

Class.	
Diff.	
Temp.	

Proposta de Sistematização do Estudo de Simulação em Indústrias Alimentícias



Julio Tadashi Tanaka



Trabalho apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Arthur José Vieira Porto

Class.	TESE-EESC
Curr.	15950
Tombo	0074199

311 0000 6904

S/S 1031733

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

T161p Tanaka, Julio Tadashi
Proposta de sistematização do estudo de simulação
em indústrias alimentícias / Julio Tadashi Tanaka. --
São Carlos, 1998.

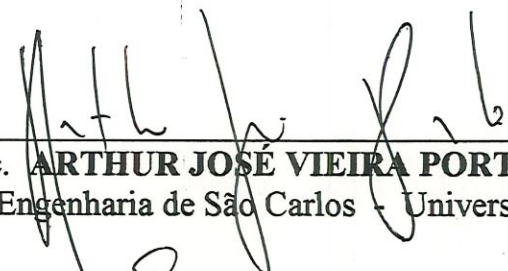
Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.
Área: Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Dr. Arthur José Vieira Porto.

1. Simulação. 2. Modelos. 3. Manufatura.
4. Indústria alimentícia. I. Título.


FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Engenheiro **JULIO TADASHI TANAKA**

Dissertação defendida e aprovada em 12.12.1998
pela Comissão Julgadora:



Prof. Assoc. **ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Dr. **SILVIO ROBERTO IGNÁCIO PIRES**
(Universidade Metodista de Piracicaba)



Prof. Dr. **PAULO ROGÉRIO POLITANO**
(Universidade Federal de São Carlos)



Prof. Associado **ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO**
Coordenador da Área de Engenharia Mecânica



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

Ao meu filho Bruno e minha esposa Nancy

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Arthur José Vieira Porto, pela orientação, incentivo, dedicação e amizade, imprescindíveis para a realização deste trabalho;

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio e incansável dedicação; sem os quais não teria chegado até este estágio de minha vida;

Aos amigos Edilson Reis Rodrigues Kato, o grande responsável pelo meu ingresso na Pós-Graduação, e José Luiz Miranda Jr. que nunca mediu esforço para me ajudar;

Ao amigo Roberto Hideaki Tsunaki, pela amizade e apoio;

Aos amigos Zé Paulo, Marcelo, Cecília, pela amizade e apoio;

À Ana Paula, secretária da Pós-Graduação na área de engenharia mecânica, pela consideração e atenção com que sempre fui atendido;

Aos amigos e amigas do Laboratório de Simulação, Sayuri, Orides, Lobão, Ana Paula, Ana Cristina, Osvaldo, Mamoru, Jandira, Enrico, Renato, pela colaboração;

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE GRÁFICOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Técnica de apoio à tomada de decisões: Simulação	2
1.2 - Objetivo do trabalho	3
1.3 - Descrição do trabalho	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	5
2.2 - FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO.....	14
2.2.1 – Simulação: Introdução.....	14
2.2.2 Sistemas.....	15
2.2.3 Modelos.....	19
2.3 PASSOS PARA FAZER SIMULAÇÃO	20
2.3.1 Definição dos Objetivos do Estudo.....	20
2.3.2 Procedimento Geral.....	22
2.3.3 Procedimento para condução de um estudo de simulação	23
2.4. DEFINIÇÃO DO SISTEMA	27
2.4.1 Determinação dos dados exigidos.....	28
2.4.2 Utilização de fontes de dados apropriada.....	31
2.5 CONSTRUÇÃO DO MODELO	32
2.5.1 Refinamento Progressivo.....	32
2.5.2 Expansão Incremental	33
2.5.3 Verificação e validação do Modelo.....	33
2.6. CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS.	35
2.6.1 Simulações terminais versus não-terminais.....	37
2.6.2 Execução de simulação terminativa e não-terminativas	38
2.6.3 Determinação do período de animação	39
2.6.5 Determinação do comprimento da corrida	40
2.7. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	42
2.8. RELATÓRIO DOS RESULTADOS.....	43
2.10 PASSOS PARA UM EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO	45
2.10.1 Passos Segundo SCRIBER.....	45
2.10.2 Passos Segundo SHANNON.....	47
2.10.3 Passos segundo LOBÃO	48
4 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO NAS INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS	52
4.1 – Implantação em uma fábrica de balas.....	52
4.1.1 – Plano de estudo.....	53
4.1.2 – Definição do software.....	54
4.1.3 - Capacitação prévia dos usuários.....	55
4.1.4 - Verificação/ Projeção da demanda.....	56
4.1.5 - Definição do Sistema e Construção dos modelos.....	57

4.1.7 - Análise das saídas.....	83
4.1.8 - Relatórios.....	84
5 – RESULTADOS E COMENTÁRIOS.....	85
6 - CONCLUSÃO.....	87
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Composição do sistema	15
Figura 2.2 – Fluxograma de SCHRIBER	46
Figura 2.3 – Fluxograma de LOBÃO	49
Figura 4.1 – Corte e embrulhamento de balas mastigáveis	67
Figura 4.2 – Corte e embrulhamento das balas duras	76
Figura 4.3 - Empacotamento de balas duras	77
Figura 4.4 – Plataforma de corte e embrulhamento de balas duras e mastigáveis.....	81
Figura 4.5 - Biblioteca de funções de modelagem	82
Figura A1 - Organograma da indústria alimentícia	96
Figura A2 – Fluxograma do processamento de balas duras: Estampadas(tradicional) e balas Pingadas	100
Figura A3- Cozedor a vácuo	101
Figura A4 – Bastonadeira	101
Figura A5 – Trafila	102
Figura A6 – Extrusora	102
Figura A7 – Estampadora tipo Cadeia	103
Figura A8 – Estampadora rotativa	103

Figura A9 - Fluxograma de processamento de balas moles	104
Figura A10 - Máquina de estiramento.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela A1 - Produção e consumo aparente de <i>candies</i> , em mil ton	106
--	-----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico A1 – Brasil – Evolução da produção e P.I.B., 1980 = 100.....	107
Gráfico A2 – Participações regionais (%).....	107
Gráfico A3 – Potencial de Consumo.....	107
Gráfico A4 – Consumo KG/Per Capita/Ano.....	108
Gráfico A5 –Elevação de gastos após o plano real	108

RESUMO

TANAKA, J.T.(1998)., *Proposta de Sistematização do Estudo de Simulação em Indústrias Alimentícias*, São Carlos, 1998, 108p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

No presente trabalho, um estudo de simulação foi realizado com o objetivo de ser analisado pelo ponto de vista operacional, onde os passos para a implantação em um sistema de manufatura foram pesquisados e aplicados em uma empresa, cujo ramo de atividade difere da grande área metal-mecânica. A empresa escolhida foi uma indústria alimentícia, uma empresa nacional de porte médio, localizada na cidade de Ribeirão Preto-SP. Para a realização deste estudo de simulação utilizou-se o software ARENA e o resultado final foi uma proposta de um procedimento a ser utilizado para a realização deste tipo de estudo em indústrias do ramo.

Palavras chave: Simulação, Modelos, Manufatura, Indústria Alimentícia.

ABSTRACT

TANAKA, J.T. (1998). *Systematization Proposal for Simulation Study in Nutritious Industries*. São Carlos, 1998, 108p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

In the present work, a simulation study was conducted with the objective of being analyzed by the operational point of view, where the steps for the implementation in a manufacture system were researched and applied in a company, which activity differs of the great area metal-mechanic. The chosen company was from the nutritious industry, a domestic firm of medium size, located in the city of Ribeirão Preto-SP. For the development of this simulation study, the software ARENA was used, and the final result was a proposal of a procedure to be used for another simulation studies in nutritious industry.

Keywords: Simulation, Models, Manufacture, Nutritious Industry

1 - INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia, com 38 mil empresas, 750 mil empregados diretos, faturamento anual de US\$58,1 bilhões, vem se constituindo num dos grandes vértices da economia brasileira e de sua estabilização e expansão (KLOTZ, 1996). Dentro deste contexto é aceitável que se aplique nessas indústrias conceitos outrora relegados às indústrias de transformação, consideradas empresas do grupo de elite da produção nacional.

Atualmente, o perfil da clientela da indústria alimentícia se modificou sensivelmente, a atenção maior sempre se volta para o cliente, para satisfazê-lo são elaborados programas internos e externos nas indústrias com o objetivo de sempre surpreendê-lo.

O mercado exige muito das empresas em termos de qualidade, preço e prazo de entrega, destes itens resultam a confiabilidade e segurança que o mercado deposita na empresa e conseqüentemente a sobrevivência.

As indústrias alimentícias de hoje tornaram-se altamente sofisticadas e automatizadas em curto espaço de tempo. Modernas máquinas têm mudado o perfil das indústria alimentícia nacional, principalmente com o livre acesso aos maquinários importados, tão cobiçados no passado recente.

Além dessas mudanças tanto no perfil do mercado como da indústria, a concorrência aumentou com a vinda dos produtos importados; a competitividade tem levado as indústrias a constantes mudanças; seja na diversificação de seus produtos ou no processo de produção (GALLO, 1993).

A indústria alimentícia também enfrenta o problema da sazonalidade, em determinada época do ano o consumo de alguns produtos cai a níveis preocupantes (GALLO, 1993), para compensar essa quebra de vendas, as indústrias são obrigadas a partir para uma diversificação maior de seus produtos. Mesmo com a diversificação, outro problema surge também com o fato do mercado atual, estar sempre a espera de um produto novo, de "algo

que esteja na moda". As indústrias alimentícias estão sentindo uma necessidade cada vez maior de possuírem em sua organização setores que tenham como atribuição primordial a pesquisa de novos produtos e sistemas de manufatura, para que as mudanças ocorram de maneira eficiente, acompanhando em tempo real as tendências do mercado consumidor.

1.1 - Técnica de apoio à tomada de decisões: Simulação

A Simulação de sistemas, no decorrer dos anos, mostrou ser uma poderosa ferramenta de apoio à decisão em situações que envolvem altos níveis de complexidade (COSTA, 1995).

A Simulação da Manufatura via computador é um instrumento poderoso para analisar e desenvolver os sistemas de manufatura das indústrias. Um simulador permite que o profissional elabore um modelo computadorizado do sistema, o execute, o analise e avalie situações diferentes, em um curto intervalo de tempo consegue-se efetuar várias corridas de simulação para períodos longos(1 ano ou mais), evitando assim que a indústria tenha um gasto desnecessário, pois utilizando a simulação os resultados são elaborados com maior rapidez, e sem aquisição de máquinas.

Dentro do que foi pesquisado verificou-se que a Simulação é amplamente divulgada e aplicada a Sistemas de Manufatura, principalmente na indústria metalúrgica como as grandes montadoras de automóveis. Que possuem equipes específicas para fazer Simulação.

No processo da implantação da Simulação existe uma metodologia, uma sequência lógica, cuja espinha dorsal deve ser obedecida `a risca para o sucesso da Simulação

1.2 - Objetivo do trabalho

Esta dissertação visa como objetivo maior a criação de uma metodologia, para implantação da Simulação de Sistemas de Manufatura em uma indústria alimentícia de porte médio, moldando a metodologia acima descrita, utilizada em empresas de grande porte, principalmente do ramo metalúrgico.

Não há neste trabalho, o objetivo de realizar estudos de Simulação, ou seja, realizar corridas de Simulação reais, com resultados específicos para a empresa analisada neste trabalho, analisar e aplicar.

Para validação da metodologia, foi adotada uma indústria de balas de porte médio, localizada na região de Ribeirão Preto – SP, cujo anonimato foi solicitado pela direção da empresa. Todas as fases do processo de implantação serão analisados, levando-se em conta os recursos disponíveis para uma empresa desse porte.

1.3 - Descrição do trabalho

No capítulo 2, da revisão bibliográfica, traz uma descrição sobre indústria alimentícia, onde são apresentados conceitos de produção, em alguns casos utilizados em todas as indústrias independente do ramo. Encontra-se também neste capítulo as definições sobre simulação.

O capítulo 3, é dedicado à proposta deste trabalho, que tem por finalidade apresentar a técnica de simulação aplicada a uma indústria alimentícia, segundo a literatura pesquisada.

No capítulo 4, descreve-se a aplicação da proposta do projeto, para atingir o objetivo deste trabalho.

No capítulo 5, os resultados e comentários deste trabalho são apresentados em função das observações anotadas durante a fase de aplicação da metodologia no chão de fábrica, propriamente dito.

O Capítulo 6, são apresentadas as conclusões resultantes deste trabalho, além sugestões para trabalhos futuros.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A indústria alimentícia, classifica-se também como um Sistema de Manufatura (AGOSTINHO, 1996), conceito bastante difundido em Engenharia Mecânica; os conceitos de gerenciamento da produção; *just-in-time*; *kan-ban* entre outros, já ultrapassaram as fronteiras das indústrias metalúrgicas, principalmente automobilísticas, pois o mesmo conceito de não desperdício e qualidade total, que tanto se prega nas indústrias automobilísticas japonesas (MONDEN, 1984), afina-se perfeitamente com as indústrias alimentícias.

Tradicionalmente, os sistemas de produção são agrupados em três grandes categorias (MOREIRA, 1993; ZACARELLI, 1986):

- sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha
- sistema de produção por lotes ou por encomenda (fluxo intermitente)
- sistemas de produção de grandes projetos sem repetição

Os sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha apresentam uma seqüência linear para se fazer o produto ou serviços; os produtos são bastantes padronizados e fluem de um ponto de trabalho a outro numa seqüência prevista as diversas etapas do processo devem ser balanceadas de tal maneira que as etapas mais lentas não retardem a velocidade do processo.

De uma forma geral, os sistemas de fluxo em linha são também caracterizados por uma alta eficiência e acentuada inflexibilidade. Essa eficiência é derivada de uma substituição maciça de trabalho humano por máquinas, bem como à padronização do trabalho restante em tarefas altamente repetitivas. Grandes volumes de produção devem ser mantidos para se recuperar o custo de equipamentos especializados, o que requer um conjunto padrão de produtos estabilizados ao longo do tempo.

Desta forma é problemático modificar tanto a linha de produtos como o volume de produção. o que leva à inflexibilidade. É quase certo que, se as 3

condições favoráveis ao alto volume e produção padronizada estiverem presentes, a competição forçará o uso da produção contínua por causa da eficiência.

Uma indústria alimentícia pode ser encarada como sendo um sistema de manufatura, do tipo fluxo em linha; que pela definição anterior se traduz em sistema de manufatura de alta eficiência produtiva e pouca flexibilidade. Como exemplo prático, tem-se o caso de uma indústria de balas modificando o formato da bala quadrada para circular, com certeza, a mudança acarretará uma queda da produtividade, até que o sistema se estabilize ao longo do tempo; mudanças neste tipo de indústria sempre são efetuadas com muito critério, principalmente num mercado concorrido como este. Muitas indústrias tradicionais fecharam suas portas por não suportarem as pressões e modificações do mercado. Entretanto, pequenas, porém sólidas companhias, foram criadas para produzir artigos considerados antieconômicos pelas grandes indústrias porque conseguiram adequar seu processo de fabricação às matérias-primas existentes no mercado e aos equipamentos modernos de fabricação.

Na indústria Alimentícia existe muita ênfase com relação ao tempo, principalmente depois de fabricação, em razão dos prazos de validade (ABIA, 1985) o produto final destas indústrias são perecíveis, alguns mais que outros. Uma empresa não pode fabricar um determinado produto e estocá-lo em virtude de uma sazonalidade previamente estabelecida pelo público consumidor. Nesse tipo de indústria leva vantagem quem conseguir fabricar com menos tempo; quem conseguir colocar à disposição do consumidor produtos "mais frescos", os produtos acabados são despachados obedecendo uma rotatividade pré estabelecida, FIFO (First in First out); o processo produtivo se inicia com a chegada dos pedidos ao setor de vendas, após então um relatório de vendas é repassado para compras e PCP, o setor de compras verifica a necessidade de aquisição de alguma matéria prima necessária para a produção exigida pelo relatório de vendas. Caso no almoxarifado conste a falta da matéria prima, caberá ao PCP, mediante a resposta de compras sobre

o prazo de entrega da matéria prima, fazer a programação de produção, analisando o estoque no almoxarifado de matéria prima, a capacidade produtiva da fábrica, capacidade das máquinas, ociosidade das máquinas, disponibilidade de mão de obra para remanejamentos entre setores ociosos, descanso de férias para funcionários ociosos. O setor de PCP funciona como o cérebro pensante da indústria, caso a configuração da combinação dos fatores citados anteriormente não seja a ideal, as conseqüências são previsíveis (parada da produção, não cumprimento dos prazos de entrega, prejuízos).

A contaminação é severamente combatida dentro de qualquer indústria alimentícia, e para tanto existem diversos órgãos que procuram criar orientações visando auxiliar a fabricação (ABIA, 1985; COPERSUCAR, 1990; REFINAÇÕES DE MILHO BRASIL, 1987; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1993.). Segundo IFUKI (1988); existem uma série de regras a serem seguidas para evitar a contaminação, chamadas de BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO, tradução do inglês "GOOD MANUFACTURING PRACTICES – GMP". São práticas higiênicas recomendadas no manuseio de alimentos, visando a obtenção de produtos seguros. Todas as etapas de fabricação e distribuição de produtos alimentícios que envolvem riscos de contaminação ou adulteração são objeto das Boas Práticas de Fabricação, e todos os funcionários de uma indústria de alimentos, direta ou indiretamente ligados à produção, colaboram e estão sujeitos à essas práticas.

As condições materiais da fábrica merecem cuidados no seu projeto, construção e manutenção, para que favoreçam a limpeza e a obtenção de bons produtos. Alguns itens básicos são:

- Materiais de acabamento lisos, impermeáveis, laváveis e atóxicos.
- Pisos com inclinação de 1 ~ 2% para escoamento de água.
- Superfícies com junções arredondadas, sem cantos vivos e reentrâncias.

-Espaço suficiente para limpeza e manutenção.

-Evitar estruturas aéreas (tubulações, fiações, passarelas, etc.) instaladas sobre o fluxo de produto.

-Iluminação adequada às atividades, ambiente de cor clara, uso de lâmpadas com proteção de segurança, impedindo a queda de fragmentos de vidro no produto, em caso de quebra.

-Ventilação adequada, com equipamentos de exaustão e insuflação, se necessário.

-Proteção nas aberturas para minimizar o acesso de insetos e roedores (janelas teladas, ralos sifonados, etc).

-Pátios e estacionamentos pavimentados, para diminuir a formação de pó.

-Áreas apropriadas e identificadas para:

- estoque de matéria prima,
- estoque de produto acabado,
- produtos químicos (área isolada),
- Inseticidas (área isolada),
- sanitários e vestiários,
- refeitório,
- lavagem de mãos (perto do recinto de processamento),
- manuseio de lixo, com recipientes tampados,

A construção de equipamentos e utensílios deve prevenir a contaminação do produto e também do ambiente (esteiras transportadoras e tanques cobertos, peneiras com captação de pó, por exemplo).

Os procedimentos de produção, armazenagem e transporte também estão sujeito a riscos de contaminações ou perda de qualidade do produto e

por isso também são controlados seguindo as BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO:

Matéria prima, produtos auxiliares e material de embalagem devem ser inspecionados e aprovados pelo controle de qualidade, antes do uso.

As operações de processo devem ser padronizadas e bem conhecidas pelos operadores.

No armazém, os materiais devem ser protegidos de umidade, ataque de pragas, sujidade e contaminações químicas, é importante observar a rotatividade dos produtos (FIFO – First In First On).

No transporte, a carga deve receber proteção contra umidade e contaminações, convém inspecionar os veículos e acessórios antes do carregamento, para maior segurança.

Em virtude das exigências do mercado consumidor muito se investe para fabricar alimentos livres de qualquer tipo de contaminação, os equipamentos utilizados são de um custo elevado; e como o mercado sempre exige mudanças para se adequar a ele, uma indústria sempre se vê as voltas com novos investimentos para poder sobreviver. Cada decisão a ser tomada exige sempre cuidados, pois a velocidade de produção é muito alta, qualquer erro pode custar caro, e difícil de se remediar.

Dentre todos os temas que, hoje, as empresas discutem no mundo inteiro estão sem dúvida, as questões referente à globalização de produtos e mercados. Em outras palavras, acredita-se que a tendência do mercado mundial é absorver produtos comuns a todas as nações e mercados, tornando o mundo de fato uma aldeia global de produtos uniformes e comum a todos os segmentos ou países.

Entretanto, em determinados países existe uma certa resistência em aceitar produtos importados, como que tentando manter o orgulho nacional, protegendo a hegemonia cultural dos produtos nacionais em relação aos produtos mundiais. No caso brasileiro, são muito conhecidos uma série de

lançamentos fracassados, mas que são sucessos no exterior. Surge então um antigo dilema nacional: “O que é bom para o europeu é bom para o brasileiro?”

O verdadeiro sucesso passa a ser vinculado aos aspectos culturais específicos de cada mercado, de cada segmento de consumidores; a empresa precisa conhecer bem o consumidor de seu produto de modo a adaptá-lo às características culturais de cada mercado, passa a ser fundamental conhecer ou relembrar as grandes tendências de comportamento, estilo e valor do consumidor brasileiro. Diferentemente de alguns países europeus ou asiáticos que têm como símbolos de sua cultura, os produtos que fabricam, como por exemplo os relógios suíços, os transistores japoneses, a cerveja alemã, os perfumes franceses ou os hambúrgueres americanos, os brasileiros têm como símbolo as práticas ligadas à dança, ao esporte e ao lazer. Assim são símbolos nacionais o carnaval, o futebol, o samba, etc. São evidentemente aspectos tão relacionados à produção ou à qualidade dos produtos fabricados no Brasil pelos brasileiros. Como consequência, o consumidor brasileiro valoriza menos o produto nacional, mesmo de ótima qualidade, e valoriza muito o produto importado, mesmo que de baixa qualidade.

Em virtude de uma situação econômica de inflação baixa em razão do plano real, uma nova e relevante transformação cultural se iniciou. Calcula-se que com o fim da inflação um contingente de 20 milhões de pessoas passaram a consumir mais e melhor nos últimos anos. Basicamente estes novos consumidores estão classificados como classe C e D, ou seja, de baixa renda e baixo padrão educacional, para a economia estes dados possuem uma significativa relevância, em 1995 a indústria alimentícia vendeu mais os produtos chamados populares como massas, salsichas, mortadelas, hambúrgueres, biscoitos, arroz, café, maionese, laticínios, etc. (SEMINÁRIO HAHN, 1996)

O aumento de consumo pelas classes sociais C e D implica também em um necessário aumento de qualidade e diferenciação de produtos, exatamente

porque na medida em que pode adquirir o consumidor deseja consumir melhor, quem comprava extrato de tomate passou a comprar molho pronto para usar.

A explosão do consumo no início do Plano Real em 1994, propiciou também uma mudança de hábitos da classe média, que passou a conhecer produtos importados, teve muitas facilidades para viajar ao exterior e adquirir hábitos de consumo mais sofisticados referência para novos produtos, etc. Exigindo maior esforço das indústrias para produtos de melhor qualidade a preços competitivos.

Os produtos alimentícios devem sempre apresentar um aspecto visual atraente e convidativo tanto em termos de embalagens, quanto de formato e de composição, além de que, devem obrigatoriamente satisfazer aos paladares dos consumidores. Com base nessas considerações, torna-se possível estabelecer um panorama das tendências de aromas para balas duras e mastigáveis, no mercado brasileiro e mundial(FURQUIM,1997):

-GLOBALIZAÇÃO, opções combinadas de aromas: groselha-mentol, lima-maçã verde, frutas tropicais

-PRODUTOS IMPORTADOS, produtos diferenciados, inovações para o paladar brasileiro: pêsego-damasco, iogurte, cassis

-GOSTOS LOCAIS E REGIONAIS, atender a gostos específicos, como: graviola, acerola, papaya, abacaxi, maracujá, manga, combinados ou não

-ESTILO DE VIDA, neste caso os consumidores preocupam-se com questões de saúde, ingredientes naturais, utilizam-se aromas cítricos, isolados ou combinados com mentol/eucalipto; esses aromas fornecem a sensação de refrescância, além de serem obtidos a partir de óleos essenciais naturais. Produtos *diet* fazem parte desta linha de consumidores

-FUNCIONALIDADE, produtos possuem valores agregados, que podem ser apresentados como vitaminas, minerais, fibras, etc.

Além do aroma outra peculiaridade que pode ser relevante em um produto de uma indústria alimentícia é a cor do produto, que pode ser um fator

de queda das vendas, visto o que ocorreu na empresa de massas Daria (ROCCO, 1998). A cor do produto era fundamental na escolha por parte do consumidor e esse fator estava diretamente relacionado à farinha usada na produção, a empresa investiu US\$2,6 milhões, para adquirir uma farinheira nova, da Bühler, que determina a quantidade ou a mistura exata para cada produto, além de um colorímetro, para verificar a cor de cada tipo de farinha comprada. A determinação da cor de um produto é encarada pelo setor como fator predominante na escolha do consumidor.

A embalagem é considerada o cartão de visitas de um produto. Atrativo para o consumidor, ela pode ser um fator de escolha determinante, embora nem sempre o aspecto exterior corresponda à qualidade daquilo que há dentro dela.

Segundo HABERFELD, 1997, o consumo de embalagens do Brasil em relação a outros países ainda é muito baixo, no Japão o consumo é de cerca US\$ 460/per capita de embalagens, nos EUA, US\$ 311 e no Brasil , US\$ 60/per capita. No entanto, esses números de crescimento têm sido positivos somente em relação ao volume de produção, a maioria das indústrias de embalagem têm enfrentado queda de faturamento, muito embora tenham obtido aumento de produção. A explicação está na abertura da economia após muitos anos fechada, que gerou um movimento muito forte de importação. Num período muito curto, as empresas viram-se obrigadas a fazer grandes investimentos para que fossem competitivas em nível global. O que gerou altos custos para as indústrias alimentícias, pois estes custos foram repassados dos fornecedores para as indústrias. Em alguns casos o custo da embalagem é mais alto do que o próprio produto por ela embalado; nesses casos é preferido perder a produção a perder a embalagem, é o caso das balas.

A tendência de globalização do setor alimentício exigirá cada vez mais agilidade, qualidade e eficiência no fornecimento do produto para um mercado que, entre outras coisas, exigirá produtos diferenciados. O desenvolvimento de uma embalagem depende de alguns critérios que devem

ser observados quando se quer lançar algo novo. Recomenda-se que se deve levar em conta que a embalagem faz parte de um sistema complexo. Deste modo, é fundamental que haja uma interface entre o setor de marketing e as áreas técnicas da empresa (Engenharia, Manufatura, Logística, Desenvolvimento de produto, etc.)

As empresas buscam, de acordo com as tendências do momento, modificar as características de suas embalagens, dando a elas aparência mais moderna e maior praticidade em seu uso; a escolha da embalagem certa depende do tipo de produto que se quer armazenar. Os critérios de escolha utilizados pela empresa PERDIGÃO, por exemplo, baseiam-se nas características físicas e organolépticas do alimento e nas condições de transporte e estocagem a que ele será submetido(NASCIMENTO, 1996).

2.2 - FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO

2.2.1 – Simulação: Introdução

Muitas situações do mundo real podem ser consideradas complexas devido ao grande número de variáveis a serem consideradas em um modelo matemático, não justificando tais métodos devido ao excessivo gasto computacional ou aproximações simplificadas do modelo. É o que acontece com os sistemas de manufatura, onde tem-se uma grande quantidade de variáveis relevantes a serem consideradas para uma tomada de decisão rápida e a baixo custo. Uma das alternativas para se solucionar este impasse, é o uso das técnicas de simulação. A simulação é uma técnica de resolução de problemas pela observação do comportamento, sobre o tempo, de um modelo dinâmico de um sistema (GORDON, 1978).

A simulação utiliza um programa de computação para estudar o comportamento de um sistema. Esta precisa de condicionantes e variáveis, utiliza estatística e outros instrumentos de engenharia e outras ferramentas.

Para que uma simulação seja realizada é necessário que se saiba exatamente o que se quer simular e se essa ferramenta pode ser utilizada para auxiliar na decisão que precisa ser tomada. Normalmente, quem trabalha com simulação não trabalha sozinho. Sempre existe uma equipe composta por pessoas que conhecem o problema, que conhecem simulação e programadores.

A simulação permite ao analista tirar conclusões sobre novos sistemas sem precisar construí-los, ou fazer alterações em um sistema já existente. É uma ferramenta que permite analisar as interações entre sistemas e entender como vários componentes interagem entre si e como afetam o desempenho do sistema como um todo.

A simulação é uma ferramenta que permite resultados em função das perguntas “e se”, não necessariamente otimizando o processo, mas fornecendo subsídios para as tomadas de decisões dos gerentes. Os

resultados obtidos só serão confiáveis se os dados de entrada também forem precisos.

O processo de simulação consiste em definir, formular, validar, analisar e recomendar. Fornece uma especificação funcional, um modelo de simulação e uma avaliação estatística para que os gerentes dos sistemas simulados tomem as decisões.

2.2.2 Sistemas

Um sistema é uma coleção de entidades relacionadas, cada uma caracterizada por atributos que se relacionam entre si, conforme mostrado na figura 2.1. O objetivo da análise de um sistema é entender como as mudanças de estado ocorrem, prever as mudanças, controlar e dar manutenção ao sistema e as mudanças.

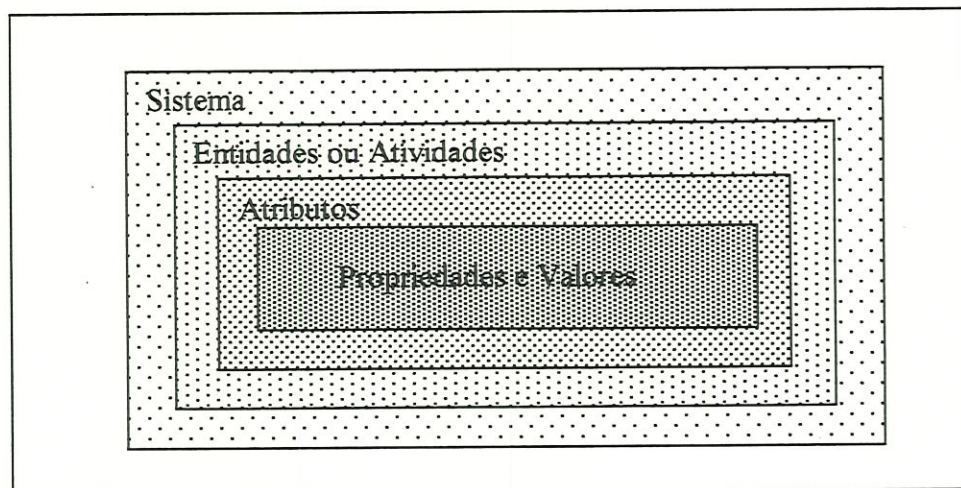


Figure 2.2 – Composição do sistema

Os sistemas podem ser:

1. Natural – quando não é feito pelo homem, tornando-se impossível a modelagem, a não ser que seja transformado em um não natural, são geradas as restrições do natural e se consegue estudá-lo.
2. Aberto ou Fechado – podem existir em vários ambientes ou existe em um só ambiente.
3. Adaptativo ou Não-Adaptativo – reagem as mudanças do ambiente.

A maneira de realizar a simulação dos experimentos depende da natureza do estudo:

- Análise de sistema – Tem por finalidade entender como um sistema opera, ou seja, qual o seu comportamento.
- Projeto de sistemas – produzir um sistema que atenda certas especificações.
- Postulação de sistema – simulação empregada em estudos médicos, políticos, econômicos e sociais, onde o comportamento do sistema é conhecido, mas os processos que o produzem não são.

2.2.2.1 - Simulação de processos discretos ou não contínuos

Um sistema discreto é aquele no qual o estado do sistema muda de acordo com um número finito de mudanças no tempo. A simulação de eventos discretos envolve o modelamento de um sistema de acordo com seu desenvolvimento sobre um período de tempo. Por exemplo, se um centro de usinagem produz uma peça acabada a cada 3 minutos, o número de peças acabadas produzidas pelo sistema (isto é, o estado do sistema), muda somente em instâncias discretas.

Sistema Discreto – o interesse principal está no evento, as equações expressam as condições para que um evento ocorra. Variáveis podem variar independentemente de outras, podendo ser seqüenciais. Quando as variáveis são estocásticas, é necessário que o sistema seja executado até que todas as condições sejam atingidas.

A simulação de eventos discretos começa pela definição matemática e lógica de como o estado do sistema irá mudar no tempo. Uma série de variáveis de estado são estabelecidas para coletar estatísticas sobre o desempenho do sistema. O tempo decorrido de um sistema é simulado por um relógio do sistema que dita o valor atual do tempo de simulação. O tempo se processa de acordo com um calendário de eventos que contém a lista de tempos de quando cada tipo de evento irá ocorrer no sistema.

Os eventos podem ser as chegadas de material, início de operações, fim de operações, quebras de máquinas, conserto de máquinas, etc. Um gerador de números aleatórios gera os valores de tempo de acordo com uma pré-especificada distribuição de probabilidades. Estes valores de tempo são usados para determinar o tempo do evento.

Por exemplo, o evento chegada de peças pede por um outro evento que é o fim das operações. A diferença de tempo entre estes dois eventos é o tempo de operação. O tempo de operação pode ser exponencialmente distribuído. Deste modo um gerador exponencial de números aleatórios gera um tempo de operação exponencialmente distribuído.

A modelagem do sistema a ser simulado pode ser implementada de duas maneiras diferentes:

- Escrevendo-a em uma linguagem de propósito geral, ou
- em uma linguagem especial de simulação.

Muitas linguagens de simulação fornecem uma boa capacidade de modelagem do sistema. Todavia, estas linguagens têm limitações na capacidade de modelagem, muitas vezes por aparecerem na forma de blocos de funções. Para modelos mais sofisticados, os usuários podem escrever o programa usando linguagens de propósito geral. Várias linguagens de simulação também fornecem aos usuários uma série de funções úteis tais como as para o gerenciamento dos eventos, coletar e mostrar estatísticas, gerenciamento de filas, geração de números aleatórios, etc.

2.2.2.2 - Simulação de processos contínuos

Um sistema contínuo é aquele no qual o estado do sistema muda continuamente no tempo (BENETT, 1995).

Sistema Contínuo – o interesse principal está em mudanças suaves, conjuntos de equações diferenciais são geralmente usadas para descreve-los, na execução todas as variáveis mudam ao mesmo tempo. Só existe um comportamento e só uma combinação entre as variáveis.

Um exemplo de um sistema contínuo é a concentração de um reagente dentro de um processo químico. O fluxo do produto dentro destes sistemas é contínuo e muda constantemente com relação ao tempo. Tipicamente os modelos de simulação contínuos envolvem uma ou mais equações diferenciais que dão o relacionamento para as taxas de mudança das variáveis de estado em relação ao tempo. Da mesma forma que a simulação de eventos discretos, a simulação de eventos contínuos começa pelo modelamento matemático e lógico, definindo como o estado do sistema irá mudar no tempo. As variáveis do estado são minuciosamente definidas no modelo para se avaliar as medidas estatísticas. A mudança de tempo de um sistema é dirigida pelas equações diferenciais que definem a mudança no estado do sistema.

2.2.2.3 Simulação de sistemas de manufatura

A complexidade inerente a um sistema de manufatura não permite a análise matemática de modelos com elevado grau de detalhamento; estes modelos podem ser estudados por meio de simulação (LAW, 1986). Sistemas de manufatura podem ser avaliados pela criação de modelos através de uma série de relações lógicas e aritméticas. Na simulação, um computador é usado para avaliar o modelo numericamente sobre um determinado período de tempo. As informações que são reunidas, são usadas para estimar as verdadeiras características do sistema.

A simulação pode fornecer uma estimativa do desempenho de um sistema existente sobre algumas série de condições de operação projetadas. Projetos de sistemas alternativos ou políticas de operação podem ser comparadas via simulação para determinar qual sistema melhor encontra uma série especificada de índices ou requisitos.

A simulação dos sistemas de manufatura pode ser classificada de três maneiras: simulação de eventos discretos, simulação contínua, ou uma combinação de ambos os métodos discreto e contínuo. A escolha é feita pelo tipo de mudança que o estado do sistema irá sofrer.

2.2.3 Modelos

Modelo é o corpo de informações sobre um sistema, obtido com o propósito de estudá-lo (PROMODEL, 1993). Um dos grandes problemas da definição de modelo é chegar a um nível de detalhamento que não haja dúvidas na construção. Algumas perguntas são importantes:

- Para que usar o modelo?
- Quem vai usar o modelo?
- Quanto de recursos são necessários para executar o modelo?

Os modelos de simulação são matemáticos (numéricos ou analíticos). Podem ser classificados como modelos de sistema contínuo ou discreto.

Os propósitos mais importantes para o uso de modelos em estudos de simulação são:

1. permitir ao investigador organizar suas crenças teóricas, suas observações empíricas, e deduzir as implicações lógicas desta organização;
2. permitir uma maior compreensão do sistema;
3. aumentar a velocidade em que a análise pode ser feita;
4. permitir testar as modificações do sistema;
5. facilitar a manipulação dos dados;
6. permitir o controle de mais variáveis;

2.3 PASSOS PARA FAZER SIMULAÇÃO

Fazer simulação requer mais do que conhecimentos exatos de como usar um produto de simulação. Um estudo de simulação é, por sua maior natureza, um projeto. Como qualquer projeto, há tarefas para serem completadas e recursos que são exigidos para completá-las.

Para ser bem sucedido um projeto de simulação, este tem que ser planejado com um entendimento das exigências de cada uma das tarefas envolvidas. Falhas são resultados do salto precipitado dentro de uma simulação, sem primeiro gastar tempo para considerar os passos envolvidos e desenvolver um plano para o procedimento.

A modelagem de simulação requer boa habilidade analítica, estatística, comunicação em organização e em engenharia. O modelador deve entender do sistema investigado e ser hábil para escolher através do complexo relacionamento de causa e efeito o que determinará a execução do sistema. E, o domínio dos fundamentos básicos em estatística é requisito exigido ao modelador.

2.3.1 Definição dos Objetivos do Estudo

Todo estudo de simulação começa pelo desenvolvimento de uma clara afirmação dos propósitos, metas e objetivos do projeto. Geralmente, a maioria dos estudos inicia com uma afirmação relativamente vaga, descrevendo um problema geral ou, ainda pior, um sintoma do problema.

Podem haver muitos modelos diferentes do mesmo sistema, cada um dos quais é válido para suas metas ou propósitos particulares. A meta ou propósito do estudo é o fator que guiará o projeto e as experiências a serem executadas. Para isso, desenvolve-se um modelo que ajuda a responder certas questões acerca do sistema.

Assim, estudos de simulação são usados para o projeto de novos sistemas e /ou modificações e melhoramentos na operação de um sistema

existente. Mas o objetivo deve ser definido em maiores detalhes do que uma simples questão. O analista deve estar habilitado a definir a espécie de decisão que deve ser tomada no sentido de responder a questão.

Visando os objetivos de uma simulação, as seguintes perguntas devem surgir (LAW, 1991):

1. Por que a simulação está sendo executada?
2. Quem usará o modelo?
3. Para quem os resultados da simulação serão apresentados?
4. Quais informações são esperadas?
5. Qual a importância da decisão a ser tomada?

Com o entendimento básico do sistema de operação, um conhecimento do trabalho de referência ou interesse, um ou mais objetivos podem ser definidos. A simulação deve ser usada se, em função dos objetivos, for determinado que esta é a ferramenta mais adequada. Tipos comuns de simulação incluem o seguinte:

- Análise de Desempenho. Qual a evolução de desempenho do sistema considerando um conjunto de circunstâncias baseados em medidas de significância (utilização, *throughput*, tempo de espera, etc.).
- Análise de Capacidade - Qual o processamento máximo ou a capacidade de produção do sistema?
- Análise de Aptidão - O sistema é capaz de encontrar a exigência de execução específica (*throughput*, tempo de espera, etc.) e, se não, que mudanças (adicionar recursos, improvisar métodos, etc.) são recomendadas para fazê-lo capaz?
- Análise de restrição - Onde estão as restrições ou gargalos no sistema e quais são as soluções trabalháveis para reduzi-los ou eliminá-los?
- Estudo de Comparação - O quanto muda uma configuração do sistema ou execução de variação do projeto comparado com outro.

- Análise de Sensitividade - Quais decisões (variáveis) são as mais influentes sobre uma ou mais medidas de execução, e o quanto influentes elas são?
- Análises Resposta/Decisão – Quais são os relacionamentos entre os valores de uma ou mais decisão para que o sistema responda aquelas mudanças?
- Efetividade de Comunicação – Quais as variáveis e representações gráficas podem ser usadas para, mais efetivamente, retratar o comportamento dinâmico ou a operação do sistema.

Alguns modelos são construídos tipo “descartável”, os quais são usados somente uma vez e então são descartados, necessitam ser providos de uma respostas quantitativas, são planejados para uso exclusivo do analista e são construídos para se tomar decisões de menor impacto. Outros são construídos para serem usados em análise continuada, exigem animações realísticas, são planejados para serem usados por gerentes (com pequeno conhecimento em simulação e portanto precisam ser de fácil uso), e são construídos para se tomar decisões de maior porte.

2.3.2 Procedimento Geral

A decisão de se fazer um estudo de simulação, usualmente, resulta da percepção de que a simulação pode ajudar a resolver um ou mais problemas, associados com o projeto de um novo sistema, ou a modificação/uso de um sistema existente.

Informações básicas devem ser obtidas acerca da natureza do problema para se determinar se a simulação é a ferramenta adequada para o estudo do problema.

Uma vez que uma problema ou projeto, tenha sido identificado como um candidato a simulação, decisões devem ser tomadas acerca de como conduzir os estudos. Não há regras escritas sobre como executar um estudo

de simulação, contudo, os seguintes passos são geralmente recomendados como guia para o estudo (Shannon, 1975, Gordon, 1978 e Law, 1991):

- 1 - Plano de estudo;
- 2 - Definir o sistema;
- 3 - Construir o modelo;
- 4 - Correr os experimentos;
- 5 - Analisar as saídas;
- 6 - Relatório de resultados.

Cada passo não necessita ser completado inteiramente antes de partir para o próximo. O procedimento para fazer uma simulação é interativo, no qual as atividades são refinadas e algumas vezes redefinidas com cada interação. Descrevendo estes processos iterativos, Pritsker e Pegden (1979) observaram

Os estágios de simulação são raramente executados em uma seqüência estruturada, começando com a definição do problema e terminando com a documentação. Um projeto de simulação pode envolver falsas partidas, suposições errôneas as quais devem, mais tarde, ser abandonadas, reformulações dos objetivos do problema, repetida avaliação e reprojeção do modelo.

2.3.3 Procedimento para condução de um estudo de simulação

Enquanto as exigências para cada passo variam de simulação para simulação, o procedimento básico é essencialmente o mesmo. A importância da adoção de um procedimento sistemático, é poder assegurar que o projeto será conduzido de maneira organizada, oportuna e com a máxima efetividade na execução dos objetivos.

Muitos projetos de simulação tendem a falhar desde o princípio devido a pobreza do planejamento. Objetivos indefinidos, expectativas irrealísticas e uma deficiência geral de entendimento das exigências, freqüentemente,

resultam em frustração e desapontamento. Se um projeto de simulação é para ser bem sucedido, um plano deverá ser desenvolvido, o qual deverá ser realístico, claramente comunicável e facilmente seguido. Planejar um estudo de simulação envolve as seguintes sub-tarefas: Definição de objetivos; identificação de restrições e preparação de especificações da simulação;

Com objetivos e restrições claramente definidos, podem ser especificadas as exigências de um estudo de simulação.

Aspectos do projeto de simulação que seriam incluídos nas especificações incluem o seguinte:

- . Alcance;
- . Nível de detalhes;
- . Grau de exatidão;
- . Tipo de Experimentação;
- . Forma de Resultados

Alcance - O alcance refere-se a amplitude do modelo ou quanto do sistema o modelo conterá. A determinação do alcance do modelo seria baseado em quanto suportar ou impedir uma atividade particular durante a realização dos objetivos da simulação.

Uma tendência comum é modelar o sistema inteiro, mesmo quando a área do problema e todas variáveis relevantes estão realmente isoladas dentro de um sub-sistema menor.

Nível de detalhes - O nível de detalhes define a profundidade ou resolução do modelo.

Ao contrário, o alcance do modelo afeta somente o seu tamanho, o nível de detalhes afeta a complexidade do modelo tanto quanto o tamanho.

A determinação do nível apropriado de detalhes é uma decisão importante. Muitos detalhes dificultam e consomem tempo para desenvolver

um modelo válido. Poucos detalhes podem fazer o modelo muito irrealístico com a exclusão de variáveis críticas.

O nível de detalhes é largamente determinado pelo grau de precisão exigido na saída.

Grau de Exatidão. - O grau de exatidão dependa da correção dos dados que estiverem sendo usados. Para alguns modelos ou para certas atividades a informação não necessita ser tão precisa ou exata como se necessita para outros.

Os graus de exatidão exigidos são determinados pelos objetivos do estudo. Se a decisão for importante ou a comparação for fechada, maior exatidão pode ser exigida. A exatidão, algumas vezes, tem que ser sacrificada se a informação correta e segura for simplesmente indisponível, tal como quando se inicia o modelando de um sistema completamente novo.

O grau de exatidão exigido pode ter um impacto significativo sobre o tempo e esforços exigidos para coletar os dados. Porém, o grau de exatidão, freqüentemente tem pequeno impacto, sobre o tempo de construção do modelo, isto porque um modelo pode ser construído com valores estimados que podem, mais tarde, serem substituídos por valores mais exatos. A precisão da saída é freqüentemente governada pelo grau de exatidão do modelo.

Tipo de Experimentação. - O número e a natureza das soluções alternativas a serem avaliadas devem ser planejadas de início, no sentido de permitir que seja adotado um cronograma adequado.

Para estudos em que estejam sendo considerados melhoramentos em um sistema existente, freqüentemente, é útil e eficaz modelar-se o sistema existente tão bem como o sistema proposto. A premissa básica é que não se está pronto para fazer melhoramentos em um sistema até que se possa entender como ele opera.

Forma de Resultados. - A forma na qual os resultados estão para serem apresentados pode afetar significativamente o tempo e o esforço envolvidos no estudo da simulação.

2.4. DEFINIÇÃO DO SISTEMA

Com objetivos claramente definidos e um planejamento bem organizado para a condução do estudo, pode ser iniciado o desenvolvimento de um modelo conceitual, sobre o qual a simulação será baseada. O processo de concentração e validação de informações do sistema poderá ser assoberto, pois os dados raramente disponíveis na forma que define exatamente como o sistema trabalha. Alguns pontos importantes devem ser considerados:

Identificação do relacionamento de causa e efeito. - É importante para identificar corretamente as causas ou condições sob as quais as atividades são executadas. Na acumulação de dados de tempos de parada, por exemplo, ele é útil para distinguir entre *downtime* devido a falhas, *downtime* por quebras, mudança de ferramentas, etc., e *downtimes* que são verdadeiramente períodos ociosos devido a não disponibilidade do estoque. Uma vez que as causas tenham sido estabelecidas e analisadas as atividades podem ser apropriadamente categorizadas.

Discriminação por fatos importantes. - A discriminação deve ser usada quando da pesquisa de dados, examinando os fatores que tenham pouco ou nenhum impacto sobre sua execução. Se por exemplo um operador está dedicado a uma máquina em particular e, por isso, nunca é uma causa de atraso de produção, não há necessidade de incluir o operador no modelo. Como também, tempos extremamente raros e baixos, movimentos de tempo desprezíveis, inspeções durante o roteiro e outras atividades insignificantes ou irrelevantes que não tem efeito apreciável sobre a rotina de execução do sistema, podem ser seguramente ignoradas.

Distribuição entre atividades tempo-dependente e condição-dependente. Atividades tempo-dependentes são aquelas que necessitam uma quantidade previsível de tempo para se completar, tal como um tempo de inspeção. Atividades dependentes de condições podem ser completadas somente quando certas condições definidas dentro do sistema são satisfatórias. Um exemplo de uma atividade condição-dependente, é executar uma operação

conjunta que requeira diferentes e diversas peças e componentes para se tornar viável.

Separação de entradas variáveis e de respostas variáveis - Entradas variáveis para um modelo define como o sistema trabalha (por exemplo, tempo de atividade, seqüências de rotinas, etc.). Respostas variáveis descrevem como o sistema responde a um dado conjunto de entradas variáveis (por exemplo, trabalho no processo, tempo ocioso, utilização de recursos, etc.).

Conseqüentemente, respostas variáveis seriam somente acumuladas para, mais tarde, auxiliar a validade do modelo, uma vez que ele esteja construído e corrido.

Estas pontos ajudam a garantir que o modelo do sistema possuirá as características básicas para os propósitos do estudo da simulação.

2.4.1 Determinação dos dados exigidos

O primeiro passo no sistema de pesquisa de dados é determinar quais dados são exigidos para construir o modelo. Isto seria ditado, preliminarmente, pelo alcance e nível dos detalhes exigidos para realizar os objetivos do modelo, como descrito anteriormente.

Em geral, os autores recomendam ir do geral para o específico no sistema de acumulação de dados. O foco inicial seria sobre definição do processo global corrente, para prover uma estrutura esquelética para aderir mais informações detalhadas. Informações detalhadas podem, então, ser adicionadas gradualmente conforme for viável (e.g. recursos exigidos, tempos de processamento, etc.). Partir com o processo global fluente, não somente proporciona uma abordagem ordenada para agrupamento de dados, mas também permite que o processo de construção do modelo seja iniciado, o qual reduz a quantidade de tempo para construir e executar o modelo mais tarde. Freqüentemente, os dados ausentes tornam mais evidentes quando o modelo estiver sendo construído.

Na definição dos fluxos básicos das entidades através do sistema, um diagrama de fluxo pode ser útil como meio de documentação e visualização do fluxo físico da entidade de locação para locação. Uma vez que um diagrama de fluxo esteja feito, uma checagem estruturada pode ser conduzida para assegurar que o fluxo está correto e que nada tem sido tolerado. O próximo passo pode ser para definir os detalhes de como as entidades se movem entre as locações e que recursos são usados para executar operações em cada locação. Neste ponto é apropriado identificar capacidades de locação, tempos de movimento, tempos de processamento, etc.

Para dirigir esforços no agrupamento de dados e assegurar que se encontre com outros, sobre os quais você depende para modelar informações, pode ser útil preparar uma lista específica de questões que identifiquem os dados necessários. Uma lista de questões pertinentes para ser respondidas pode incluir o seguinte:

1. Quais são os tipos de entidades que são processadas no sistema e seus atributos, se algum, distingue o meio, no qual, as entidades do mesmo tipo são processadas ou encaminhadas para vias determinadas?
2. Quais são as locações de rotas no sistema (incluindo todos lugares onde ocorrem processamento ou enfileiramento, ou onde as decisões de rotina são tomadas), e quais são as suas capacidades (isto é, quantas entidades podem estar acomodadas em um local o tempo de cada locação)?
3. Além das locações de rota, que outros tipos de recursos (pessoal, veículos, etc) são usados no sistema e quantas unidades de cada tipo existem lá (recursos usados intercambiáveis podem ser considerados do mesmo tipo)?
4. O que é uma rotina de seqüência para cada tipo de entidade no sistema?
5. Qual atividade, se alguma, toma lugar, de cada entidade, em cada rota de locação (definir em termos de tempo exigido, recursos usados, número de entidades envolvidas e qualquer outra decisão lógica que toma lugar)?

6. Onde, quando, e em que quantidade as entidades entram no sistema (definir a relação, tempo de chegada, padrão de chegada cíclica, ou condições em que iniciam cada chegada)?
7. Em que ordem, faz múltiplas entidades partirem de cada locação (primeiro entra, primeiro sai, último entra, primeiro sai, etc.).
8. Em situações onde uma entidade de saída é encaminhada para uma das diversas locações alternativas, como é a rotina de decisão feita
9. Como uma entidade move de uma locação para outra (definir em termos de tempo e os recursos exigidos)?
10. O que dispara o movimento de entidades de uma locação para outra (isto é, capacidade na próxima locação, uma demanda de correnteza na locação, uma condição externa)?
11. Como os recursos movem, de locação para locação, para executar tarefas (definir qual dos dois, em termos de velocidade e distância ou tempo)?
12. O que os recursos fazem quando eles terminam a execução de uma tarefa e não há outra esperando (e.g. param, movimentam para outro lugar, etc.)
13. Em situações onde múltiplas entidades são esperadas para a mesma locação ou recursos quando ele torna viável, que método é usado para fazer uma seleção de entidades (e.g., entidade esperando mais tempo, entidade fechada, prioridade mais alta, etc.)?
14. Qual a relação de viabilidade para recursos e locações (definir em termos de relação de transferência e paradas)?
15. Quais falhas aleatórias são executadas pelos recursos e locações (definir em termos de distribuição, descrição do tempo para falhas e tempo para reparo)?

Dependendo do propósito da simulação e do nível de detalhes necessários, algumas destas questões não podem ser aplicadas. Para muitos modelos com questões adicionais detalhadas pode necessitar o uso das perguntas.

Respostas destas questões proporcionam quase todas das informações necessárias para construir um modelo.

2.4.2 Utilização de fontes de dados apropriada

Usualmente, as boas fontes do sistema de dados sobre os sistemas, incluem o seguinte:

- . Planos do processo;
- . Tempos padrão pré-determinado;
- . cartas de processo;
- . arranjo-físico;
- . Previsão de mercado;
- . Relatórios de manutenção;
- . Equipamentos de fabricação;
- . Comparação com operações similares.

2.5 CONSTRUÇÃO DO MODELO

Uma vez que tenha sido compiladas as informações suficientes para definir a operação básica do sistema, a atividade de construção do modelo pode ser iniciada. Fazer com que a construção do modelo se inicie antes dos dados estarem completamente reunidos, pode até ajudar a identificar a falta de informações necessárias ao procedimento.

A meta da construção do modelo é proporcionar a validade da representação da operação do sistema definido. Adicionalmente, o modelo deve ser hábil a proporcionar qualquer outra representação estatística ou gráfica necessária para satisfazer os objetivos do estudo. Um modelo não é verdadeiro nem falso, mas, útil ou não útil. Um modelo útil é aquele que é válido e proporciona as informações necessárias para encontrar os objetivos da simulação.

2.5.1 Refinamento Progressivo

Uma agradável característica da simulação é que os modelos não tem que incluir todos os detalhes finais antes que eles possam ser executados. Isto permite uma estratégia de refinamento progressivo para ser usada. Detalhes são adicionados no modelo progressivamente em vez de tudo de uma vez. Com isso, os modelos, são construídos e correm mais rápidos além de ficar mais fácil sua execução.

A complexidade do modelo construído não pode ser subestimada, e é sempre melhor começar de um modelo simples e adicionar a “complexidade” em vez de criar um modelo inteiro e complexo de uma vez. É também mais fácil adicionar do que remover detalhes em um modelo. Construir um modelo em estágios, permite encontrar e corrigir com mais facilidade. Enfatizando a importância da aplicação do refinamento progressivo para a construção do modelo, Law e Kelton (apud 1991) advertiram: “Embora haja poucas regras firmes sobre como alguém agiria acerca do progresso de modelagem, um ponto sobre o qual a maioria dos autores concordam é que é sempre uma boa

idéia partir com um modelo simples o qual pode, mais tarde, ser feito um mais sofisticado, se necessário”. Um modelo conteria somente detalhes para capturar a essência do sistema para o propósito no qual é pretendido, não é necessário ter uma correspondência, uma a uma, entre elementos do modelo e elementos do sistema. Um modelo com detalhes excessivos pode ser muito caro para programar e para executar”.

2.5.2 Expansão Incremental

Existem modelos que têm um largo escopo, e são algumas vezes mais fácil de construir em fases, nas quais seções aditivas são adicionadas incrementalmente no modelo. Este método de “comer o elefante um pedaço de cada vez” permite que uma porção do modelo seja construído, testado e executado antes de adicionar novas seções e fazer uma grande tarefa mais confortável.

Para grandes modelos, raramente, pode ser útil identificar limites para permitir que este seja dividido. Modelo dividido é o processo de subdivisão de um modelo dentro de dois ou mais módulos que representam fisicamente seções separadas do sistema. O propósito do modelo dividido é permitir que seções sejam construídas e executadas, possivelmente, sempre por porções separadas, independentemente uma da outra. Uma vez que as seções sejam terminadas, elas podem ser incorporadas para criar o modelo total. Este método “divide e conquista” do modelo em construção, pode reduzir grandemente o tempo e a dificuldade na construção e execução dos grandes modelos.

2.5.3 Verificação e validação do Modelo.

Uma vez que um modelo é definido usando uma ferramenta selecionada, este deve, geralmente, ser executado para assegurar que ele trabalha corretamente. O processo de demonstração, se como o modelo está trabalhando como se pretende, é referido na literatura de simulação como Verificação do Modelo. É muito mais fácil executar um modelo construído em

estágios e com o mínimo de detalhes do que um modelo que é grande e complexo.

Durante o processo de construção do modelo, o modelador deve estar constantemente interagindo com o modelo. O processo de determinação do grau para com o qual o modelo, ou os documentos de sua especificação, corresponde ao sistema real, é definido como validação do modelo. Proporcionar validação absoluta é uma meta não atingível. Por esta razão, o que realmente se procura estabelecer é um alto grau de validade. Por validade se entende como sendo, todas indicações externas, que levam o modelo a se parecer com o sistema real. Deste ponto de vista, a validação de um modelo é o processo de comprovar que este, dentro de seu domínio de aplicação, é suficientemente preciso para a aplicação pretendida, (apud Schlesinger, 1979).

Não há testes simples para estabelecer a validade de um modelo. Validação é um processo indutivo, no qual, o modelador extrai conclusões acerca da sua exatidão, baseado nas evidências viáveis. Reunir evidências para determinar a validade do sistema é necessário para permitir o exame da estrutura do modelo (isto é, os algoritmos e relacionamento) para ver como o modelo corresponde a definição do sistema real. Em Modelos que possuem controles lógicos complexos, a animação gráfica pode ser usada efetivamente como uma ferramenta de validação. Finalmente, os resultados de saída são analisados para ver se parecem razoáveis. Se as circunstâncias permitirem, o modelo pode sempre ser comparado àquele do sistema real para ver como eles se correspondem. Se estes procedimentos são executados sem encontrar uma discrepância entre o sistema real e o modelo, este é dito ter aspecto de validade.

2.6. CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS.

Um outro passo no estudo de simulação é conduzir o experimento. Simulação é basicamente uma aplicação de método científico. Em simulação, inicia-se com uma teoria de por que certas regras de projeto ou estratégias de gerenciamento são melhor do que outras, e baseado nestas teorias o planejador desenvolve uma hipótese, na qual, ele testa através da simulação. Em um experimento de simulação há entradas variáveis definindo o modelo, as quais são independentes e podem ser manipuladas ou mudadas. Os efeitos desta manipulação sobre outra, dependente das respostas das variáveis que são medidas e correlatadas.

Em alguns experimentos de simulação o interesse maior é no comportamento "estado-estável" do modelo. Comportamento "estado-estável" não entende que a simulação produz um resultado estável, mas pelo contrário, a distribuição ou variação estatística no resultado não muda sobre o tempo. Por exemplo, uma produção volumosa pode causar flutuação entre 200 e 220 peças por hora sob condições normais de operação. Para muitas simulações o interesse pode ser em um período de tempo particular, tal como alguns dias corridos no trabalho de loja. Para estes estudos, a simulação nunca pode alcançar um estado - estável.

Como com qualquer experimento envolvendo um sistema, tendo características variadas, o resultado da simulação também será variado por natureza. Os resultados de uma simples execução de simulação representa, somente, uma das diversas possibilidades de resultado. Isto exige que múltiplas replicações sejam corridas para testar a reprodutibilidade dos resultados. Por outro lado, uma decisão pode ser feita baseada sobre um resultado, acaso, feliz, ou ao menos um resultado que não é representativo do que normalmente seria esperado. Desde que a simulação utiliza um número gerador pseudo aleatório para gerar números aleatórios, correndo a simulação múltiplas vezes simplesmente reproduz o mesmo exemplo. No sentido de tomar um exemplo independente, a partida semeia valor para cada corrente

aleatória, que deve ser diferente para cada replicação, assim assegurando que os números aleatórios gerados de replicação a replicação sejam independentes.

Dependendo do grau de precisão exigido na saída, pode ser desejável determinar um intervalo de entrada. Um intervalo de entrada é uma série dentro, da qual, pode-se ter um certo nível de entradas. Para um dado nível de entradas, ou probabilidade, diga-se 90 ou 90%, o intervalo de entrada para a taxa média de produção de um sistema pode ser determinado para ser entre 45.5 e 50.8 unidades por hora. Seria possível dizer que há 90 de probabilidade, que a média verdadeira de produção do modelo (não do sistema real) permanece entre 45.5 e 50.8 unidades por hora.

O modelador deve ainda decidir quais tipos de experimentação são apropriados. Ao se conduzir experimentos de simulação, as seguintes questões devem se feitas:

- modelo tem como finalidade o comportamento de estado constante do sistema ou de um período específico da operação?
- Qual é o melhor método para obter observação de exemplos que podem ser usados para estimar a verdade esperada do comportamento do modelo?
- Qual o “comprimento” apropriado para a simulação?
- Quantas réplicas precisarão ser feitas?
- Quantas execuções aleatórias precisarão ser usadas?
- Como controlar valores iniciais de replicação a replicação?

Respostas para as questões acima são determinadas grandemente pelos três seguintes fatores:

- . natureza da simulação (terminal ou não terminal);
- . objetivo da simulação (análise de capacidade, comparações alternativas, etc.);

precisão exigida (estimativa rude versus confiança de intervalo estimada).

2.6.1 Simulações terminais versus não-terminais

Como parte do levantamento dos experimentos de simulação, deve-se decidir que tipo de simulação vai ocorrer. As simulações são usualmente distinguidas como sendo de dois tipos: terminativas e não-terminativas. A diferença entre as duas é que a primeira se interessa pelo comportamento do sistema sobre um período particular de tempo e a segunda pelo procedimento estado-estável do sistema. A decisão para executar uma simulação terminativa de não-terminativa tem menos a ver com a natureza do sistema do que com o procedimento de interesse.

Uma simulação terminativa é aquela, na qual, a simulação parte de um estado definido, ou tempos e fins quando alcança outro estado ou tempo definido. Um estado inicial pode ser o número de peças do sistema no início de um dia de trabalho. Um estado terminal ou evento pode ser quando um número particular de trabalho tenha sido completado.

Por exemplo, um fabricante de aeronaves que recebe um pedido para fabricar 200 aeroplanos de um modelo em particular, pode necessitar conhecer quanto tempo gastará para produzir os aviões com o material existente. Então, a simulação é iniciada com o sistema vazio e é terminada quando os 200 aviões estiverem completados, desde que cubra o período de interesse (PROMODEL, 1991).

Em um outro exemplo, pode se saber que o programa de produção para um item em particular muda semanalmente, isto é, no fim de cada ciclo de 40 horas, o sistema é "esvaziado" e um novo ciclo de produção começa. Nesta situação, uma simulação terminativa poderia ser executada, na qual, o comprimento da simulação a ser corrida seria 40 horas (PROMODEL, 1991).

As simulações terminativas não são propostas para medir o comportamento estado-estável de um sistema. Em uma simulação terminativa a média das medidas são de pouca significância.

Uma simulação não terminativa ou estado-estável é aquela, na qual, o comportamento estado-estável do sistema está sendo analisado. Uma simulação não-terminativa não se preocupa com que a simulação nunca termine, nem faz sentido que o sistema que está sendo simulado não tenha eventual terminação. Ela somente pretende que a simulação poderia, teoricamente, funcionar indefinidamente sem mudanças estatísticas no comportamento. Para simulações não terminativas, o modelador deve determinar um comprimento adequado de tempo para correr o modelo.

Um exemplo da simulação não terminativa é um modelo de uma operação de fabricação, na qual os filtros de óleo são produzidos sobre uma base contínua ao mesmo ritmo. A operação corre em dois turnos com uma hora parada durante cada turno, no qual, todas as coisas momentaneamente param. Quebras e tempos de terceiro turno são excluídos do modelo, desde que o trabalho sempre continue exatamente como ele parou antes da quebra ou final de turno (PROMODEL, 1991).

O comprimento de uma corrida de simulação é determinado pelo tempo necessário para tornar um estado-estável representativo de comportamento do modelo.

2.6.2 Execução de simulação terminativa e não-terminativas

2.6.2.1. Execução de simulação terminativa

Experimentos envolvendo simulação terminativa são usualmente conduzidos para fazer diversas corridas ou replicações de simulação do período de interesse usando uma “semente” aleatória diferente para cada corrida. Este procedimento habilita, estatisticamente, observações independentes e imparciais para ser feito sobre a resposta do sistema por um período simulado.

Para simulações terminativas, o interesse maior é no cálculo final da produção e mudanças de padrão de comportamento extraordinário, em vez do comportamento médio total.

Por exemplo, Hoover e Perry (apud 1990) notaram que seria absurdo concluir que por causa de duas garçonetes a média de ocupação diária é de 40% onde somente uma garçonete é necessária. Esta medida média nada revela acerca da utilização das garçonetes durante os períodos de pico do dia. Um relatório mais detalhado de espera de tempo durante o dia inteiro de trabalho pode revelar que três garçonetes são necessárias para trabalhar nos períodos de pico, enquanto somente uma garçonete é necessária durante as horas fora de pico.

Para simulações terminativas, as três questões importantes para responder à questão de como correr dos experimentos são:

- 1) Qual seria o estado inicial do modelo?
- 2) Qual é o evento ou tempo terminativo?
- 3) Quantas replicações fazer?

O número de replicações normalmente é determinado pela precisão exigida para a saída. Se somente uma estimativa grosseira de execução está sendo preparada, 3 a 5 replicações são suficientes. Para maior precisão, mais replicações seriam feitas até que um intervalo de entrada seja alcançado com, o qual, sintá-se confortável.

2.6.2.2. Execução de simulações não-terminativas

Em simulações de estado-estável, deve-se ocupar com os seguintes temas:

- 1) Determinação e eliminação de tendências iniciais;
- 2) Selecionar entre as diversas alternativas, as melhores vias para a obtenção de exemplos de observação;
- 3) Determinação do comprimento da corrida.

2.6.3 Determinação do período de animação

Em uma simulação estado-estável, o interesse é no comportamento do estado-estável do modelo. Desde que um modelo se inicie vazio, ele

usualmente toma algum tempo antes de que ele alcance o estado-estável. Em uma condição estado-estável, as respostas variáveis do sistema (e.g. taxa de processamento, utilizações, etc.) exibem regularidade estatística (isto é, as distribuições destas variáveis são aproximadamente as mesmas de um período de tempo para o próximo.)

O tempo que ele toma para alcançar o estado-estável é uma função dos tempos de atividade e a quantidade de atividades. Para alguns modelos, estado-estável pode ser alcançado em coisa de umas poucas horas de tempo de simulação. Para outros modelos ele pode tomar centenas de horas para alcançar o estado-estável. No comportamento da modelagem estado-estável tem-se o problema de determinar quando um modelo alcança o estado-estável.

2.6.5 Determinação do comprimento da corrida

Determinar o comprimento da corrida para simulação terminativa é bastante simples desde que haja um evento natural que o defina. Determinar o comprimento da corrida, para uma simulação de estado-estável, é mais difícil, desde que a simulação seja corrida indefinidamente. Os benefícios desta, contudo, é que pode-se produzir bons exemplos representativos. Obviamente, correr simulação extremamente longa é impraticável, tanto que o resultado é para determinar um comprimento de corrida apropriado para assegurar que uma amostra, suficientemente representativa do estado-estável, seja tomada do sistema.

O comprimento recomendado de uma corrida de simulação, para uma simulação estado-estável depende do intervalo entre o último evento ocorrido com freqüência, e do tipo de método de amostra usada (replicação ou intervalo de lote). Se ocorrer replicações independentes, é realmente uma boa idéia correr a simulação bastante vezes para tomar todo tipo de evento (incluindo os raros) para acontecer no mínimo diversas vezes e, se praticável, diversas centenas de vezes. Lembrando que, quanto mais tempo o modelo correr mais

certo se pode saber se os resultados representam o comportamento estado-estável.

2.7. ANÁLISE DE RESULTADOS.

Quando conduzindo experimentos de simulação, cuidados devem ser adotados na interpretação dos resultados, isto pois como os resultados de um experimento de simulação são valores aleatórios (dado a natureza probabilística das saídas), é necessária uma cuidadosa medição da significação estatística da saída.

Manter um balanço apropriado entre a validação do modelo e o estabelecimento de uma significância estatística para os resultados de saída da simulação, é uma parte importante da realização do estudo. O mais valioso benefício da simulação é ganhar discernimento, e não necessariamente encontrar respostas absolutas.

As saídas de simulação raramente identificam causas dos problemas, mas somente informam o comportamento sintomático dos problemas. Atividades-gargalo, por exemplo, são usualmente identificadas procurando-se por locação ou fileiras que estão quase sempre cheias, as quais se alimentam dentro de uma ou mais locações que estão algumas vezes vazias. Gargalos podem ser causados por excessivo tempo de operação, atrasos prolongados devido a inviabilidade dos recursos, ou uma quantidade desordenada de *downtimes*. A habilidade para fazer inferências corretas aos resultados é essencial para fazer melhoramentos no sistema.

2.8. RELATÓRIO DOS RESULTADOS.

O último passo no procedimento de simulação é fazer recomendações para melhorar o sistema atual baseado nos resultados de um modelo simulado. Estas recomendações seriam suportadas e claramente apresentadas de modo que uma decisão informada possa ser tomada. A documentação dos dados usados, os modelos desenvolvidos e os experimentos executados, seriam todos incluídos como parte de um relatório final de simulação.

O processo de vendagem de resultados de simulação é amplamente um processo de estabelecimento de credibilidade do modelo. Não é o bastante para o modelo ser válido, o cliente ou o gerente devem também ser convencidos de sua validade se ela é para ser usada como uma ajuda na tomada de decisão. Finalmente, os resultados devem ser apresentados em termos que sejam fáceis para entender e avaliar. Reduzindo os resultados para fatores econômicos sempre produz um caso impelindo para fazer uma mudança no sistema.

Ao apresentar os resultados é importante ser sensível para a forma na qual as recomendações serão feitas. Geralmente, é sensato apresentar soluções alternativas e suas implicações para a execução do sistema, sem sugerir uma alternativa sobre outra, particularmente quando mudanças pessoais ou cortes estão envolvidos. Na verdade, é melhor que a pessoa que irá tomar as decisões veja somente os aspectos logísticos do sistema e que ele não leve em conta o potencial de reações ou o potencial de dificuldades que envolvidos possam vir a ter na aceitação de uma solução particular.

Cartas de animação e saídas têm tornado uma ajuda extremamente útil na comunicação do resultado de um estudo de simulação. Isto usualmente exige que algum trabalho seja feito para criar o efeito correto na visualização do modelo que foi simulado. Na preparação dos resultados é, freqüentemente, necessário adicionar uns poucos estímulos para o modelo (como um completo traje de ensaio) tanto que a apresentação efetivamente e convincentemente apresenta os resultados do estudo de simulação.

2.9 ARMADILHAS EM SIMULAÇÃO

Se forem seguidos os passos que foram esboçados, as chances de executar um projeto de simulação bem sucedido são muito boas. Razões típicas por que os projetos de simulação falhem, são porque deixam de incluir alguns dos itens seguintes:

- Falta de clareza nos objetivos no início;
- Falta de envolvimento de pessoas dispostas por resultados;
- Restrição de tempo;
- Falta de documentação e de ter um consenso nos dados de saídas;
- Incluir mais detalhes do que o necessário;
- Incluir variáveis que têm pouco ou nenhum impacto sobre o comportamento do sistema;
- Falha no verificar a validade do modelo;
- Basear decisões sobre uma única corrida de observações;
- Basear decisões sobre média estatística quando a saída é realmente cíclica;
- Ser muito técnico e detalhado na apresentação dos resultados ao gerente.

Um projeto de simulação tem fases distintas, que devem ser entendidas e seguidas no sentido de ser bem sucedido. Exigências para a simulação são cuidadosamente planejadas com metas realísticas e perspectivas. Os passos para executar um estudo de simulação incluem planejar o estudo, definir o sistema, construir o modelo, conduzir os experimentos, analisar as saídas e apresentar os resultados. Seguindo sistematicamente estes passos, evita-se as armadilhas que freqüentemente ocorrem quando conduzindo um estudo de simulação.

2.10 PASSOS PARA UM EXPERIMENTO DE SIMULAÇÃO

A seguir são apresentadas algumas outras propostas de procedimentos para a realização de estudos de simulação

2.10.1 Passos Segundo SCRIBER

Segundo SCRIBER(1991), os passos adotados para um estudo de Simulação são descritos por LAW(1986) e LAW & MCCOMAS(1991), agrupados em 10 passos descritos a seguir pelo fluxograma mostrado na figura 2.3.

Passo 1 - Formulação do problema e do plano de estudo

Passo 2 - Coleta de dados e definição de um modelo experimental

Passo 3 - Validação do modelo experimental

Passo 4 - Construção de um programa de computador e verificação, seleciona-se qual a melhor linguagem de simulação

Passo 5 - Fazer corridas de simulação experimentais

Passo 6 - Verificação dos resultados obtidos na corrida experimental

Passo 7 - Projetar o experimento final após as correções necessárias, obtidas através das corridas experimentais

Passo 8 - Fazer corridas de simulação do experimento final, após as correções do passo 7

Passo 9 - Analisar os resultados obtidos

Passo 10 - Documentação e aplicação dos resultados

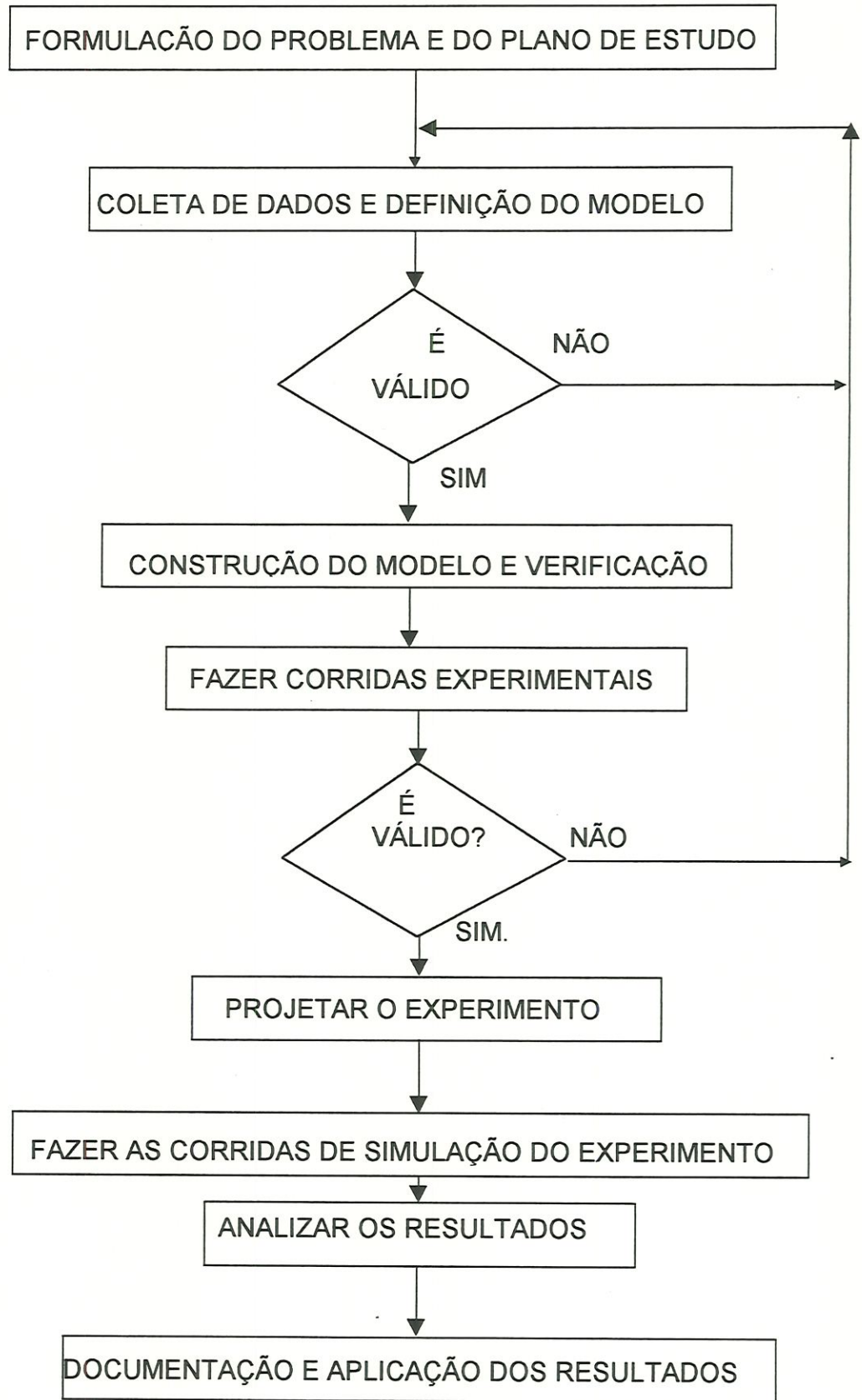


Figura 2.4 – Fluxograma de SCHRIBER (1991)

2.10.2 Passos Segundo SHANNON

Outro que discretizou os passos para simulação foi SHANNON(1992), propondo 12 passos para o processo de simulação:

Passo 1 - Definição do problema

Passo 2 - Planejamento do projeto, verificação da disponibilidade de software e de hardware

Passo 3 - Definição dos sistemas, investigação sobre como o sistema funciona

Passo 4 - Formulação do modelo preliminar, através de um diagrama de blocos

Passo 5 - Projetar modelos preliminares

Passo 6 - Identificar e coletar os dados

Passo 7 - Programação do modelo em uma linguagem computacional adequada

Passo 8 - Verificação e validação do modelo

Passo 9 - Projetar o modelo final

Passo 10 - Executar a simulação

Passo 11 - Analisar e interpretar os resultados

Passo 12 - Documentação e aplicação e aplicação dos resultados

2.10.3 Passos segundo LOBÃO

Segundo LOBÃO (1997) o processo de simulação se distribui em 10 etapas, mostradas no fluxograma da Figura 2.5

Passo 1 - Definição do problema e dos objetivos do estudo, interação com o cliente p/ entendimento do sistema

Passo 2 - Elaboração de um esboço do modelo, através de diagramas de blocos

Passo 3 - Aquisição de dados

Passo 4 - Validação dos dados

Passo 5 - Construção do modelo, escolha do software adequado

Passo 6 - Validação do modelo, corridas experimentais

Passo 7 - Projetar o experimento, duração da simulação, número de replicações, etc

Passo 8 - Executar o experimento e analisar os resultados, levantar dados para validação do projeto do experimento

Passo 9 - Reformar o projeto do experimento caso os resultados obtidos no passo anterior não sejam satisfatórios, refazer o projeto do experimento

Passo 10 - Análise final dos resultados e documentação do processo

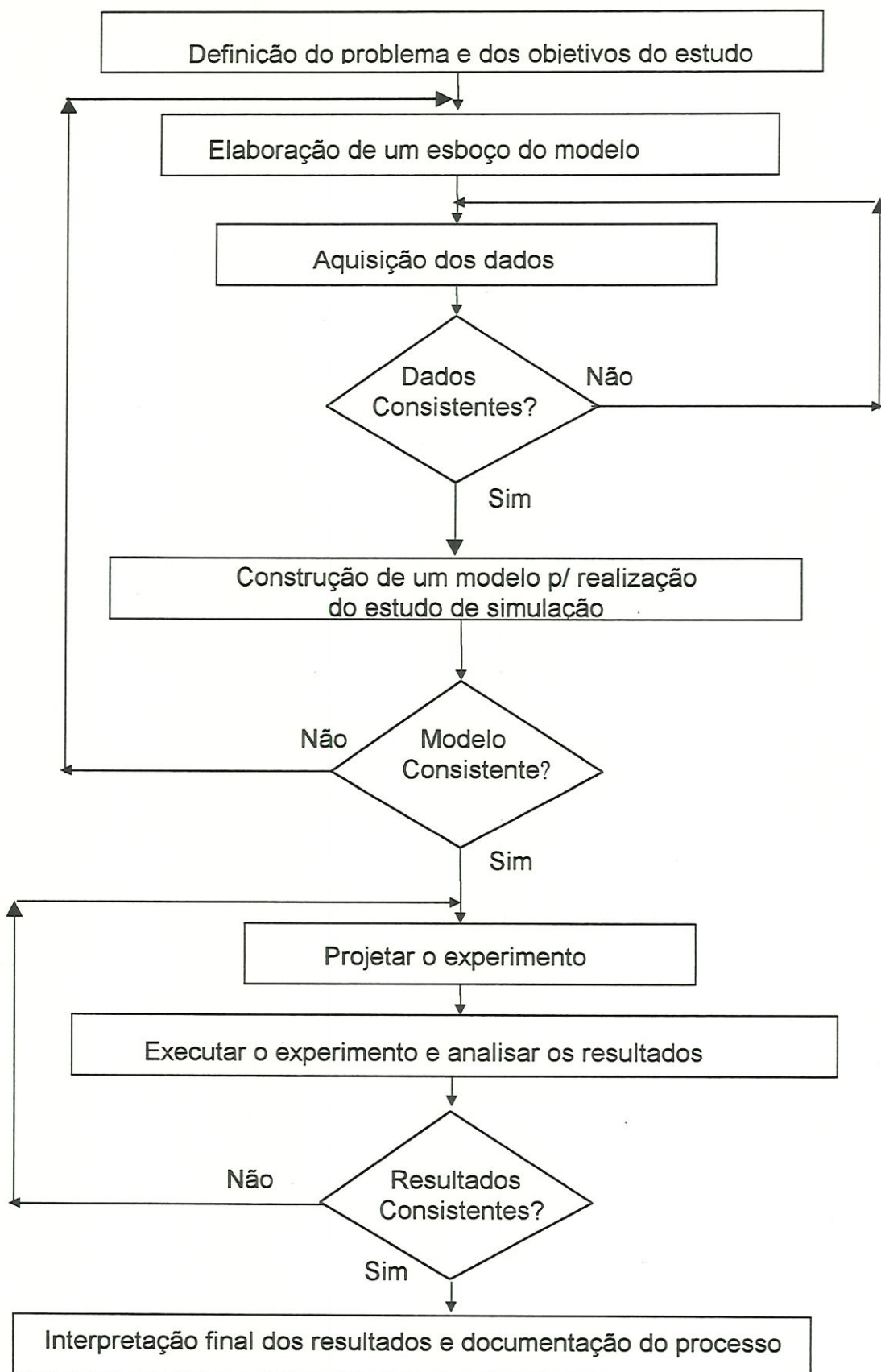


Figura 2.5 – Fluxograma de LOBÃO (1997)

3 - PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO NAS INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

Uma vez que uma aplicação ou projeto, tenha sido identificada como um candidato a simulação, decisões devem ser tomadas acerca de como conduzir os estudos. Não há regras escritas sobre como executar um estudo de simulação, contudo, passos são geralmente recomendados (SHANNON, 1992, GORDON, 1978 e LAW, 1991): Segundo PORTO, 1996, um bom projeto de simulação depende principalmente da experiência do projetista, e, para que ele possa ser classificado como experiente, muitos erros podem ser cometidos e deles extraídas lições, que juntas dão um formato ideal de experiência e maturidade para projetos de simulação; mas erros incorrem em custos; com a intenção de amenizar os erros e conseqüentemente os custos. Vários autores (BANKS e NORMAN, 1996; LOBÃO, 1995; HARREL et al., 1992; SCRIBER, 1990 e INGELS, 1985) colocam a sistematização como uma maneira de colaborar no desenvolvimento do processo. No presente trabalho realizou-se estudos a partir da coleta dos dados em uma indústria alimentícia, para se elaborar uma proposta visando a sistematização do processo de simulação voltada especificamente para a indústria alimentícia, resultando nos seguintes passos descritos a seguir:

1. Plano de estudo;
2. Definição do software
3. Capacitação prévia dos usuários
4. Verificação da demanda externa
5. Definir o sistema;
6. Construção do modelo;
7. Correr os experimentos;
8. Analisar as saídas;



9. Se necessário , refazer a programação de demanda

10. Relatório de resultados.

Esta proposta é resultado de quatro pontos vitais:

- Indicações levantadas na revisão bibliográfica
- Entrevistas preliminares com os integrantes da empresa, em posição de tomada de decisões, buscando conhecer o dia-a-dia da empresa, processo de tomada de decisões existente e a expectativa em relação ao uso da simulação.
- Deliberação a partir da reunião entre os pesquisadores do laboratório de simulação da SEM – EESC – USP, em relação aos dados levantados na entrevista preliminar, que visou adequar à rotina e às necessidades da indústria alimentícia, os procedimentos usuais em simulação.
- Experiência prévia do autor nos procedimentos da indústria alimentícia.

Estabelecida a proposta de procedimento, iniciou-se a sua implantação e avaliação, que são apresentados nos capítulos seguintes.

4 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO NAS INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

A modelagem, simulação e análise de uma indústria alimentícia seguirá os passos descritos na proposta, onde o estudo de simulação será elaborado de acordo com as necessidades específicas da fábrica.

Utiliza-se para a implantação da proposta, uma fábrica de balas, a qual possui características próprias, sendo que sua demanda sofre variações rápidas, em função do departamento de vendas e marketing.

4.1 – Implantação em uma fábrica de balas

As etapas da implantação da simulação seguirão os passos propostos onde o primeiro passo é o *plano de estudo*, onde pode-se identificar as características específicas da aplicação e os objetivos do uso da simulação.

À partir da identificação dos objetivos, é possível de se realizar a *definição do software* de simulação comercial, entre aqueles que melhor se adaptam as necessidades e ao objetivo do estudo.

A etapa de *capacitação do usuário* pode ser necessária devido a característica dinâmica das indústrias alimentícias, de acordo com a *verificação da projeção da demanda* que sofre influência de fatores externos, tais como marketing, promoções, transporte, etc.

Após a definição dos objetivos, da definição do software e da capacitação dos usuários juntamente com a verificação da demanda, é realizada a *definição do sistema* e a *construção dos modelos*.

Em um passo seguinte são *realizados os experimentos* e *analisadas as saídas*, com a elaboração de *relatórios*, sendo que dependendo de alterações

de demanda, os modelos remodelados, corridos novamente e suas saídas analisadas.

4.1.1 – Plano de estudo

De acordo com a proposta, o primeiro passo é a elaboração de um plano de estudo e a da definição das necessidades. Nesta etapa, serão tratadas as diretrizes básicas de como o estudo de simulação pode ajudar na tomada de decisões durante a programação da produção da fábrica.

Na indústria alimentícia em questão, fábrica de balas, o objetivo traçado é o da implantação de uma ferramenta de uso constante na tomada de decisão ao nível gerencial da fábrica, isto é, como as decisões de prioridade de produção possuem uma velocidade muito rápida, e a fábrica possui uma divisão discreta de vários processos que se somam a uma linha para a produção da bala, o gerente deve executar e analisar o modelo de simulação destes processos e tomar as decisões em um tempo relativamente curto.

Para isso, existe o conflito da disponibilidade do profissional (gerente) em questão, além de seu treinamento para o hábito do uso da ferramenta, que dependendo do grau de atualização do profissional pode ser bastante lento.

Portanto a metodologia empregada para esse tipo de situação, sugere o fornecimento ao cliente de uma plataforma de rápida prototipação (modelagem), para que os gerentes, com noções básicas em informática pudessem se adaptar a este tipo de ferramenta e fizessem seu uso com sucesso, tornando um hábito gerencial.

Deste modo as decisões tomadas a nível de chão de fábrica pelos gerentes, que já possuem uma boa base de acerto, devido à experiência, passa a ter um aumento maior de acerto, tornando o processo produtivo mais

eficiente, evitando-se desperdícios, além de perdas de tempos e gastos desnecessários.

Assim, através da modelagem completa do sistema a ser analisado, através de uma plataforma global de simulação, composta pelo modelo dos processos para a produção da bala, o gerente pode então observar dia a dia, o processo de produção, para o uso rápido da ferramenta levando consistência às suas decisões.

O sistema será modelado na forma de pequenos modelos e de uma forma global através da plataforma composta por estes modelos. A análise será feita sobre as corridas de simulação a serem realizadas, na forma gráfica e relatórios.

4.1.2 – Definição do software

O software de simulação utilizado deve contemplar uma rápida prototipagem, facilitando na execução de modificações para que sejam corridas de acordo com as projeções de demanda e alterações necessárias realizadas no chão de fábrica.

Existem vários softwares de simulação comerciais, sendo que vários deles se encaixam nas necessidades do projeto estipulados no plano de estudo.

O Laboratório de Simulação e Controle de Sistemas Discretos LSCSD do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, possui vários softwares, dentre eles existem os sem interface gráfica própria, como o SLAM e o GPSS (que utiliza o PROOF Animator), com interface gráfica em duas dimensões como o ARENA e o PROMODEL, e aqueles com interface gráfica tridimensional como o AUTOMOD.

De acordo com o plano de estudo, para que o gerente consiga alcançar uma rápida prototipagem, a linguagem de programação deve ser o mais simples possível e não há a necessidade em se entrar em detalhes de *layout* profundo, não necessitando assim de uma característica de interface gráfica em três dimensões (3D).

Desta forma os software os quais possuem estas características são o ARENA e o PROMODEL, sendo que foi adotado o software ARENA por ser mais fácil de se instalar e possuir uma boa assistência técnica em programação.

4.1.3 - Capacitação prévia dos usuários

A identificação de problemas, sua modelagem e análise, consiste em uma grande base de informações para que se possa haver a tomada de decisão e com isso auxiliar de um modo sólido e científico a melhor resposta para questões do dia a dia da fábrica. Para isso o próprio cliente deverá estar apto a utilizar a ferramenta de uma forma rápida e eficiente.

Na etapa de *Capacitação do Pessoal* a utilização do ambiente de modelagem e execução das corridas, envolve um treinamento sobre os princípios básicos de simulação e de como utilizar tal ferramenta. Este treinamento possui duas fases. A primeira corresponde a um aprendizado básico simulação e do ambiente de modelagem e simulação adotado. A segunda fase corresponde um ensino sobre a adaptação dos modelos obtidos na primeira etapa a modelos que refletem o problema a ser analisado, através de recursos como copiar, colar e montar o novo projeto.

Na primeira fase o usuário deverá estar apto a “enxergar” sobre o foco de simulação. O foco de simulação se refere a capacidade do pessoal de engenharia em ver o problema com os “olhos” de simulação, criada pelo treinamento básico e pela visão do sua própria fábrica modelada, fornecendo

aos usuários um sentimento sobre a simulação como uma ferramenta rápida e de fácil uso no auxílio a tomada de decisões na fábrica.

Utilizando o software ARENA, são apresentadas as noções básicas de como utilizar a ferramenta de modelagem da simulação, que pode ser realizado, inclusive, no próprio distribuidor do software comercial. Esta noção básica visa quebrar a barreira entre o usuário e a ferramenta computacional, tornando de forma natural a utilização da ferramenta de modelagem. Como o software escolhido foi o ARENA, um curso básico deverá ser fornecido estabelecendo a ambientação desta ferramenta com o usuário.

Na segunda fase descrita, o usuário deverá poder, utilizando recursos do software adotado, realizar alterações em programas base, e realizar todo o processo de modelagem, corridas e análises, disponíveis ao usuário, proporcionando uma rápida prototipagem e uma utilização dinâmica dos recursos da simulação, de forma eficiente para o seu processo produtivo.

4.1.4 - Verificação/ Projeção da demanda

Um fator importante na indústria alimentícia é o de projeção da demanda interna, a qual irá disparar o processo produtivo. Esta projeção se torna importante devido a grande sazonalidade dos produtos fabricados e de sua pouca disposição a estoques (são produtos perecíveis).

Nesta atividade outros departamentos são envolvidos, como por exemplo o departamento de vendas, de marketing e financeiro. Estes setores da fábrica ditam como deve ser a produção em uma projeção que pode ser semanal, quinzenal e até mensal. Tudo depende da aceitação destes produtos e de seu prazo de validade.

No caso da fábrica de balas, os departamentos de vendas e marketing adotam uma periodicidade mensal, e a projeção para o mês seguinte é

realizada utilizando técnicas de pesquisa operacional, influenciadas por fatores externos como promoções, demanda externa, etc.

4.1.5 - Definição do Sistema e Construção dos modelos

A definição do sistema consiste na reunião dos responsáveis pelas áreas de produção de balas. Eles irão estipular as necessidades e problemas relacionados com o processo de fabricação em questão.

A definição consiste portanto no levantamento inicial do “*layout*” da fábrica de balas, estudando o posicionamento das máquinas e do pessoal envolvido. É realizada a especificação do sistema segundo a sua abrangência, que pode ser pequena ou complexa. Um outro passo é o levantamento de dados de máquinas, tempos de processamento reais, estatísticas fornecidas pela manutenção, etc. onde as características individuais das máquinas e do “*schedule*” da produção são colocadas em termos de variáveis de decisão para a análise do sistema.

Uma plataforma composta por vários modelos da fábrica de balas é montado para que se possa atingir os objetivos especificados no plano de estudo. Cada modelo é especificado separadamente (análise local) e posteriormente é realizada uma análise em conjunto ou individual, de acordo com o problema e o tipo de tomada de decisão. Abaixo são definidos os modelos da fábrica de balas:

- Fabricação da massa

- Corte e embrulhamento de balas mastigáveis

- Embrulhamento de balas duras

- Empacotamento de balas duras

- Embrulhamento dos *drops*

Todos estes modelos poderão, através da plataforma total, fornecer uma análise global ou local do sistema. A seguir será analisada cada uma das etapas.

4.1.5.1- Fabricação da massa (balas duras, drops e balas mastigáveis)

A fabricação de massa pode ser dividida quanto ao tipo de bala (dura ou mastigável), sendo que a preparação da bala dura é idêntica a do drops.

Fabricação da Massa de Bala Dura

A fabricação da massa de balas duras, consiste em uma receita de 40kg, gerando um total de 10.000 balas por lote. A massa de bala dura é a mesma para o *drops*, alterando-se somente o nível de mentol.

Existem três pré-cozinhadores, onde os ingredientes são misturados e "pré-cozidos" por um determinado período de tempo. Após ser pré-cozida, a massa é transportada via tubulação para os cozinhadores, onde permanecem por um determinado período de tempo.

Após o cozimento, o operador do cozinhador, com a ajuda do operador da bateadeira, pega o caldeirão com a massa já cozida e joga na bateadeira onde é adicionado o corante, preparado por um outro operador da bateadeira.

Após ser batida e o sabor e o corante ficarem homogêneos na massa, a massa é retirada pelo operador da bateadeira, juntamente com o operador da mesa, e dividida em duas massas de 20kg, sobre a mesa de resfriamento (inicialmente duas mesas são utilizadas). Assim que a massa esfria um pouco, a primeira mesa é liberada para a próxima massa de 40kg, que será retirada da bateadeira.

Os dois funcionários da mesa são responsáveis pela troca de mesa e mistura manual da massa, para seu maior resfriamento.

Com a massa na temperatura ideal, a massa é colocada na mesa de saída (perto das trefiladeiras), onde outro funcionário a coloca na trefiladeira.

Fabricação da Massa de Bala Mastigável

Dentre as balas mastigáveis, pode-se ainda fazer uma distinção entre as balas de leite, que possuem um pré-cozinhador próprio e não passa por um cozinhador, como o de balas duras ou as balas de maçã verde. Enquanto que a bala de maçã verde passa pelo cozinhador número 3, vindo do também pré-cozinhador número 3 onde é preparada a receita.

Após estar pronta, a massa sai do cozinhador (ou pré-cozinhador para as de leite) e vai para a mesa onde os operadores colocam a essência e misturam com uma pá, preparando-a para ser batida em batedeiras próprias. Quando a bala atinge o ponto ideal, ela é colocada para descansar por um determinado período de tempo e após isto é colocada em uma extrusora com seis saídas, formando assim os filetes que através de uma esteira, são levados para as máquinas de corte e embrulhamento.

4.1.5.2 - Corte e embrulhamento de balas mastigáveis

Após o descanso, a massa de balas mastigáveis é colocada em uma extrusora com seis saídas, formando assim os filetes que através de uma esteira, são levados para as máquinas de corte e embrulhamento.

Portanto são seis máquinas atualmente em operação, onde as balas são cortadas e embrulhadas, caindo em seguida em uma esteira onde são conduzidas posteriormente por engradados para o empacotamento. As etapas de corte e embrulhamento e empacotamento serão descritas a seguir com mais detalhes.

Abaixo é descrito o exemplo da construção do modelo da fabricação da massa de balas mastigáveis.

Utiliza-se um misto de processo contínuo com discreto, para descrever a entrada das massas de balas mastigáveis (50kg), e a saída discreta de balas (em kilos). Assim através de blocos como *Level, rate, continuous*, descreve-se o fluxo de massa que entra e se transforma em filetes, percorrendo sobre uma esteira até chegarem nas máquinas para serem cortadas e embrulhadas.

As máquinas (seis ao todo) são recursos os quais processarão na forma de *batches* permanentes a transformação contínua para discreta, sendo então enviadas por quilo, as entidades através de uma esteira, até serem coletadas por caixas e posteriormente levadas para a área de empacotamento.

Entidades: -massa de bala mastigável, balas mastigáveis (kilo);

recursos: -embrulhadeiras, extrusora

-*setup*

-quebra

-processamento

alterações: -de "*layout*"

-de fluxo

saídas: -estatísticas de quebra de máquina

-estatísticas de tempo de operação

-estatísticas de máquina ociosa

-estatísticas de saída de balas

-estatísticas de tempo de determinados lotes

corridas: -com quebra de máquinas

-com aumento de fluxo

-regulagem nova das esteiras

modelagem: -extrusora

-filete de balas

-máquinas

análise: -gráfica

-relatórios

Utiliza-se a seguinte notação para cada um dos recursos, filas, etc:

LEVELS:

- nível da extrusora

- comprimento do filete

- nível da massa

RATES:

- taxa da extrusora

- taxa da massa;

- taxa do filete;

VARIABLES:

- número de massas usadas

STATION:

- embrulhadeira de balas mastigáveis 1 = emb01

- embrulhadeira de balas mastigáveis 2 = emb02

- embrulhadeira de balas mastigáveis 3 = emb03

- embrulhadeira de balas mastigáveis 4 = emb04

- embrulhadeira de balas mastigáveis 5 = emb05

- embrulhadeira de balas mastigáveis 6 = emb06

PROCESS:

- fila da embrulhadeira 1 = emb01_r_q

- fila da embrulhadeira 2 = emb02_r_q
- fila da embrulhadeira 3 = emb03_r_q
- fila da embrulhadeira 4 = emb04_r_q
- fila da embrulhadeira 5 = emb05_r_q
- fila da embrulhadeira 6 = emb06_r_q

Planilhas de tomada de tempo

As tomadas de tempo devem ser realizadas de acordo com a relevância da observação, podendo até mesmo ser convenientemente estimado. No entanto as tomadas de tempo mais confiáveis são aquelas medidas, sendo que após a coleta dos dados devem ser editadas em arquivos extensão .dst em editores de texto que não tenham caracteres especiais de formatação (por exemplo o *edit* do DOS).

Cada medida deve ser editada em uma linha diferente, e servirá para posteriores análises no sistema de entrada do software de simulação (ajuste de curva).

O nome das planilhas devem sugerir o mais próximo possível a sua função, por exemplo:

- tempo da emb01 parada nas paradas programadas - emb01pp.dst

As estatísticas necessárias são descritas abaixo juntamente com o nome do arquivo que deverá ser criado se for necessário. Não necessariamente todos os processos precisam estar na forma do arquivo, e aqueles que não estiverem devem ser devidamente documentados neste documento.

- tempo entre chegada de massas de balas mastigáveis - mast_arr.dst

- fluxo da esteira de massas de balas mastigáveis - mast_arr.dst

- tempo de processamento da emb01 - emb1_pt.dst

- tempo de processamento da emb02 - emb2_pt.dst

- tempo de processamento da emb03 - emb3_pt.dst

- tempo de processamento da emb04 - emb4_pt.dst

- tempo de processamento da emb05 - emb5_pt.dst

- tempo de processamento da emb06 - emb6_pt.dst

- tempo entre quebras da emb01 - emb1_qb.dst

- tempo entre quebras da emb02 - emb2_qb.dst

- tempo entre quebras da emb03 - emb3_qb.dst

- tempo entre quebras da emb04 - emb4_qb.dst

- tempo entre quebras da emb05 - emb5_qb.dst

- tempo entre quebras da emb06 - emb6_qb.dst

- tempo da emb01 quebrada entre paradas - emb1_qp.dst

- tempo da emb02 quebrada entre paradas - emb2_qp.dst

- tempo da emb03 quebrada entre paradas - emb3_qp.dst

- tempo da emb04 quebrada entre paradas - emb4_qp.dst

- tempo da emb05 quebrada entre paradas - emb5_qp.dst

- tempo da emb06 quebrada entre paradas - emb6_qp.dst

- tempo entre paradas programadas da emb01 - emb1_ep.dst

- tempo entre paradas programadas da emb02 - emb2_ep.dst

- tempo entre paradas programadas da emb03 - emb3_ep.dst

- tempo entre paradas programadas da emb04 - emb4_ep.dst

- tempo entre paradas programadas da emb05 - emb5_ep.dst

- tempo entre paradas programadas da emb06 - emb6_ep.dst

- tempo da emb01 parada nas paradas programadas - emb01pp.dst

- tempo da emb02 parada nas paradas programadas - emb02pp.dst

- tempo da emb03 parada nas paradas programadas - emb03pp.dst

- tempo da emb04 parada nas paradas programadas - emb04pp.dst
- tempo da emb05 parada nas paradas programadas - emb05pp.dst
- tempo da emb06 parada nas paradas programadas - emb06pp.dst

- percentagem de refugos da emb01 - emb1_rf.dst
- percentagem de refugos da emb02 - emb2_rf.dst
- percentagem de refugos da emb03 - emb3_rf.dst
- percentagem de refugos da emb04 - emb4_rf.dst
- percentagem de refugos da emb05 - emb5_rf.dst
- percentagem de refugos da emb06 - emb6_rf.dst

Todas as estatística podem ser tomadas ou estimadas, de acordo com um sistema de métodos e processos, onde pode-se fazer a melhor aproximação do sistema.

A figura 4.1 ilustra a tela do modelo de corte e embrulhamento das balas mastigáveis. Nela pode-se notar um fornecimento contínuo da bala mastigável na forma de filetes que alimentam as seis máquinas de corte e embrulhamento. Após ser realizada a operação de corte as balas são conduzidas por uma esteira para um *buffer* e são empacotadas manualmente por funcionários.

A lógica do modelo é ilustrada na parte inferior da tela.

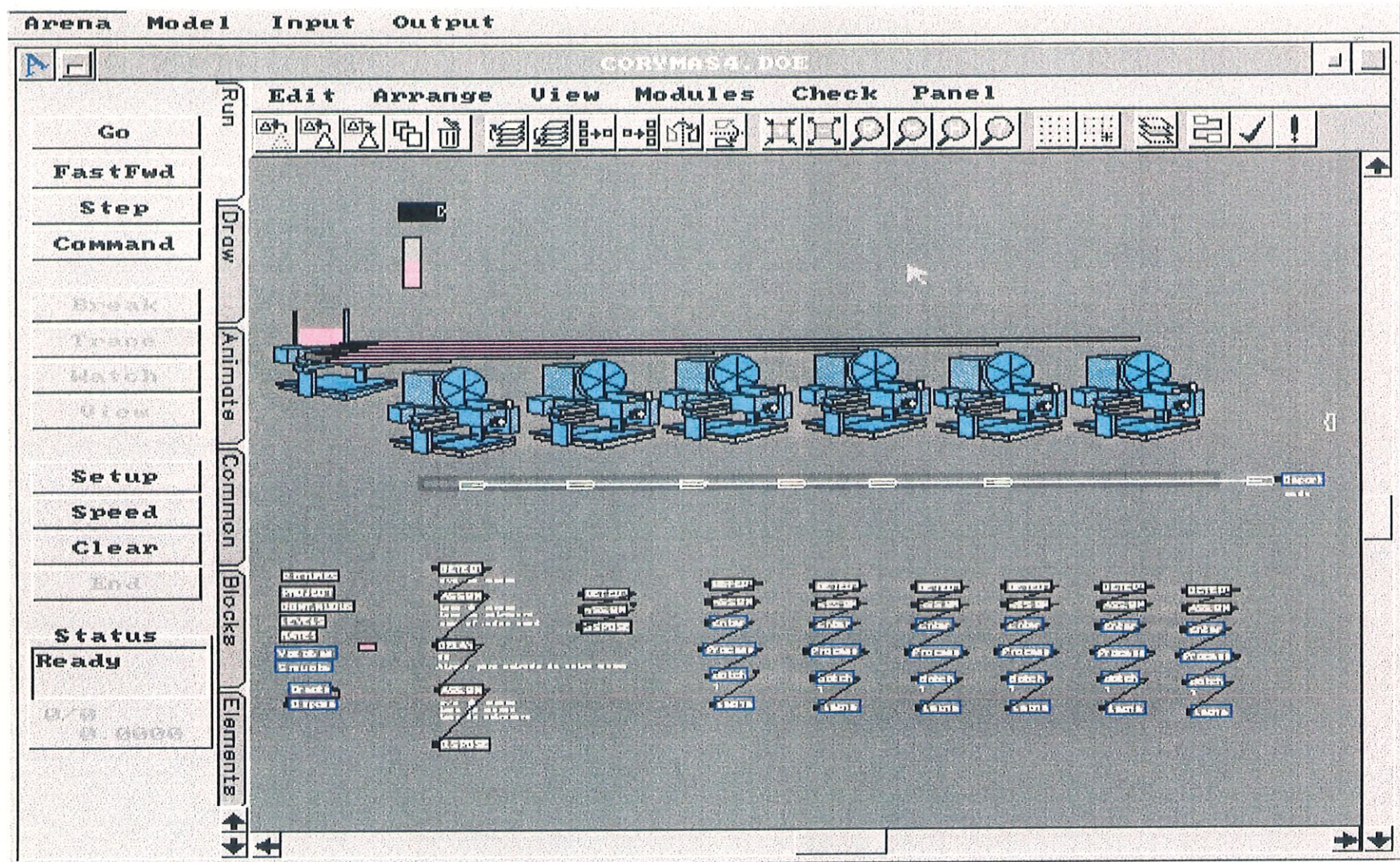


Figura 4.1 – Corte e embrulhamento de balas mastigáveis

4.1.5.3 - Embrulhadeiras de balas duras

Nesta etapa estão relacionadas as embrulhadeiras de balas duras, representadas no software de simulação juntamente com o sistema de alimentação de esteiras, onde o fluxo de balas entra no sistema e alimenta cinco embrulhadeiras. Cada embrulhadeira trabalha em uma taxa de 1326 ciclos/min. e é alimentada por um *buffer* de balas de capacidade de aproximadamente 2 kilos de balas.

O sistema consiste então de 5 embrulhadeiras, cinco *buffers* de balas, uma esteira principal em *loop* para a alimentação das máquinas e uma esteira de saída de balas.

A unidade escolhida para o sistema de simulação das balas foi por kilo, onde uma massa contém 40 kilos, e várias massas formaram o lote de balas a serem fabricados (*batch*), cada bala tem o peso de aproximadamente 4 gramas, sendo que uma massa pode produzir 10.000 balas.

O tempo de chegada de cada massa no sistema necessita ser estimado, juntamente com o tempo de processamento de cada embrulhadeira.

O *buffer* de da máquina aceita uma quantidade de aproximadamente 2 kilos (deve ser melhor estimado).

Enfoque de modelagem:

Entidades: balas duras (unidade, kilo);

recursos: embrulhadeiras, buffers

setup

quebra

processamento

alterações: de "layout"

de fluxo

de mão de obra

saídas: estatísticas de quebra de máquina

estatísticas de tempo de operação

estatísticas de máquina ociosa

estatísticas de saída de balas

estatísticas de tempo de determinados lotes

corridas: com quebra de máquinas

com aumento de velocidades

com duas variedades diferentes de balas

regulagem nova das esteiras

modelagem: linhas

máquinas

pessoas

análise: gráfica

relatórios

Utilizou-se a seguinte notação para cada um dos recursos, filas, etc:

- embrulhadeira 1 = embr01
- embrulhadeira 2 = embr02
- embrulhadeira 3 = embr03
- embrulhadeira 4 = embr04
- embrulhadeira 5 = embr05
- escolha da embrulhadeira 1 = choose_embr01
- escolha da embrulhadeira 2 = choose_embr02
- escolha da embrulhadeira 3 = choose_embr03
- escolha da embrulhadeira 4 = choose_embr04
- escolha da embrulhadeira 5 = choose_embr05
- fila da embrulhadeira 1 = embr01_r_q
- fila da embrulhadeira 2 = embr02_r_q
- fila da embrulhadeira 3 = embr03_r_q
- fila da embrulhadeira 4 = embr04_r_q

- fila da embrulhadeira 5 = embr05_r_q

Planilhas de tomada de tempo

As tomadas de tempo devem ser realizadas de acordo com a relevância da observação, podendo até mesmo ser convenientemente estimado, no entanto as tomadas de tempo mais confiáveis devem ter um mínimo de 50 amostras e deverão ser editadas em arquivos extensão .dst em editores de texto que não tenham caracteres especiais de formatação (por exemplo o edit do DOS).

Cada medida deve ser editada em uma linha diferente, e servirá para posteriores análises no sistema de entrada do software de simulação (ajuste de curva).

O nome das planilhas devem sugerir o mais próximo possível a sua função, por exemplo:

- tempo da embr01 parada nas paradas programadas - embr01pp.dst

As estatísticas necessárias são descritas abaixo juntamente com o nome do arquivo que deverá ser criado se for necessário. Não necessariamente todos os processos precisam estar na forma do arquivo, e aqueles que não estiverem devem ser devidamente documentados neste documento.

- tempo entre chegada de massas - mass_arr.dst

- quantidade do *buffer* de balas da embr01 - embr1_bf.dst

- quantidade do *buffer* de balas da embr02 - embr2_bf.dst

- quantidade do *buffer* de balas da embr03 - embr3_bf.dst

- quantidade do *buffer* de balas da embr04 - embr4_bf.dst

- quantidade do *buffer* de balas da embr05 - embr5_bf.dst

- tempo de chegada das balas pela esteira da entrada até o *choose_embr01* - embr1_ch.dst

- tempo de chegada das balas pela esteira do *choose_embr01* até o *choose_embr02* - embr2_ch.dst

- tempo de chegada das balas pela esteira do *choose_embr02* até o *choose_embr03* - embr3_ch.dst

- tempo de chegada das balas pela esteira do *choose_embr03* até o *choose_embr04* - embr4_ch.dst

- tempo de chegada das balas pela esteira do *choose_embr04* até o *choose_embr05* - embr5_ch.dst

- tempo de saída das balas da embr01 até a saída de balas - embr1_sd.dst

- tempo de saída das balas da embr02 até a saída de balas - embr2_sd.dst.

- tempo de saída das balas da embr03 até a saída de balas - embr3_sd.dst.

- tempo de saída das balas da embr04 até a saída de balas -
embr4_sd.dst.

- tempo de saída das balas da embr05 até a saída de balas -
embr5_sd.dst.

- tempo de processamento da embr01 - embr1_pt.dst

- tempo de processamento da embr02 - embr2_pt.dst

- tempo de processamento da embr03 - embr3_pt.dst

- tempo de processamento da embr04 - embr4_pt.dst

- tempo de processamento da embr05 - embr5_pt.dst

- tempo entre quebras da embr01 - embr1_qb.dst

- tempo entre quebras da embr02 - embr2_qb.dst

- tempo entre quebras da embr03 - embr3_qb.dst

- tempo entre quebras da embr04 - embr4_qb.dst

- tempo entre quebras da embr05 - embr5_qb.dst

- tempo da embr01 quebrada entre paradas - embr1_qp.dst

- tempo da embr02 quebrada entre paradas - embr2_qp.dst
- tempo da embr03 quebrada entre paradas - embr3_qp.dst
- tempo da embr04 quebrada entre paradas - embr4_qp.dst
- tempo da embr05 quebrada entre paradas - embr5_qp.dst
- tempo entre paradas programadas da embr01 - embr1_ep.dst
- tempo entre paradas programadas da embr02 - embr2_ep.dst
- tempo entre paradas programadas da embr03 - embr3_ep.dst
- tempo entre paradas programadas da embr04 - embr4_ep.dst
- tempo entre paradas programadas da embr05 - embr5_ep.dst
- tempo da embr01 parada nas paradas programadas - embr01pp.dst
- tempo da embr02 parada nas paradas programadas - embr02pp.dst
- tempo da embr03 parada nas paradas programadas - embr03pp.dst
- tempo da embr04 parada nas paradas programadas - embr04pp.dst
- tempo da embr05 parada nas paradas programadas - embr05pp.dst
- porcentagem de refugos da embr01 - embr1_rf.dst
- porcentagem de refugos da embr02 - embr2_rf.dst
- porcentagem de refugos da embr03 - embr3_rf.dst

- porcentagem de refugos da embr04 - embr4_rf.dst
- porcentagem de refugos da embr05 - embr5_rf.dst
- tempo de eliminação dos refugos da embr01 - embr1_er.dst
- tempo de eliminação dos refugos da embr02 - embr2_er.dst
- tempo de eliminação dos refugos da embr03 - embr3_er.dst
- tempo de eliminação dos refugos da embr04 - embr4_er.dst
- tempo de eliminação dos refugos da embr05 - embr5_er.dst

Todas as estatística podem ser tomadas ou estimadas, de acordo com um sistema de métodos e processos, onde pode-se fazer a melhor aproximação do sistema. A Figura 4.2 ilustra o embrulho das balas duras.

4.1.5.4 - Empacotamento de balas duras

As balas embrulhadas chegam através de um elevador de velocidade variável, caindo em duas esteiras de 19 metros (1 e 2), de onde são transportadas para duas esteiras bidirecionais que as transportam para o *buffer* (2) e para o *buffer* (3), antes das esteiras bidirecionais há um desvio cuja ativação ocorre quando os *buffers* estão cheios ou desativados, as balas que saem no desvio são armazenadas na área de armazenamento, através de uma operação manual, operação esta que é responsável também pela mistura dos três sabores para os pacotes de balas sortidas, levando em consideração que apenas a máquina 3 (*Bosh 80*) faz os pacotes sortidos, os pacotes de 1 sabor são empacotados pala máquina 2 que é alimentada pela esteira bidirecional e pela área de armazenagem.

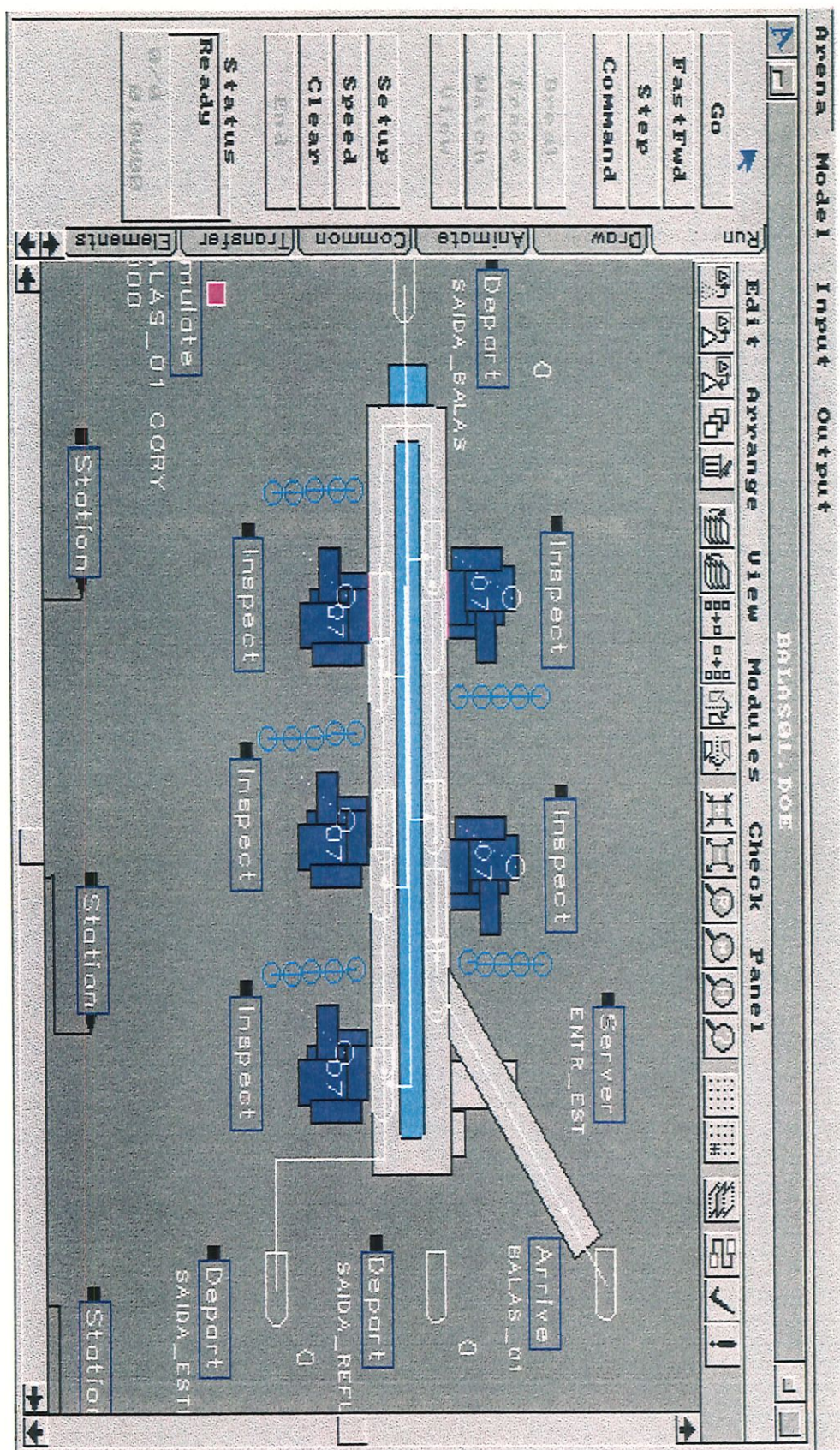


Figura 4.2 – Corte e embrulhamento das balas duras

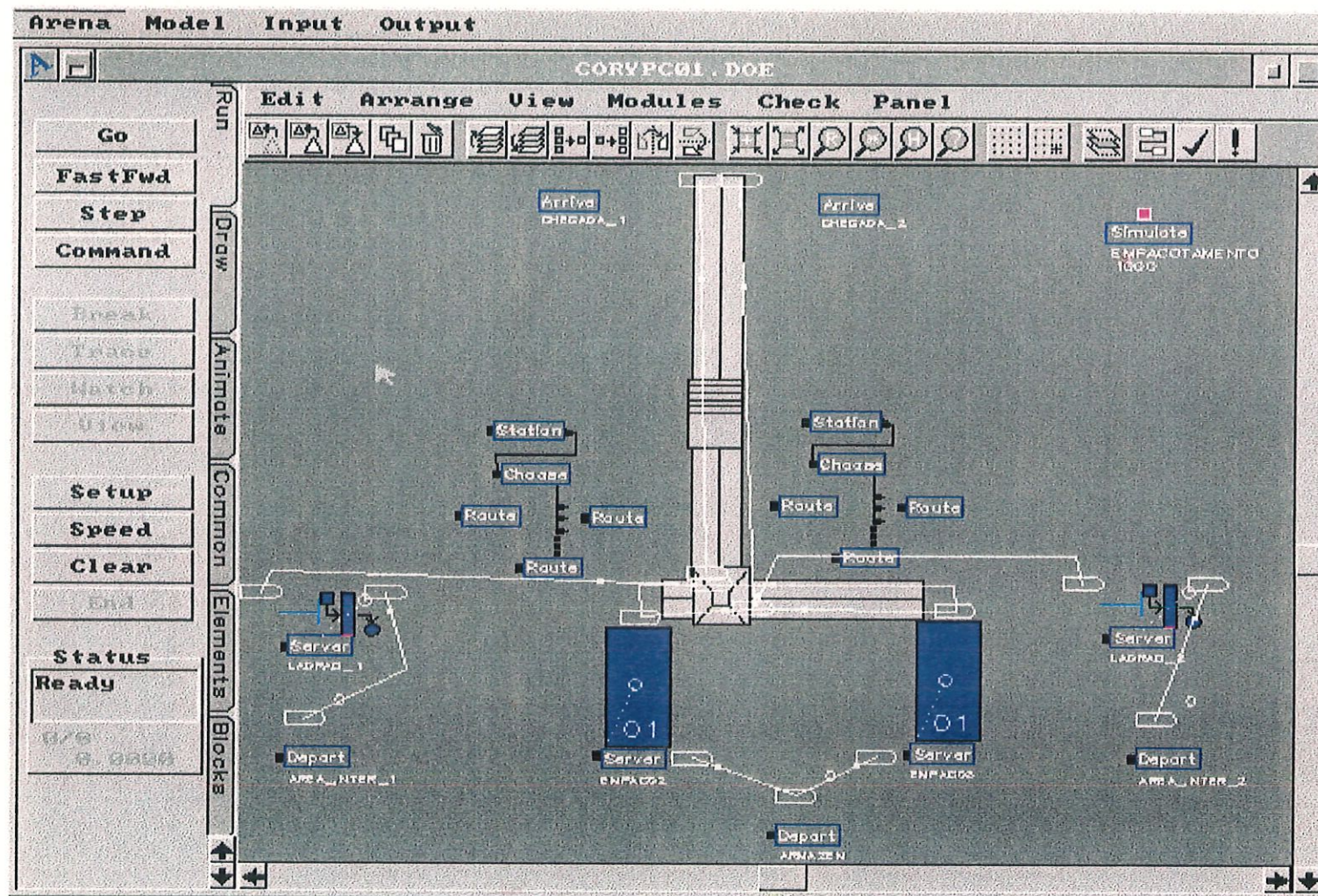


Figura 4.2 – Corte e embrulhamento das balas duras

Ao sair dos *buffers* as balas sobem por meio de um elevador até as balanças para posterior empacotamento. A Figura 4.3 ilustra o processo do empacotamento das balas duras

4.1.5.5 - Embrulamento dos drops

Nesta etapa será dada ênfase as máquinas de embrulhamento de drops, em relação a sua capacidade e ao número de máquinas. O empacotamento dos drops terá seu estudo voltado para a quantidade de funcionários necessários para que se tenha uma maior eficiência nesta fase do processo.

O sistema é composto de 8 (oito) máquinas para o empacotamento e uma esteira entre as máquinas para transporte do produto embalado da máquina até os funcionários responsáveis pelo empacotamento.

Os tempos a serem usados para o processamento de cada máquina, o tempo entre dois carregamentos de balas a serem embrulhadas e o tempo de transporte dos drops embalados pela esteira, serão valores reais.

As máquinas são alimentadas por dois funcionários, que pegam as caixas em um *buffer* e as levam até a máquina que estiver com seu estoque quase no fim. A máquina pode receber uma ou duas caixas de drops na alimentação, dependendo da necessidade.

Os chamados “operadores de máquina” para esta parte do processo, têm a responsabilidade de descascar os drops que não foram devidamente embalados e retornar com os drops para a máquina.

Durante o processo de observação da embalagem dos drops, os operadores de máquina ajudam no processo de colocação no *display*.

Os *buffer* já embalados são armazenados em um *buffer* da máquina, com capacidade para 44 drops e, de uma maneira contínua, são despejados em uma esteira.

Esta continuidade só tem efeito durante o tempo que o operador está descascando os drops rejeitados, durante a observação dos drops e sua devida colocação no *display*, os drops são retirados do *buffer* da máquina o que gera uma descontinuidade no processo de despejo na esteira.

Na esteira existem duas funcionárias com a única responsabilidade de colocar no *display* os drops que se encontram na esteira (duas funcionárias com apenas 5 máquinas em operação, onde mais duas funcionárias responsáveis pela operação da máquina OTTO HAENSE de plastificação do *display*, também ajudam no processo de colocação dos drops no *display*)

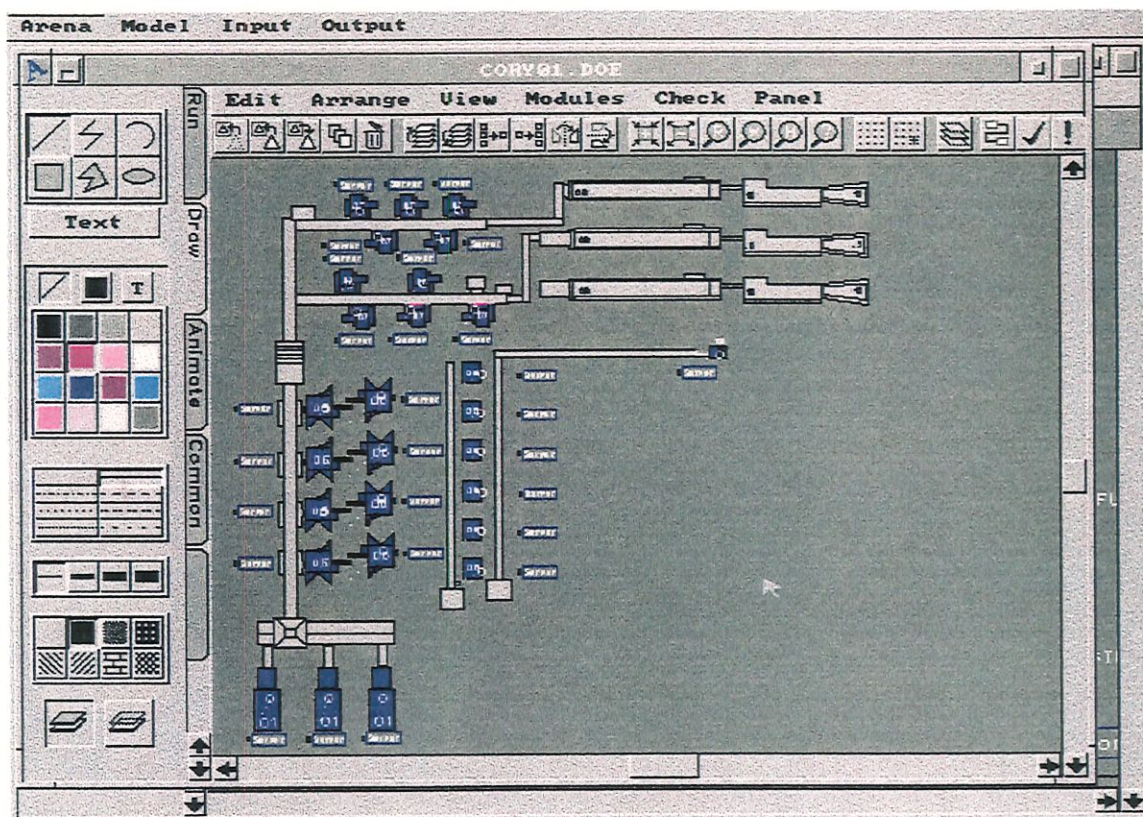
Enfoque de Modelagem

Entidades de Entrada:	drops (Kg)
Recursos:	máquinas de embalar, <i>buffers</i>
	<i>setup</i>
	quebra
	processamento
Alterações	de arranjo físico (" <i>lay out</i> ")
	de fluxo
	de mão de obra

Saídas:	estatística de quebra de máquina
	estatística de tempo de operação
	estatística de máquina ociosa
	estatística de saída de drops embalados
	estatísticas de saída de drops empacotados
	estatísticas de tempo de determinados lotes
Corridas:	com quebra de máquinas
	com nova regulagem na esteira
	com alterações no número de funcionários
Modelagem:	linhas
	máquinas
	peessoas
Análise:	gráfica
	relatórios

Este modelo pode ser visto já incorporado em uma plataforma da figura 5.4 que ilustra de forma macro o corte e embrulhamento dos drops. Na figura são colocadas as máquinas de embrulhamento de drops e a esteira de transporte entre elas para os *buffers* de empacotamento.

Uma visão geral do projeto de corte, embrulhamento e empacotamento de balas duras também é mostrada na Figura 4.4, onde toda a linha de



produção é ilustrada e uma lógica independente pode ser proposta para análise mais macro do sistema.

Figura 4.4 – Plataforma de corte e embrulhamento de balas duras e mastigáveis

Esta plataforma é criada para fornecer uma base gráfica de máquinas e de lógicas para que o usuário possa desenvolver rapidamente o protótipo do modelo a ser analisado.

A figura 4.5 ilustra algumas máquinas que fazem parte desta biblioteca gráfica fornecida para o cliente para a rápida prototipação.

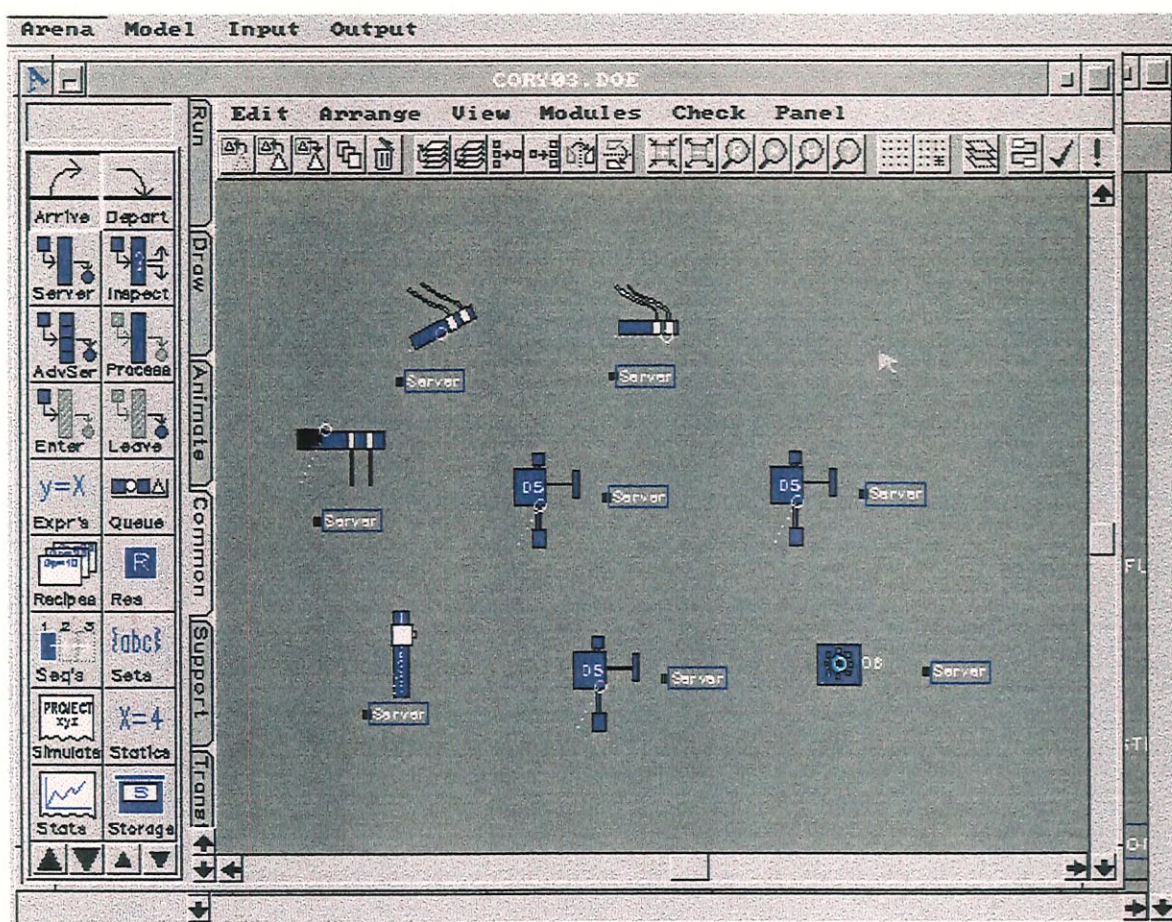


Figura 4.5 - Biblioteca de funções de modelagem

4.1.6 - Realização dos experimentos

Os experimentos são realizados através das Corridas de Simulação. Desta forma após o reconhecimento do problema e sua rápida modelagem, o usuário executa as corridas de simulação necessárias para se chegar a uma conclusão sobre a solução daquele determinado problema, ainda em tempo desta decisão ser tomada e com uma convicção maior do que sem a utilização desta ferramenta. A execução das corridas de simulação e a análise do modelo criado é realizada segundo várias alternativas e opções viáveis, tanto a curto quanto a longo prazo.

4.1.7 - Análise das saídas

A etapa de análise das corridas de simulação irá constar de análises determinísticas dos tempos para cada produto, com qualidades diferentes, mais análise para apoio a decisão de quando e quanto, referente ao pedido mensal de quantidade a ser produzida.

4.1.7.1 – Especificação da saída da simulação

A saída de um sistema de simulação pode ser fornecida através de relatório na forma de um “*dialog box*”. Este relatório pode ser apresentado durante a corrida de simulação (que tem que estar parada no momento da montagem do relatório, podendo continuar após a mostra do relatório) e no final da corrida da simulação. Ambas as amostragens podem ser arquivadas (salvar) na forma ASCII, através de um “*dialog box*” apropriado. Este relatório representa um resumo da corrida de simulação de acordo com as estatísticas coletadas durante a simulação.

Estatísticas de saídas típicas:

Utilização de recursos (Ocupado, ocioso, quebrado, etc).

Tempo de espera (fila, movimentação, montagem, etc.)

Tempo do ciclo (completo, área, recurso, etc).

Relação de produção (produto, área, turnos, etc).

Desempenho (datas exatas, estoque, tempo total, etc).

Utilização de recursos

Tempo de espera

Tempo do ciclo

Relação de produção

Desempenho

4.1.8 - Relatórios

A idéia básica é fornecer aos usuários do sistema, estatísticas a respeito da fábrica de balas e da fábrica de biscoitos, no que diz respeito a quantidades produzidas, quantidade de perdas/retrabalhos, identificar os tempos totais de cada lote produzido, e analisar problemas relativos a quebra de máquina, além da identificação de gargalos.

5 – RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Dentro do contexto da proposta deste trabalho, foram executados alguns experimentos teóricos e práticos, de onde pôde-se extrair alguns resultados práticos. No início do estudo fez-se a opção por um software de linguagem compatível com o nível da clientela. No caso os gerentes da área envolvida em questão, a opção recaiu sobre o software ARENA, na ocasião da escolha havia outro software que se igualava, em termos de linguagem amigável, trata-se do PROMODEL, ambos são em 2 dimensões. A escolha foi feita, considerando que o segundo não poderia dar o suporte técnico necessário (em termos de região de Rib. Preto/SP). Após o início do trabalho, checkou-se que o terceiro software descartado pela complexidade de linguagem, o AUTOMOD, poderia dar uma análise mais completa, em relação à posição física das máquinas (*lay out*), rotas dos operadores braçais, simulando inclusive o gargalo de trajetória dos funcionários para um determinado corredor. Com o resultado obtido com o ARENA, pôde-se analisar as capacidades de produção através das combinações e arranjos entre as máquinas e operadores braçais; mas não se pôde analisar se o *lay out* ficou bom ou se a área dos pulmões das máquinas empacotadoras era suficiente para estocar as balas principalmente quando da produção de balas sortidas (vários sabores em uma mesma embalagem).

Ao que tudo indica acima o AUTOMOD seria o software mais indicado, caso houvesse uma equipe específica destinada para o aprendizado e utilização deste software. No caso desta empresa uma solução descartada, durante a implantação com o software ARENA, que é de uma linguagem mais amigável ao usuário principiante, a dificuldade foi muito grande.

Houve uma certa resistência à aceitação do software ARENA, pelo fato de não se aceitar que um computador pudesse “tomar decisões” no lugar do ser humano com muita experiência de fábrica. O problema ao ser detectado demonstrou uma falha no aprendizado introdutório, o que pode-se considerar

normal, visto que desde o início falou-se muito em simulações na tela do computador, dando muito ênfase no software, o que despertou o interesse em ver as corridas dos modelos, na tela do computador, criando um certo desinteresse pela introdução teórica sobre simulação, suas finalidades e objetivos. A solução veio através de uma recapitulação da definição sobre a “Ferramenta Simulação”, que sua finalidade não é tomar as decisões, e sim auxiliar a descartar as opções ruins e oferecer um leque reduzido de opções “boas”, cabendo ao usuário, a decisão de escolher qual a melhor opção dentre as oferecidas pela simulação.

Superados os problemas iniciais, conseguiu-se montar modelos, onde a base fundamental se originara da configuração atual da fábrica, o que facilitou a validação do modelo. A partir destes modelos sempre será possível estudar casos futuros de modificações nas combinações e arranjos das máquinas e funcionários, visando uma produção e um prazo estipulados pelo departamento de Vendas, sem que para isso seja necessário modificar a estrutura do modelo. No caso de adição de maquinários novos, será necessário um estudo mais detalhado, pois o modelo sofrerá uma modificação em sua estrutura. Proporcionou-se assim uma plataforma que pode ser remodelada (à partir da iniciativa dos gerentes, que foram treinados) para adaptações da sua nova fábrica.

De acordo com a proposta de sistematização específica para a indústria alimentícia, neste caso de fabricação de balas, a implantação se apresentou satisfatória, apesar dos problemas de mudança de *lay out* com a reforma da fábrica ocorrida durante o processo, acarretando falta de disponibilidade da gerência.

6 - CONCLUSÃO

O emprego das técnicas de controle de processos, tais como simulação nas indústrias, vem se tornando cada vez maior. As metodologias de implantação de simulação focalizam principalmente as indústrias metal-mecânica e na maioria de grande porte.

O crescente desenvolvimento da concorrência em razão da globalização nas indústrias em geral, fez com que as indústrias alimentícias procurassem meios eficientes de aumentar a produção. No entanto, um obstáculo é a não existência de metodologias eficientes para implantação da simulação nestas indústrias, devido suas características serem diferentes das metal-mecânica.

O objetivo da criação de uma metodologia, para implantação da Simulação de Sistemas de Manufatura em uma indústria alimentícia, moldando-se uma metodologia utilizada em empresas de grande porte, principalmente do ramo metalúrgico, mostrou-se através de uma aplicação prática ser satisfatória.

Dos passos propostos na literatura, foram introduzidos alguns passos específicos para o contexto de uma indústria alimentícia, os quais foram:

- Capacitação prévia dos usuários;
- Verificação da demanda externa.

A capacitação prévia mostrou-se eficiente e necessária devido a dinâmica de alterações das indústrias alimentícias. Deixando disponível para os gerentes uma plataforma de construção de modelos para a tomada de decisão que pode ser reaproveitada inclusive após grandes mudanças estruturais. Devido o gerente possuir uma familiarização suficiente da ferramenta de tomada de decisões.

O passo de verificação da demanda externa também mostrou-se necessário devido as características próprias deste tipo de indústria. Essas

características como sazonalidade, tendências de mercado (marketing), grande perecibilidade dos produtos, previsão mensal e vendas semanais, fazem com que as metas de produções se alterem constantemente.

A plataforma elaborada no software ARENA, mostrou-se eficiente principalmente, nas fases de capacitação prévia e execução dos modelos de tomada de decisão. A capacitação prévia foi favorecida pela interface bastante amigável e a execução dos modelos foi facilitada pelo uso do software na sua versão educacional, favorecendo a execução em máquinas de configuração simples (a partir de PC-386).

Portanto, a implementação da proposta de implantação de uma metodologia de simulação para a tomada de decisão em indústrias alimentícias mostrou-se satisfatória devido as características próprias deste tipo de indústria, fornecendo uma plataforma para a utilização no nível de gerência para a fábrica.

Sugestões para trabalhos futuros

A seguir apresentam-se algumas sugestões para trabalhos futuros:

1 - Estudos a respeito de padronização e definições referentes a bibliotecas de máquinas utilizadas em indústrias alimentícias.

2 - Estudos com relação às necessidades de integração dos modelos do chão de fábrica, através de padronização, para a análise global da fábrica.

3 - Trabalhos envolvendo a integração da plataforma com técnicas de previsão de demanda para a utilização desta ferramenta para previsões futuras da fábrica (mais de que um mês).

4 - Estudos de adequação da ferramenta de Simulação, com o objetivo de permitir o uso da plataforma de simulação nos níveis mais baixos da hierarquia de tomada de decisão da fábrica.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO, *Compêndio de Legislação de Alimentos: consolidação das normas e padrões de alimentos*, SP, v1, cap. 7, resolução n 33/77. 1985.
- AGOSTINHO, Oswaldo Luiz, *Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS)*, Notas de Aula, Dpto. Eng. Mecânica, EESC - USP, 1986
- BANKS, J. , NORMAN, V. , *Simulation of Manufacturing and Material Handling Systems*, Mini-curso 2, International Congress of Industrial Engineering/16, 1996
- BEL, G.; CAVAILLE, J. B. DUBOIS D.; *Flexible manufacturing systems: modelling and Simulation*. Systems and Control: Encyclopaedia, Theory, Technology, Application, p 1642-1649, 1988.
- BENJAAFAR, S.; *Intelligent simulation for flexible manufacturing systems: An integrated approach*. Computers & Industrial Engineering v 22, n 3 p 297-311, July 1992.
- BENNETT, B.S., *Simulation fundamentals*, Prentice-Hall International series in system and control engineering, Great Britain, 1995.
- CONWAY, R.; MAXWELL, W.L. and WORONA, S. L., *User's guide to xcell factory modeling System*, The Scientific Press, Palo Alto, CA, p 65-66, 1986.
- COPERSUCAR, *Boas Práticas de Fabricação*, Instruções Técnicas Cia. União dos Refinadores, SP, 1990.
- COSTA, Miguel A. Bueno da, *Atuando com simulação de sistemas: experiências de uma década*, Congresso Nacional de Engenharia de Produção -ENEGEP 95, Anais/ São Carlos: UFSCar, p 1110- 1113, 1995.

- DOLGUI-ALEXANDRE; OFITSEROV-DMITRY *Stochastic method for discrete and continuous optimization in manufacturing systems*, Journal-of-Intelligent -Manufacturing.v 8 n 5, p 405-413, Oct 1997
- FUJIMOTO, H.; YASUDA, K.; ISHIMARU, T.; *Evaluation of scheduling rules in FMS using a simulator*. Flexible Automation 1992 Proc 92 Jpn USA Symp Flexible automa. publ. by ASME. NY, USA, p 1143-1146, 1996.
- FURQUIM, N. R., *SEMINÁRIO: INDUSTRIALIZAÇÃO DE BALAS DURAS E MASTIGÁVEIS*, Tendência de Aroma para balas duras e mastigáveis, 1997
- GALLO, F.L., *Indústrias da região e a qualidade total*. *Jornal A Cidade*, Ribeirão Preto, 19/Nov, 2º caderno, 1993.
- GAZZINELLI, Alexandre et al, ENEGEP 96, 255, Piracicaba, 1996.
- GORDON, G.; *System simulation*, 2nd ed. Englewood Cliffs, New Jersey, Prattice Hall Inc. p 423, 1978, apud PROMODEL, *PROMODEL for windows, User's Guide*, Promodel Corporation, 1994.
- HABERFELD, S., *OPINIÃO*, Revista Alimentos & Tecnologia, n 71, Publicação do Grupo Brasil-Rio, p 19, 1997
- HARREL, C. R. et al, *System Improvement Using Simulation*, Edited by PROMODEL Corporation, 1992
- HARREL, C.R. , *Modeling Beverage Processing Using Discrete Event Simulation*, PROMODEL Corporation, Winter Simulation Conference Proceedings, IEEE Service center, NJ, USA, p 845-850, 1993.
- HOOVER, S. and PERRY, R. F., *Simulation: a problem solving approach*, Addison-Wesley, , Reading, Massachusettes, 1990, apud PROMODEL, *PROMODEL for windows, User's Guide*, Promodel Corporation, 1994.
- IFUKI, C.M., *Boas Práticas de Fabricação*, IX seminário COPERSUCAR de Garantia de Qualidade Açúcar Cristal, p 37-51, 1988

- INGELS,, Don M.. *Wath every engineer should know about computer modeling and simulation*, Marcel Dekker Inc., New York, USA, 1995
- KATO, E. R. R., *Projeto de intertravamento de centros de usinagem para ambientes de manufatura flexível*. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 1994.
- KLOTZ, E., *Alimentos e Bebidas*, For Editora e Promotora Ltda, SP, 1996.
- LACERDA, L. S., *Simulação de uma base de distribuição de combustíveis*, ENEGEP 95, anais, p 940-944, São Carlos, 1995.
- LAW, A. M., and McCOMAS, M.G., *Secrets of sucessful simulation studies*, Proceedings of the 1991 Winter Simulation Conference, Phoenix-Arizona/USA, p 21-27, Dec. 8-11, 1991.
- LAW, A.M. and KELTON, D. W., *Simulation modeling and analysis*, McGraw-Hill, Inc. NY, 1991.
- LAW, A.M., *Introduction to Simulation: A Powerful tool analysing complex manufacturing systems*, Industrial Enginnerin, p46-63, May 1986
- LOBÃO, E. de C., PORTO, A.J.V., *Proposta para Sistematização de Estudos De Simulação*, anais do ENEGEP/97, Gramado, RS, 1997.
- LOBÃO, E. de C., PORTO, A.J.V., *Uma técnica de modelagem para simulação de máquinas que leva a um bom produto*. Revista Máquinas e Metais, p 22-23, Dez., 1995.
- LUCAS, V., *Processamento de Balas duras, Mastigáveis e de Goma*, Seminário Tendências na Industrialização de Balas, Chocotec/ITAL, p01-18, 15 /SET, 1998.
- MANIVANNAN, S.; BANKS, J.; *Towards a realtime knowledge- based simulation system for diagnosing machine tool failure*. 90 Winter Simulation

Conference Proceedings, publ. by IEEE Service Center, NJ, USA, p 603-608, 1990.

MONDEM, Yasuhiro, *Sistema Toyota de Produção*, IMAM, SP, 1984

MOREIRA, Daniel Augusto, *Administração da Produção e Operações*, ed Pioneira, SP, p10-21, 1993

MORITO, S, TAKANO, T.; MIZUKAWA, H.; MIZOGUCHI, K.; *Design and analysis of a flexible manufacturing system with simulation-effects of flexibility on FMS performance*. Winter Simulation Conference Proceedings. IEE Service center, NJ, USA, p 294-301, 1991.

MOTHÉ, Jocélio Ribeiro Alves, *Tecnologia da Fabricação de Balas e Caramelos*, Sanofi Do Brasil Ind. E Com. Ltda, SP, 1988

MOTT, J. and Tumay, K., *Developing a Strategy for Justifying Simulation*, Industrial Engineering, July 1992

NASCIMENTO, F., *Tecnologia cria novas tendências para embalagens alimentícias*, ver. Engenharia de Alimentos, n 8 DEZ, p10-16, 1996

NAYLOR, T.H.; BALINFY, J.L.; BURDICK,D.S.; CHU, K., *Técnicas de simulação em computadores*, Ed vozes, 1991.

NEELAMKAVIL, Francis, *Computer simulation and Modeling*, John Wiley & Sons, 1987.

OZDEMIREL-NUR-E; YURTTAS-GAZANFER-Y; KOKSAL-GULSER,
Computer-aided planning and design of manufacturing simulation experiments, Simulation. v 67 n 3, p 171-191, Sept 1996

PARALLEL PERFORMANCE GROUP - SIMULATION NEWSLETTER, *A New Approach to System Design*, Volume 1 Issue 2, August 1994

- PEDGEN, C.D.; SHANNON, R.E.; SADOWSKI, R.P., *Introduction to simulation using SIMAM*, second edition, McGraw Hill, NJ, 1995.
- PORTO, Arthur J.V., *Simulação de Sistemas de Manufatura*, Notas de Aula, Dpto Eng. Mecânica, EESC - USP, 1996 (b).
- PORTO, Arthur J.V., *Tópicos de Máquinas Ferramentas*, Notas de Aula, Dpto. Eng. Mecânica, EESC - USP, 1985(a)
- PRISTKER, A.B. and PEGDEN, C.D., *Introduction to simulation and slam*, John Wiley & Sons, NY, 1979, apud PROMODEL, *PROMODEL for windows, User's Guide*, Promodel Corporation, 1994.
- PROMODEL, *PROMODEL for windows, User's Guide*, Promodel Corporation, 1993.
- REFINAÇÕES DE MILHO BRASIL, *Manual de Boas Práticas de Manufatura*, SP, 1987.
- ROCCO, N. *Ciência e Tecnologia*, Olho vivo na qualidade, ver. Alimentos & Tecnologia, publ do Grupo Brasil Rio, p40-42, 1998
- RUBINSTEIN-REUVEN-Y, *Optimization Of Computer Simulation Models With Rare Events*, European-Journal-of-Operational-Research. v 99 n 1 p 89-112, May 16 1997.
- SAVITCI, L.A. *Candies: Aspectos de Mercado*, Seminário Tendências na Industrialização de Balas, Chocotec/ITAL, p113-146, 15/SET, 1998.
- SAVORY-PA; MACKULAK-GT, *Aggregation procedure for simulating manufacturing flow line models*, Computers-and-Operations-Research. v 24 n 11, p 1063-1073, Nov 1997
- SCHIESS, C., *Simulation: How to Set Goals and How to Get Started*, Industrial Engineering, May 1993

- SCHLESINGER, S., *Terminology for model credibility*, Simulation, 32(3), p 103-104, 1979, apud PROMODEL, *PROMODEL for windows, User's Guide*, Promodel Corporation, 1994.
- SCHRIBER, T. S., *An Introduction Of Simulation*, Edited by John Wiley & Sons, 1990
- SEMINÁRIO HAHN SOBRE PRODUTOS PRONTOS ESTERILIZADOS, Revista Leite & Derivados, no 28 MAI/JUN, p 69-71, 1996.
- SHANNON, R. E., *Introduction to simulation*, Winter Simulation Conference, IEEE, Service center, NJ, USA, p65-73, 1992.
- SHANNON, R. E., *Systems Simulation: The Art and Science*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1975.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, *Manual de Boas Práticas de Rastreabilidade de Insumos e Produtos para a Indústria de Alimentos*, Campinas, SP, p10, 1993
- SYSTEMS MODELING CORPORATION, *ARENA User's guide*, ARENA, USA, 1994.
- THESEN, A. and TRAVIS, L. E., *Simulation for decision making*, West Publishing Company, 1992.
- ZACARELLI, Sérgio B., *Programação e Controle da Produção*, 7a ed, Editora Pioneira, SP, p 11-19, 1986.

ANEXOS

O organograma da indústria alimentícia analisada segue o esquema mostrado na figura A.1:

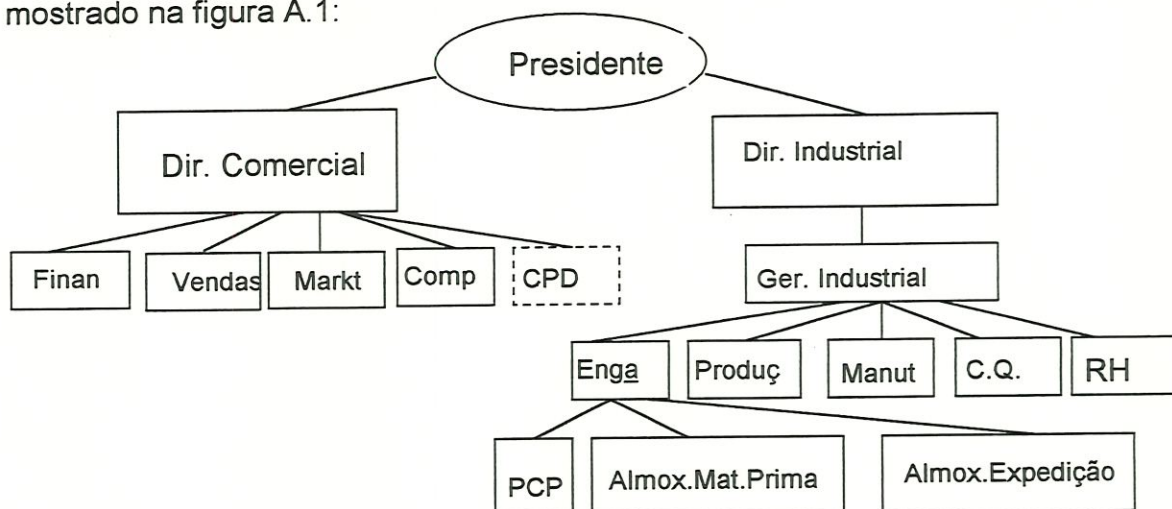


Figura A.1 – Organograma da indústria

Área comercial

◆ Financeiro:

- contas a pagar
- contas a receber
- aplicações financeiras
- cobranças
- rotinas gerais

◆ Vendas:

- vendas
- promoções
- informa PCP da programação
- emissão de nota fiscal

◆ Marketing:

- Imagem da empresa (institucional)
- divulgação dos produtos
- pesquisas de mercado
- promoções
- desenvolvimento de novos produtos e embalagens

◆ Compras:

- pesquisas
- compras de matéria prima, insumos, materiais diversos
- desenvolvimento de novos fornecedores

◆ CPD:(setor tende a desaparecer, com a interligação dos vários setores em rede)

- cadastramento de dados gerais, vendas, compras, clientes, etc.

Área Industrial.

A área industrial é estruturada da seguinte forma:

◆ Gerência Industrial:

- organiza e controla todos os setores produtivos da indústria

◆ Engenharia:

- lay out, racionalização e otimização de linha, desenvolvimento de máquinas e produtos, etc.
- canal mais rápido de comunicação entre setor produtivo e os demais

◆ PCP:

- planejamento e controle dos setores produtivos

- emissão de Ordem de Serviço
- Dimensionamento dos setores produtivos
- Levantamento de dados da produção
- previsão dos custos (geral, vertical)
- custos realizados
- geração de gráficos sobre produtividade

◆ Almojarifado de Matéria Prima:

- estoca de forma adequada a Matéria Prima, insumos, embalagens, etc
- controle de estoque de Produto Acabado
- carrega cargas
- atualiza estoque diariamente

◆ Produção: - Produzir conforme programação do PCP.

◆ Manutenção:

- realiza paradas corretivas
- programa paradas preventivas (através de planejamento conjunto com a Engenharia)
- programa paradas preditivas (planejada através de levantamento do histórico dos equipamentos realizado pela Engenharia)

◆ Controle de Qualidade:

- recebimento de matéria prima
- estabelece padrões para recebimento (aceitar, aceitar com ressalvas, não aceitar)
- controlar a qualidade no processo produtivo

- controlar a qualidade do produto final através de amostragem
- desenvolver processos de “vida de prateleira” acelerado dos produtos
- fornecer Matéria prima à produção que necessitem de dosagem, medidas, etc, com precisão
- receber produtos devolvidos
- prestar assistência a clientes, quanto à estocagem, manuseio dos produtos.

◆ Recursos Humanos: - Rotinas normais do departamento.

Tecnologia de fabricação de balas duras

Balas são produtos obtidos a partir do cozimento de açúcares, adicionados de corantes, aromatizantes e acidificantes, podendo conter ainda outras substâncias permitidas, características para cada tipo de bala.

Uma bala dura de boa qualidade deve apresentar-se no estado vítreo, ser transparente ou translúcida e ter uma aparência brilhante. Para alcançar essas características, devem ser levados em consideração o balanceamento correto dos ingredientes na formulação, o sistema de cozimento utilizado e as condições de processamento. Estas balas podem ser estampadas ou depositadas. Conforme fluxograma da figura A2

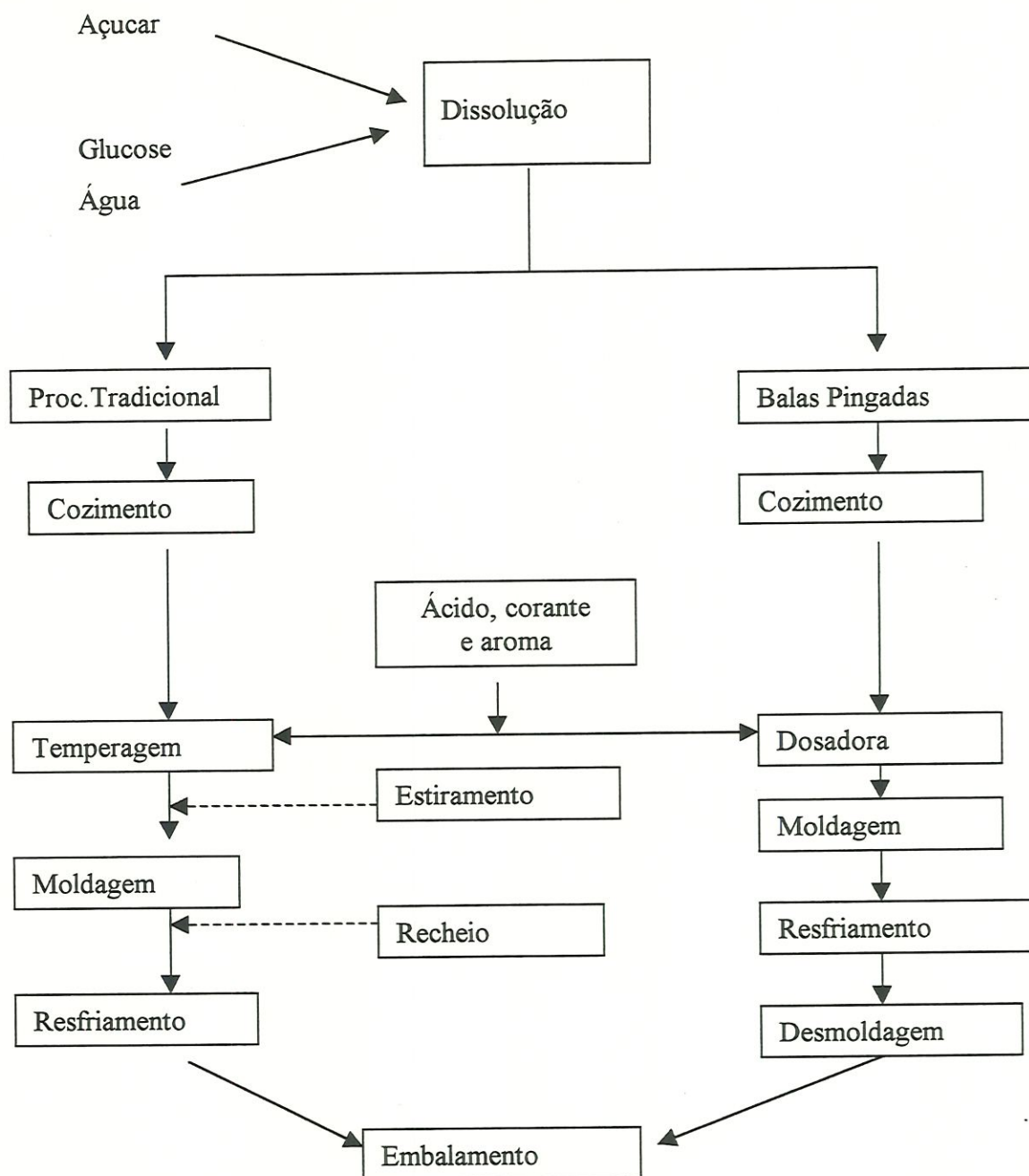


Figura A2 – Fluxograma do processamento de balas duras:
Estampadas(tradicional) e balas Pingadas

Equipamentos

Para o cozimento são utilizados cozedores denominados tachos, são utilizados tachos a vácuo, para reduzir o tempo de cozimento, pois o vácuo minimiza a taxa de inversão da sacarose através do resfriamento rápido da



massa. A figura A3 mostra um cozedor a vácuo. Este equipamento se caracteriza por produção descontínua (por batelada).

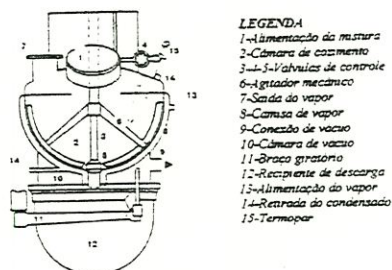


Figura A3- Cozedor a vácuo

A Bastonadeira é um equipamento projetado para dar forma à massa da a bala dura, mantendo temperatura ideal de plasticidade para ser estampada, o equipamento é constituído por cones inclinados onde a massa plástica é alimentada na extremidade de maior diâmetro, formando na saída um cordão que é alimentado continuamente na Trafila. Na figura A4 está ilustrada uma bastonadeira.

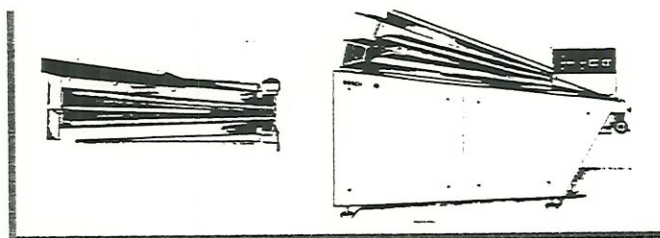


Figura A4 – Bastonadeira

Na sequência da produção de balas duras vem a Trafila, que dá o acabamento final ao cordão de massa formado na bastonadeira, ajustando seu diâmetro para ser estampada na etapa seguinte. Como pode ser visto na figura A5, o equipamento possui vários conjuntos de discos perfilados, os quais giram a altas velocidades modelando o cordão de massa que passa entre eles.

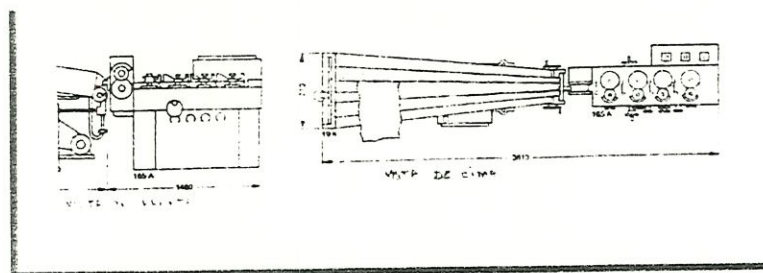


Figura A5 – Trafila

Para as balas moles ou mastigáveis, a Bastonadeira e a Trafila são substituídos pela Extrusora, que podem ser simples, com um único sistema de alimentação, ou duplas, com dois dosadores, para produção de balas coloridas, com ou sem recheio (Figura A6)

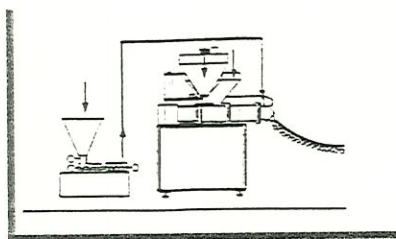


Figura A6 - Extrusora

O cordão de massa formado na etapas anteriores entra nas Estampadoras onde é cortado, dando o formato final às balas. As Estampadoras podem ser do tipo cadeia (figura A7) ou do tipo rotativa (figura A8). As máquinas do tipo cadeia são horizontais, o cordão é alimentado diretamente em cavidades geradas pela abertura de pistões, sendo pressionados e moldados. Nas máquinas rotativas o cordão passa por rodas dentadas, sendo cortados em tamanhos fixos e moldados por pistões existentes nas máquinas.

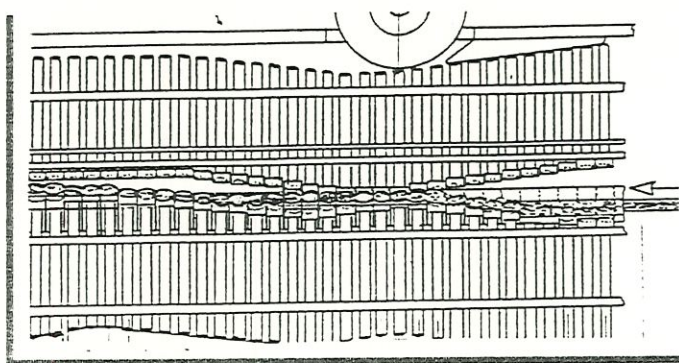


Figura A7 – Estampadora tipo Cadeia

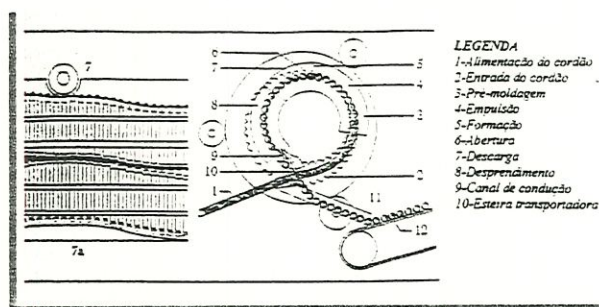


Figura A8 – Estampadora rotativa

Tecnologia de Fabricação de Balas Moles

Balas moles levam gordura em sua formulação, apresentando-se com uma textura macia. O cozimento é mais brando resultando em produtos com maior umidade residual. Em termos de processo, até a etapa de cozimento os equipamentos utilizados podem ser os mesmos que aqueles utilizados para balas duras, no entanto, como o processo exige um tratamento mecânico da massa, equipamentos adicionais devem ser incluídos na linha de produção. A figura A9 mostra o fluxograma da fabricação de balas mole

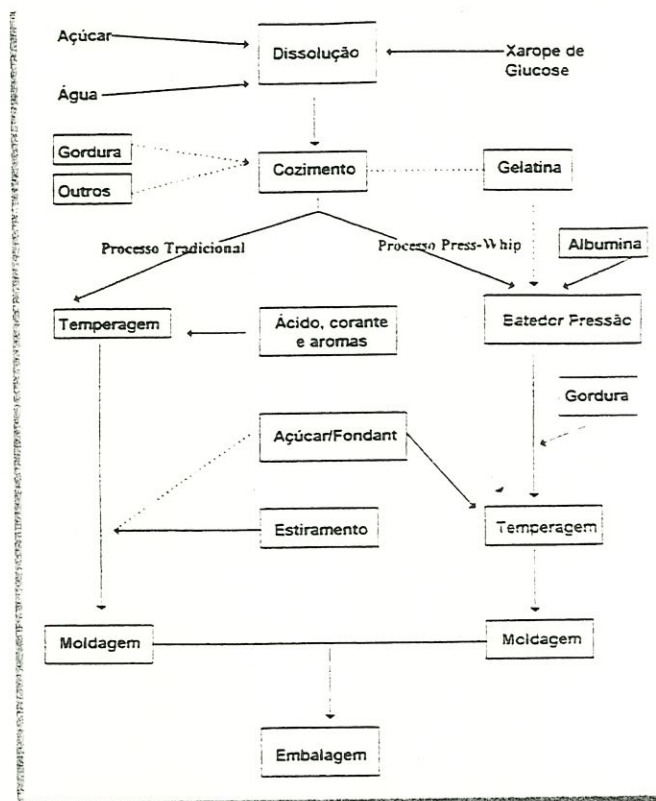


Figura A9 - Fluxograma de processamento de balas moles

As balas moles necessitam o uso de um equipamento para estiramento, mostrado na figura A10, cuja função é a inclusão de ar na massa, formando-se uma emulsão água/óleo com suspensão de ar.

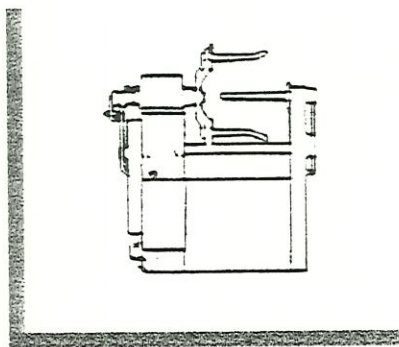


Figura A10 - Máquina de estiramento

CANDIES: ASPECTO DE MERCADO (SAVITCI, 1998)

Produção e Consumo

As balas, drops, pastilhas, caramelos, pirulitos, gomas de mascar e confeitos em geral, compõe o segmento de *CANDIES*, o qual cresceu 8% em 1996 e conta com uma previsão de 35% até o ano 2000.

Brasil produziu em 1996 435 mil ton. de candies o que coloca o País como segundo colocado no mercado mundial, atrás dos EUA com 1,33 milhões de ton., e seguido pela Alemanha com 354 mil ton. As balas respondem por aproximadamente 40% do faturamento industrial e vem perdendo o estigma de função de "troco", passando sua compra a envolver uma decisão do consumidor atento à qualidade (SICAB).

A produção do Brasil se divide nos seguintes percentuais, 10% é exportada (43 mil ton) para cerca de 60 países sendo principalmente para América do Sul (37%) e EUA (22%) ampliando-se pela África e Europa.

consumo aparente (produção +importação - exportação) tem aumentado nos últimos anos, o que resultou num faturamento estável em torno de US\$ 1 bilhão nos anos de 1996 - 97.

consumo per capita ainda é baixo no Brasil, ao redor de 3 kg/pessoa; independente da idade, encontram-se candies em mais de 50% dos lares brasileiros, consumido por 95% da população brasileira, onde a típica consumidora é a mulher entre 18 e 44 anos.

chocolate e candy importado, são os grandes concorrentes estimulando a maior variedade e qualidade dos produtos; surge também uma maior preocupação com as embalagens, a localização e disposição nas gôndolas. O metro linear de guloseimas, alcança nas gôndolas, rentabilidade maior que o mesmo espaço ocupado por qualquer outro alimento; essa rentabilidade varia de 30-35%, chegando até 70%.

Tanto a produção como o consumo de candies se ampliam quando se considera a tendência de grande crescimento para os produtos do segmento “sabor sem culpa” , ou *sugar-free*, *diet/ligth*, que compõe a linha de baixa caloria. Em 1997 as geléias, balas, gomas de mascar e outros produtos de baixa caloria, movimentaram US\$ 115 milhões, representando aproximadamente 14% dos US\$ 840 milhões movimentados em 1997 pelos alimentos dietéticos em geral (adoçantes, sobremesas, refrigerantes, iogurtes, sorvetes) (ABIAD)

capital estrangeiro tem aumentado sua participação na indústria de *candy*. A TOSTINES Industrial Comercial e a AILIRAM , foram vendidas para a Suíça NESTLÉ S/A.. A Q.REFRESCO, vendida para o grupo norte americano PHILIP MORRIS. O grupo francês DANONE comprou em 1996, 25% das ações da Aimoré(fabricante mineira de biscoito e balas duras), e em 1997, o restante das ações da COMPANHIA CAMPINEIRA DE ALIMENTOS.

A maioria da produção é ditada por 6 a 8 indústrias, detendo 80% do mercado; as principais empresas são a Companhia Campineira de Alimentos que se destaca em balas, a Warner Lambert (que detém a marca Adams) em drops e a Kraft Suchard (grupo Philip Morris) em pastilhas, disputa com a Garoto. A Arcor, primeira produtora de balas no mundo e maior exportadora de balas do Brasil.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
PROD	358	350	375	437	437	435
IMP	2	0,7	2	5	20	37
EXP	35	46	85	52	51	44
CONS	352	305	292	390	406	428

Tabela A1 - Produção e consumo aparente de candies, em mil ton., fonte SICAB

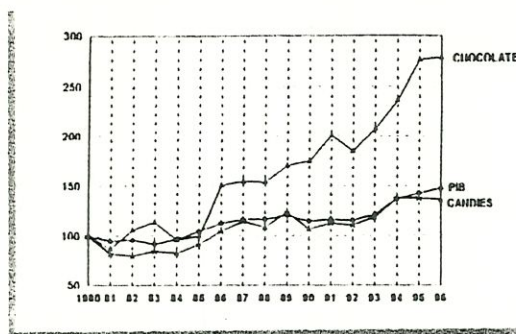


Gráfico A1 – Brasil – Evolução da produção e P.I.B., 1980 = 100 (SICAB, 98)

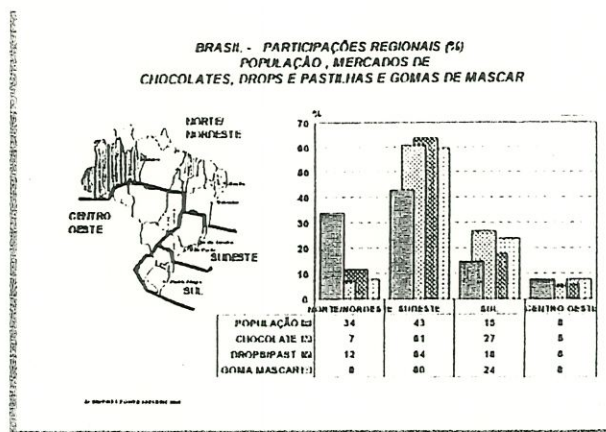


Gráfico A2 – Participações regionais (%) (SICAB, 98)

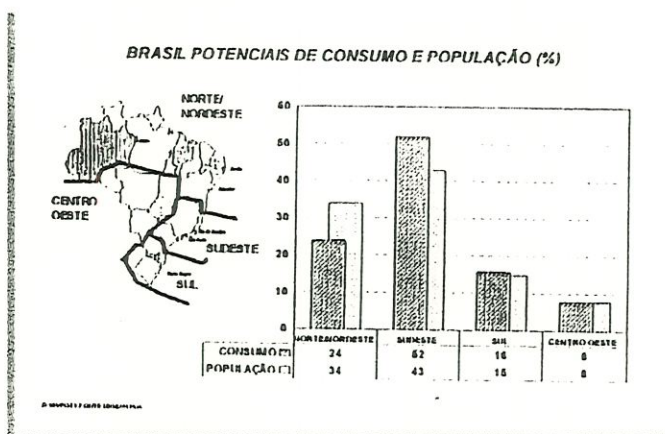


Gráfico A3 – Potencial de Consumo (SICAB, 98)

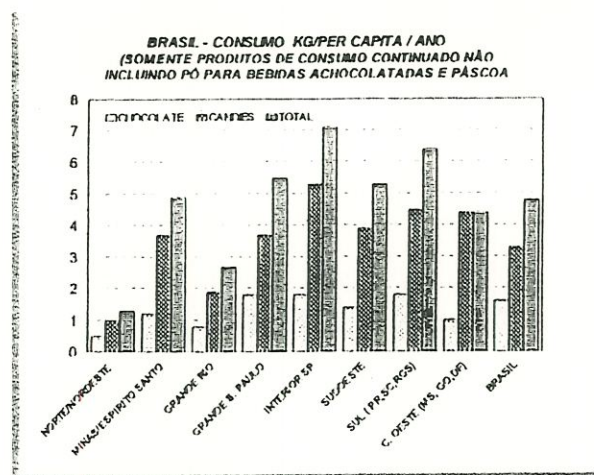


Gráfico A4 – Consumo KG/Per Capita/Ano(SICAB, 98)

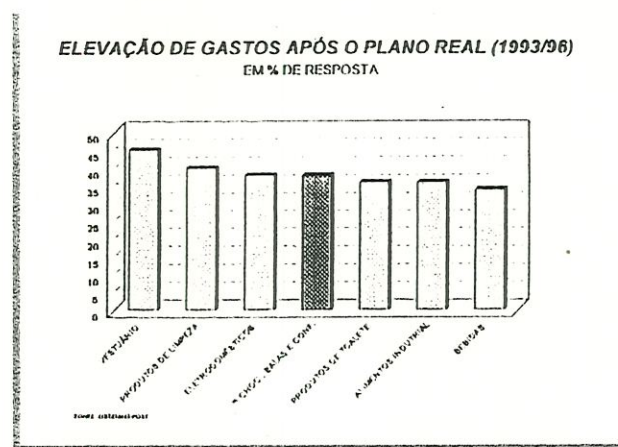


Gráfico A5 –Elevação de gastos após o plano real (SICAB, 98)