

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Análise de sistema produtivo em indústria do segmento de
embalagens utilizando simulação em Arena**

Thomas Cardoso Mazzola

TCC-EP-53-2010

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Análise de sistema produtivo em indústria do segmento de
embalagens utilizando simulação em Arena**

Thomas Cardoso Mazzola

TCC-EP-53-2010

Monografia apresentada como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador : *Prof.: Dr. Manoel Francisco Carreira*

**Maringá - Paraná
2010**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que nos altos e baixos desta trajetória, soube me mostrar o caminho e me conduzir para pessoas maravilhosas, que tenho honra em conhecer.

Aos meus Pais Miguel (Meu querido) e Claudir (Minha querida), que sempre me deram suporte e me encorajando para grandes desafios até agora vividos.

Aos meus queridos Irmãos Enrico e Nicolás que são, e sempre serão, minha única conexão com meu passado de onde tiro muitos ensinamentos, exemplos, críticas e elogios.

A minha Namorada Camila (Xexão) que tem me apoiado cada vez mais intensamente nestes três anos de convivência, e que projeta uma longa trajetória para nós.

Aos meus avós, em especial meu avô Miguel que chegou muito perto de ver a conclusão desta etapa de minha vida.

A minha família em geral, destacando minha tia “Lete” que sempre participou de minhas experiências, me dando conselhos.

A minha família constituída em Maringá: Everthon, Paulo, Silvão, Yugo, Rafael (MT), Thiago Durso, Dudu, Mussa, Humberto, Kaio, Jota, Emerson, Rodrigo, Emanuel, Murilo Diego, Mauro, Dani, entre outros, que estão desde o primeiro ano de Universidade e acompanhando esta trajetória.

Ao professor Dr. Manoel Francisco Carreira por sua ajuda, orientação, e por ter sabedoria em aconselhar e da paciência em reuniões extensas.

Ao amigo e professor Dr. José Paulo de Souza que me orientou em minha Iniciação Científica e, nesta etapa, me deu conselhos muito bons em minhas decisões na carreira.

Aos professores do departamento que modificaram muito o curso de Eng. de Produção para melhor, e continuam apoiando esta causa para melhor desenvolvimento dos novos acadêmicos.

“O tempo é o melhor autor: sempre encontra um final perfeito”.

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho aborda o seguimento de simulação dinâmica em software Arena, para auxiliar na otimização de tempo, recursos e principalmente tomada de decisão, para que assim possa evitar ou antecipar problemas em determinadas ações. O estudo de caso envolve a utilização do software para geração de diferentes cenários com uso de técnicas de simulação. Assim poder chegar a solução do problema, que no caso se trata em uma indústria de injeção de termoplásticos, que trabalha com grandes volumes de produtos de baixo valor agregado, medir a utilização de determinados moldes e máquinas, a partir da seleção dos produtos através de um gráfico de pareto diagnosticando qual produto tem maior movimentação para que sejam trabalhados no modelo. Com a criação do modelo, ele passa por um processo de validação e verificação para identificar erros e inconsistências durante o processo de modelagem, então se inicia a simulação. A partir deste modelo sejam construídos cenários que farão a previsão de aumentos futuros de demanda.

Palavras-chave: *Simulação Dinâmica, Software Arena*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 DEFINIÇÃO, DELIMITAÇÃO E LIMITAÇÕES DO TRABALHO	2
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.4 SEQÜÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO	3
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS EM SIMULAÇÃO	5
2.1.1 <i>Classificação dos Sistemas para Modelagem e Simulação</i>	6
2.1.2 <i>Classificação dos Modelos de Simulação</i>	6
2.2 TEORIA DE FILAS.....	7
2.2.1 <i>Modelos de filas</i>	9
2.3 CARACTERIZANDO ARENA	10
2.3.1 <i>Input Analyzer</i>	12
2.4 ASPECTOS LOGÍSTICOS DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAGEM	14
2.4.1 <i>Aspectos de Movimentação e Armazenagem nos segmentos da cadeia produtiva</i> 14	
3 METODOLOGIA	16
4 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO DE CASO.....	18
4.1 PRINCIPAIS PRODUTOS	19
4.2 PRINCIPAIS CLIENTES	20
4.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO.....	21
4.3.1 <i>Modelo de Fabricação da Empresa</i>	22
4.4 ESTUDO DENTRO DA EMPRESA	25
5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	26
5.1 CÁLCULO DO LOTE MÍNIMO.....	27
5.2 ANÁLISE DE DADOS PARA INSERÇÃO DO ARENA.....	28
5.2.1 <i>Interpretação de dados do Input Analyzer</i>	31
6 SIMULAÇÃO DINÂMICA	33
7 ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
7.1 CENÁRIO 1	42
7.1.1 <i>Análise das Entidades</i>	42
7.1.2 <i>Análise das Filas</i>	44
7.1.3 <i>Análise dos Recursos</i>	44

7.2	CENÁRIO 2	46
7.2.1	<i>Análise de Entidades</i>	46
7.2.2	<i>Análise das Filas</i>	47
7.2.3	<i>Análise de Recurso</i>	48
8	CONCLUSÃO	49
9	REFERÊNCIAS	51

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - FORMAS DE ESTUDOS DE UM SISTEMA (ADAPTADO) (SILVA, 2006).	5
FIGURA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA MODELAGEM (ADAPTADO) (FREITAS, 2008).6	
FIGURA 3 - PROCESSO DE FILA TÍPICO (COSTA, 2005).....	9
FIGURA 4 - SISTEMA MULTICANAIS DE FILA ÚNICA (COSTA, 2005).....	9
FIGURA 5 - SISTEMA MULTICANAL COM FILA INDIVIDUAL.....	10
FIGURA 6 - SISTEMAS DE FILAS MULTI-ESTÁGIO COM RETORNO (COSTA, 2005).....	10
FIGURA 7 - DEMONSTRAÇÃO DE UM DOS TEMPLATES DO ARENA (ADAPTADO) (COSTA, 2009)	
.....	11
FIGURA 8 - DEMONSTRAÇÃO DO TIPO DE SISTEMAS DISPENSADORES.....	20
FIGURA 9 - PRODUTOS FABRICADOS PELA EMPRESA COM ESTE TIPO DE TAMPA.	20
FIGURA 10 - PRINCIPAIS CLIENTES	21
FIGURA 11 - PRODUTOS FUNCIONAMENTO DE UMA INJETORA DE PLÁSTICO.	21
FIGURA 12 - REPRESENTAÇÃO DE UMA INJETORA DE PLÁSTICO.	22
FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE SELEÇÃO DAS MÁQUINAS PARA FABRICAÇÃO.	
.....	23
FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO.	24
FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE ESTOQUES.	25
FIGURA 16 - CURVA EXEMPLO DO MOLDE SH 350 ML.	31
FIGURA 17 - RELATÓRIO DE ERROS NO INPUT ANALYSER EXEMPLO DO MOLDE SH PICASSO 350	
ML.....	32
FIGURA 18 - MÓDULO <i>CREATE</i>	34
FIGURA 19 - MÓDULO <i>SEPARATE</i>	34
FIGURA 20 - SEQÜÊNCIA DE MÓDULOS PARA VERIFICAÇÃO SE ATENDE O LOTE MÍNIMO.	35
FIGURA 21 - PROCESSAMENTO DE PEÇAS.	36
FIGURA 22 - PCP DOS MOLDES.	36
FIGURA 23 - MÓDULO <i>DECIDE</i> PARA CÁLCULO DE TEMPO DE PROCESSAMENTO.....	37
FIGURA 24 - MÓDULO <i>ASSIGN</i> PARA MODIFICAR A VARIÁVEL DE QUANTOS MOLDES SÃO	
REQUISITADOS PELO PROCESSO.	38
FIGURA 25 - ALOCAÇÃO DO MOLDE.	39
FIGURA 26 - MÓDULOS UTILIZADOS NA ALOCAÇÃO DA MÁQUINA.	40
FIGURA 27 - MÓDULOS PARA LIBERAÇÃO DO MOLDE.	41
FIGURA 28 - MÓDULOS DA LIBERAÇÃO DO MOLDE DISCRIMINADOS.	42
FIGURA 29 - DEMONSTRAÇÃO DE TEMPOS RELACIONADOS ÀS ENTIDADES.	43
FIGURA 30 - DEMONSTRAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA DE ENTIDADES.....	43
FIGURA 31 - DEMONSTRAÇÃO DAS FILAS NO PROCESSAMENTO DE CADA PEDIDO.	44
FIGURA 32 - DEMONSTRAÇÃO DAS FILAS NO PROCESSAMENTO DE CADA PEDIDO.	44
FIGURA 33 - DEMONSTRAÇÃO DO RECURSO MOLDE PARA CADA PRODUTO.....	45
FIGURA 34 - DEMONSTRAÇÃO DO RECURSO MÁQUINA PARA CADA PRODUTO.....	45
FIGURA 35 - DEMONSTRAÇÃO DE TEMPOS RELACIONADOS ÀS ENTIDADES (CENÁRIO 2).....	46
FIGURA 36 - DEMONSTRAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA DE ENTIDADES (CENÁRIO 2).	47
FIGURA 37 – DEMONSTRAÇÃO DAS FILAS NO PROCESSAMENTO DE CADA PEDIDO (CENÁRIO 2). 47	
FIGURA 38 - DEMONSTRAÇÃO DAS FILAS NO PROCESSAMENTO DE CADA PEDIDO (CENÁRIO 2).. 48	
FIGURA 39 - DEMONSTRAÇÃO DO RECURSO MOLDE PARA CADA PRODUTO (CENÁRIO 2).	48
FIGURA 40 - DEMONSTRAÇÃO DO RECURSO MÁQUINA PARA CADA PRODUTO (CENÁRIO 2).	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUTOS PRODUZIDOS NO ANO DE 2009.....	27
TABELA 2 - LOTE MÍNIMO PARA PRODUÇÃO.	28
TABELA 3 - ANÁLISE POR QUANTIDADE.....	29
TABELA 4 - RELAÇÃO DE MOLDES COM TEMPO DE CICLO, CAVIDADES E TONELAGEM.	30

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- MÁQUINAS DE ACORDO COM SUA TONELAGEM E MARCA.....	26
---	----

LISTA DE SÍMBOLOS

- λ Ritmo Médio de Chegada (unid. / unid. tempo)
- μ Ritmo médio de Atendimento de cada atendente: $TA = 1/\mu$
- ρ taxa de utilização do sistema corresponde: λ/μ

1 INTRODUÇÃO

Segundo a ABRE (2010), a globalização tem tido um papel fundamental na revolução das embalagens. Um número cada vez maior de embalagens exige um padrão de qualidade de fabricação e inovação. O papel da embalagem vai muito além da proteção do produto oferecido e da já tradicional promoção de suas qualidades. Em última análise, a embalagem deixa de ser parte para ser o produto. Esta, sendo inovadora ajuda na conquista de espaços nos pontos-de-venda, e graças a novas tecnologias e inovações, criar e destruir mercados. Um desafio de empresas multinacionais é deixar as embalagens iguais para que sejam reconhecidas onde forem expostas. Isso faz com que as informações contidas nas embalagens sejam escritas em vários idiomas. Para tanto são necessários rótulos maiores. Novas tecnologias permitem que esses rótulos ocupem quase a totalidade da embalagem.

O Brasil vem se tornando um dos pólos mundiais em exportações de embalagens, de acordo com a Fundação Getulio Vargas de São Paulo, a indústria brasileira de embalagens dobrou de tamanho do ano de 2000 até 2005. Em 2000, movimentou 16,3 bilhões de reais, enquanto que em 2005 o montante foi de 33 bilhões. Um crescimento, portanto, de mais de 100%. Tendo base que o processo de sofisticação do mercado, empurrado pela abertura, pela segmentação cada vez maior dos tipos de consumidor e pelo aumento da competição, que justificam este aumento. Este mercado mostra-se em alta, com dados da Associação Brasileira de Embalagem (Abre) e do IBGE, o faturamento de 2003 foi de 23,7 bilhões de reais, enquanto que o registrado em 2004 foi de 28,6 bilhões de reais, um crescimento de aproximadamente 21%, seguindo o crescimento estão as exportações que com variação de 7%, de 274 milhões de dólares em 2003, foi para 292 milhões de dólares em 2004.

Com esse crescimento acarreta-se em um ambiente competitivo, Faria (2005) define este ambiente, com pressões em níveis mundiais, em que o ambiente, assim como os processos empresariais, vem passando por grandes transformações, a logística é um conceito em constante evolução, atrelado à busca de níveis de custo reduzido. O Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais (IMAM, 2001), demonstra com uma pesquisa realizada com 843 empresas de médio e grande porte, que no seguimento da indústria o Brasil teve um custo logístico de 21,5%, divididos em três partes inventário, armazenagem e transporte que tiveram as seguintes proporções: 9,5%, 4,99%, 7,5% respectivamente. Pela representatividade ser alta do custo em questão não é permissível a erros. Com o avanço da tecnologia (Freitas, 2001), por meio de softwares, é possível a simulação destes processos,

assim revalidando o modelo em questão, e reduzindo os erros, pois imitam o funcionamento de praticamente qualquer tipo de operação ou sistema do mundo real.

Este presente trabalho se trata do entendimento dos aspectos operacionais envolvidos no processo logístico pode definir condições para que seja obtida maior eficácia no desempenho dessa cadeia, de forma que será entendido através da simulação de um modelo desenvolvido no software Arena, o modelo em questão se trata de um sistema logístico de uma fábrica de plástico na região de Maringá onde buscam alterações bruscas na demanda.

1.1 Justificativa

O presente trabalho busca obter um cenário que visa propor a projeção de como estará o sistema logístico da empresa em questão do ramo de processamento de plástico. Com o objetivo de evitar erros e reduzir custos, conseqüentemente checar o projeto, assim identificando possíveis gargalos, cruzamento de fluxos e também de suscetível a modificações sem complicação.

1.2 Definição, delimitação e limitações do trabalho

O problema a ser resolvido é viabilizar um sistema logístico, conseqüentemente revalidando o projeto. A pedido da empresa, o foco de estudo é uma fábrica no noroeste do Paraná, em que as limitações são dados que devem ser especulados, ou dados que a empresa não contenha.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Simular a viabilidade de compra de equipamento em indústria de processamento de plástico

1.3.2 Objetivos Específicos

Para se atingir o objetivo geral é necessário a obtenção de alguns objetivos específicos:

- Apresentar uma fundamentação teórica dos conceitos de simulação, operacionalidade do software Arena e logística.
- Levantar dados históricos
- Determinar fluxo de materiais dentro da fábrica
- Desenvolvimento de cenários
- Simular os cenários para encontrar a melhor solução
- Análise dos cenários

Conclusão da viabilidade do projeto

1.4 Seqüência Lógica do Trabalho

O trabalho estará dividido em nove capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução e objetivos: apresenta alguns aspectos do assunto a ser tratado neste estudo de caso e descreve os objetivos que ele busca atingir;
- Capítulo 2 – Revisão da literatura: aborda teoria da simulação, operacionalidade do software Arena, Logística.
- Capítulo 3 – Metodologia: descreve como serão atingidos os objetivos;
- Capítulo 4 – Contextualização do problema;
- Capítulo 5 – Coleta e análise de dados: Apresenta os dados coletados na empresa para realização do modelo;
- Capítulo 6 – Simulação: desenvolvimento dos modelos no Arena;
- Capítulo 7 – Análise de resultados: Avaliação dos cenários gerados pela simulação;
- Capítulo 8 – Conclusão: escolha do melhor cenário e revalidação do projeto;
- Capítulo 9 – Referência: mostra quais artigos, livros e monografias foram utilizados como base para a fundamentação teórica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A técnica de simulação visual, cujo uso se iniciou na década de 80, em virtude de sua maior capacidade de comunicação teve uma aceitação surpreendente. O que contribuiu também pelo fato seu menor nível de complexidade, seu uso também cresceu enormemente. Mas sua difusão foi caracterizada em maior escala na década de 90 até os dias de hoje com o surgimento da internet e linguagens de fácil acesso. Algumas linguagens são mundialmente conhecidas, como GPSS, GASP, SIMSCRIPT, SIMAN, ARENA, PROMODEL, AUTOMOD, TAYTOR, etc. (PRADO, 2001)

A simulação, de acordo com Freitas Filho (2008), tem sido cada vez mais aceita e empregada como técnica não só de áreas de engenharia envolvidas em projetos, mas áreas como: biologia, administração, informática, química, entre outros.

O principal uso da ferramenta de simulação é o de que se podem responder questões sem que o sistema sofra qualquer perturbação, uma vez que os estudos são realizados no computador. A técnica de simulação e seus conhecimentos básicos são facilmente compreensíveis e justificáveis, tanto para usuários quanto para gerentes, essa aceitação deve-se, pois um estudo de simulação pode ser considerado: detalhes jamais imaginados, se tratando de um estudo dinâmico, a possibilidade de emprego de animações, permitindo a visualização; economizar tempo e recursos financeiros; modelo simulado é muito semelhante à realidade.

Atualmente a simulação é amplamente utilizada devido ao avanço da capacidade de processamento, facilidade de manutenção dos modelos e baixo custo envolvido. A busca por sistemas em que se assemelhem ao mundo Real, através de um modelo virtual criado em que as entradas no sistema simulado são as mesmas da realidade, conseqüentemente as saídas vão ser muito próximas, claro que seguindo uma lógica dentro do modelo virtual.

Mas um dos principais motivos de aceitação da simulação, segundo Freitas (2008), foi primeiramente o custo, pois representava apenas pelo conhecimento do programador. À medida que foram aceitos, gerentes denotaram fatores para aceitação: permite ao analista considerar níveis de detalhamento jamais imaginados, permitindo que diferenças de comportamento venham ser notadas; a possibilidade do emprego de animações, permitindo visualização do sistema durante a simulação; economizar tempo recursos financeiros; percepção do modelo real é muito semelhante ao modelo simulado. Ao contrario das abordagens tradicionais que empregam estudos preliminares estáticos, e acabam sofrendo inúmeras modificações e adaptações. Mas existem pontos que precisam ser levados em

consideração, pois a construção do modelo requer treinamento especial com aquisição de experiência, os resultados muitas vezes são de difícil interpretação, a tentativa de simplificação do modelo pode levar a resultados insatisfatórios. Que em muitos casos a aplicação dos métodos analíticos, como por exemplo, teoria de filas pode trazer resultados de menos riscos e mais econômicos.

2.1 Caracterização dos Sistemas em Simulação

Freitas Filho (2008) cita que simulação é um dos muitos métodos existentes para estudar e analisar sistemas. No caso da simulação computacional, utiliza-se de modelos computacionais para este propósito, assim inúmeros sistemas são aptos à modelagem, como por exemplo: movimentação de materiais, áreas de armazenagem, alocação de mão-de-obra, redes de distribuição, entre outros sistemas.

Segundo Silva (2006), os estudos de sistemas podem ser realizados sob diferentes formas de abordagem, conforme representado na Figura 1.

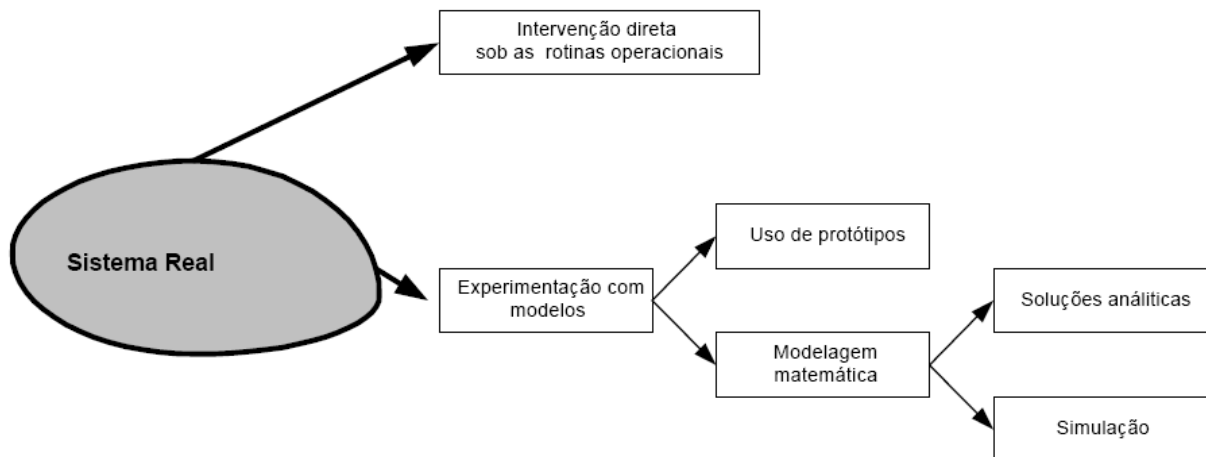


Figura 1- Formas de estudos de um sistema (adaptado) (Silva, 2006).

Intervenção direta sobre rotinas com o objetivo de alcançar uma situação ideal. Esse tipo de procedimento requer experiência do profissional de tal forma que as decisões não impactem negativamente no desempenho do sistema. Idéia que se inter relaciona com o conceito apresentado por Freitas (2008), que a modelagem nada mais é que uma descrição, que envolve certo grau de abstração que acarreta em uma série de simplificações do sistema real.

O emprego de modelos para estudar um sistema não se restringe aos modelos matemáticos, modelos físicos também são usados como maquetes de projetos arquitetônicos, protótipos em escala pra estudar aerodinâmica, entre outros. No caso da simulação computacional, utiliza-se de modelos computacionais, que dependem fundamentalmente da natureza do sistema a ser estudado.

2.1.1 Classificação dos Sistemas para Modelagem e Simulação

De acordo com Freitas (2008), para modelar e simular sistemas, estes podem ser classificados como: estáticos ou dinâmicos; contínuos ou discretos; determinísticos ou aleatórios, como apresentado na Figura 2, os tipos de sistema, sendo que neste trabalho estará voltado aos sistemas dinâmicos, aleatórios e discretos.

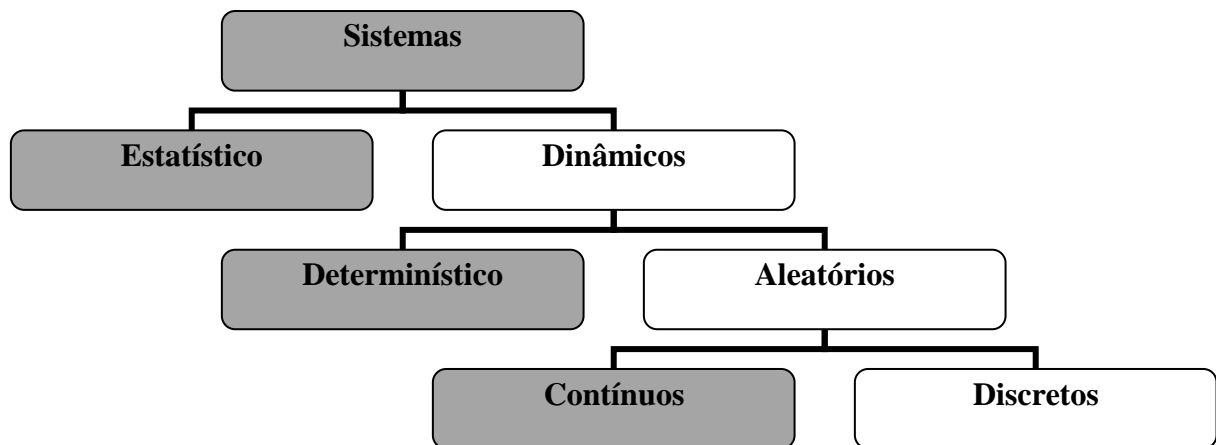


Figura 2 - Classificação dos sistemas para modelagem (adaptado) (FREITAS, 2008)

O sistema é classificado como dinâmico, uma vez que a variável de estado se modificam à medida em que o tempo evolui. São aleatórios pois os estados das variáveis podem ser descritos mas não pré determinados, como é identificado no software Arena. E finalmente discretos, pois as mudanças ocorrem em pontos discretos no tempo.

2.1.2 Classificação dos Modelos de Simulação

Freitas (2008) define a caracterização de um modelo é dada em função de maneira em que ocorrem mudanças nas variáveis de estado no sistema, ou seja, sendo ele contínuo ou discreto.

O trabalho está focado para trabalhar com modelos discretos, onde as variáveis de estado mantêm-se inalteradas ao longo de intervalos de tempo, e mudam seus valores em pontos

bem definidos, sendo conhecidos estes tempos. Modelos podem ser classificados de acordo com seu propósito decisório. Como descrito por Freitas (2008):

2.1.2.1 Modelos votados para previsão

Simulação utilizada para previsão de um ponto futuro, baseado nas suposições do seu comportamento ou experiência.

2.1.2.2 Modelos voltados para investigação

Baseados em hipóteses desenvolvidas sobre o comportamento do sistema. Os experimentos recaem sobre as reações do sistema a estímulos normais e anormais.

2.1.2.3 Modelos para a comparação

A utilização desta comparação tem como objetivo avaliar situações entre modelos, onde se encontra dificuldade, pois estes são diferentes, desta forma fica sujeito a erros entre comparações, assim não atingem os resultados esperados.

2.1.2.4 Modelos específicos

Modelos específicos são utilizados pela acessibilidade, pois na tomada de decisão por gerencia, analistas, entre outros, pode estar sendo analisado alto nível de alocação de recursos, ou até mesmo simplesmente a alocação de uma fila.

2.1.2.5 Modelos Genéricos

Modelos que são usados periodicamente por longos períodos, como por exemplo aumento de uma população em relação ao tráfego em uma específica área.

2.2 Teoria de Filas

Conforme Andrade (1998), um sistema de filas é caracterizado por seis componentes. Os três primeiros são obrigatórios e os três últimos, se não informados, são considerados conhecidos:

1. Modelo de chegada dos usuários ao serviço: o modelo de chegada é usualmente especificado pelo tempo entre as chegadas dos usuários ao serviço. As chegadas podem ocorrer em intervalos de tempo exatamente iguais ou ser uma variável aleatória, quando o tempo entre as chegadas é variável e segue uma distribuição de probabilidades presumivelmente conhecida. Precisamos também saber a taxa de chegada λ . A constante λ é a taxa média de chegada dos usuários por unidade de tempo.
2. Modelo de serviço atendimento aos usuários: o modelo de serviço é normalmente especificado pelo tempo de serviço. Da mesma forma que pode ser determinístico ou uma variável aleatória. Neste último caso, valem as mesmas considerações feitas à distribuição de probabilidades associada ao modelo de chegada dos usuários ao serviço. A constante μ é a taxa média de atendimentos por unidade de tempo, por atendente.
3. Número de servidores: é o número de atendentes disponíveis no sistema.
4. Capacidade do sistema: é o número de usuários que o sistema é capaz de atender, também inclui o número de usuários que estão sendo atendidos mais os que esperam na fila.
5. Tamanho da população: número potencial de clientes que podem chegar a um sistema, sendo o número finito ou infinito.
6. Disciplina da fila: é o modo como os usuários são atendidos. A disciplina da fila pode ser:
 - a. FIFO (first in, first out): primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido;
 - b. LIFO (last in, first out): último a chegar é o primeiro a ser atendido;
 - c. ALEATÓRIO: os atendimentos são feitos sem qualquer preocupação com a ordem de chegada;
 - d. COM PRIORIDADE: os atendimentos são feitos de acordo com prioridades estabelecidas, Se a disciplina da fila não for informada, é considerada de acordo com o modelo FIFO.

2.2.1 Modelos de filas

De acordo com Costa (2005), um sistema de filas pode ser descrito como clientes chegando, esperando pelo serviço, se não forem atendidos imediatamente, e saindo do sistema após serem atendidos. Como representado abaixo nas Figuras 3:



Figura 3 - Processo de Fila Típico (COSTA, 2005)

Quando o número de canais de serviço é definido, tipicamente estão sendo determinado o número de estações de serviços paralelos que podem servir os clientes simultaneamente. A Figura 4 ilustra um sistema com canal simples, enquanto a Figura 5 mostra duas variações dos sistemas multicanais. Os dois sistemas multicanais diferem pelo fato que o primeiro possui uma única fila, enquanto o segundo possui uma fila para cada canal.

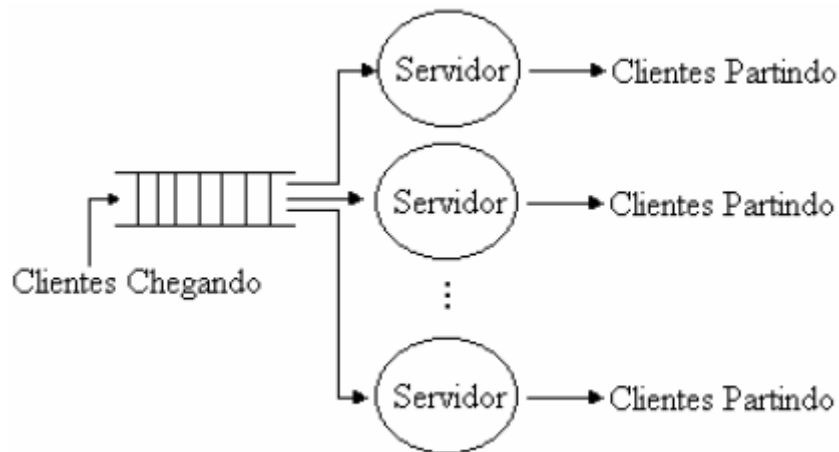


Figura 4 - Sistema multicanais de fila única (COSTA, 2005)

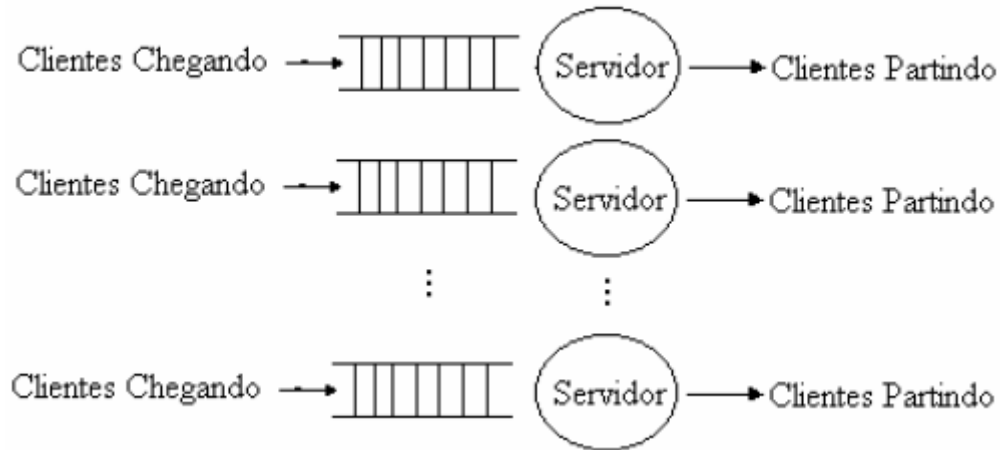


Figura 5 - Sistema Multicanal com Fila Individual

Costa (2005) cita um sistema de multi-estágio que pode ser exemplificado como um procedimento de remanufatura, ou seja, quando a peça tem necessidade de retrabalho por não passar por um processo de qualidade, assim retorna ao posto onde foi processado. Pode ser representado pela Figura 6 abaixo:

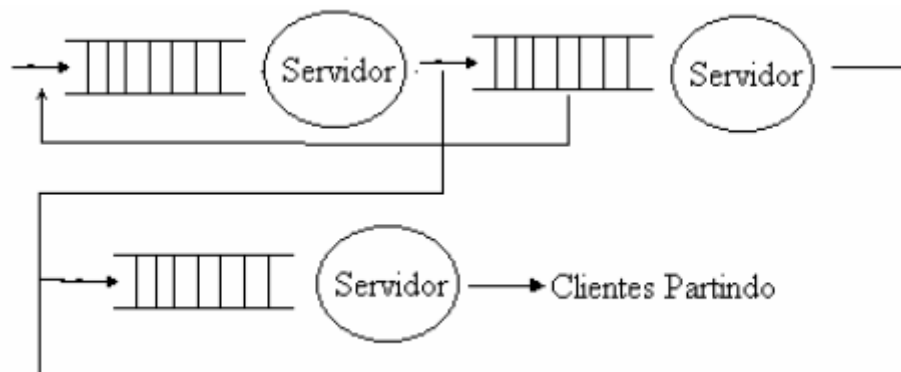


Figura 6 - Sistemas de Filas Multi-Estágio com Retorno (COSTA, 2005)

2.3 Caracterizando Arena

Um programa dentre muitos que cria modelos de simulação é o programa Arena, que em sua décima segunda edição, contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho, animação, análise estatística e análise de resultados. Segundo Freitas (2008), a utilização de modelos matemáticos nos permite encontrar soluções para os modelos de simulação. O Arena tem uma visão do mundo bastante peculiar, baseada na simplificação através de eventos discretos. Os modelos são baseados na linguagem de simulação SIMAN V. Essa linguagem permite que os sistemas a serem modelados possam ser utilizados em qualquer área de aplicação, tais como manufatura, serviços, sistemas de transportes, logística, entre outros.

O software Arena permite a modelagem e simulação de diversos processos. Ele é muito utilizado para a análise de filas, de linhas de produção e também de processos industriais contínuos. Como qualquer software de simulação, ele permite prever o comportamento de algo inexistente no mundo real.

Uma vantagem do Arena perante os demais softwares é que o programa tem compatibilidade com programas da Microsoft incluindo diversos módulos do Office, pois utiliza a linguagem VBA, assim contando com a possibilidade de criação de modelos mais complexos.

De acordo com Costa (2009), para simular qualquer sistema no Arena necessita-se conhecer as estações de trabalho: em que as etapas dos processos serão representadas pelos módulos doas templates; fluxo dentro do sistema: representado pelos conectores; Informações de duração, distâncias, velocidades e outras: são inseridos em cada bloco do fluxograma ou planilha. A programação lógica é criada na área de trabalho por meio de módulos e conectores, criando-se, assim, um fluxograma do sistema. Cada bloco do fluxograma representa um evento no sistema. Os módulos templates se dividem em duas categorias como visto na Figura 7:

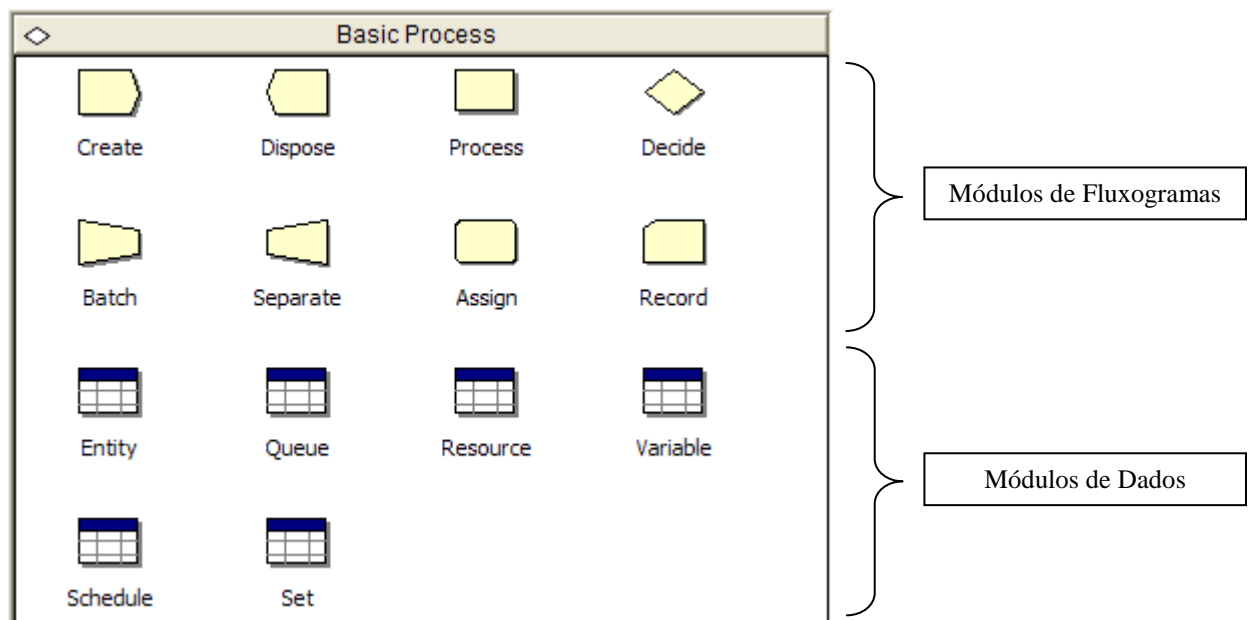


Figura 7 - Demonstração de um dos Templates do Arena (adaptado) (COSTA, 2009)

Os módulos de fluxogramas são utilizados para construir o fluxograma dentro da área de trabalho. Para inseri-los basta arrastar até a área de trabalho. Já o módulo de dados, estes recebem dados referentes ao modelo e são apresentados na área da planilha.

Para efetuar operações com valores o Arena possibilita a utilização de valores dentro das seguintes categorias.

1. Variáveis: são disponíveis para qualquer entidade e seus valores podem ser modificados ou utilizados pelas entidades. Exemplo: Total de produtos produzidos, custo de funcionamento de um novo sistema e outros.
2. Atributos: pertence exclusivamente a uma única entidade que se move pelo sistema. Exemplo: cor do produto.
3. Expressões: define uma fórmula que é calculada pela passagem de uma entidade.

2.3.1 Input Analyzer

Para que o modelo se adéque a realidade, segundo Freitas Filho (2008), são utilizadas distribuições probabilísticas, pois em um exemplo de fácil entendimento é o de uma fábrica de computadores onde a média de tempo de uma estação de trabalho é de um minuto e a chegada de materiais é de um minuto. Se forem consideradas as médias não gerará fila na estação de trabalho, mas se considerar uma distribuição probabilística normal de média um ou exponencial de média um, observa-se fila neste posto, pois se trata de uma distribuição.

Esta ferramenta gera curvas de probabilidade de acordo com inserção de dados, ou por estimativa de valores dentro da distribuição, como por exemplo, a curva normal que pode somente informar o desvio padrão e a média que esta ferramenta gera esta curva automaticamente.

O Input Analyzer analisa os dados coletados, através de cálculos que ajustam a curva dos dados escolhidos pelo critério do quadrado dos erros, ou seja, são verificadas as distâncias de cada ponto dos dados de entrada, em relação aos pontos ideais da distribuição desejada. O somatório desses erros determina qual distribuição estatística descreve melhor o comportamento dos dados, assim a distribuição que apresentar menor somatório de erro é a que melhor representa os dados analisados. No Input Analyzer é possível escolher qual distribuição deseja utilizar ou então deixar que o próprio programa analise todas as distribuições disponíveis para determinar qual melhor adere aos dados coletados.

2.3.1.1 Principais Distribuições Estatísticas no Input Analyzer

Normal

A distribuição Normal descreve fenômenos regidos por variáveis aleatórias que possuem variação simétrica acima e abaixo da média. Muito utilizada em tempos de processo como tempos de máquinas.

Beta

Devido a sua capacidade de se adequar a várias formas, esta distribuição é usada como uma aproximação, quando houver ausência de dados.

Uniforme

A distribuição Uniforme especifica que cada valor entre um mínimo e um máximo especificado, tenha igual probabilidade de acontecer. Costuma-se utilizar esta distribuição quando pouco ou quase nada se sabe a respeito do comportamento da variável aleatória que estamos tratando, a exceção de seus pontos extremos.

Triangular

A distribuição Triangular não é identificada com nenhum tipo de operação específica, mas é útil quando se deseja uma primeira aproximação na falta de dados específicos. Além dos valores mínimos e máximos característico da distribuição uniforme, o conhecimento de um valor mais provável, valor modal, permite o uso desta distribuição, no lugar da uniforme. É muito utilizada quando não existem dados suficientes e é necessária uma estimativa.

Exponencial

A distribuição exponencial é uma das mais utilizadas em modelos de simulação. O principal uso é a modelagem de períodos de tempos entre dois acontecimentos.

Erlang

Utilizada na simulação de alguns tipos de processos, muitas vezes em situações em que uma entidade entra em uma estação para ser servida seqüencialmente, por uma série de recursos.

Gamma

Esta função costuma ser aplicada para representar tempo de complementação de alguma tarefa.

Log Normal

É freqüentemente utilizada para representar tempos de atividades com distribuição não simétrica.

Weibull

É largamente utilizada em modelos que representam o tempo de vida de equipamentos.

2.4 Aspectos logísticos de movimentação e armazenagem

Enfocando o aspecto distribuição na logística, Alvarenga (1994, p. 64) define a Logística de distribuição como aquela que opera “[...] de dentro para fora da manufaturas, envolve as transferência de produtos entre as fabricas e os armazéns próprios ou de terceiros, seus estoques, os subsistemas de entregas urbana e interurbana de mercadorias, os armazéns e depósitos do sistema (movimentação interna, embalagens, expedição, etc)”. Complementando essa idéia, Ballou (1993) também cita que se conhecer a demanda pelos produtos da empresa em questão e se as mercadorias poderem ser fornecidas instantaneamente, teoricamente não há necessidade de estoque físico. Portanto as empresas usam estoques para melhor coordenação entre a oferta e a demanda e, assim, diminuir o custo total. O IMAM (2000), também segue a mesma linha de raciocínio em que o foco são as necessidades do cliente, que direciona a logística do processo. Com tudo o foco fica nas pessoas, ou seja, elas fazem a diferença, derrubar barreiras e desenvolver pessoas é o ponto central da chamada nova estrutura logística dentro das empresas.

2.4.1 Aspectos de Movimentação e Armazenagem nos segmentos da cadeia produtiva

Nota-se que, de acordo com Fleury et al. (2001), a logística não está ligada somente ao transporte, relaciona-se, também, à infra-estrutura do transporte, que determina ir além da visão razoável de caminhões e trens parados em distribuidores. Conforme os autores, a infra-estrutura consiste em direitos de acesso, veículos e unidades organizacionais de transporte que fornecem serviços para uso próprio ou de terceiros. A natureza da infra-estrutura determina

uma variedade de características econômicas e legais para cada sistema modal (ferroviário, rodoviário, aquaviário, dutoviário e aéreo).

Além disso, aspectos envolvidos na armazenagem delimitam ao mínimo o manuseio de materiais e distâncias percorridas, visando fluxos diretos e retos seguindo uma padronização. Segundo Fleury (2001), essas razões são importantes pois a quantidade de mão-de-obra envolvida é relativamente grande, ficando vulnerável a qualquer queda de desempenho. Está também diretamente relacionado o manuseio de informações, pois apesar das avançadas tecnologias, o manuseio continua sendo predominantemente manual, causando o custo logístico mais alto. Para que esses fluxos sejam diretos envolve a estruturação de um layout, onde tem que existir relações de espaço, equipamentos, fluxo de pessoas, fluxo de matérias, e outras inúmeras integrações, visando atender máxima capacidade estática e dinâmica, máximo trabalho de movimentação de matérias e qualidade de operações.

3 METODOLOGIA

Este trabalho pode ser classificado em algumas formas: pelo ponto de vista da natureza, pela forma de abordagem do problema, em relação aos objetivos desejados e aos procedimentos técnicos adotados.

Pela natureza ele é considerado um trabalho de pesquisa aplicada que utilizando o conhecimento adquirido busca propor uma solução para o projeto de um terminal logístico.

Em relação à forma de abordagem do problema a pesquisa é quantitativa, pois traduz em números, ou seja, em linguagem matemática uma situação real.

Em relação aos objetivos é considerada uma pesquisa exploratória, pois necessita identificar informações e levantamentos de dados para propor uma solução.

Em relação aos procedimentos é considerado uma pesquisa bibliográfica, pesquisa experimental e estudo de caso. Um estudo sobre a viabilização de um sistema logístico.

A seguir está descrito detalhadamente cada procedimento:

- 1) Assuntos tratados na revisão de literatura
 - a) Simulação: destacando métodos de desenvolvimento de modelos, técnicas para análise e interpretação dos dados, assim como os principais erros envolvidos durante a interpretação dos resultados;
 - b) Operacionalidade do software Arena: Conceitos sobre as ferramentas contidas no programa, utilizadas para o estudo;
 - c) Logística: Conceitos de custos e sistemas logísticos.
- 2) Trabalho de campo para levantamento de dados e informações incluíram a realização de:
 - a) Levantamento de dados históricos para estudo da fábrica;
 - b) Cronoanálise de inúmeros processos dentro do sistema;
 - c) Entrevistas com funcionários.
- 3) Desenvolvimento do modelo de simulação
 - a) Análise de dados fornecidos pela empresa ou capturados;
 - b) Identificar variáveis do processo;
 - c) Identificar fluxo de materiais;
 - d) Criar um modelo que descreva o fluxo das atividades;

- e) Desenvolver a programação do modelo usando o software Arena de simulação;
- f) Simular várias situações para encontrar diversas soluções para o problema;
- g) Encontrar cenário para viabilidade do projeto.

4 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO DE CASO

A empresa em estudo uma das maiores do ramo de processamento de plástico em grânulos, para produção de embalagens, no mercado brasileiro e mundial. Essa empresa está situada na região da grande São Paulo, na cidade de Itapevi. A Empresa pertence ao Grupo Aptar, um dos maiores grupos mundiais o qual dedica-se ao desenvolvimento, fabricação e comercialização de sistemas dispensadores de embalagens plásticas para vários tipos de indústrias, com destaque para a indústria de cuidados pessoais, cosméticos, alimentos, bebidas, produtos de limpeza e produtos farmacêuticos. A empresa foi fundada no ano de 1940, como Seaquist Valve (USA) & Perfect Ventil (Alemanha), em 1960 são adquiridas pela Pitway Corporation, assim nas próximas décadas se deu o crescimento interno com primeiramente aquisições na Europa e no Estados Unidos da América, e disseminando para França, Itália e Estados Unidos, com aprimoramento da tecnologia e expansão da capacidade das nossas três principais linhas de produto : válvulas de aerosol , pumps e tampas dosadoras. Na década de 90, a fusão com a Pfeiffer, e abertura no capital na bolsa de Nova Iorque. Hoje o Grupo opera em escala global em 19 diferentes países com mais de 8 mil funcionários dedicados.

Em 1995 início no Brasil um escritório de representações comercial da Valois (França) visando a importação e venda dos produtos feitos então no exterior (França), essencialmente os atomizadores de perfumes. Este mesmo escritório comercial iniciou outras atividades desenvolvendo e prospectando o mercado de produtos para a indústria de perfumaria, cosméticos e farmacêutico, envolvendo aí o mercado de tampas plásticas dispensadoras, ou dosadoras. Logo em 1999, ocorreu o início das atividades industriais para produção de pumps e tampas dosadoras, na fábrica de Itapevi, SP. Hoje a empresa se dedica exclusivamente à produção de tampas plásticas nesta unidade, e conta com 90 colaboradores na manufatura de mais de 600 milhões de tampas por ano.

A planta possui um sistema de gestão da qualidade baseado e em conformidade com a norma ISO 9001:200, também visam à promoção da melhoria contínua, assim associando-se a programas de boas práticas de fabricação (GMP). No anexo A, se encontra o layout da planta da indústria para melhor entendimento do negócio.

Esta planta funciona em três turnos, com identificação do funcionário através de um cartão eletrônico, estes turnos se dividem nos seguintes horários:

- 06:00 as 14:00 - 1º Turno – Segunda-feira à Sábado
- das 14:00 as 22:00 - 2º Turno – Segunda-feira à Sábado
- das 22:00 as 06:00 - 3º Turno – Segunda-feira à Sexta-feira
- das 08:00 as 17:30 - Horário Comercial – Segunda-feira à Quinta-feira
- das 08:00 as 17:00 – Horário Comercial – Sexta-feira
- das 07:00 as 16:30 – Horário Manutenção – Segunda-feira á Quinta-feira
- das 07:00 as 16:00 – Horário Manutenção – Sexta-feira

Por sua vez a empresa também tem seu foco em sustentabilidade, pois com um conjunto de práticas às quais permitem que uma empresa cresça sem agressão, ou com o menor nível de agressão possível, sobre o meio ambiente.

4.1 Principais Produtos

Os produtos a serem retratados são dispensadores para as indústrias de alimentos, bebidas, higiene pessoal, cosméticos e produtos domiciliares. A função básica das tampas é fazer com que a dosagem desejada dos produtos contidos na embalagem saia. A outra função da tampa, não menos importante, é a estética, que complementa a embalagem e conseqüentemente contribui positivamente no processo de decisão de compra do consumidor. Na figura 8 irá demonstrar as funções dos sistemas dispensadores.



Figura 8 - Demonstração do tipo de sistemas dispensadores

Os produtos seguem uma linha que é chamada de *Standard* para que seja cômodo para o cliente a escolha da tampa, na figura 10 abaixo está representado alguns dos produtos que utilizam deste tipo de tampa.



Figura 9 - Produtos fabricados pela empresa com sistema dispensadores.

4.2 Principais Clientes

Por seguir os ramos de cosméticos, alimentos, bebidas, produtos de limpeza e produtos farmacêuticos, alguns dos principais clientes estão relacionados na figura 10.



Figura 10 - Principais Clientes

4.3 Processo de Fabricação

O processo de fabricação consiste em recepção da matéria-prima que chega em bags de uma tonelada cada bag. Nesta planta se opera com uma única matéria-prima que é o PP (polipropileno) em grânulos. Estes grânulos são transferidos para silos, que futuramente, através de vácuo, servirão para alimentação das máquinas. As máquinas em questão são injetoras, ou seja, o processo de injeção de termoplásticos se inicia com grânulos de plástico que são derretidos (plastificados) dentro de um cilindro na máquina (injetora) sendo injetados em um molde (ferramenta) e após esfriado é retirado (extraído) do mesmo completando o ciclo, a figura 12 abaixo demonstra como é o funcionamento de uma injetora de forma sucinta, e a figura 13 demonstra um dos tipos de injetoras para efeito de exemplo.

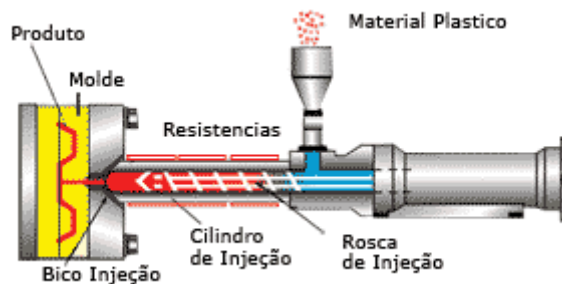


Figura 11 - Funcionamento de uma Injetora de Plástico.



Figura 12 - Ilustração de uma Injetora de Plástico.

4.3.1 Modelo de Fabricação da Empresa

A Empresa “X” por meio de silos para alimentação das máquinas segue o modelo de fila FIFO (*first in First Out*), já o tempo de processamento depende de cada tempo de ciclo de cada molde em suas respectivas máquinas. Outro fator muito importante na fabricação destas tampas é o número de cavidades de cada molde, pois esse número define quantas peças irão ser fabricadas por ciclo. Atualmente o fluxograma do planejamento e controle da produção segue o seguinte padrão, representado pela figura 14, se seqüenciando na figura 15 e 16.

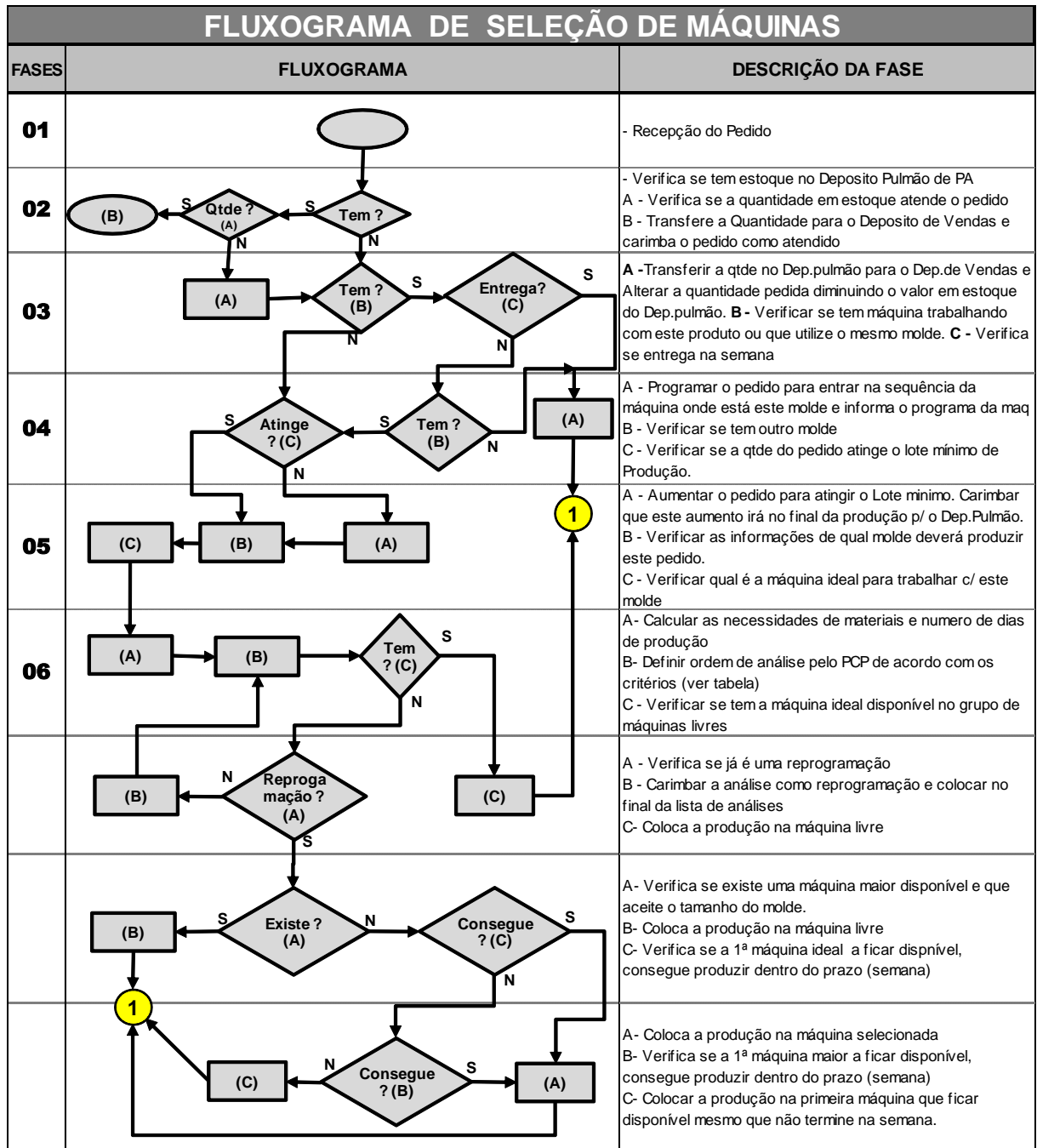


Figura 13 – Representação do processo de Seleção das Máquinas para Fabricação.

O planejamento da produção ocorre iniciando-se com a verificação se existe estoque pulmão, que se refere à quantidade determinada previamente e de forma estratégica, que pode ser de matéria-prima ou de produtos semi-acabados, no caso deduzindo da quantidade que tem que ser produzida, mas após essa dedução no estoque pulmão verifica-se o lote mínimo de produção. O próximo passo é verificar se existe molde em produção e se aquele molde supre a demanda, ou se será necessário alocar outro molde do mesmo produto em outra máquina, para que assim atenda o lead time.

A alocação do molde ocorre de acordo com a tonelagem de injeção da máquina, ou seja, a máquina tem que ter força de injeção para suportar a quantidade de peças a serem injetadas, ou peças com alto nível de detalhamento. No caso de moldes que necessitam de máquinas com tonelagens menores podem também serem utilizados em máquinas de alta tonelagem, mas para a empresa seria um desperdício, pois poderia haver pedido para aquele tipo de máquina em específico, conseqüentemente as máquinas são alocadas das menores tonelagens para as maiores tonelagens. No caso a indústria se utiliza de produção em massa, pois são máquinas de tonelagem alta que visam injeção de grandes quantidades por ciclo, pouco detalhamento na peça e baixo valor agregado.

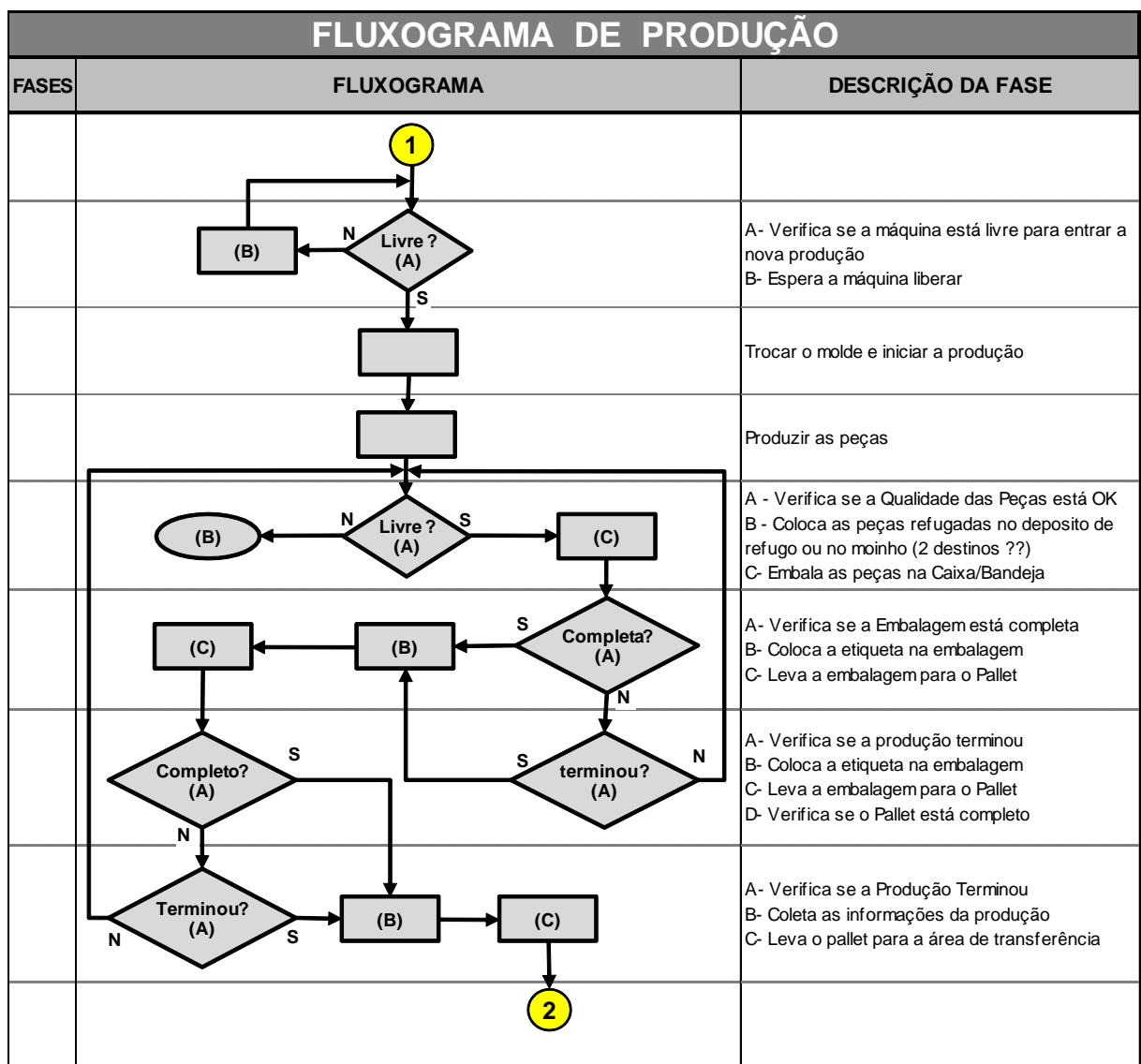


Figura 14 – Representação do processo de Produção.

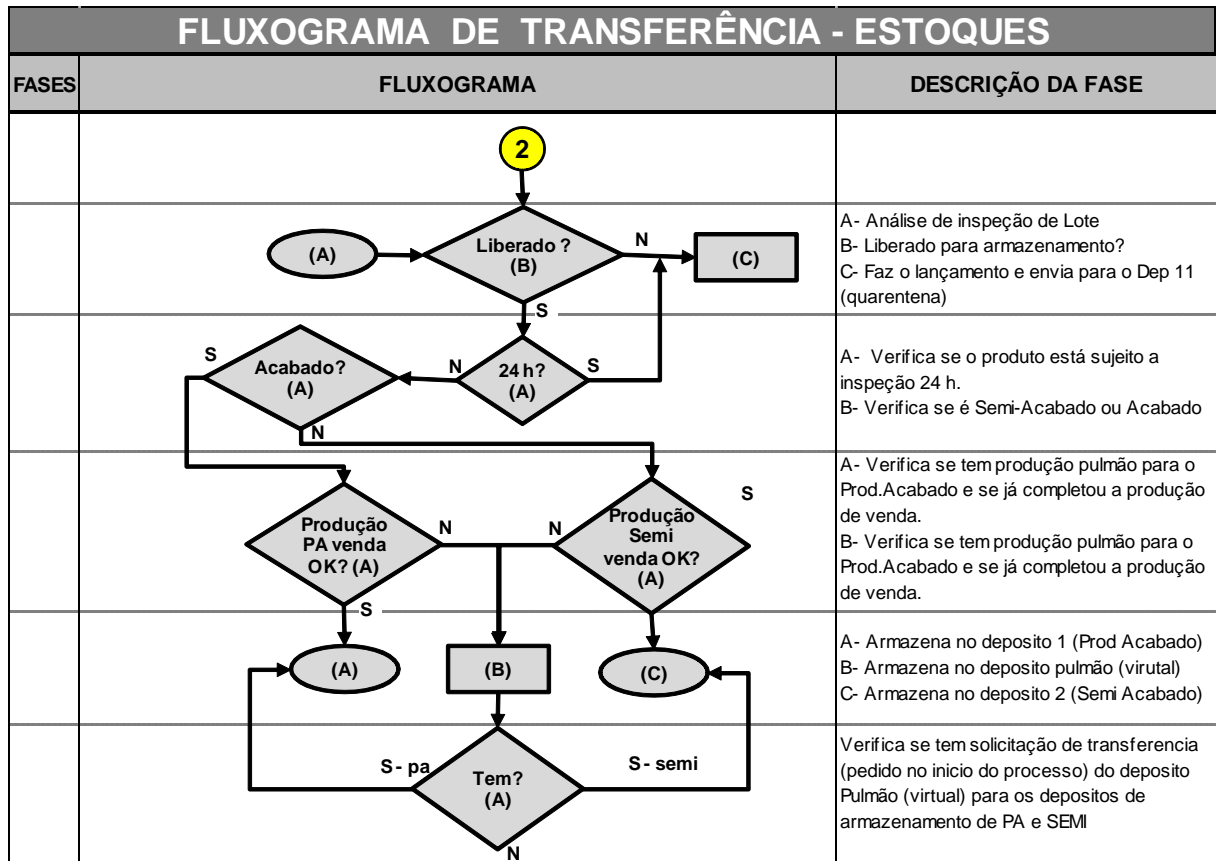


Figura 15 - Representação da Transferência de Estoques.

4.4 Estudo Dentro da Empresa

O estudo trata-se, dentro de uma gama de produtos os quatro de maior consumo na empresa, representando cerca de 52% do volume produzido no ano. Assim tendo como foco a utilização dos moldes e máquinas relacionados aos produtos e as pessoas que fazem parte do processo. Desta forma através da simulação podem-se prever futuras flutuações na demanda, como é o caso do estudo que irá dispor de dois cenários com demandas reais e outro de acordo com previsões. Estes cenários servirão para efeito de comparação para saber qual tipo de máquina e molde estará sendo mais utilizada e conseqüentemente saber onde terá que agir.

5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A coleta de dados foi feita baseando-se no histórico de pedidos do ano anterior, ou seja, todo tipo de pedido que foi processado e entregue, se utilizando de 24 máquinas relacionadas pela sua tonelage no quadro 1 abaixo, seguido da tabela 01 de entrada de pedidos por produtos e seu respectivo cliente.

150T	200T	200T		
Romi	Engel	Engel		
300T	300T			
Romi	Romi			
350T	350T			
Demag	Demag			
350T Bi	350T Bi	350T Bi	275 Bi	
Demag	Demag	Kraus Maffei	Ferromatic	
420T Bi	420T Bi			
Kraus Maffei	Kraus Maffei			
500T	500T	500T	500T	500T
Demag	Demag	Demag	Demag	Demag
600T	600T	600T		
Romi	Romi	Romi		
650T	650T	650T		
Demag	Demag	Demag		

Quadro 1- Máquinas de acordo com sua Tonelage e Marca

Tabela 1 - Produtos produzidos no ano de 2009.

Moldes dos Produtos	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Full Year
SH 200 ML	744	360	360	1235	504	120	800	500	0	600	600	600	6.423
SH Picasso 350 ml	13.086	10.514	9.192	8.581	10.300	11.156	11.084	13.000	12.000	12.000	12.000	10.000	132.913
SH Picasso 200 ml	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	51
Dante	0	0	0	80	0	882	1.463	1.500	1.500	1.900	1.900	1.900	11.125
Ketchup Unilever	0	0	0	0	0	0	128	3.400	3.400	3.400	3.400	3.300	17.028
Unilever	13.878	10.874	9.552	9.896	10.804	12.158	13.475	18.400	16.900	17.900	17.901	15.802	167.540
SH Elseve - Kids	252	0	112	28	112	140	196	0	112	0	0	300	1.252
SH Elseve BI	1.520	2.190	3.976	2.934	3.278	3.303	4.066	2.700	2.700	2.700	2.700	2.500	34.567
CO Elseve	2.580	2.250	2.714	3.360	2.790	2.584	3.089	2.840	757	0	0	0	22.964
SH Fructis	2.320	3.520	3.360	3.480	3.960	3.294	5.103	6.000	6.000	6.000	6.000	5.000	54.037
CO Fructis	638	352	1.540	1.716	572	1.100	573	800	800	900	800	800	10.591
Colorama	348	1.050	1.950	1.278	1.287	1.250	777	1.200	1.150	1.200	1.200	1.200	13.888
Pent Excellence	765	3.060	4.590	3.690	2.573	1.799	3.104	1.600	2.200	2.200	2.500	1.800	29.881
L'oreal	8.423	12.422	18.242	16.486	14.571	13.470	16.909	15.140	13.719	13.000	13.200	11.600	167.180
Global I - Brasil	0	0	0	0	301	355	365	0	0	800	0	0	1.821
Downy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Procter & Gamble	0	0	0	0	301	355	365	0	0	800	0	0	1.821
Apollonia	0	77	254	124	1.693	2.375	1.894	1.200	800	600	400	100	9.517
BDF	0	77	254	124	1.693	2.375	1.894	1.200	800	600	400	100	9.517
Apha 20 MM - Brasil	4.160	2.995	3.168	5.171	3.162	4.386	2.785	2.000	3.000	3.000	3.000	3.000	39.827
Sundown	176	0	133	333	397	2.384	2.458	2.500	1.000	1.800	1.200	0	12.381
J&J	4.336	2.995	3.301	5.504	3.559	6.770	5.243	4.500	4.000	4.800	4.200	3.000	52.208
Natura - Pula Corda - Twiste Open	402	395	286	260	82	31	19	333	220	167	167	133	2.495
Natura - Pula Corda - Closures Splash	402	395	286	260	82	31	19	333	220	167	167	133	2.495
Natura - Pula Corda - Closures for Pump	402	395	286	260	82	31	19	333	220	167	167	133	2.495
Natura	1.205	1.186	859	780	245	93	58	1.000	660	500	500	400	7.485
Flip Top Turma da Mônica	77	734	591	756	736	1.060	1.036	800	800	550	550	550	8.240
Kimberly	77	734	591	756	736	1.060	1.036	800	800	550	550	550	8.240
Naturals	819	874	1.225	0	98	1.889	1.380	800	800	800	600	600	9.885
Avon	819	874	1.225	0	98	1.889	1.380	800	800	800	600	600	9.885
L'occitane - Linha Brasil	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
L'occitane	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Several SWST 24.415	1.392	368	2.530	1.801	1.047	751	1.243	2.000	2.000	2.000	2.000	1.800	18.931
Several SWDT 28.410	0	0	0	137	0	100	0	0	0	0	0	0	237
Several SWDT 24.415	116	55	104	90	193	332	311	200	300	320	350	280	2.651
TT 50 mm Softline Snap On	240	465	245	225	535	197	472	500	560	500	450	450	4.839
TT 50 mm Softline Screw On	33	21	15	18	0	0	0	0	0	0	0	0	88
TT-35mm	908	580	1.592	1.600	901	1.822	968	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	15.872
TT 25 mm Softline	400	26	252	0	124	577	52	600	650	800	700	500	4.680
TT 40 mm Softline	0	0	0	0	141	171	1.102	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	7.914
Bi Injected Oval Closure (Big Sense)	473	1.383	336	883	914	534	1.114	1.200	1.100	1.200	1.200	800	11.136
Etérea	0	108	18	16	16	99	18	0	250	500	500	500	2.025
2 1/8 " Food Cap	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500	0	1.000
TT 35 Thread	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.400 P.S.From US	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	1.000	500	2.500
Jar Lid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	400	100	900
Total de Outros clientes	3.562	3.006	5.091	4.771	3.871	4.582	5.279	7.300	7.660	10.020	9.900	7.730	72.772

Com esse número de pedidos, dividiu-se em etapas para criar um modelo preciso, consiste na correta análise e manipulação dos dados coletados, esta etapa é tão importante quanto realizar validação e verificação do modelo, o Arena disponibiliza uma ferramenta conhecida por *Input Analyzer*, ferramenta que determina a distribuição de probabilidades que melhor adere certo conjunto de dados, para uma distribuição estatística capaz de descrever o comportamento da sazonalidade.

5.1 Cálculo do Lote Mínimo

O cálculo do lote mínimo foi feito a partir do tempo de troca de molde, pois como se trata de molde com aproximadamente oito toneladas, existem trocas que chegam até 70 horas. Assim

esse é o fator de maior relevância para este cálculo, por exigir aproximadamente dois dias de produção para executar um pedido. A partir da tabela 02, é demonstrado o lote mínimo de cada um dos moldes e também a troca de cor e versão para o produto relacionado.

Molde	Nome dos Produtos	Cliente	Cavidades	Horária	Lote Mínimo para Troca Molde	Troca Versão	Troca Cor
9	Global I - Brasil	Procter	48	8.960	1.052.278	0	151.321
62	Jar Lid	Severl	12	2.280	133.884	0	38.506
10	Colorama	L'Oreal	24	6.314	370.755	0	106.632
15	TT 50 mm Softline Snap On	Severl	24	4.896	287.497	330.752	82.686
16	SH 200 ML	Unilever	24	5.065	297.411	0	85.538
51	SH Picasso 350 ml	Unilever	24	4.690	413.127	0	79.212
17	SH Elseve - Kids	L'Oreal	24	5.472	321.321	0	92.414
18	CO Elseve	L'Oreal	16	3.610	211.959	0	60.961
19	Severl SWDT 24.415	Severl	24	5.184	152.205	0	87.550
49	Flip Top Turma da Mônica	Kimberly	12	2.908	170.742	0	49.107
20	TT 40 mm Softline	Severl	12	2.565	120.495	138.624	43.319
21	TT 50 mm Softline Screw On	Severl	8	1.670	98.087	56.422	28.211
22	TT-35mm	Severl	16	2.880	169.116	194.560	48.639
23	Severl SWST 24.415	Severl	32	6.480	380.511	656.640	109.438
24	Aplha 20 MM - Brasil	J&J	48	8.400	493.255	1.134.934	141.864
25	Sundown	J&J	24	5.536	325.093	561.007	93.499
27	Naturals	Avon	16	4.053	238.015	0	68.455
28	TT 25 mm Softline	Severl	12	2.592	152.205	0	43.775
53	Naturals	Severl	12	2.736	160.660	0	46.207
54	Ketchup Unilever	Unilever	32	8.418	741.509	0	284.351
63	Downy	Procter	32	6.840	401.651	0	115.518
60	2 1/8 " Food Cap	Severl	20	3.508	205.975	0	59.240
61	28.400 P.S.From US	Severl	32	7.817	459.029	0	132.020
29	Etérea	Severl	16	3.988	187.329	215.513	67.346
30	SH Fructis	L'Oreal	24	5.295	621.911	0	134.149
31	SH Fructis	L'Oreal	24	3.760	331.186	0	95.251
32	SH Fructis	L'Oreal	36	72	6.342	0	1.824
33	CO Fructis	L'Oreal	16	2.850	251.004	0	72.190
59	Apollonia	BDF Nivea	24	5.130	602.476	0	129.957
35	Bi Injected Oval Closure (Big Sense)	Severl	16	3.240	285.383	218.880	82.078
36	Severl SWDT 24.415	Severl	16	4.209	123.585	0	71.088
37	Severl SWDT 28.410	Severl	12	2.430	71.346	0	41.039
38	Severl SWDT 28.410	Severl	8	1.994	58.540	0	33.673
39	Pent Excellence	L'Oreal	32	7.296	428.427	0	123.219
40	L'Occitane - Linha Brasil	L'occitane	8	2.105	123.585	0	35.544
41	Natura - Pula Corda - Twiste Open	Natura	8	2.105	123.585	0	35.544
42	Natura - Pula Corda - Twiste Open	Natura	8	2.105	123.585	0	35.544
45	Natura - Pula Corda - Closures Splash	Natura	8	1.954	114.757	0	33.005
46	Natura - Pula Corda - Closures Splash	Natura	8	2.280	133.884	0	38.506
43	Natura - Pula Corda - Closures for Pump	Natura	8	2.105	123.585	0	35.544
44	Natura - Pula Corda - Closures for Pump	Natura	8	2.280	133.884	0	38.506
48	SH Elseve BI	L'Oreal	32	7.488	879.404	0	252.923
50	SH Picasso 350 ml	Unilever	32	6.254	1.101.671	0	211.232
58	Dante	Unilever	32	6.438	1.134.073	0	108.722

Tabela 2 - Lote Mínimo para Produção.

5.2 Análise de Dados para Inserção do Arena

A partir dos dados relacionados, realizou-se uma análise de fluxo de peças dentro da empresa para saber qual produto estava gerando maior movimentação dentro da fábrica, e conseqüentemente quais eram os moldes que estavam mais sendo utilizados. Abaixo segue uma tabela 03 com os produtos de maior movimentação, com quatro produtos grifados que serão os utilizados nesta análise.

Tabela 3 - Análise por quantidade.

ABC DE PRODUTOS			
Produtos	Produção Anual	%	% Acumulada
SH Picasso 350 ml	132.913	26,76%	27%
SH Fructis	54.037	10,88%	38%
Aplha 20 MM - Brasil	39.827	8,02%	46%
SH Elseve BI	34.567	6,96%	53%
Pent Excellence	29.881	6,02%	59%
CO Elseve	22.964	4,62%	63%
Several SWST 24.415	18.931	3,81%	67%
Ketchup Unilever	17.028	3,43%	70%
TT-35mm	15.872	3,20%	74%
Colorama	13.888	2,80%	76%
Sundown	12.381	2,49%	79%
Bi Injected Oval Closure (Big Sense)	11.136	2,24%	81%
Dante	11.125	2,24%	83%
CO Fructis	10.591	2,13%	86%
Naturals	9.885	1,99%	88%
Apollonia	9.517	1,92%	90%
Flip Top Turma da Mônica	8.240	1,66%	91%
TT 40 mm Softline	7.914	1,59%	93%
SH 200 ML	6.423	1,29%	94%
TT 50 mm Softline Snap On	4.839	0,97%	95%
TT 25 mm Softline	4.680	0,94%	96%
Several SWDT 24.415	2.651	0,53%	97%
28.400 P.S.From US	2.500	0,50%	97%
Natura - Pula Corda - Twiste Open	2.495	0,50%	98%
Natura - Pula Corda - Closures Splash	2.495	0,50%	98%
Natura - Pula Corda - Closures for Pump	2.495	0,50%	99%
Etérea	2.025	0,41%	99%
Global I - Brasil	1.821	0,37%	99%
SH Elseve - Kids	1.252	0,25%	100%
2 1/8 " Food Cap	1.000	0,20%	100%
Jar Lid	900	0,18%	100%
Several SWDT 28.410	237	0,05%	100%
TT 50 mm Softline Screw On	88	0,02%	100%
SH Picasso 200 ml	51	0,01%	100%
L'Occitane - Linha Brasil	18	0,00%	100%
Downy	0	0,00%	100%
TT 35 Thread	0	0%	100%

Para fabricação de cada um destes produtos é necessário seu respectivo molde que se relaciona com a tonelagem de injeção de cada máquina. Esta tonelagem é relacionada com cada molde, que se relaciona com seu respectivo tempo de ciclo na tabela 04 abaixo.

Tabela 4 - Relação de moldes com tempo de ciclo, cavidades e tonelagem.

Molde Linha	Produtos	Tempo de Ciclo	Cavidade	Maquina	Número da Maq	Tonelagem
9	Global I - Brasil	13,50	48	ZMGR1	mq3	500T
62	Jar Lid	18,00	12	ZMGR1	mq3	500T
10	Colorama	13,00	24	ZMGR1	mq3	500T
15	TT 50 mm Softline Snap On	15,00	24	ZMGR2	mq1	600T
16	SH 200 ML	14,50	24	ZMGR2	mq1	600T
51	SH Picasso 350 ml	17,50	24	ZMGR2	mq1	600T
17	SH Elseve - Kids	15,00	24	ZMGR3	mq10	300T
18	CO Elseve	15,00	16	ZMGR3	mq10	300T
19	Several SWDT 24.415	15,00	24	ZMGR3	mq10	300T
49	Flip Top Turma da Mônica	13,00	12	ZMGR3	mq10	300T
20	TT 40 mm Softline	16,00	12	ZMGR3	mq10	300T
21	TT 50 mm Softline Screw On	15,00	8	ZMGR3	mq10	300T
22	TT-35mm	16,00	16	ZMGR3	mq10	300T
23	Several SWST 24.415	16,00	32	ZMGR4	mq5	350T
24	Aplha 20 MM - Brasil	18,00	48	ZMGR4	mq5	350T
25	Sundown	13,00	24	ZMGR4	mq5	350T
27	Naturals	13,50	16	ZMGR4	mq5	350T
28	TT 25 mm Softline	15,00	12	ZMGR4	mq5	350T
53	Naturals	15,00	12	ZMGR4	mq5	350T
54	Ketchup Unilever	13,00	32	ZMGR4	mq5	350T
63	Downy	16,00	32	ZMGR4	mq5	350T
60	2 1/8 " Food Cap	19,50	20	ZMGR4	mq5	350T
61	28.400 P.S.From US	14,00	32	ZMGR4	mq5	350T
29	Etérea	13,00	16	ZMGR4	mq5	350T
30	SH Fructis	18,00	24	ZMGR5	mq12	350T Bi
31	SH Fructis	18,00	24	ZMGR5	mq12	350T Bi
32	SH Fructis	13,00	36	ZMGR5	mq12	350T Bi
33	CO Fructis	19,00	16	ZMGR5	mq12	350T Bi
59	Apollonia	16,00	24	ZMGR5	mq12	350T Bi
35	Bi Injected Oval Closure (Big Sense)	16,00	16	ZMGR5	mq12	350T Bi
36	Several SWDT 24.415	13,00	16	ZMGR3	mq10	300T
37	Several SWDT 28.410	16,00	12	ZMGR6	mq9	150T
38	Several SWDT 28.410	13,00	8	ZMGR6	mq9	150T
39	Pent Excellence	15,00	32	ZMGR6	mq9	150T
40	L'Occitane - Linha Brasil	13,00	8	ZMGR6	mq9	150T
41	Natura - Pula Corda - Twiste Open	13,00	8	ZMGR6	mq9	150T
42	Natura - Pula Corda - Twiste Open	13,00	8	ZMGR6	mq9	150T
45	Natura - Pula Corda - Closures Splash	14,00	8	ZMGR6	mq9	150T
46	Natura - Pula Corda - Closures Splash	12,00	8	ZMGR6	mq9	150T
43	Natura - Pula Corda - Closures for Pump	13,00	8	ZMGR6	mq9	150T
44	Natura - Pula Corda - Closures for Pump	12,00	8	ZMGR6	mq9	150T
48	SH Elseve BI	13,00	32	ZMGR7	mq16	420T Bi
50	SH Picasso 350 ml	17,50	32	ZMGR2	mq1	600T
58	Dante	23,50	32	ZMGR8	mq 20	650T

Dados os tempos e cavidades, se pode calcular a previsão do tempo de processamento de cada molde para cada pedido. Estes tempos irão ser utilizados na análise do modelo que se darão a partir do número de peças por pedido. Estas quantidades de peças serão determinadas a partir de uma curva gerada no Input Analyzer, que se utiliza de dados de entrada o histórico de pedidos.

5.2.1 Interpretação de dados do Input Analyzer

Valores de p (p value) demonstram valores de aderência, ou seja, é a probabilidade de obtenção de um conjunto de dados mais inconsistente com a distribuição escolhida do que o conjunto de dados que você realmente obteve, por exemplo, para o valor de p 0,1 é considerado fraco. Testes estatísticos podem definir as distribuições de forma diferente, como por exemplo, na ferramenta do Input Analyzer pode ser enquadrado em diferentes tipos de curvas, de acordo com seu respectivo erro. Abaixo, na figura 16, está representada a distribuição de entrada de pedidos com o uso da ferramenta Input Analyzer, e na figura 18, a demonstração de erros para cada curva gerada.

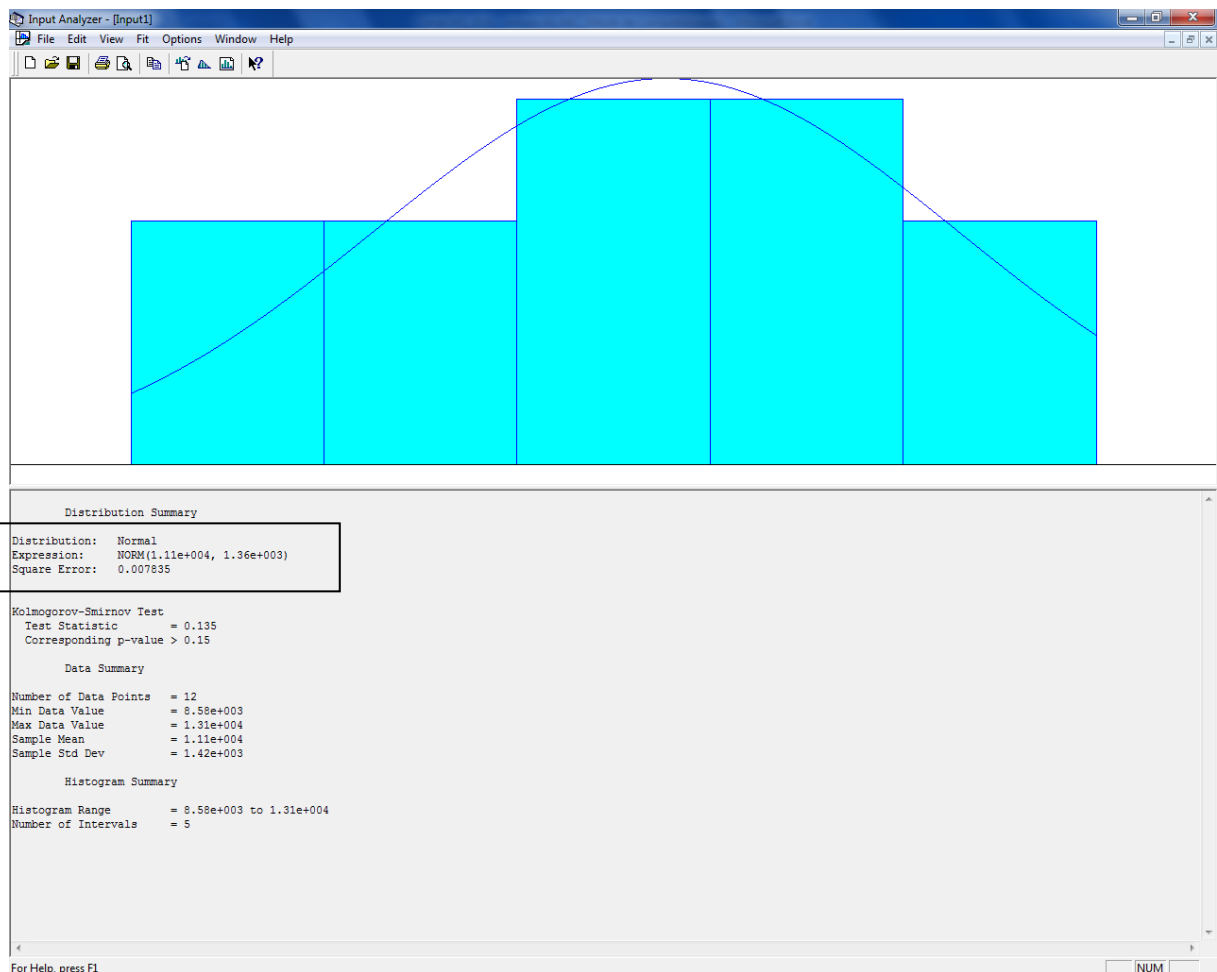
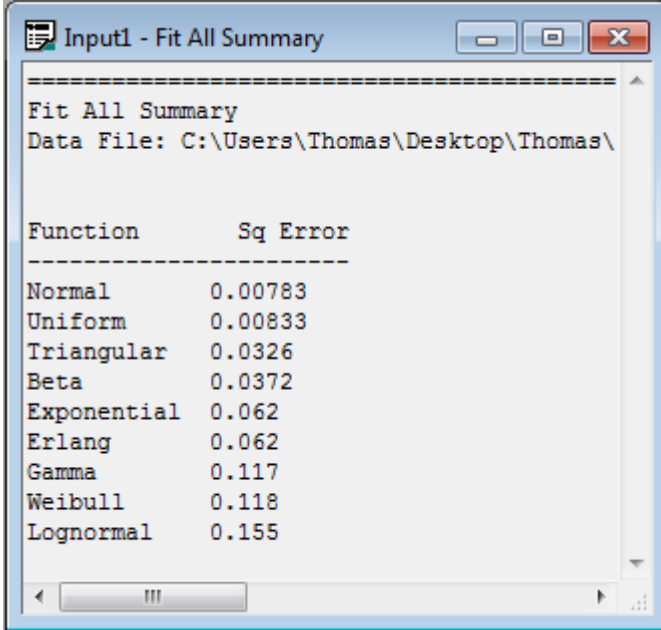


Figura 16 - Curva exemplo do molde SH 350 ml.



The screenshot shows a window titled "Input1 - Fit All Summary". The window contains a text area with the following content:

```
Fit All Summary
Data File: C:\Users\Thomas\Desktop\Thomas\

Function      Sq Error
-----
Normal        0.00783
Uniform       0.00833
Triangular    0.0326
Beta          0.0372
Exponential   0.062
Erlang        0.062
Gamma         0.117
Weibull       0.118
Lognormal     0.155
```

Function	Sq Error
Normal	0.00783
Uniform	0.00833
Triangular	0.0326
Beta	0.0372
Exponential	0.062
Erlang	0.062
Gamma	0.117
Weibull	0.118
Lognormal	0.155

Figura 17 - Relatório de erros no Input Analyser exemplo do molde SH Picasso 350 ml.

6 SIMULAÇÃO DINÂMICA

O objetivo da simulação da fábrica é saber a ocupação das máquinas e dos moldes e a fila nas respectivas máquinas, para que no futuro com um aumento ou redução na demanda seja prevista a capacidade da planta. Será realizada uma simulação com diversas replicações para efeito de comparação. Na criação do modelo é necessário a identificação das variáveis, que no modelo apresentado são:

- Número de entrada de peças por pedido
- Estoque pulmão
- Processamento de cada máquina
- Tempo de ciclo
- Cavidade por molde
- Quantidade de molde em processo de cada produto
- Quantidade de molde de cada produto
- Setup máquina

A simulação é iniciada a partir de um módulo chamado *Create*, que no software Arena esse módulo gera as entidades no sistema, no caso as entidades utilizadas representam dez milhares, ou seja, cada entidade representa dez mil peças a serem produzidas, isso foi utilizado para efeito de não sobrecarregar o sistema, pois o software Arena tem uma limitação de número de entidades rodando no sistema. Abaixo encontra-se, na figura 18, um dos quatro módulos *creates* do modelo.

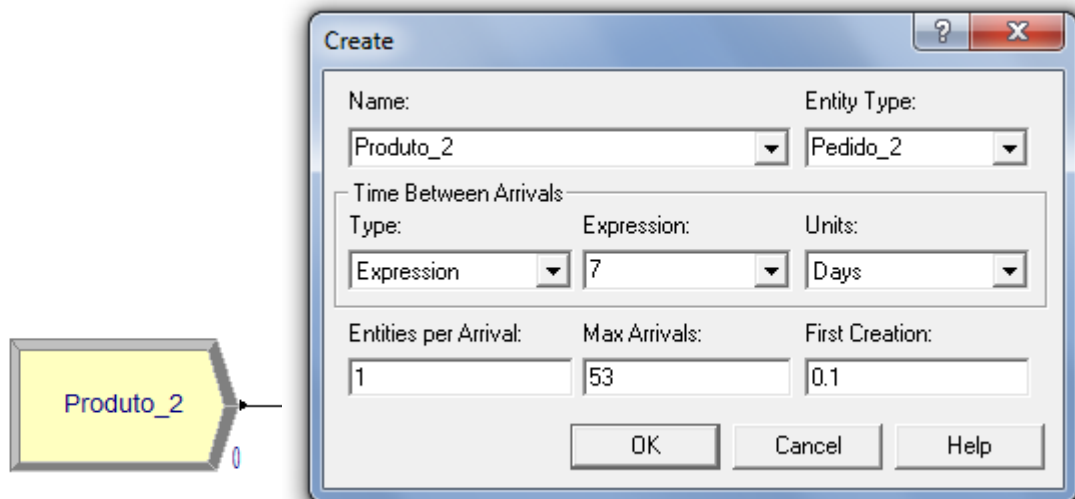


Figura 18 - Módulo *Create*.

Este módulo vai gerar entidades semanalmente, assim caracterizando entrada de pedidos. Logo após este módulo se encontra o módulo *Separate*, este módulo tem a função de fazer a explosão do pedido, para que assim seja gerado a quantidade de peças de acordo com a curva estatística, os módulo *separate* apresentados no modelo tem a seguinte configuração, como demonstrado na figura 19.

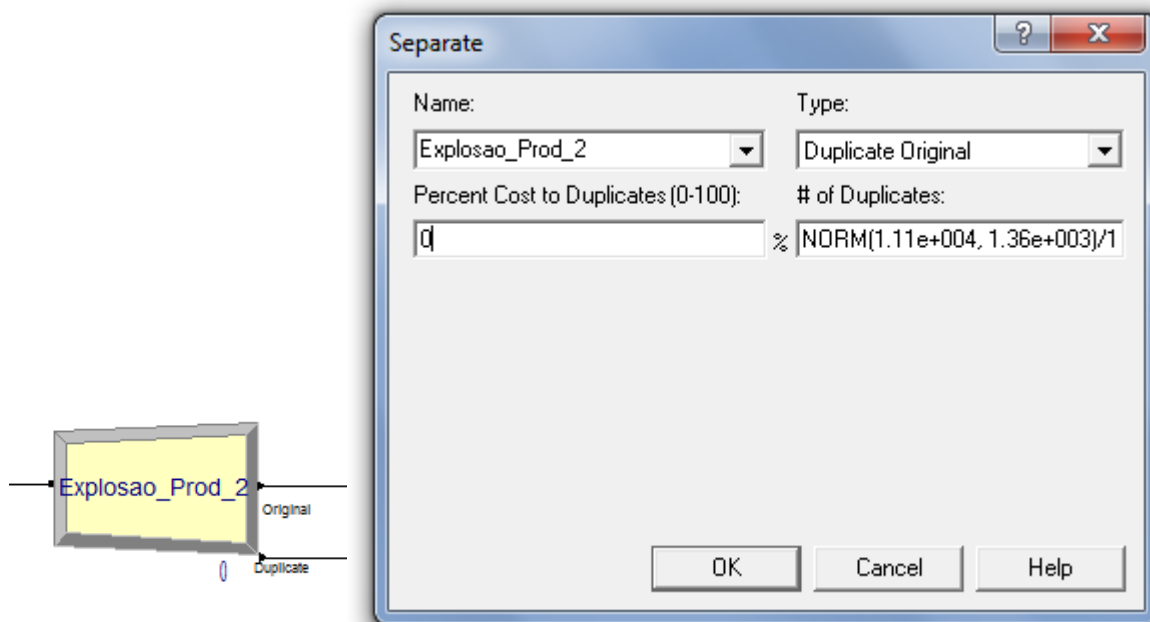


Figura 19 - Módulo *Separate*.

Após o módulo *separate* que se divide entre o número de peças do pedido que sairá para baixo (*Duplicate*), e o pedido que sairá por cima (*Original*), ou seja, como no exemplo a curva $NORM(1.11e+004, 1.36e+003)$, esta gerando o número de peças e na outra ponta do módulo saem os respectivos pedidos. Há uma série de módulos que irão conferir o estoque pulmão e o lote mínimo, ou seja, inicialmente será feita uma análise que realizará a conferencia se existe estoque pulmão daquele produto em seguida ajustar o lote mínimo, para que seja cumprida a quantidade do lote mínimo. As peças que se encontram no estoque pulmão serão enviadas diretamente para a expedição, já as peças que serão ajustadas no lote mínimo, serão incrementadas no pedido, como apresentado na figura 20.

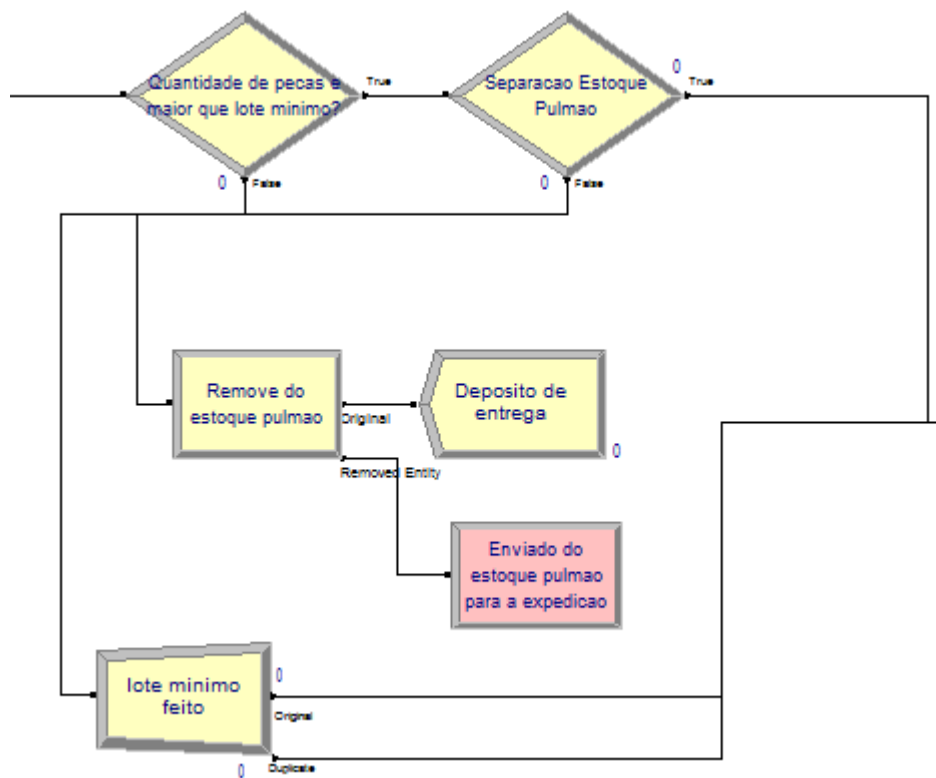


Figura 20 - Seqüência de Módulos para verificação se atende o lote mínimo.

A seguir, na figura 21 a apresentação de como irão ser processadas as peças, que irão seguir para um módulo *process* que irá relatar a situação real da produção daquele molde, pois de acordo com a fila do processo terá em tempo real o tempo estimado do processamento. Após esta etapa as peças irão seguir para expedição ou para o estoque pulmão dependendo da análise que foi feita de acordo com a quantidade de peças do lote mínimo.

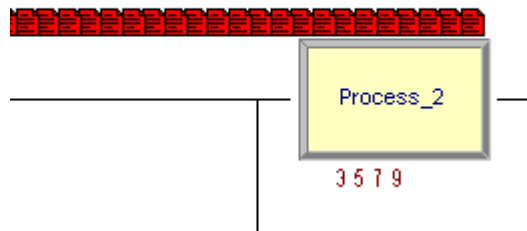


Figura 21 - Processamento de Peças.

No módulo *separate* relacionado acima, existem duas saídas. A saída onde é relacionado o nome “Original”, foi considerada como sendo do molde físico, ou seja, esta entidade que irá alocar e liberar a máquina. Assim seguirão na figura 22 os módulos que farão o PCP do molde que na seqüência o molde ocupará sua máquina de acordo com a tonelagem do mesmo. A figura 22 onde representa o PCP do molde que geram entidades de acordo com a demanda do pedido, por exemplo, se é realizada uma entrada de 500 peças, mas a capacidade produtiva do molde é de 100, no tempo em que se entrega o pedido sem atrasos, necessita-se de cinco moldes. Os módulos a seguir se tratam do tipo *assign* e *decide*.

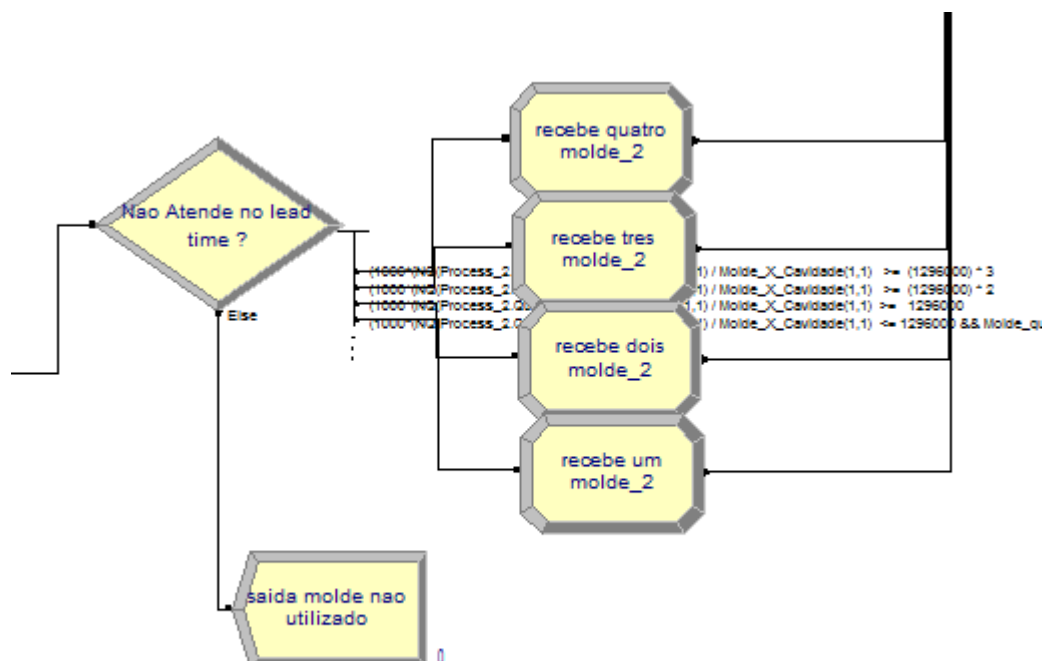


Figura 22 - PCP dos moldes.

O módulo *decide* é responsável pelo cálculo do tempo de processamento, na fila do produto em questão. Como é representado na figura 23 abaixo.

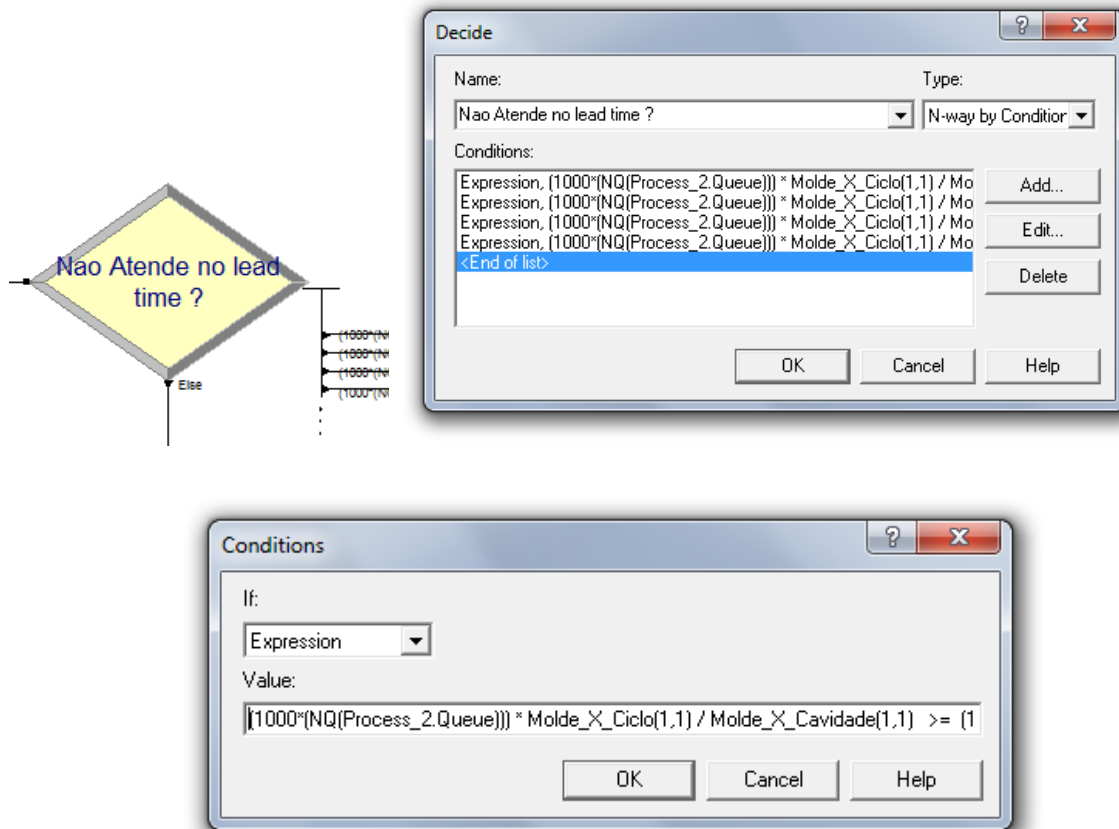


Figura 23 - Módulo *decide* para cálculo de tempo de processamento.

O PCP do molde também é formado pelo módulo *assign* que tem a função de atribuir o valor a uma variável de quantos moldes serão utilizados, este módulo é demonstrado abaixo, pela figura 24.

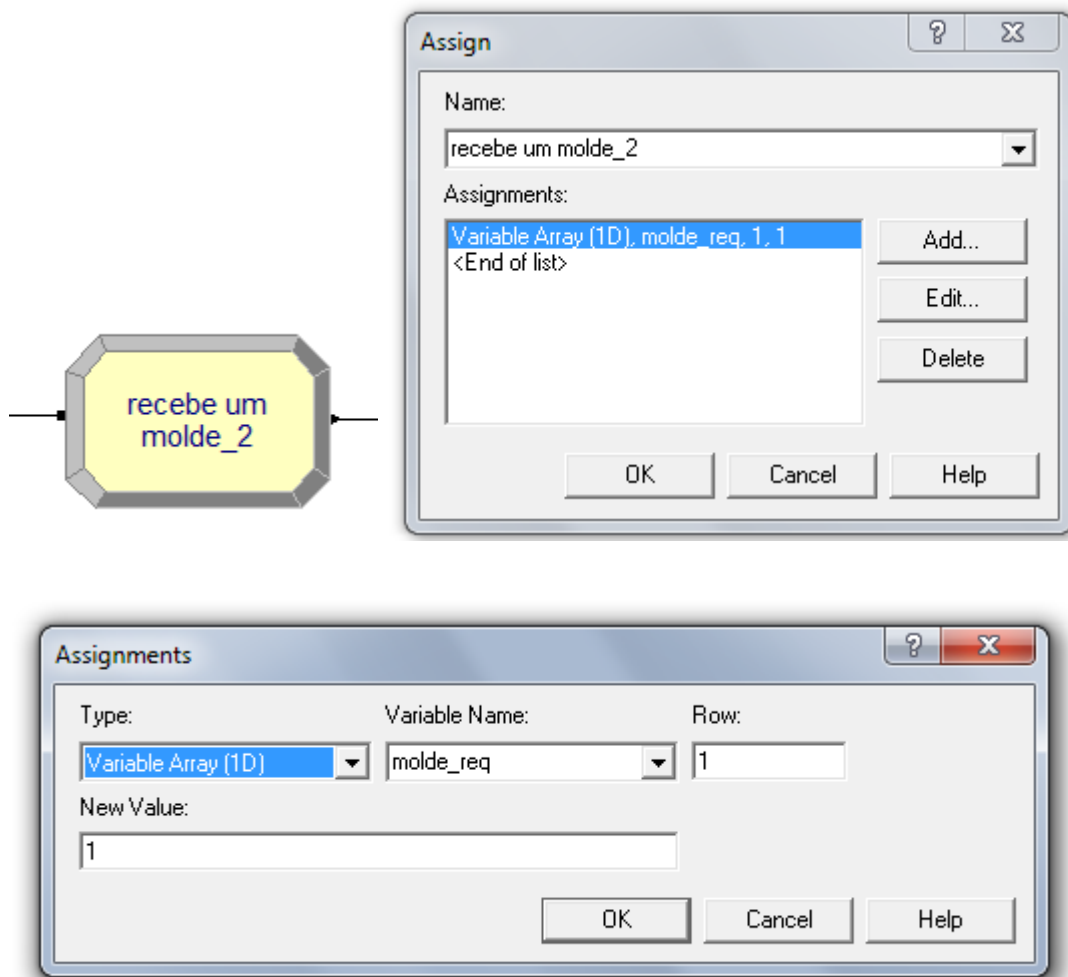


Figura 24 - Módulo assign para modificar a variável de quantos moldes são requisitados pelo processo.

A seguir a entidade que representa o molde segue para alocar uma máquina, onde encontra uma estação que vai levar através de uma rota a outra estação, onde está o grupo de máquinas da fábrica. A seleção da máquina ocorre quando a entidade do molde encontra uma máquina que está de acordo com sua tonelagem, por exemplo, uma máquina que tem 300 toneladas suporta um molde abaixo dela, mas não ocorre o contrário. A seguir, na figura 25, a apresentação da determinação das máquinas pelos moldes.

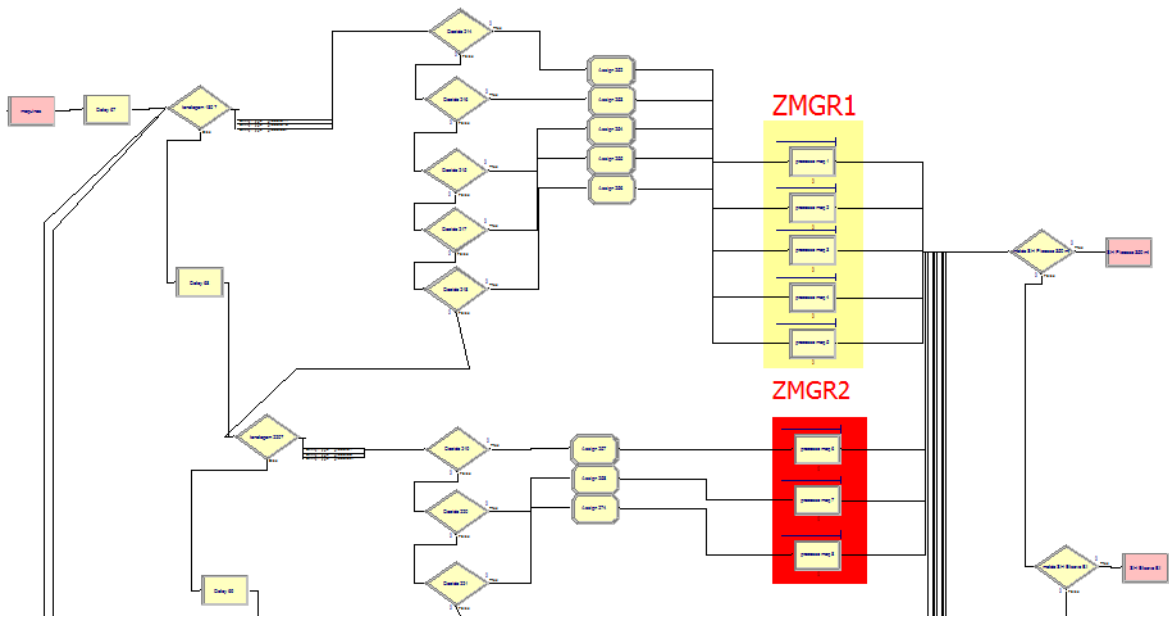
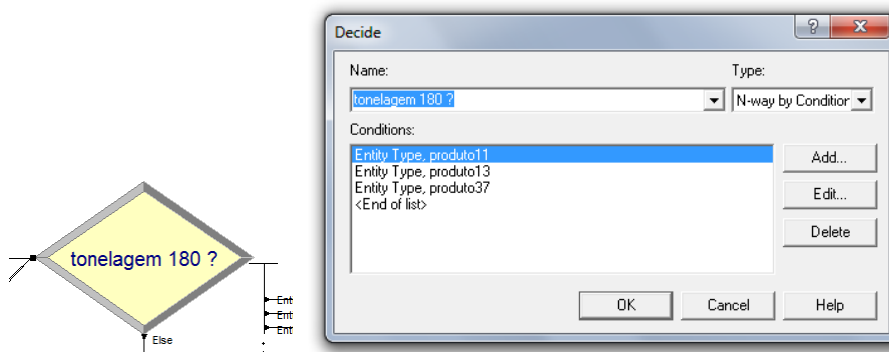


Figura 25 - Alocação do Molde.

Os módulos apresentados na seleção do molde são do tipo: *assign*, *station*, *decide*, *process* e *delay*. Os módulos do tipo *decide* tem a função de selecionar por tipo a entidade que entra na máquina de acordo com a tonelage, também tem a função neste conjunto de mostrar se a máquina está vazia. Já os módulos *assign* tem a função de dar um atributo à entidade que futuramente servirá para liberar a máquina que está sendo alocada. O módulo *process* está relacionado com alocar um recurso, que está representando a máquina, o módulo *station* tem a função de transferência de uma parte do modelo para outra, e o módulo *delay* tem a função meramente para programação, para que uma entidade seja analisada por vez. Abaixo está representado na figura 26 um exemplo de cada módulo.



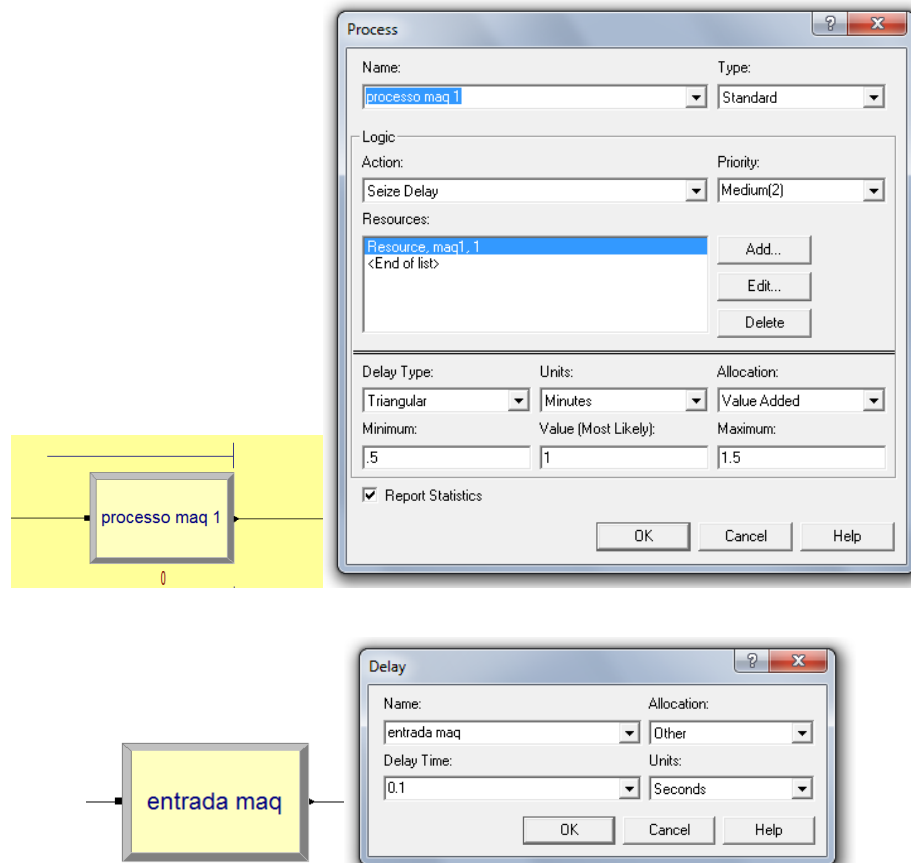


Figura 26 - Módulos utilizados na alocação da máquina.

Após o molde ser alocado, este segue para uma estação que levará, somente quando a fila no processamento do molde (no exemplo: *process_2*) for zero para que assim ele seja liberado. A liberação do molde ocorre em um conjunto de moldes composto por: *release*, *decide* e *station*.

O módulo de *station*, tem a mesma função de transferência como citado e demonstrado acima, assim como o *decide*, que a partir do atributo posto antes de entrar na máquina, o mesmo é utilizado para liberação do molde, e depois a entidade é descartada, pois não existe pedido daquele produto naquele momento. Abaixo, na figura 27, estão relacionados os módulos que são utilizados nesta etapa.

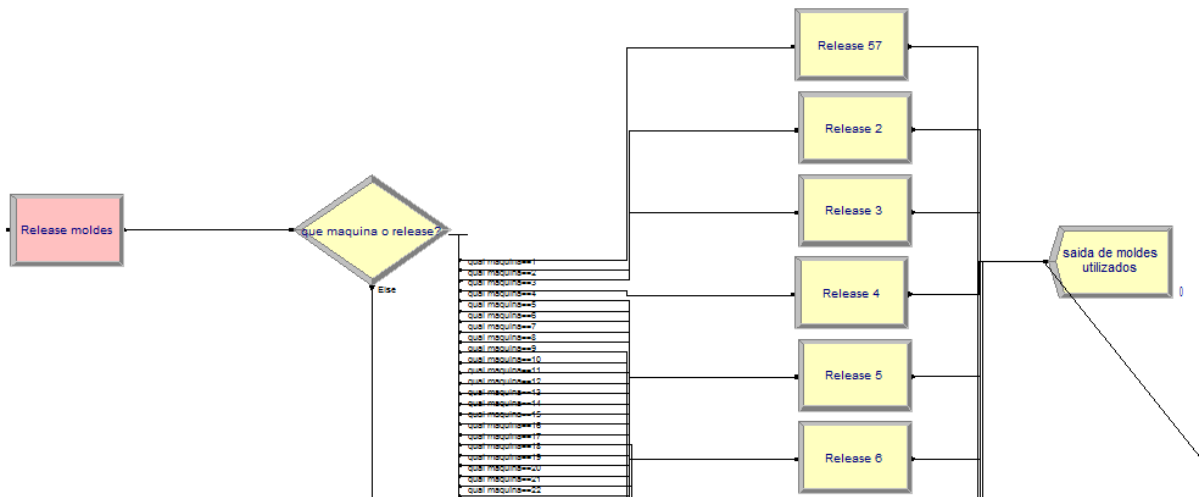
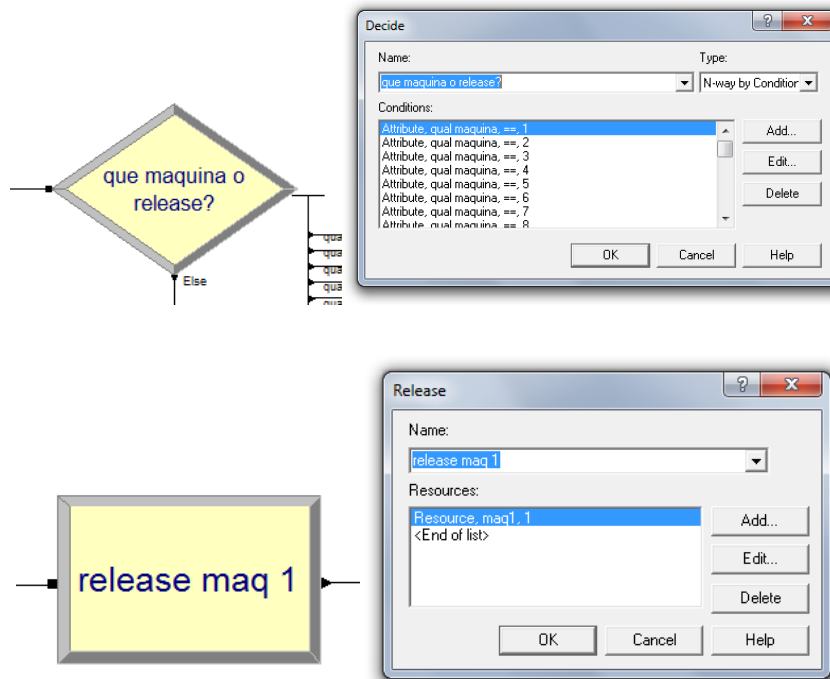


Figura 27 - Módulos para liberação do molde.

Na figura 28 a seguir será mostrado cada molde de cada tipo separadamente, para melhor entendimento.



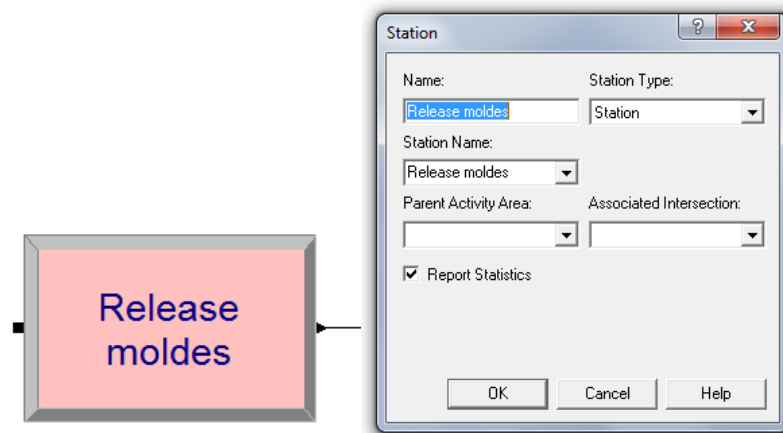


Figura 28 - Módulos da liberação do molde discriminados.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Cenário 1

7.1.1 Análise das Entidades

No cenário 1, foi feita uma simulação de como é atualmente a planta para cada produto selecionado, assim distribuído pelas máquinas de acordo com sua tonelagem. O relatório foi selecionado para ser gerado, pelo software Arena, em horas para conseguir uma idéia mais significativa da utilização de cada máquina e seus respectivos tempos. O foco da análise dentre outras coisas é prever a compra de máquinas para determinado aumento de demanda futuro. De acordo com a figura 29 abaixo, estão relacionadas as situações das entidades, em com seus respectivos nomes e com tempos médios de espera na fila, como por exemplo, foi de 29,16 horas para o “Pedido_16” e o tempo médio para processamento total foi 1,24 horas, e assim respectivamente para os outros pedidos.

Time

VA Time	
	Average
Pedido_16	1,2482
Pedido_2	150,27
Pedido_7	108,31
Pedido_9	153,66

Wait Time	
	Average
Pedido_16	29,1651
Pedido_2	11199,56
Pedido_7	5958,69
Pedido_9	16369,33

Figura 29 - Demonstração de tempos relacionados às entidades.

Também foi analisado o número de entidades que entraram e saíram no sistema, como representado na figura 30 abaixo.

Number In	
	Value
Pedido_16	1303,00
Pedido_2	4507,00
Pedido_7	1129,00
Pedido_9	1546,00

Number Out	
	Value
Pedido_16	663,00
Pedido_2	1457,00
Pedido_7	608,00
Pedido_9	738,00

Figura 30 - Demonstração de entrada e saída de entidades.

7.1.2 Análise das Filas

As filas em questão são relatadas abaixo de acordo com o processamento de cada tipo de produto, de acordo com a figura 31 estão relacionadas às filas médias e seus máximos e mínimos, lembrando que cada entidade corresponde a dez mil unidades.

Number Waiting			Minimum	Maximum
	Average	Half Width	Value	Value
Process_16.Queue	53,3958	10,34803	0,00	139,00
Process_2.Queue	1040,82	(Correlated)	0,00	1978,00
Process_7.Queue	51,3247	(Correlated)	0,00	140,00
Process_9.Queue	147,05	(Correlated)	0,00	304,00

Figura 31 - Demonstração das filas no processamento de cada pedido.

Outra análise feita é o numero de entidades feitas pelo processo que segue abaixo na figura 32, que demonstra relacionado à utilização da máquina sua produtividade dentro do período de cem dias que foi o período simulado.

Number Out	Value
Process_16	1072,00
Process_2	2227,00
Process_7	884,00
Process_9	1105,00

Figura 32 - Demonstração das filas no processamento de cada pedido.

7.1.3 Análise dos Recursos

A análise dos recursos está relacionada com o número de moldes para fabricação de cada produto e se existe máquina para que aquele molde atue. Atualmente a planta se encontra com um molde de cada tipo de produto, sendo estimado seu processamento pela capacidade deste molde, por exemplo: se um molde tem 24 cavidades e um tempo de ciclo de 18 segundos, a capacidade produtiva semanal deste molde é de aproximadamente 448 unidades, contando que a fábrica funcione 24 horas diárias como é o caso. Abaixo segue uma figura 33 que demonstra a utilização do recurso molde, ou seja, quanto o molde está sendo utilizado.

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Molde_16	0,4730	0,135160964	0,00	1,0000
Molde_2	0,9479	(Correlated)	0,00	1,0000
Molde_7	0,4219	0,137790108	0,00	1,0000
Molde_9	0,9673	(Correlated)		1,0000

Figura 33 - Demonstração do recurso molde para cada produto.

Cada molde se aloca em uma máquina, atualmente o produto 2, SH Picasso 350 ml, tem dois moldes, o produto 7, SH Elseve BI, tem um molde, o produto 9, SH Fructis, tem um molde, e o produto 16, Aplha 20 MM – Brasil, tem um molde também. O estudo verificou que com mais moldes e máquinas disponíveis poderia cumprir melhor a demanda, especialmente se tratando do produto 2 e do produto 9. O produto 2 somente é atendido por máquinas de 600T, como consta na figura 34 abaixo, as máquinas de número 22 e 23 são representadas por máquinas de 600T, e de acordo com a análise as máquinas estão super utilizadas, ou seja, necessitasse de mais máquinas para cumprir esta demanda, pois o ideal da fábrica é ter entre 75 e 85% de ocupação para possíveis aquisições futuras de pedidos.

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
maq11	0,4863	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq13	0,9673	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq20	0,4303	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq22	0,9479	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq23	0,9475	(Insufficient)	0,00	1,0000

Figura 34 - Demonstração do recurso máquina para cada produto.

A máquina 11, de 300T, é utilizada para fabricação do produto 16 (Aplha 20 MM – Brasil), que somente com este produto ocupa praticamente cinquenta por cento de sua capacidade. A mesma ocupação se observa para a máquina 20, que é utilizada na fabricação do produto 7

(SH Elseve BI) com tonelagem de 420T de Bi-injeção. O produto 9 (SH Fructis) exige uma máquina 350T de Bi-injeção que é representada na figura pela máquina 13, que tem uma utilização praticamente total, onde se encontra outra proposta de melhoria, pois como já previamente citado a utilização ideal das máquinas tem que ficar em torno de 80%.

7.2 Cenário 2

7.2.1 Análise de Entidades

No cenário 2, foi simulado uma planta com duas máquinas extras e um aumento de dez por cento na demanda, uma sendo de 420T de Bi-injeção e a outra de 600T para atender as demandas dos produtos 9 e 2 respectivamente. O relatório foi selecionado para ser gerado novamente, pelo software Arena em horas, seguindo a mesma análise feita no cenário 1. Primeiramente foi analisado entidades, de acordo com a figura 35 abaixo, com seus respectivos nomes e com tempos médios de espera na fila, como por exemplo, foi de 27,10 horas para o “Pedido_16” e o tempo médio para processamento total foi 1,53 horas, e assim respectivamente para os outros pedidos.

VA Time	Average
Pedido_16	1,5309
Pedido_2	121,27
Pedido_7	108,31
Pedido_9	157,66
Wait Time	Average
Pedido_16	27,1012
Pedido_2	109947,85
Pedido_7	5873,69
Pedido_9	15248,38

Figura 35 - Demonstração de tempos relacionados às entidades (cenário 2).

Também novamente foi analisado o número de entidades que entraram e saíram no sistema, como representado na figura XX abaixo.

Number In	Value
Pedido_16	1372,00
Pedido_2	4794,00
Pedido_7	1126,00
Pedido_9	1548,00

Number Out	Value
Pedido_16	663,00
Pedido_2	1600,00
Pedido_7	603,00
Pedido_9	600,00

Figura 36 - Demonstração de entrada e saída de entidades (cenário 2).

7.2.2 Análise das Filas

De acordo com a figura 37 abaixo, o tempo médio de processamento do produto 2 diminuiu consideravelmente, pois reduziu em aproximadamente 200 horas, já o processamento do produto 9 praticamente não se alterou, isso já são indicações de que não foi utilizada a máquina destinada para a demanda deste produto.

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Process_16.Queue	54,2709	10,54685	0,00	135,00
Process_2.Queue	803,30	(Correlated)	0,00	1325,00
Process_7.Queue	40,4635	7,98331	0,00	97,0000
Process_9.Queue	157,26	(Correlated)	0,00	357,00

Figura 37 – Demonstração das filas no processamento de cada pedido (cenário 2).

Foi observado o número de entidades processadas de cada produto como demonstra a figura 38 abaixo.

Number Out	Value
Process_16	1117,00
Process_2	3094,00
Process_7	923,00
Process_9	1065,00

Figura 38 - Demonstração das filas no processamento de cada pedido (cenário 2).

7.2.3 Análise de Recurso

No cenário 2, os moldes praticamente não se alteraram pois os produto 7 e 16, estão sendo cumpridos por sua disponibilidade de máquina e molde. Já o produto 2 aumentou sua utilização em relação a molde, pois foi inserida outra máquina no contexto. O mesmo ocorreu com o produto 9, mas que de acordo com a análise a máquina trabalhando em período integral satisfaz sua demanda, mas seria um ponto frágil na produção. Abaixo na figura 39 segue a utilização dos moldes.

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Molde_16	0,4926	0,134396612	0,00
Molde_2	0,9479	(Correlated)	0,00	1,0000
Molde_7	0,4404	0,139631075	0,00	1,0000
Molde_9	0,9325	(Correlated)	0,00	1,0000

Figura 39 - Demonstração do recurso molde para cada produto (cenário 2).

Outra análise que foi realizada para medir a necessidade de máquinas em demandas futuras, foi a utilização de cada máquina, que foram representadas pelas máquinas 14 e 24, que representam as tonelagem de 420T de Bi-injeção e 600T. Na figura 40 abaixo estão representadas as utilizações de todas as máquinas utilizadas.

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
maq11	0,5029	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq13	0,9335	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq14	0,00	(Insufficient)	0,00	0,00
maq20	0,4484	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq22	0,9479	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq23	0,9475	(Insufficient)	0,00	1,0000
maq24	0,7380	(Insufficient)	0,00	1,0000

Figura 40 - Demonstração do recurso máquina para cada produto (cenário 2).

Nota-se que a máquina 14 não foi utilizada, mas que a máquina 24 foi bem utilizada, pois sua utilização está em aproximadamente 70%, assim atingindo a meta da empresa que é a de ter em torno de 80% de sua utilização.

8 CONCLUSÃO

O atual trabalho tratou de modelar um sistema em uma fábrica de injeção de termoplásticos, que tem o foco em produto de baixo valor agregado trabalhando com altos volumes. A simulação dinâmica é uma técnica importante que permite o entendimento de sistemas a partir da modelagem de cenários diferentes. Estes cenários virtuais permitem a análise de diversos modelos de forma dinâmica, fazendo com que a empresa, ou instituição que se utiliza deste artifício, possa economizar tempo que muitas vezes significam recursos disponíveis e pessoas envolvidas no projeto.

No trabalho foi feita uma análise de movimentação dentro da fábrica, e constatou-se que aproximadamente cinquenta por cento desta movimentação é realizada por quatro produtos, que assim foram construídos dois cenários que tiveram como objetivo descrever a situação atual da planta e como seria se houvesse aumento na demanda, e quanto estão sendo utilizadas as máquinas.

No primeiro cenário, foi observado que nos quatro produtos selecionados dois estavam com máquinas super utilizadas (SH Fructis e SH Picasso 350 ml), ou seja, estavam com pedidos atrasados, pois estavam funcionando em sua capacidade máxima, e qualquer oscilação no processo acarretava em atraso. Assim para o segundo cenário foi apresentado um aumento de dez por cento na demanda, e compra de um molde e uma máquina de 600T para o produto 2 (SH Picasso 350 ml), e um molde e uma máquina de 420T de Bi-injeção para o produto 9 (SH Fructis). O resultado observado foi de que a compra para o cumprir a demanda para o produto 9 não seria viável, pois de acordo com o modelo a máquina conseguiu trabalhar com os pedidos sem fazer uso de uma nova, claro que ficou um ponto frágil na produção, pois está pouco suscetível a oscilações. Mas para o produto 2 a utilização da máquina comprada foi de aproximadamente setenta por cento, cumprindo a meta da empresa que é a de ter em torno de oitenta por cento da capacidade produtiva em máquinas.

De acordo com os resultados acima, uma empresa com esta situação que não se utilizaria deste recurso de simulação dinâmica, estaria comprando máquina para aumentar sua capacidade produtiva sem necessidade, assim economizando recursos que poderiam ser direcionados para outro fundo. Por fim, observa-se que a simulação de modo geral, através de modelos que se aproximam da realidade, facilitam a visualização de atividades futuras, contribuindo para a execução de planejamentos estratégicos de menor risco e maior veracidade, ou também simplesmente antecipando problemas.

9 REFERÊNCIAS

ABRE Associação Brasileira de Embalagens. Disponível em: <http://www.abre.org.br>
Acesso em abril de 2010.

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisão**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.

COSTA, L. C. Teoria das Filas e Simulação. Maranhão: Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal do Maranhão, 2005. 61p. Apostila.

FARIA, Ana Cristina de: **Gestão de custos Logísticos**: São Paulo: Atlas, 2005 .

FLEURY, P. F. et al **Logística Empresarial**. São Paulo:Atlas S.A., 2001.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2008.

IMAM, Instituto: **Gerenciamento da logística e cadeia de abastecimento**: São Paulo: Impresso no Brasil, 2000.

IMAM, Instituto: **Comparativo de custos logísticos**: São Paulo: Impresso no Brasil, 2001. Disponível em: <www.guiade-logistica.com.br/estatistica-log.htm>. Acesso em: abril de 2010.

PEREIRA, C.; COSTA, M.A.B. da; **Arena 11**. São Carlos: Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2009. Apostila 67p.

PRADO, Darci. **Introdução a Simulação com Aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2001.

SILVA, L. C. **Modelos de Simulação**. Espírito Santo: 2006. Disponível em: <http://www.heliorocha.com.br/graduacao/sisinfo/DS/ms0206_modelos_simulacao.pdf>
Acesso em 21 de maio de 2010.

TORRES, I.; COSTA, M.A.B. da; **Introdução à Simulação com Arena: Conceitos Básicos de Modelagem**. São Carlos: Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2005. 52 p. Apostila.

ANEXO A: PLANTA FÁBRICA

