionada a quantidade de envase e pode ser observada na Tabela 4 com o percentual de envase de cada produto, podendo ser ele de 500ml, de 5l, de 20l ou 50l. A decisão é feita para cada um dos produtos e todos adentram no próximo processo que é o de etiquetagem, como é realizado pelo operador 3, todos os produtos foram filas nessa etapa do processo.

A etapa final corresponde a rotulagem que também é executada pelo operador 3 e também possui tempo de processamento baixo. A Figura 14 demonstra o modelo computacional, a primeira parte do modelo que consiste no módulo de “*create*” onde ocorre as chegadas de pedidos de acordo com a probabilidade do sistema atual. Foram utilizadas de a chegada de 1.6 entidades por hora, sendo que o cálculo é feito com base em 5 entidades por dia no turno de 8 horas.

Depois da chegada de pedidos o próximo módulo é o “*decide*” que consiste na decisão do modelo para qual produto seguir. Ou seja, com base no total de pedidos durante a semana foi aplicado cálculo para obtenção da probabilidade de chegar cada pedidos. Ou seja, sobre o total de produtos que entraram em processo durante aquela semana, uma certa quantidade foi do intercap. O cálculo é feito pela divisão da quantidade de produtos, por exemplo, de intercap que chegaram durante aquela semana pela quantidade total de pedidos da semana. Os resultados desse cálculo dão a probabilidade dos pedidos que chegarem ser de determinado produto e foi utilizado no módulo de decisão.

O próximo módulo é de atributo que caracteriza o processo a seguir, por exemplo, ao ser destinado ao processo de Solupan, como exibido na Figura 14 o produto será caracterizado como Solupan.

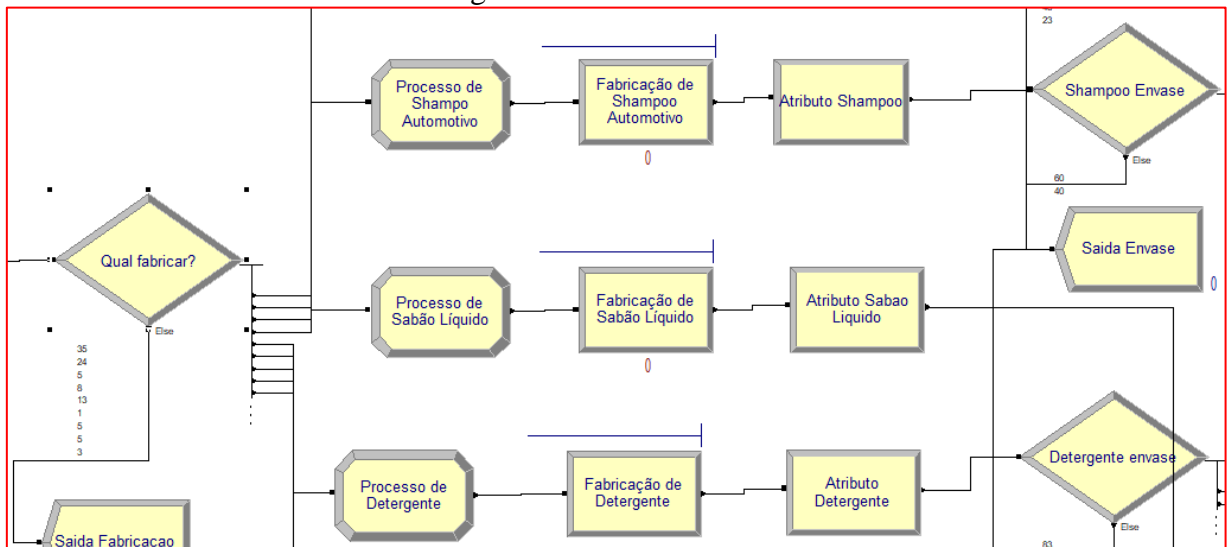
Figura 14 - Modelo Computacional



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 14 demonstra o que seria os módulos de chegada de pedidos, de decisão e atributo. Logo em seguida o próximo módulo é o de processo, e os dados utilizados são os tempos de processamento de cada produto. A distribuição aplicada ao módulo segue com as obtidas a partir do *Input Analyzer*.

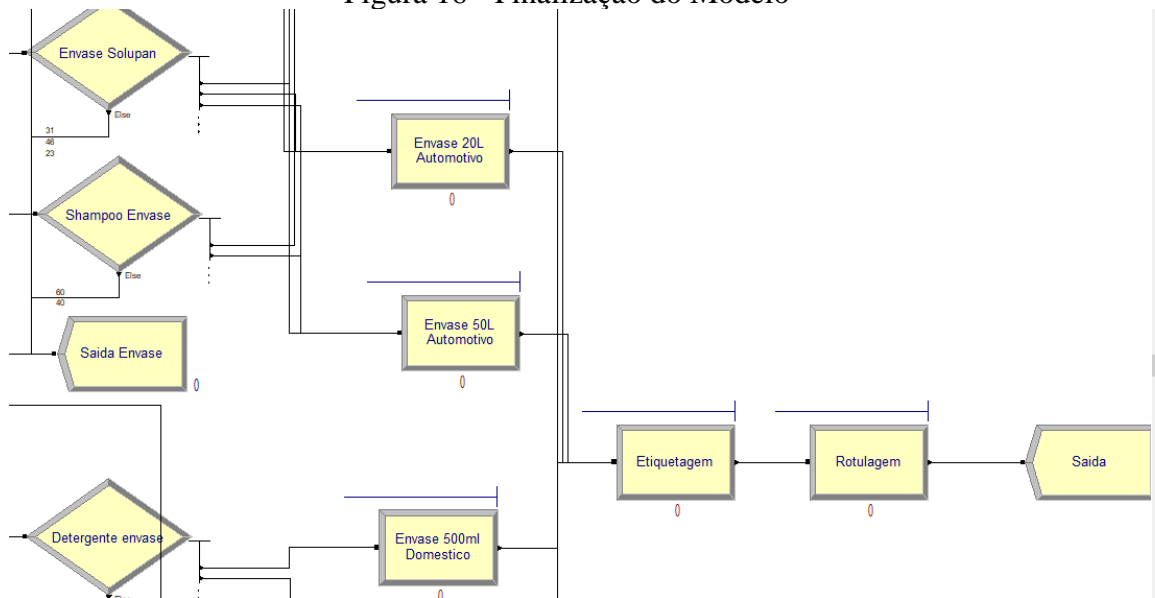
Figura 15 - Módulo de Processos



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Em seguida ao módulo de processos temos o atributo, que também caracteriza mas dessa vez em relação ao volume produzido. Cada produto tem seu lote, por exemplo, o intercap é processado no misturador 1 de capacidade mil litros. O módulo fornece a informação sobre quantos lotes passaram pelo processo de fabricação de cada produto, dando assim o volume que a empresa pode atingir após rodada a simulação.

Figura 16 - Finalização do Modelo



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Após passarem pelo processo de atributo os produtos já estão fabricados, mas precisam seguir para a etapa de envase. Os cálculos para obtenção desses resultados seguiram as mesmas lógicas da chegada de pedidos, como por exemplo, de todos produtos fabricados de intercapedão uma quantidade foi de 51 e a partir disso a divisão da quantidade envasada por 51 pelo total envasado, obtendo a probabilidade. O mesmo cálculo foi feito para todos os produtos, e o modelo pode ser visto na Figura 16 do modelo computacional. Depois de envasados os produtos seguem para o módulo de etiquetagem e posteriormente para o último processo de fabricação, o de rotulagem e finalização do processo.

A Figura 21 mostra o modelo utilizado para simulação no Arena, o número de replicação é de 40 horas considerando as 8 horas de funcionamento por dia, 5 dias por semana, definidos de acordo com os dados coletados e a empresa, pois a produção acontece de segunda a sexta-feira em turnos de 8 horas por dia.

4.3.6 Validação e Verificação do Modelo

A fase de validação do modelo é descrita por Chiwf e Medina (2015), de acordo com os autores a etapa está relacionada ao modelo conceitual, de forma a analisar se o modelo se comporta como no mundo real, sob as mesmas condições. O intuito da validação é descobrir se o modelo desenvolvido atende as reais necessidades do sistema, se está sendo desenvolvido corretamente. O sistema apresentou na etapa de verificação com a simulação de 40h semelhança com o número de entidades que entram e saem do processo, o que atesta veracidade com o modelo real. O número médio de entidades que saem do processo atual é de 25 entidades por semana e no total de 5 semanas de aproximadamente 25 entidades, pois as 5 semanas foram utilizadas para que todos os produtos pudessem sair do processo. No modelo de simulação que entram no processo é de 123 entidades e a saída de 122, dando em média 24,4 entidades por semana assim como a realidade da empresa, validando o modelo.

4.3.6.1. Análise do Atual Cenário

Na primeira rodada para a verificação do modelo se considerou replicações de 200 horas, ou seja, representando cinco semanas da empresa. Se utilizou de cinco semanas ao invés de uma pelo fato de que alguns produtos têm pouca fabricação se comparado a outros, e com isso haveria maior chance desses recursos entrarem em processo. Considerando uma simulação de apenas 40h, o amaciante é o exemplo de recurso que pode entrar em processo, mas devido

ao descanso pode acontecer de o produto ficar em processo e não ter saídas. O caso do Limpa Alumínio com a probabilidade de 1% faz com que se considere maior tempo de simulação. A aplicação de 200h de simulação é para que todos os recursos possam ser produzidos, sendo a representação de 5 semanas da empresa.

O número entidades que entraram no sistema foi de 123 e saíram 122, indicando que somente 1 entidade ficou em processo. Na Tabela 13 é possível analisar a quantidade de lotes que entraram em processo de cada produto, tendo dois lotes de amaciante ficado em processo.

Tabela 13 - Saída de entidades (lotes) do sistema.

Processo	Entrada	Saída	Q (L)
Água Sanitária	7	7	1400
Alvejante	8	8	1600
Amaciante	3	2	1200
Detergente	20	20	4000
Intercap	41	41	41000
Limpa Alumínio	1	1	200
Sabão Líquido	10	10	2000
Shampoo Automotivo	5	5	3000
Solupan	28	28	28000

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Com base nas informações de entrada no sistema, atualmente, com as probabilidades de chegada de cada produto a empresa consegue atingir um total de 82.400 litros em cinco semanas. Ou seja, a média semanal de 16.480 litros de produto de limpeza. Um total bem maior do que a demanda coletada de 7.500 litros, de acordo com a Tabela 01 de percentual de entrada dos produtos no período de uma semana. Os valores de processo da empresa ainda são afetados por variáveis como movimentação excessiva, transporte, *layout*, e demais desperdícios que dificultam que a empresa atinja melhores resultados.

O valor em litros na empresa também não corresponde ao simulado, pois embora se consuma o recurso para produção, a quantidade de litros pode ser diferente. Por exemplo, a produção de detergente no misturador de 200l, pode não ser de 200l em alguns casos quando a empresa resolve fazer somente a demanda, o que faz com que a empresa processe mais lotes em quantidades menores de litros para atender ao mercado naquele momento.

A Tabela 14 demonstra os valores em porcentagem de utilização dos equipamentos de acordo com as demandas recebidas, ou seja, os valores de entrada das entidades no sistema. Os recursos ainda podem ser mais utilizados, pois alguns são pouco usados. Isso acontece decorrente a menor procura por esses produtos, ocasionando um percentual de utilização

expressivamente inferior se comparado com os principais produtos da empresa que, atualmente, são os da linha automotiva.

Tabela 14 - Utilização dos recursos de fabricação

Recurso	Produto	Utilização
Misturador 1, 1000L	Intercap	6,15%
Misturador 2, 1000L	Solupan	7,93%
Misturador 1, 600L	Shampoo Automotivo	1,13%
Misturador 2, 600L	Amaciante	10,80%
Misturador 1, 200L	Detergente	5,16%
Misturador 2, 200L	Limpa Alumínio	0,15%
Misturador 3, 200L	Água Sanitária	0,88%
Misturador 4, 200L	Alvejante	1,27%
Misturador 5, 200L	Sabão Líquido	2,25%

Fonte: Próprio Autor, 2019.

O Amaciante embora tenha poucas saídas o valor de utilização é maior do que Solupan e Intercap, sendo o Solupan o segundo maior produto de saída de vendas e o Intercap o primeiro. Como observado na Tabela 13, decorrente ao tempo que o amaciante leva de fabricação, pois ele ocupa o recurso nos processos de fabricação e ainda exige um descanso, o que afeta na utilização, diferente dos demais que o processo acontece e o produto já é envasado.

A utilização dos operadores está exibida na Tabela 15, onde os operadores estão separados por área.

Tabela 15 - Porcentagem de utilização dos recursos humanos.

Recurso	Processo	Utilização
Operador 1	Linha Automotiva	24,93%
Operador 2	Linha Doméstica	17,86%
Operador 3	Rotulagem/Etiquetagem	1,62%

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Através da Tabela 15 a porcentagem dos recursos humanos pode ser observada e analisada. O operador 1 destinado as atividades da linha automotiva tem uma porcentagem de utilização maior do que a dos demais, embora seja responsável por uma quantidade menor de produtos ele é responsável pelos itens de maior demanda comercial, o Intercap e Solupan. O operador 3 apresenta grande ociosidade, embora seja responsável pelo processo de etiquetagem e rotulagem de todos os produtos, o tempo demandando para o procedimento é pequeno. Se

comparado ao operador 1, o operador 3 está quase 15,41 vezes mais ocioso, podendo ser direcionado a outras atividades.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. CENÁRIOS SIMULADOS

- **Cenário A** – No primeiro cenário de simulação ocorreu a destinação das atividades de envase das duas linhas de produtos, automotivas e doméstica, ao operador 3, além de permanecer com as tarefas de etiquetagem e rotulagem. As atribuições foram encaminhadas a ele por apresentar maior ociosidade entre os três.
- **Cenário B** - No segundo cenário o operador 3 não foi considerado, ou seja, suas atividades deste operador foram destinadas ao operador 2, sendo as atividades de rotulagem, etiquetagem e envase de todos os produtos. Isso busca a melhor utilização dos recursos humanos de forma que a produção não seja afetada, e os recursos sejam alocados de maneira mais eficiente, sem apresentar grande ociosidade ao processo.
- **Cenário C** – No terceiro cenário as atividades de produção foram divididas novamente de forma que os recursos humanos fossem utilizados de maneira equilibrada e semelhante, desconsiderando o operador 3. A divisão das tarefas consistiu em atribuir ao operador 1 as tarefas de fabricação do Intercap, *Shampoo* Automotivo, Limpa Alumínios, Água Sanitária e Amaciante, enquanto ao operador 2 as demais foram atribuídas, sendo elas, o Solupan, Sabão Líquido, Detergente e Alvejante. Nesse cenário cada operador será responsável por envasar, etiquetar e rotular os produtos que processa.

5.2. ANÁLISE DOS CENÁRIOS

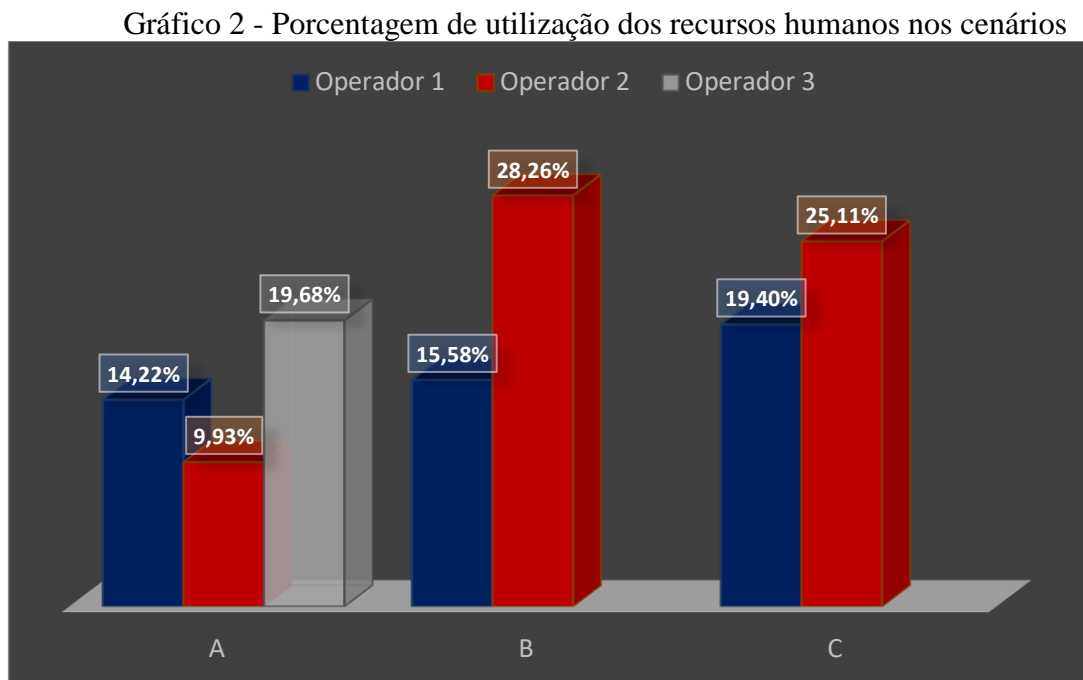
Na simulação estudou-se a melhor forma de aplicar os recursos humanos dentro do processo e reduzir a ociosidade dos funcionários e número de pessoas, de modo que a empresa ainda consiga atender a sua demanda. A partir do cenário atual outros três cenários foram utilizados para redução da mão de obra no processo.

Na atual empresa encontra-se a dificuldade em mudança do arranjo físico, por ser um local alugado e ajustado de acordo com as necessidades do processo. O excesso de movimentação, espera, e demais desperdícios são decorrentes de um espaço maior do que a necessidade e a precisão de adaptação para funcionamento.

A ideia da análise dos cenários é de demonstrar a atual capacidade da empresa, ajustando o *layout* e conhecendo melhor a sua capacidade, sem que seja necessária a admissão de funcionários por atrasos que são decorrentes da falta de planejamento. Os três cenários

propostos buscam a utilização dos recursos humanos de forma eficiente, de modo que eles se aloquem de maneira que o processo tenha maior produtividade.

A utilização dos misturadores apresenta resultados iguais ou próximos, pois não foi considerada nenhuma mudança de demanda nos três cenários, somente considerado e trabalho a melhor alocação dos recursos humanos da empresa, de modo a reduzir a ociosidade, equilibrar os recursos e aumentar a produtividade. No Gráfico 2 a utilização dos recursos humanos demonstra o percentual de ocupação dos operários.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Na análise dos três cenários é possível observar que o cenário C apresentou melhores resultados e conquistou maior equilíbrio de utilização dos recursos humanos. O cenário A se mostra insatisfatório devido ao desequilíbrio dos recursos humanos, ou seja, a partir desse cenário fica evidente que um recurso estará sempre ocioso dentro do processo. Dos resultados desse cenário que se obteve a decisão de retirar o operador 3 do processo e dar ao operador 2 suas atribuições, pois o operador 1 já era responsável por itens de maior demanda. Diante disso, a utilização do operador 2 saltou para 1,81 maior do que o operador 1, o que acarretou a procura por outro cenário que equilibrasse os recursos humanos para que um eventual aumento de demanda não sobrecarregasse somente um dos funcionários.

O Cenário C se mostra satisfatório quanto ao equilíbrio dos recursos e a redistribuição das atividades. Os processos foram redistribuídos de maneira que tanto o operador 1 como o 2

produzisse um dos dois itens de maior demanda, e que todos fossem responsáveis pelas atividades de envase, etiquetagem e rotulagem. Isso contribuiu para a rotatividade do trabalho, sendo que eles podem alternar de atividade no decorrer do dia.

A partir do Cenário C um novo cenário pode ser simulado com intuito de aumentar e de demonstrar a capacidade da empresa. Os resultados de simulação obtidos através do Cenário C podem ser observados e analisados através da Tabela 16.

Tabela 16 - Capacidade da Fábrica a partir do Cenário C

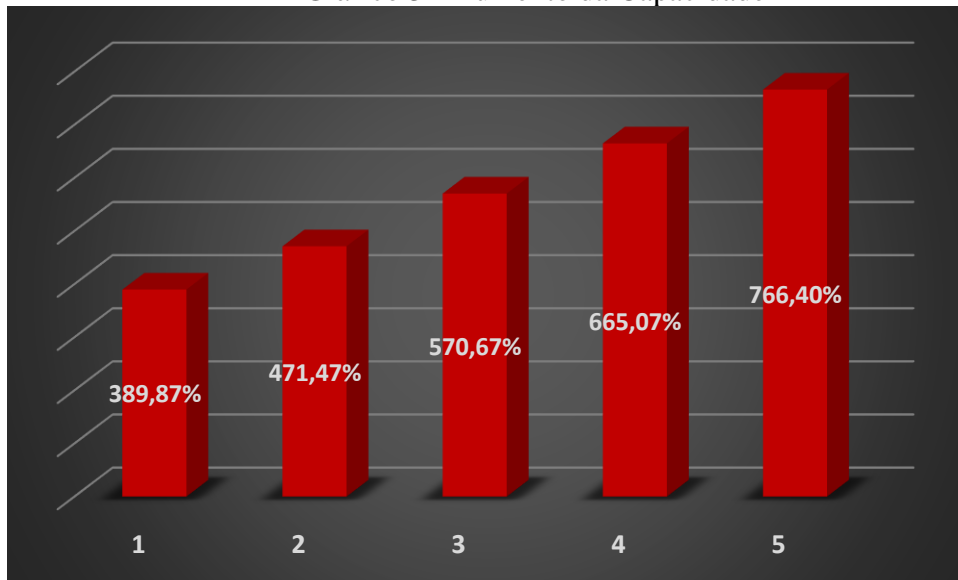
Entidades por dia	Entradas	Saídas	Operador 1	Operador 2	Produção Média	Produção Média Semanal	Taxa de Aumento
8	201	198	37,92%	30,28%	146200	29240	389,87%
10	250	250	47,19%	42,17%	176800	35360	471,47%
12	300	298	56,39%	50,50%	214000	42800	570,67%
14	351	348	59,82%	62,13%	249400	49880	665,07%
16	401	400	67,82%	78,40%	287400	57480	766,40%

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Da simulação feita a partir do cenário proposto se consegue observar a quantidade que o sistema pode atender como base nos recursos já existentes. O número de entidades por hora na empresa, atualmente, é inferior a uma entidade por hora, sendo de 0,625. Na simulação da capacidade observou-se com os valores que pode ser observado na Tabela 17, com os resultados obtidos e dispostos para análise. Com 16 entidades por hora o sistema consegue ter aumento de 766,40% com relação a sua demanda, e a utilização dos operadores segue num valor bom, considerando que os recursos humanos podem ser afetados e a utilização abaixo dos 80% está satisfatória.

A taxa de aumento obtida com a simulação de 16 entidades por hora mostra que a empresa possui recursos suficientes para aumentar sua demanda e atender ao mercado, sem que seja necessário o aumento do número de misturadores ou recursos, exibindo a capacidade atual da empresa com base na sua estrutura existente. O processo considera dois funcionários, pois pode ser arriscado manter somente um, por fatores como problemas de saúde, demissão ou até mesmo sobrecarga devido ao número de entidades em possíveis picos de demanda. Os resultados atingidos ainda podem ser mais satisfatórios em caso de implantação de um novo arranjo físico e o planejamento. O gráfico 03 demonstra a taxa de aumento obtida através da simulação da capacidade.

Gráfico 3 - Aumento da Capacidade







Fonte: Próprio Autor, 2019.

O aumento proporcionado e a capacidade simulada da empresa podem chegar até 766,40% do resultado atingido hoje pela empresa, dando maior seguridade em relação aos seus processos e até mesmo em utilização dos seus recursos.

A respeito no novo arranjo físico, a Figura 17 mostra a respeito da legenda utilizada na Figura 18, que mostra o novo fluxo de movimentação proposto dentro na nova planta.

Figura 17 - Legenda dos fluxos da planta proposta.

LEGENDA	
	Estoque de reposição de embalagens
	Expedição de produtos acabados
	Chegada de matéria prima
	Processo

Fonte: Próprio Autor, 2019.

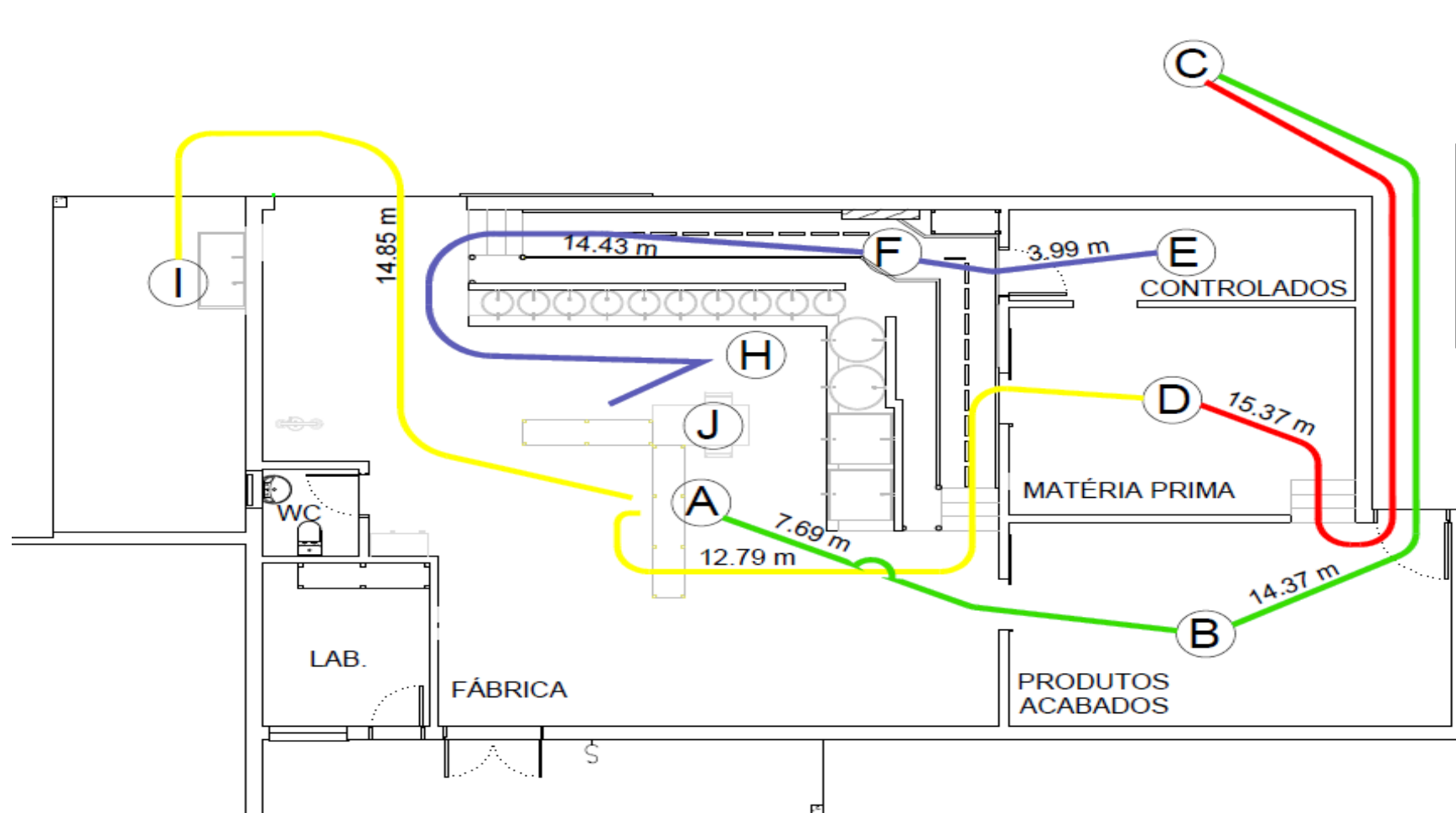
O novo arranjo físico e a movimentação estão disposta na Figura 18, com intuito de reduzir a movimentação.

O azul representa a movimentação feita nos misturadores manuais demonstrando o acesso do estoque de matérias-primas e a quarentena, onde alguns ácidos são guardados até o

processo. Sendo que no novo arranjo físico há a proposição de prateleiras de fácil acesso. O processo já é realizado na parte superior, tendo dois acessos de escada entre os misturadores manuais e outra nos automáticos, tendo duas saídas para facilitar o acesso.

O verde representa a saídas dos produtos, sendo que os operadores o colocam no estoque de reposição logo após o processo e outro profissional que não está envolvido nas atividades de reposição (A), o mesmo responsável por lavar as embalagens pega esses produtos acabados e os transfere para o estoque de produtos acabados (B), desse estoque os produtos podem ser despachados até a expedição (C), onde os produtos saem para comercialização. A linha vermelha mostra o caminho percorrida na chegada das matérias-primas que saem do (C) até o (D) centro de armazenagem das matérias-primas. A linha amarela mostra o caminho percorrido pelo funcionário que lava as embalagens e repõe elas no estoque de reposição (A). O mesmo realiza o processo no ponto (I) e logo após encaminha as atividades para o estoque de reposição (A), no entanto caso não seja as embalagens recicláveis ele pode vir de (D) para o (A), repondo assim o estoque utilizados pelos operadores.

Figura 18 - Mapa de Fluxo do Layout Proposto

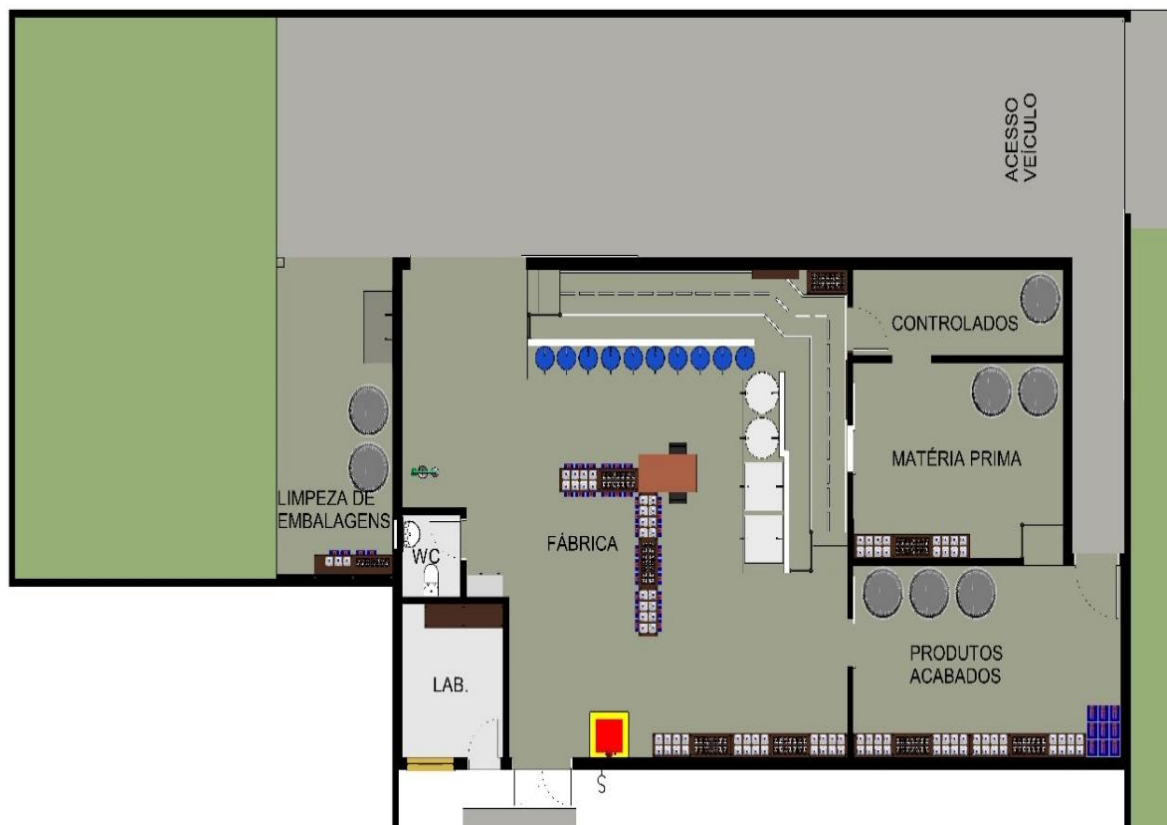


Fonte: Próprio Autor, 2019.

No mapa de fluxo do *layout* proposto, o local ilustrado pela letra B representa o estoque de produtos acabados, o A o estoque de reposição, dividido entre os galões de produtos acabados e os ainda vazios. O local F compreende a região onde ocorre o processo, que está a uma altura maior do que o chão de fábrica, por questões de saúde e segurança do trabalho, além de questões ergonômicas, pois os misturadores ficam numa altura mais acessível e de fácil manuseio além de carregar os insumos numa menor distância. O local D representa o estoque de matérias-primas e o E os estoques de produtos controlados, como os ácidos. O processo de mistura é feito nos misturadores dispostos pela letra G, enquanto o envase, H, é feito na parte da mais baixa por aproveitar a gravidade para o envase dos produtos além de facilitar o acesso aos galões, onde o operador responsável pelo processo pode facilmente colocá-los no estoque de reposição. O J representa a mesa onde é feita a etiquetagem para finalização do processo. O operador responsável por lavar as embalagens no local I, ao finalizar suas atividades pode repor o estoque de reposição com galões e encaminhar os produtos já envasados para o estoque final.

A Figura 19 mostra planta baixa da fábrica com a identificação de todas as partes de forma a demonstrar a realidade proposta nesse projeto.

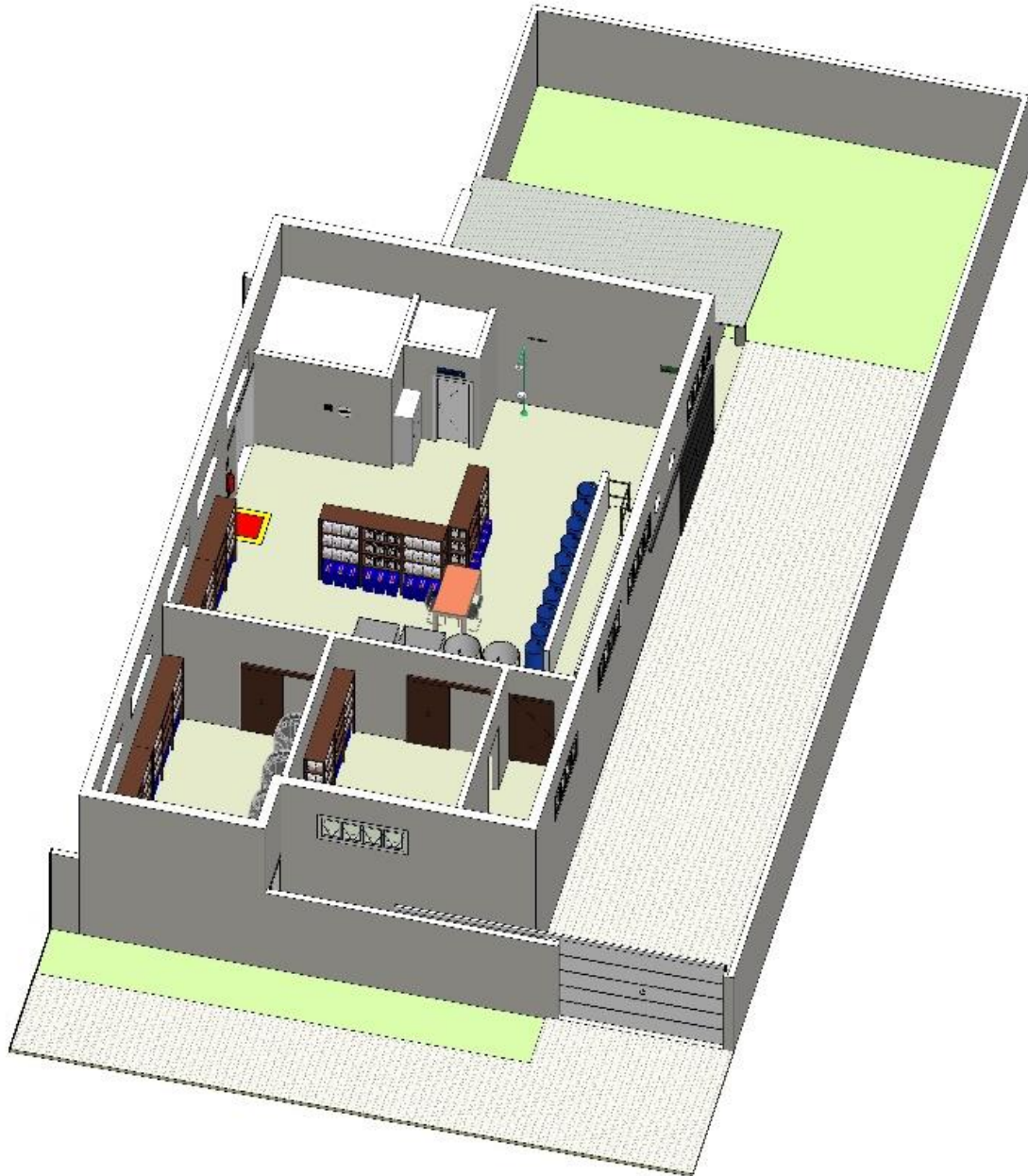
Figura 19 - Planta Baixa da Fábrica Proposta.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Como observado a Figura 19 propõe o novo arranjo físico de forma a diminuir os tempos de processamentos e adequar a maior aproveitamento da capacidade de modo a tornar a empresa mais competitiva. Já a Figura 20 mostra a perspectiva de vista superior do 3D da Fábrica.

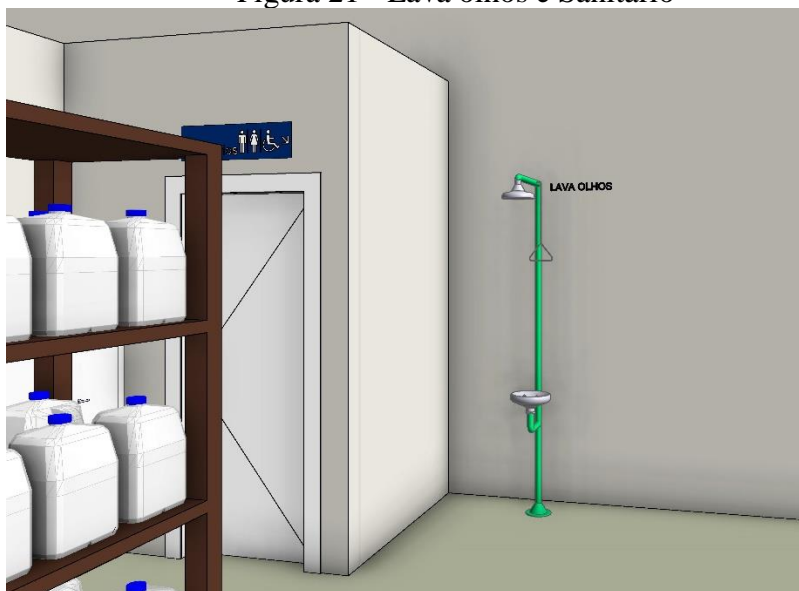
Figura 20 - Vista 3D da Fábrica.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 20 mostra a vista superior do 3D da fábrica, com objetivo de ilustrar com maior precisão os detalhes e proposições que se pretende alcançar na aplicação desse projeto.

Figura 21 - Lava olhos e Sanitário



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 21 mostra a acessibilidade e adequação do sanitário da fábrica, além do lava-olhos em caso de acontecer algum acidente em chão de fábrica decorrente aos produtos químicos, assim como a acessibilidade aos funcionários.

Figura 22 - Estoque de reposição



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Na Figura 22 é possível observar o estoque de reposição, com fácil acesso além de servir como estoque de segurança aos produtos acabados antes de ser encaminhados ao estoque final.

Além de demonstrar questões de segurança do trabalho, como extintor, porta de saída de emergência e um armário, onde pode-se armazenar itens como rótulos.

Figura 23 - Estoque de Reposição e Acesso ao Processo



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 23 mostra a acessibilidade ao local de produção, a escada onde o operador entra para a realização do processo, com intuito de deixá-lo com maior acesso aos misturadores em precisar subir ou se apoiar em nada, além de acessar aos insumos com menos dificuldade e carregá-los por uma distância menor. Durante a realização do processo o operador não precisa descer as escadas, somente para envasar e etiquetar.

Figura 24 - Vista dos Estoques de Reposição



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 24 demonstra a vista de alguns misturadores e os estoques de reposição.

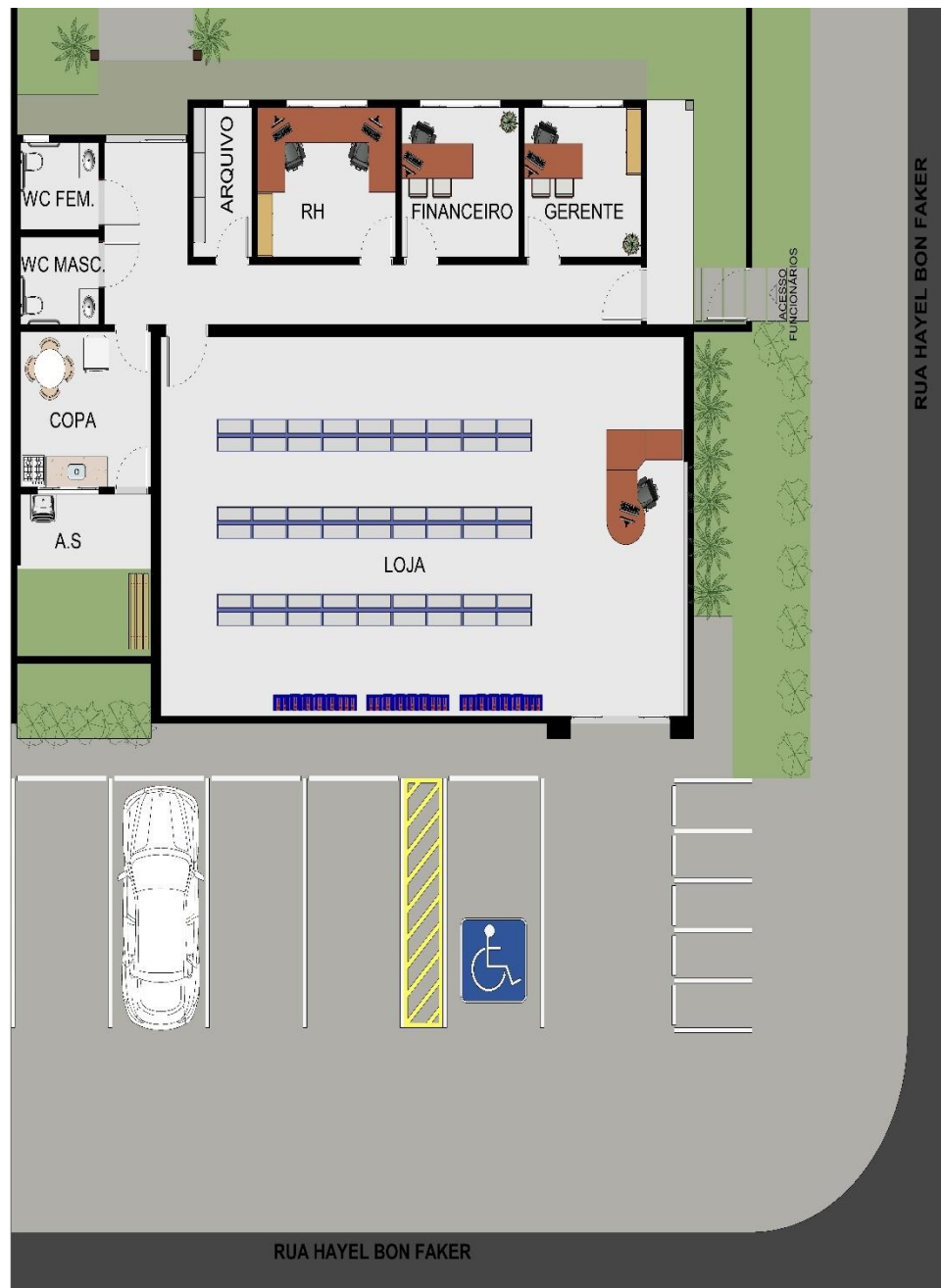
Figura 25 - Vista dos Exaustores e Mesa de Etiquetagem



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Na Figura 25 é possível observar os exaustores e a mesa de etiquetagem, com fácil acesso ao estoque de reposição.

Figura 26 - Planta Baixa da Empresa.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A empresa também apresenta problemas com relação ao comércio, por ter produtos focados somente em sua linha e não oferecer outros produtos do varejo, como vassouras, rodos e demais itens de produto de limpeza tanto para linha doméstica como automotiva. Grande parte da população moradora na região da empresa se dirige a empresas para aquisição de produtos de limpeza, e ao chegar no atual comércio da empresa se deparam com a ausência de alguns outros itens de limpeza, como vassouras, rodos e demais acessório. Além disso a empresa conta com dois comércios que são divididos pelos escritórios da fábrica fazendo com que tenha a

necessidade de dois funcionários e isso se torna oneroso, pois se paga dois funcionários, mas não existem demanda necessária e em grande parte do dia esses operadores de caixa ficam parado.

Figura 27 - Fachada Frontal da Empresa Proposta



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 31 apresenta a fachada do comércio da empresa.

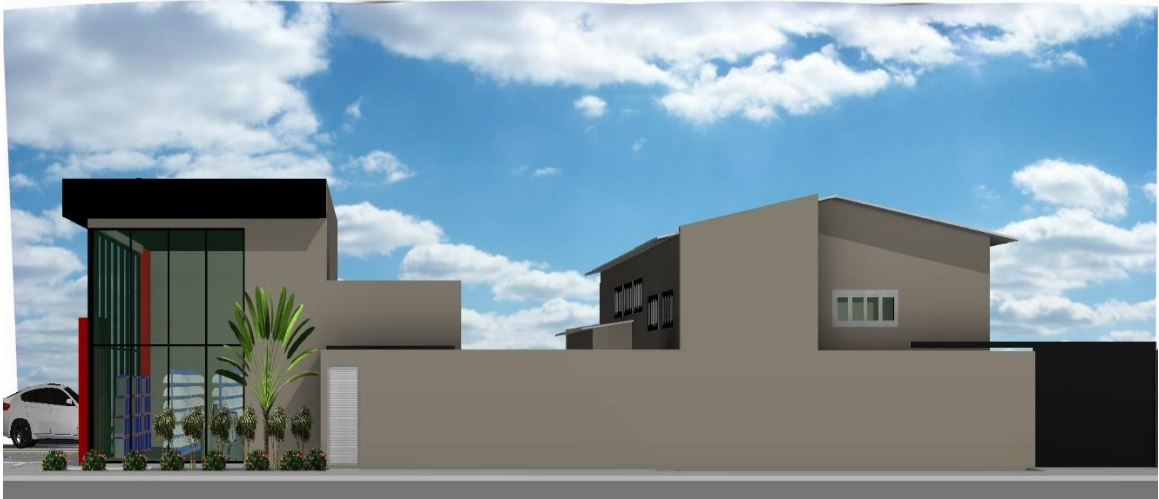
Figura 28 - Fachada da Empresa Proposta com Fábrica



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 31 mostra a fachada e a partir dela é possível visualizar a fábrica no fundo da empresa. Atualmente a fábrica também se encontra atrás do comércio, no entanto não possui separação nenhuma. No novo *layout* as duas são separadas, mas se encontram próximas.

Figura 29 - Vista Lateral da Empresa e Fábrica



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A partir de todos os problemas identificados, além da capacidade que a fábrica pode atingir, as melhorias têm como objetivo fazer com que se consiga atingir essas metas. O Quadro 06 demonstra algumas melhorias apontadas que se pode atingir ou se atingirá com a mudança do *layout*.

Quadro 4 - Principais melhorias apontadas.

Melhorias	Descrição
Redução de desperdícios	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentação - Com o novo arranjo físico é possível atingir reduzir movimentação no processo de produção e o redesenho do caminho percorrido nas atividades de processamento, além da divisão de atividades. A redução dos movimentos pode diminuir significativamente o tempo de produção. • Estoque – redução do estoque de produtos acabados e de matérias-primas através do controle de demanda; • Processo desnecessário – reduzir as atividades como buscar galões ou realizar atividades desnecessárias que geram movimentação, além de evitar o processamento de produtos em lotes menores que serão processados diariamente; • Superprodução – controle de demanda e produção somente dos produtos necessários; • Defeitos – melhor aproveitamento dos recursos de matéria-prima através de micro pesagem para evitar que elementos sejam colocados em quantidades maiores ou menores, prejudicando a qualidade e aumentando o consumo de matérias-primas; • Espera – diminuir a espera dos clientes pelo operador estar preparando um lote menor que já podia estar em estoque devido ao controle de previsão de demanda e gestão de estoques;

Continua

Continuação...

Aplicação dos 5s	Aplicação dos 5 sentidos, sendo eles o de utilização, de padronização, limpeza, autodisciplina e ordenação para que isso possa fazer parte da cultura da empresa, por exemplo, a padronização e limpeza pois os produtos químicos casos mal manuseados podem causar acidentes de trabalho.
Planejamento e Controle da Produção	Implantação de um sistema de planilhas que possa gerar uma base de dados histórica para acompanhar a demanda da fábrica e o processo de produção ter um estoque de segurança. O objetivo é ter um estoque que atenda ao mercado e que se crie lotes bem definidos para que não se perca mais tempo produzindo 20 litros de determinado produto por dia sendo que sua demanda é de 400 litros por semana. A ideia de reduzir a quantidade de vezes que o produto é fabricado gerando um estoque mínimo para atender a o mercado.
Micropesagem	Grande parte dos produtos químicos que são misturados nos processos de produção quando colocados em lotes são de mesma quantidade, ou seja, por serem em quantidade de gramas no caso dos produtos químicos secos, como corantes por exemplo, pode ser preparado a quantidade exata e guardadas em embalagens na prateleira de fácil acesso ao processo, sendo assim durante a realização do processo o operador pode acessa-la e despejar sem ter que ser despejado uma quantidade “a olho”, como é feito hoje. Evitando não somente o desperdício de matéria-prima como também problemas referentes a qualidade dos produtos.
Gestão de estoques	Ter maior controle sobre os itens em estoque, a partir do controle de demanda os dados oferecidos para formação da previsão podem conceder informações como ponto de pedidos de insumos, momento de reposição, dentre outras informações. Além disso para se conhecer melhor os armazéns, pode-se construir mapas de estoques para facilitar o acesso e evitar que o funcionário procure por produtos acabados ou insumos.
Guilhotina	As atividades de cortar os rótulos hoje demanda muito tempo pois é realizada com uma tesoura, por já virem impressas do escritório o auxílio de uma guilhotina diminuiria expressivamente o tempo de cortar esses rótulos.
Empilhadeira Manual	Para carregar os galões de produtos químicos mais pesados para o processo pode-se ter uma pequena empilhadeira manual, como se fosse um carrinho para ajudar carregar esses produtos pelo processo e dentro dos estoques.
Ordens de Produção	Como não existem lotes definidos não existe uma ordem de produção formal que os operadores conhecem a quantidade exata de cada produtos, sendo o conhecimento adquirido no dia a dia e as anotações de um caderno que demonstra as fórmulas. Diante disso os operadores poderiam receber uma OP com informações sobre o lote de produção e a quantidade de cada insumo.

Contínua

Continuação...

Loja

Hoje a empresa conta com duas lojas, as duas são juntas na frente da fábrica e tem como forte a comercialização somente dos produtos de limpeza da marca, no entanto, na proposição a empresa contaria somente com loja, diminuindo uma mão de obra ociosa. Além disso a loja pode comercializar outros itens de limpeza, como rodos, vassouras e demais itens do setor.

Fonte: Próprio Autor, 2019.

6 CONCLUSÃO

As pequenas fábricas, em muitos casos, possuem capacidade suficiente para aumentar sua competição, no entanto, grande parte dessa capacidade não é identificada por parte dos gestores e passa a ser desconhecida, tornando a pequena empresa menos competitiva e com maior dificuldade de atingir maior mercado, e assim inibe o crescimento. Grande parte dessas empresas possuem processos simples, que podem facilmente ser melhorados ou simulados.

A proposta de trazer uma pequena fábrica para o modelo de simulação, mostra a necessidade que essas empresas têm de conhecer melhor seus processos e a sua capacidade. Grande parte delas possuem desperdícios aparentes de estrutura que podem ser apontados e melhorados através de um modelo de simulação, além disso, a simulação dispõe resultados antes mesmo de mudanças no ambiente físico, o que evita desperdício e enormes custos com riscos. Após os resultados de simulação, além de conhecer a capacidade que se pode atingir, a empresa pode estabelecer mudanças e metas para atingir, ou seja, o gestor pode escolher o quanto investir e quais resultados irá obter.

A simulação surge como maneira de redesenhar os processos dessas empresas e torná-las mais competitivas dentro do setor que atua, além de poder construir um nova realidade com base nos dados atuais, como por exemplo, em empresas que não conseguem atender suas demandas e que não conseguem identificar o gargalo, tendo a simulação papel importante de identificar e demonstrar onde essas empresas devem investir seus recursos.

Nesse trabalho a simulação teve como objetivo a melhoria dos recursos humanos aplicados numa pequena fábrica de produtos de limpeza da região, com objetivo de redesenhar seus processos e apontar a capacidade da empresa, além de exibir um novo modelo que pode apresentar resultado ainda mais satisfatórios e tornar a empresa ainda mais competitiva.

O trabalho sugere questões que podem assegurar melhores questões ergonômicas e de saúde e segurança do trabalho, maior controle de demandas e melhor planejamento e controle da produção, gestão dos estoques, reduções de desperdícios e custos referentes as atividades cotidianas da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, Junico. **Sistemas de Produção** – Conceitos e práticas para projeto de gestão da produção enxuta. Bookman. Porto Alegre: 2008.

ARAGÃO, André Péres. **Modelagem E Simulação Computacional De Processos Produtivos: O Caso Da Cerâmica Vermelha De Campos Dos Goytacazes, Rj.** 2011. 143 f.: il. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção - Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos Dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2011.

ARRUDA, José Jobson. **A Revolução Industrial.** 3. Ed. São Paulo: Ática, 1994.

BANKS, Jerry. **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice.** Wiley-IEEE, 1998.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 288p.

BRAVERMAN, H. **Trabalho e Capital Monopolista: a degradação do trabalho no século XX.** Rio, Guanabara, 1987.

BORDA, M. **Layout.** Florianópolis. 2009.

Bottino, Arturo. **Estudo de alternativas para aumento da produtividade em uma fábrica de carvão vegetal através da modelagem e simulação discreta.** 2016. 55 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense. Campus de Rio das Ostras, Departamento de Engenharia de Produção. Rio das Ostras, 2016.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração.** 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

CHIAVENATO, I. **Administração de materiais: uma abordagem introdutória.** São Paulo: Campus, 2005.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações.** 4. Ed. Editora Campus-Elsevier. São Paulo. 2015

COUTO, Elva Oliveira. **A utilização da simulação computacional nas empresas do Brasil.** Monografia (graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

CORREA, H. L. & CORREA. C. A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 2^a. ed.- São Paulo : Atlas, 2008

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações.** Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 446 p.

CURY, Antônio. **Organização e métodos uma visão holística, perspectiva comportamental e abordagem contingencial**, São Paulo, SP, 2007.

Cury Netto, Wady Abrahão. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias**. 2008. 53 f. : il. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

FERNANDES, Giovani; STRAPAZZON, Rafael; CARVALHO, Andriele De Pra. **Layout De Empresas E Seus Benefícios**. In. A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos. XXIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. 2013. Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro.

FIGUEIREDO, Luís Henrique Wanderley de. **Aplicação dos tipos de layout: uma análise da produção científica**. 2016. 57 pág. Universidade de Brasília (UnB). Faculdade De Tecnologia Departamento De Engenharia De Produção. Brasília, 28 de junho de 2016.

FREDRICKSON, J. W.; MITCHELL, R. T., 1984. Strategic decision processes: comprehensiveness and performance in an industry with and unstable environment. *Academic Management Journal*, 27: 132 – 8.

FREITAS, P.J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**. Florianópolis: Visual Books, 2001.

FREITAS FILHO, PAULO J. **Introdução a modelagem e simulação de Sistemas com Aplicação em Arena**. 2ed. Visual Books, 2008.

GAITHER, N; FRAZIER,G. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2001.

GERLACH, Gustavo; Silva, VILMAR B.; SANTOS, Lucas A.; ADAMY, Ana Paula; GARLET, Eliane. **Proposta De Melhoria De Layout Como Fator Para A Otimização Do Processo Produtivo Organizacional**. *Rev. Adm. UFSM, Santa Maria*, v. 10, Edição Especial, p. 41-55, AGO. 2017.

GHINATO, P. **Elementos Para a Compreensão de Princípios Fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Automação e Zero Defeitos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia. UFRGS. Porto Alegre, 1994.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção - Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

HARREL, C.R.; MOTT, J.R.A.; BATEMAN, R.E.; BOWDEN, R.G.; GOGG, T.J. Simulação. Otimizando os sistemas. São Paulo :IMAN. 2002.

HEAVEY, C. & RYAN, J. Process Modelling Support for the conceptual Modelling phase of a Simulation Project, Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, p. 801-808, 2006.

HOLLENBECK, J. R.; ELLIS, A. P. J.; HUMPHREY, S. E.; GARZA, A. S.;ILGEN, D. R.; 2011. Asymmetry in structural adaptation: The differential impact of centralizing versus decentralizing team decision-making structures. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 114: 64–74.

IVANQUI, I. L., **Um modelo para a solução do problema de arranjo físico de instalações interligadas por corredores**. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

JUNIOR, A. T., SANTOS, K. A., VENDRAME, F. C., SARRACENI, J. M., & VENDRAME,M. C. (2009). **LAYOUT: a importância de escolher o Layout ideal devido à exigência no mercado competitivo** . São Paulo: Lins

JÚNIOR, José Almir de Souza; ANDRADE, Mayara Helen Soares de; CARMO, Breno Barros Telles do; SANTIAGO, Kamilla Jiló; ALBERTIN, Marcos Ronaldo. Identificação Do Layout Adequado Em Uma Empresa De Tecnologia Eletrônica. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão* vol.7 (2012), pp 1-22.

LAW, A.M.How to build valid and credible simulation models.In: WINTER SIMULATION CONFERENCE,38., 2006, Monterey. Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference. Monterey: WSC, 2006.

LAW, A.M.; KELTON, W.D. 1991. *Simulation Modeling and Analysis*, second ed. McGraw-Hill, New York.

LEAL, F. Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: o IDEF-SIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. Anais. Salvador:[s.n.], 2009.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Glossário ilustrado para praticantes do pensamentos lean**. 4 ed. São Paulo: Lean Enterprise Institute, 2011, 130p.

LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota-14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Bookman. Porto Alegre: 2005

LODI, J B. **História da administração**. São Paulo: Biblioteca Pioneira de Administração e Negócios, 1971.

MARIA, A. Introduction to modeling and simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 29.,1997. Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference. Atlanta: WSC, 1997.

MAURICI, Elisa. **Trabalho: uma atividade em constante transformação.** 2007. 59 f.: il. Monografia em Ciências Econômicas - Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, julho de 2007.

MELLOR, S.J.; SCOTT, K.; UHL, A. & WEISE, D. (2005) MDA Destilada: Princípios de Arquitetura Orientada por Modelos. Ed. Ciência Moderna. Rio de Janeiro.

MENEGON, David; Nazareno, RICARDO Renovato; RENTES, Antonio Freitas. **Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

MINAYO, M. C. S. (Org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2001

MORABITO, R. N.; PUREZA, V. 2011. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.) Metodologia da Pesquisa Científica em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier (ABEPRO). cap. 5..

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 5. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

MOURA, Reinaldo A.; BANZATO, Eduardo. Redução do Tempo de Setup: Troca Rápida de Ferramentas e Ajustes de Máquinas. São Paulo: IMAM, 1996. 110p.

MOTTA, P. C. D. **Ambigüidades Metodológicas do Just-in-time.** In: Encontro Anual da ANPAP, 17. Anais. Salvador, 1993.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção** – Além da Produção em Larga Escala, Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção:** Além da Produção em Larga Escala. Brasil: Bookman, 1988. 156 p.

OLIVEIRA, Pablo Lustosa de. **Análise Dos Sete Desperdícios Da Produção Em Um Abatedouro De Aves.** 2016. 63 pág. Faculdade De Tecnologia Departamento De Engenharia De Produção -Universidade de Brasília (UnB). Brasília, julho de 2016. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/br>

PASQUALINI, Marcele. **Fordismo: Uma Análise Aplicada aos Casos do Brasil e Japão**. 2004. 67 f.: il. Monografia em Ciências Econômicas – Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, junho de 2004.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UNICENP, 2007.

PIMENTEL, Caroline. **Aplicação Da Simulação Como Ferramenta De Apoio À Tomada De Decisão Gerencial Em Uma Célula De Manufatura**. 2015. 86 f. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste. 2015.

PINTO, J. ORLANDO P. F. **Simulação e otimização; Desenvolvimento de uma ferramenta de análise de decisão para suprimento de refinarias de petróleo através de uma rede de oleodutos**. Dissertação de mestrado em engenharia de produção. UFSC. Florianopolis. 2001.

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

PRATA, A. B. Arranjo Físico Celular: Uma Abordagem Conceitual. (2002) Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

RAGO, L M; MOREIRA, E. F. P. **O que é taylorismo**. São Paulo: Brasiliense, 1984.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. 2º e. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.

ROBINSON, A.G. & SCHROEDER, D.M. **Detecting and eliminating invisible waste. Production and Inventory Management Journal**. Vol. 33, n.4, p.37-42, 1992.

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

RUSSEL, R. (2002). *Operations Management* (4ª ed.). Prentice Hall.

SHANNON, R. E. **Systems simulation: the art Science**. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1975.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and Poka-Yoke System**. Trans. A.P. Dillion, Portland, OR; Productivity Press, 1986.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Artes Médicas. Porto Alegre. 1996.

SHINOHARA, Isao. *New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries*. Productivity Press, 1988.

SILVA, Pedro Marinho Sizenando. *Análise do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) de Belo Horizonte via Simulação e Otimização*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, Edson Miranda da. **Lean Manufacturing e a Indústria 4.0**. 2017. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/lean-manufacturing-e-ind%C3%BAstria-40-edson-miranda-da-silva>>. Acesso em: 30 out. 2018.

SILVA, Vanessa Nobrega da; MORAIS, Suelyn Fabiana Acirole; SANTOS, Antonio Carlos de Queiroz; ARAÚJO, Ivanildo Fernandes. **Análise Das Perdas Produtivas Segundo Os Sete Desperdícios De Taiichi Ohno: Um Estudo De Caso**. XXVI Encontro Nacional De Engenharia De Produção (ENEGEP). João Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R.. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas SA, 2002.

SUZIGAN, W. et al. **Reestruturação industrial e competitividade internacional**. São Paulo: SEADE, p. 07-32, 1989.

TAYLOR, F.W. **Princípios de administração científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

TREBESQUIM, Alexandre de Oliveira. *Aplicação de um Modelo Computacional na Simulação do Processo de Pintura do Produto de maior Giro em uma Empresa Moveleira*. 2013. 44 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2013.

TRENTINI, M., & PAIM, L. (1999). *Pesquisa em Enfermagem. Uma modalidade convergenteassistencial.gente-assistencial*. Florianópolis: Editora da UFSC.

TRINDADE, Fernanda E. **Administração Científica de Taylor e as “novas formas” de organização do trabalho: possibilidades de coexistência? Um estudo de caso em uma indústria têxtil catarinense**. 2004. 176 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VILLELA, C. S. S. (2000) **Mapeamento do Processo como Ferramenta de Reestruturação e Aprendizagem Organizacional**. Dissertação de Mestrado. UFSC. Santa Catarina.

VOTTO, R. G. **Produção enxuta e teoria das restrições: proposta de um método para implantação conjunta na indústria de bens de capital sob encomenda**. 2012. 294 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

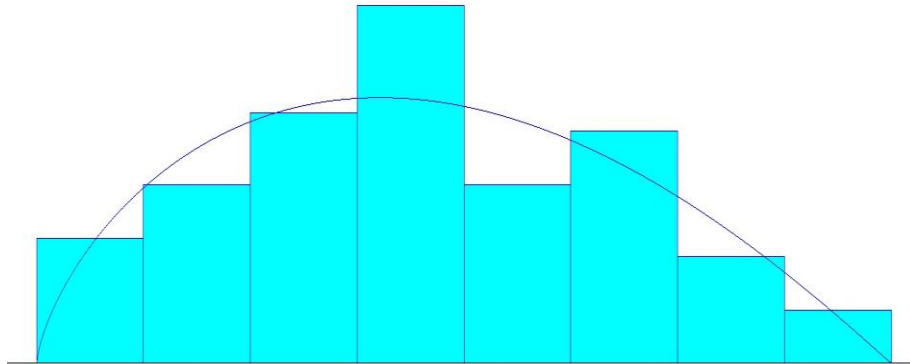
WOMACK, J.; JONES, D. (1998) A Mentalidade Enxuta nas Empresas. Editora Campus: Rio de Janeiro

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

APÊNDICE A

A ferramenta estatística utilizada demonstra os resultados que são contribuem para a confiabilidade da amostra, como na Figura 34 que mostra o ajuste dos dados com o modelo de distribuição Beta no ajuste de 5 litros, sendo o modelo que mais se adequa aos tempos de envase.

Figura 30 - Distribuição do envase de 5 litros.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Decorre ao gráfico da distribuição demonstrado na Figura 34 com o ajuste em Beta, os valores dos testes do Chi-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov (K-S) contribuem para saber se a amostra pode ou não ser utilizada no modelo de simulação, se os valores de (K-S) forem maiores que 0,10 isso indica que a amostra é confiável. O valor do teste de Chi-Quadrado indicado pela literatura é que seja maior que 0,05, pois quanto melhor é o valor mais confiança pode-se atribuir a amostra, já o erro quadrático quanto menor mais confiança é atribuída a amostra.

Figura 31 - Testes do envase de 5 litros.

Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Beta
Expressão:	$21.5 + 8 * \text{BETA}(1.69, 2.03)$
Erro quadrático:	0.007350
Test do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 6
Graus de liberdade	= 3
Teste Estatístico	= 3.32
P-value correspondente	= 0.363

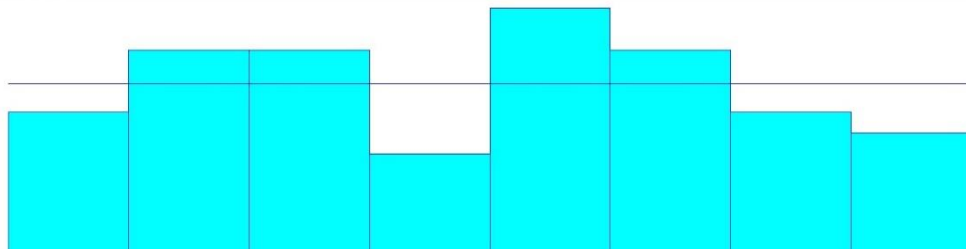
Fonte: Próprio Autor, 2019.

Para a amostra de 5 litros, a distribuição Beta com expressão: $21.5 + 8 * \text{Beta}(1.69, 2.03)$ com erro quadrático de 0.007350, o que acarreta mais confiança a distribuição aplicada. O “p-

value correspondente” ao teste do Chi-quadrado é de 0.363, dando também maior certeza sobre o ajuste. A Figura 35 não tem o teste do K-S, mas o importante é a distribuição ser aprovada nos testes.

A Figura 36 demonstra o ajuste para o envase de 20 litros, com distribuição uniforme.

Figura 32 - Distribuição do envase de 20 litros



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Os testes para 20 litros são abordados na Figura 36, sendo a distribuição aprovada em todos os testes. A expressão do ajuste utilizada para o modelo de simulação é: UNIF(0.51, 0.6) com erro quadrático de 0.009328.

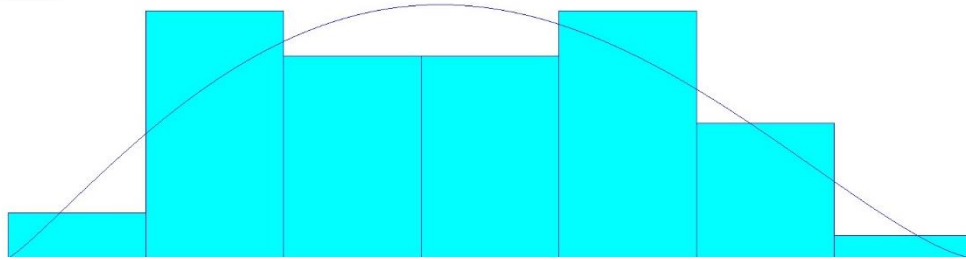
Figura 33 - Testes do envase de 20 litros

Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Uniforme
Expressão:	UNIF(0.51, 0.6)
Erro quadrático:	0.009328
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 8
Graus de liberdade	= 7
Teste Estatístico	= 5
P-value correspondente	= 0.661
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.118
P-value correspondente	> 0.15

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Como observado na Figura 37, a amostra está aprovada nos dois testes importantes que são o do Chi-quadrado e K-S, tendo o “p-correspondente” de 0.661 e 0.15, apresentados respectivamente

Figura 34 - Distribuição do envase de 50 litros



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Para o envase de 50 litros a Figura 38 demonstra a distribuição com melhor ajuste, sendo assim como a de 5 litros a distribuição Beta. Os valores dos testes são apresentados na Figura 39, indicando se os valores da amostra são confiáveis ou não.

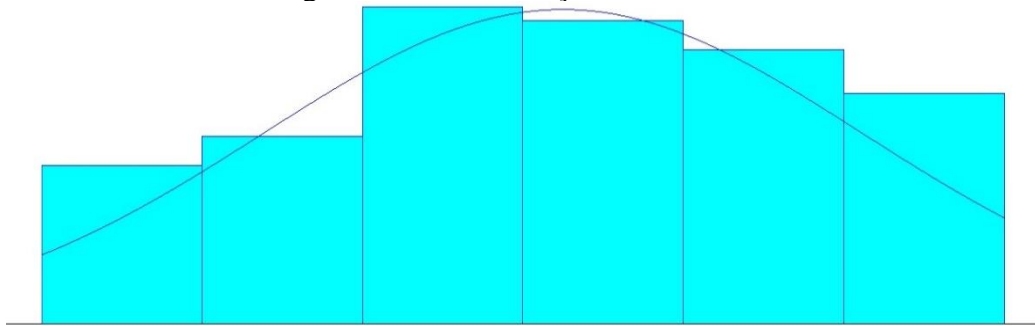
Figura 35 - Testes do envase de 20 litros

Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Beta
Expressão:	$1.28 + 0.19 * \text{BETA}(2.18, 2.46)$
Erro quadrático:	0.009096
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 5
Graus de liberdade	= 2
Teste Estatístico	= 1.66
P-value correspondente	= 0.45
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.0787
P-value correspondente	> 0.15

Fonte: Próprio Autor, 2019.

A expressão para o envase de 50l com expressão de $1.28 + 0.19 * \text{Beta}(2.18, 2.46)$ com erro quadrático de 0.009096 e os testes do Chi-quadrado e K-S, são de 0.45 e 0.15, respectivamente. Os testes comprovam que o ajuste está apto para o modelo de simulação e que o modelo representa a realidade do sistema.

Figura 36 - Distribuição do envase de 500ml



Fonte: Próprio Autor, 2019.

O ajuste para o envase de 500ml, o envase predominante no detergente é a distribuição normal, de acordo com a Figura 40. Os testes podem ser observados na Figura 41 identificando a veracidade da amostras coletada para o envase.

Figura 37 - Testes do envase de 500 ml.

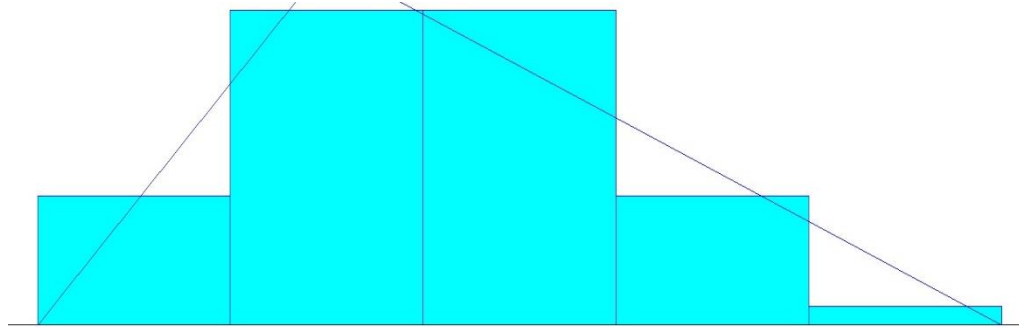
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Normal
Expressão:	NORM(10.7, 1.56)
Erro quadrático:	0.004827
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 5
Graus de liberdade	= 2
Teste Estatístico	= 3.45
P-value correspondente	= 0.194
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.0992
P-value correspondente	> 0.15

Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 41 exibe os testes referentes ao envase demonstrando que a amostra passa no teste de Chi-quadrado e K-S, a confiança se dá também com o baixo erro de 0.004827.

O processo de etiquetagem em sua distribuição apresentada na Figura 42, a distribuição mais adaptada ao modelo é a Triangular.

Figura 38 - Distribuição da etiquetagem



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Os testes são abordados na Figura 43, com expressão de $\text{TRIA}(0.999, 2.2, 5)$ com erro quadrático de 0.006035.

Figura 39 - Testes da etiquetagem

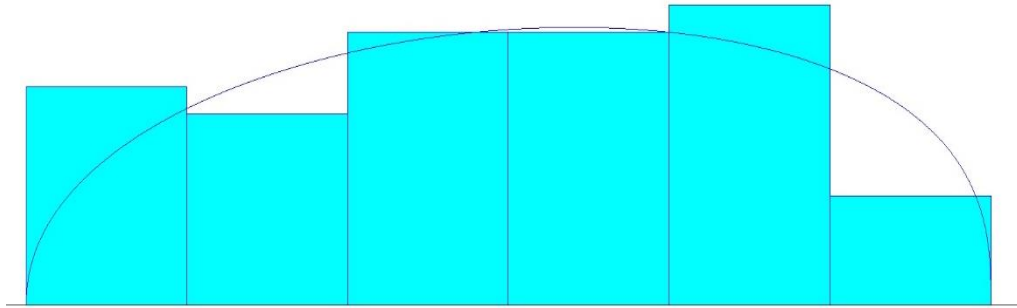
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Triangular
Expressão:	$\text{TRIA}(0.999, 2.2, 5)$
Erro quadrático:	0.006035
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 4
Graus de liberdade	= 2
Teste Estatístico	= 1.83
P-value correspondente	= 0.42
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.153
P-value correspondente	> 0.15

Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 43 contém os valores referentes aos testes de Chi-quadrado e K-S, tendo o “p-value correspondente” aprovando e atribuindo confiança.

A Figura 44 demonstra a distribuição referente ao processo de rotulagem com a distribuição Beta.

Figura 40 - Distribuição do processo de rotulagem.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

O teste do processo de rotulagem está demonstrado na Figura 45, o melhor ajuste é aplicado de forma que o processo também atenda às necessidades do sistema, representando de melhor forma a realidade.

Figura 41 - Testes do processo de rotulagem

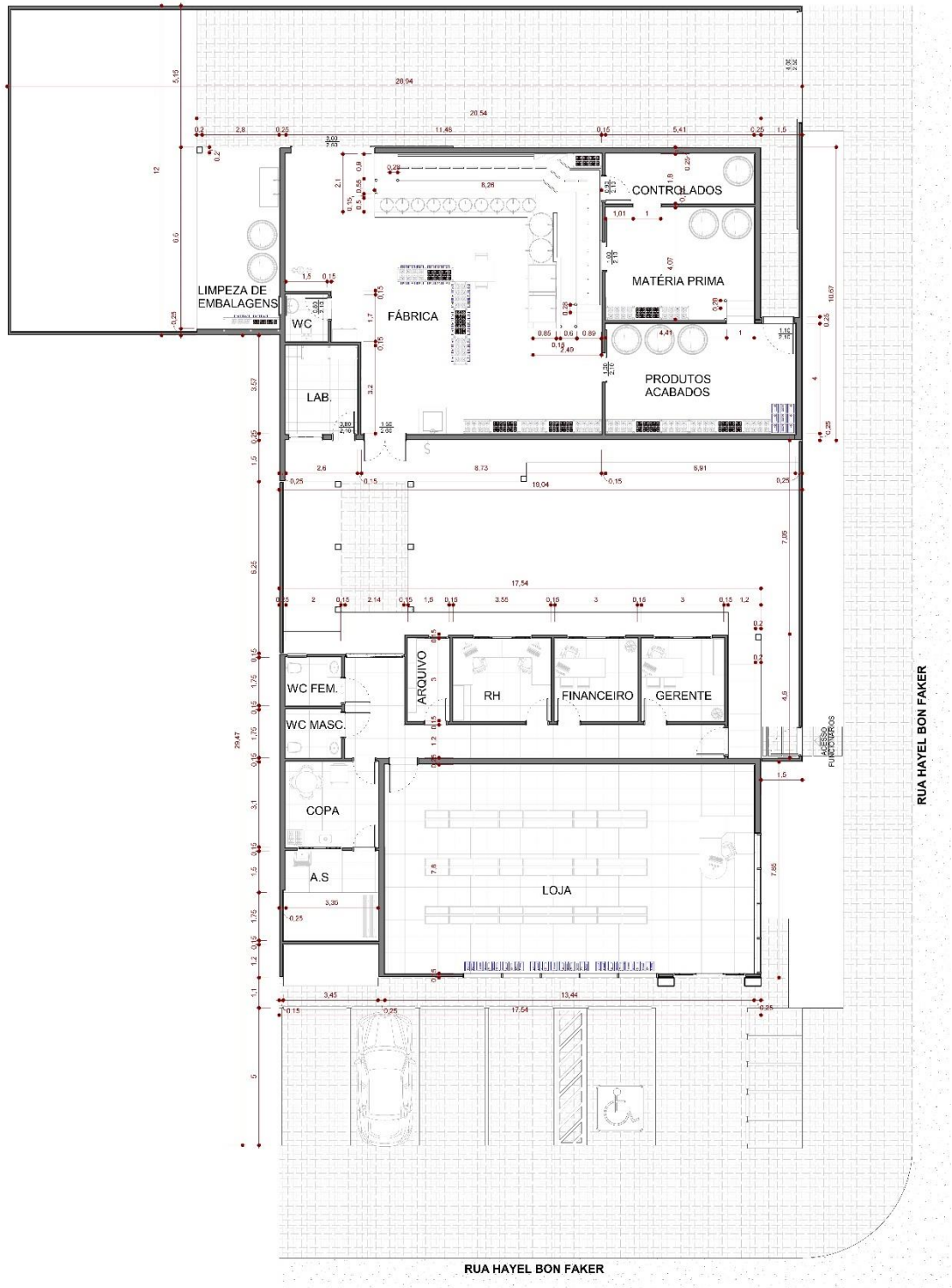
Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Beta
Expressão:	$1.48 + 0.12 * \text{BETA}(1.47, 1.36)$
Erro quadrático:	0.007948
Teste do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 6
Graus de liberdade	= 3
Teste Estatístico	= 3.26
P-value correspondente	= 0.372
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.0648
P-value correspondente	> 0.15

Fonte: Próprio Autor, 2019.

A Figura 45 contém os parâmetros obtidos com o teste para o processo de rotulagem. O teste estatístico indica que o modelo está apto a simulação.

APÊNDICE C

Figura 43 - Planta Baixa Completa



Fonte: Próprio Autor, 2019.