

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SISTEMAS**

Dissertação de Mestrado

**O MODELO DE SIMULAÇÃO DO GPCP-1: JOGO DO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**

PLÍNIO CORNÉLIO FILHO



0.294.142-9

UFSC-BU

Florianópolis, 1998

PLÍNIO CORNÉLIO FILHO

**O MODELO DE SIMULAÇÃO DO GPCP-1: JOGO DO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**

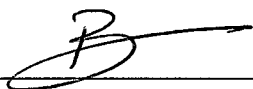
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre.
Orientador : Prof. Dr. Paulo J. de Freitas Filho.

FLORIANÓPOLIS
1998

O MODELO DE SIMULAÇÃO DO GPCP-1: JOGO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

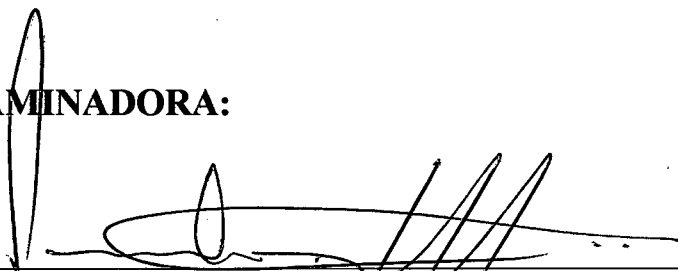
PLÍNIO CORNÉLIO FILHO

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre, Especialidade em Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

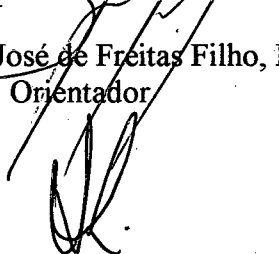


Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr.
Orientador



Prof. Bruno Hartmut Kopittke, Dr.



Prof. Dálvio Ferrari Tubino, Dr.

Dedico este trabalho,

**Aos meus pais e irmã que,
independentemente das circunstâncias,
participam da minha vida e me ensinam
detalhes da vida que não se aprende
lendo livros ou assistindo aulas.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de maneira direta ou indireta, contribuíram para a elaboração desse trabalho. É, de certo modo, perigoso citar nomes pois pode ocorrer alguma omissão, pois foram muitas as pessoas que colaboraram com valiosos comentários, sugestões e críticas. Assumindo o risco, relaciono algumas dessas pessoas e instituições:

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por oferecer o curso de Mestrado em Engenharia de Produção;

À Secretaria do curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção que, de maneira paciente e profissional, manteve-se acessível e disposta à dar suporte às minhas indagações, demonstrando que em um ambiente profissional é possível conquistar grandes amizades;

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), pela liberação para execução deste trabalho e apoio financeiro;

Ao departamento de Eletrotécnica do CEFET-PR, por viabilizar a liberação para o curso de mestrado;

USP – Universidade de São Paulo, departamento de Engenharia Naval, que propiciou contatos valiosos com estudantes e professores na área de simulação computacional;

Ao professor Prof. Paulo José de Freitas Filho, pela orientação, incentivo e acompanhamento do trabalho;

Ao meu grande amigo/irmão, Luiz Erley Schafranski, pelo apoio e companhia em todas as circunstâncias

À minha família, por sempre estar ao meu lado, compartilhando tanto das alegrias quanto das tristezas, incentivando-me a Ter força de vontade e, através de seu próprio exemplo de vida, ensinando-me que a humildade é uma das grandes virtudes no ser humano;

A DEUS, que me ensina diariamente os verdadeiros valores da vida e me sustenta, principalmente, nos momentos em que o ser humano já não tem condições de fornecer respostas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS	X
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII

1- CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUÇÃO	01
1.2. CONTEXTUALIZAÇÃO	01
1.3. JUSTIFICATIVA	03
1.4. OBJETIVOS	04
1.4.1. Objetivo geral	04
1.4.2. Objetivos específicos	04
1.5. METODOLOGIA	05
1.5. DESCRIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	06

2- CAPÍTULO 2 : INTEGRAÇÃO ENTRE JOGOS DE EMPRESA E SIMULAÇÃO AGEM

2.1. INTRODUÇÃO	07
2.2. SIMULAÇÃO	07
2.2.1. Aprender através da simulação	07
2.2.2. Aplicação da simulação	11

2.2.3. Definição de simulação.....	12
2.2.4. Linguagens de simulação.....	13
2.2.4.1. Características das linguagens de simulação.....	14
2.2.5. Vantagens e desvantagens da simulação.....	15
2.2.6. Etapas de um projeto de simulação.....	17
2.2.6.1 Definição do problema e objetivos.....	18
2.2.6.2 Definição do modelo conceitual.....	19
2.2.6.3 Coleta de dados.....	20
2.2.6.4 Codificação, verificação e validação do modelo.....	20
2.2.6.5 Projeto experimental / experimentação.....	21
2.2.6.6 Análise e interpretação dos resultados.....	21
2.3. JOGOS.....	22
2.3.1. Definição, objetivos e características.....	22
2.3.2. Jogo simulado.....	23
2.3.3. Jogos de empresas.....	24
2.3.3.1. Definição.....	24
2.3.3.2. Objetivos.....	25
2.3.3.3. Benefícios e limitações.....	25
2.4. INTEGRAÇÃO : JOGOS DE EMPRESAS E SIMULAÇÃO.....	27
2.4. TENDÊNCIAS.....	28

3- CAPÍTULO 3 : ATIVIDADES DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NO JOGO GPCP-1

3.1. INTRODUÇÃO.....	30
3.2. A FUNÇÃO PRODUÇÃO.....	30
3.3. SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	32
3.3.1. Classificação dos Sistemas de Produção.....	33
3.4. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	34
3.4.1. Funções.....	34

3.3.2. Princípios fundamentais.....	35
3.3.3. Atividades e interrelações setoriais.....	36
3.5. PREVISÃO DE DEMANDA.....	39
3.5.1. Etapas de um modelo de previsão.....	39
3.5.2. Técnicas de previsão.....	41
3.6. PLANEJAMENTO MESTRE DA PRODUÇÃO.....	42
3.7. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	43
3.7.1. Objetivos da programação da produção.....	45
3.8. ADMINISTRAÇÃO DOS ESTOQUES.....	46
3.8.1. Classificação ABC dos estoques.....	47
3.9. SEQUENCIAMENTO E EMISSÃO DE ORDENS.....	48

4- CAPÍTULO 4 : IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO GPCP-1- JOGO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO.....	51
4.2. MODELO GENÉRICO.....	51
4.2.1. Divisão do modelo: e objetivos.....	52
4.2.2. Abstração e generalização do modelo.....	54
4.3. CENÁRIO DO JOGO.....	55
4.4. ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA.....	56
4.5. DINÂMICA DO JOGO.....	57
4.6. MODELAGEM DO SISTEMA FABRIL E DO MERCADO.....	59
4.6.1. Definição do problema e objetivos.....	60
4.6.2. Modelo conceitual e detalhamento para projeto experimental.....	60
4.6.2.1. Detalhamento das partes constituintes dos produtos.....	61
4.6.2.2. Setor de máquinas.....	66
4.6.2.3. Setor de submontagem.....	68
4.6.2.4. Setor de montagem.....	69
4.6.2.5. Setor de depósito (almoxarifado).....	71

4.6.2.6. Setor de vendas (mercado).....	71
4.6.3. Codificação do modelo	74
4.6.4. Verificação e validação.....	81
4.6.5. Análise e interpretação dos resultados.....	82

5- CAPÍTULO 5 : CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. CONCLUSÕES	83
5.2. RECOMENDAÇÕES	86

6- ANEXO 01.....	88
-------------------------	-----------

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
--	-----------

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 01 – Etapas em um estudo de simulação 18

CAPÍTULO 3

Figura 02 – Estrutura operacional em uma empresa 31

Figura 03 – Sub-sistemas : almoxarifado, produção e depósito 32

Figura 04 – A interdependência entre os três sub-sistemas do sistema de produção..... 32

Figura 05 – As interrelações do PCP com as demais áreas da empresa..... 36

Figura 06 – Atividades do PCP 38

Figura 07 – Etapas do modelo de previsão de demanda..... 40

Figura 08 – Hierarquia das atividades do PCP 43

Figura 09 – O fluxo de informações da programação da produção 44

Figura 10 – Hierarquia das funções da programação da produção 45

Figura 11 – Classificação ABC dos estoques 47

CAPÍTULO 4

Figura 12 – Modelo genérico do jogo GPCP-1 52

Figura 13 – Etapas do GPCP-1 54

Figura 14 – Especificação funcional do sistema 57

Figura 15 – Dinâmica do jogo GPCP-1 58

Figura 16 – Dinâmica geral de coleta de dados, processamento e devolução de resultados 60

Figura 17 – Modelo genérico da área fabril..... 61

Figura 18 – Partes constituintes das camas simples (ST) e luxo (LX).....	62
Figura 19 - Árvore do produto cama ST.....	63
Figura 20 – Árvore do produto cama LX	64
Figura 21 – Roteiro de fabricação da cama LX.....	65
Figura 22 – Composição do setor de máquinas	66
Figura 23 - Conseqüência de lotes muito pequenos.....	68
Figura 24 - Conseqüência de lotes muito grandes.....	68
Figura 25 - Composição do setor de submontagem	69
Figura 26 - Composição do setor de montagem.....	70
Figura 27 – Depósito ou almoxarifado	71
Figura 28 – Módulo vendas (mercado)	72
Figura 29 – Integração entre todos os setores envolvidos no modelo GPCP-1.....	73
Figura 30 – Parte animada do modelo GPCP-1 no ambiente ARENA.....	73
Figura 31 – Lógica de setup.....	77
Figura 32 – Lógica dos tempos de processamento.....	78
Figura 33 – Ilustração de liberação de entidades por lotes.....	78
Figura 34 – Lógica de liberação por lotes	79
Figura 35 – Sequenciamento da entidade sarrafo	80
Figura 36 – Lógica básica do setor de montagem.....	81

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 01 – Relação de softwares de simulação atuais.....	14
---	----

CAPÍTULO 3

Tabela 02 – Classificação dos sistemas de produção.....	33
Tabela 03 – Percentuais da classificação ABC de estoques.....	48

RESUMO

Nesse trabalho é proposto um protótipo de jogo de empresa simulado, denominado de GPCP-1, baseado em atividades de planejamento e controle da produção (PCP), com o intuito de facilitar o aprendizado dessas atividades, de uma maneira eficiente e moderna.

O modelo proposto teve sua implementação dividida em duas partes. Uma delas, desenvolvida pelo mestrando do curso de pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Luiz Erley Schafranski, refere-se à tomada de decisões executadas em planilhas eletrônicas através do software Excel 7.0. A outra, desenvolvida pelo autor desse trabalho, é o tratamento de dados e operacionalização das decisões tomadas pelo jogador, através de um software de simulação denominado ARENA 3.0.

A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho partiu de uma revisão bibliográfica sobre aprendizagem através de simulação e de jogos de empresas. Em seguida foi explorada a teoria sobre atividades de planejamento e controle da produção e etapas de um projeto de simulação, chegando até a implementação do protótipo.

ABSTRACT

In this work is proposed a prototype of Enterprises Simulation Game, called with GPCP-1, with based activities on Planning Control Production (PCP) according to easier the learning these activities, of the manner efficient and modern.

The model had been proposed by your implement divided at two parts. One of them was developed by learning of course Production Engeneering and System of Post Graduation Degree by Federal University of Santa Catarina, Luiz Erley Schafranski that said about taken decision, it maked by eletronics planning about the software Excel 7.0. Another was developed by author of this work, is the data processing tretment and operation by player's decisions talked, throught the software simulation called ARENA 3.0.

The methodoloy adapted to development the work beginning at the bibliographic rewiew about learning to simulation and enterprise games. Sequencially was explored the theory about planning and control activities of production and details of simulation projects, arrived to the prototype implement.

1.1 INTRODUÇÃO

Nesta etapa do trabalho é apresentada a contextualização temática sobre jogos de empresas, a justificativa pela escolha do assunto pesquisado, os objetivos à serem atingidos, a metodologia aplicada e o descritivo bem como a organização do trabalho em questão.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Muito se tem falado sobre o perfil do executivo do futuro, atribuindo a ele características como empreendedor, motivador de equipe, generalista, intérprete das necessidades do cliente e aberto as novas demandas do negócio como um todo. Porém, ainda são poucas as situações de treinamento que realmente geram oportunidades para a vivência destas habilidades. A pouco tempo é que as empresas brasileiras despertaram para a importância em modernizar suas técnicas de treinamento e, assim, continuarem competitivas no mercado onde atuam. Dentro dessas organizações, as constantes inovações em equipamentos e softwares, tornaram a contratação de empresas, para treinar novas tecnologias, um hábito recorrente. Aos poucos, as empresas perceberam que os custos dos intensivos programas de treinamento eram muito altos e, muitas vezes, com questionamentos quanto ao aproveitamento dos mesmos.

Várias organizações, no mundo todo, estão descobrindo que os microcomputadores instalados na mesa dos executivos podem se transformar em um professor paciente e disponível no horário e local que os profissionais mais precisam. Diante disso, os cursos teóricos diminuíram de importância e a manipulação de microcomputadores pessoais incrementados com recursos multimídia, vêm se tornando uma ferramenta eficiente e adequada à própria mudança na nossa condição de vida. Litto (1995), afirma que *“as novas tecnologias permitem a prática de métodos pedagógicos*

revolucionários, pois são mais adequadas às características e potencialidades da inteligência humana.”

Nesse contexto, nessa nova necessidade imposta pelo progresso tecnológico, é que se situam os jogos de empresas, voltados a educação e ao treinamento de habilidades para gestão estratégica de um negócio. Nos jogos de empresas, informatizados, aprende-se fazendo. O jogo é uma das técnicas mais poderosas de ensino disponível e constitui um passo metodológico no processo de evolução dessas técnicas, que começaram com aulas expositivas e leituras, eventualmente estimuladas por exercícios e discussões. Mas a principal desvantagem da aula expositiva é o papel passivo que o aluno adota.

A utilização de estudos de caso, foi o início da ruptura dos métodos tradicionais de ensino, pois os alunos começaram a adotar um papel mais ativo para aprender. Começou a haver trocas de conhecimento em três direções : do professor para o estudante, do estudante para o professor e do estudante para o estudante. O resultado é mais realismo na sala de aula, pois os estudos de casos e suas variantes, colocam o estudante numa situação de tomada de decisão, e lhe permite acesso a aspectos da prática do campo de gerenciamento, o que é complicado e difícil de ensinar através dos métodos tradicionais de ensino. Kopittke (1992), resume em poucas linhas a importância dos jogos de empresas quando afirma: “ *nenhum outro método permite simular situações de decisão tão interessantes e com tamanha participação dos alunos. Consegue-se uma atmosfera excitante e o aprendizado de um grande número de conceitos que somente seriam possíveis em espaços de tempo bem maiores*”.

Há um reconhecimento crescente da importância da participação, como parte crítica no processo de aprendizagem, por parte daquele que aprende. Por este motivo, grande ênfase tem sido dada ao ensino e treinamento através de métodos tais como jogos de empresas. Os jogos permitem simular continuamente diversos tipos de decisões de maneira que os participantes têm condições de avaliar os resultados de diferentes decisões tomadas em um tempo curto. O treinando sai da situação passiva e interage com o sistema.

Bremer (1995), indica ser de importância fundamental, para o processo de aprendizado, a participação daquele que aprende, em especial tratando-se de programas que se destinam ao desenvolvimento de habilidades de caráter prático.

Aprender-fazendo tem sido a forma mais efetiva de ensino, apesar de ainda pouco difundida em escolas e, principalmente, em empresas, devido ao contexto cultural e organizacional estabelecidos em nosso país.

Em diversas áreas de ensino e treinamento, o uso de microcomputadores e o desenvolvimento de softwares tem evoluído de tal forma que já são evidentes seus impactos na capacitação de operários, administradores e acadêmicos. *“Livros eletrônicos, educação e treinamento apoiados pelo computador, e apresentações multimídia, bem como tratamento hipermídia, vão mudar a forma de ensino na década de 90, e esta é uma das grandes transformações que esta década verá transcorrer”*. Torres (1994).

Utilizar os recursos computacionais disponíveis para adotar o método aprender-fazendo, segundo Zwicker e Reinhard (1994), além de promoverem um grau mais alto de aprendizado, favorecem aos participantes o desenvolvimento do bom senso em torno do objeto estudado.

1.3 JUSTIFICATIVA

No ensino acadêmico, evidencia-se a utilização da informática através dos softwares de simulação, para propiciar aos alunos aprendizado exercitado em ambientes similares ao real, permitindo que, pelo uso de técnicas do aprender-fazendo, se consolide efetivamente o ensino, além de contribuir para o estabelecimento de um perfil profissional mais sintonizado com as necessidades do mercado. O uso dos jogos de empresas vem mostrar aos participantes que, através de uma técnica como essa, temos condições de formular um processo e de planejar efetivamente dentro de um ambiente simulado. O resultado final não é tão importante quanto o ensino da técnica de

planejamento e de tomada de decisões, mostrando que as pessoas tomam decisões e recebem como feedback informações que, freqüentemente, não são compatíveis com as decisões esperadas ou com os resultados almejados. Então os participantes devem reavaliar todas as decisões e tentar saber o que aconteceu. Esse processo de avaliação contínua, propicia um nível de aprendizagem muito superior aos métodos conhecidos como “tradicional” de ensino e treinamento.

Mediante a existência no programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), dos jogos de empresas intitulados como: GI-EPS (Gestão Industrial em Engenharia de Produção e Sistemas) voltado principalmente ao marketing e finanças e o jogo LÍDER, voltado para o treinamento em recursos humanos, percebeu-se a carência desse tipo de ferramenta no auxílio aos conteúdos da produção propriamente dita. Por esta razão, surgiu a idéia de elaborar um modelo de um jogo de empresa simulado e animado, denominado GPCP-1, para abordar tal ênfase, isto é, transmitir conteúdos intimamente ligados à aspectos produtivos, através de uma técnica, comprovadamente moderna e eficaz para transmissão e aquisição de conhecimento efetivo e sólido.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desse trabalho é propor o modelo simulado de fábrica e mercado que compõem o jogo GPCP-1, através do qual poderão ser exploradas, com maior eficácia, técnicas de planejamento e controle da produção através de respostas desses modelos, além de transmitir os conhecimentos e a experiência obtida na pesquisa sobre jogos de empresas, motivando futuros pesquisadores à contribuir para o progresso dessa ferramenta.

1.4.2 Objetivos específicos

- Apresentar duas técnicas; jogos de empresas e simulação, utilizadas para o treinamento e desenvolvimento de pessoas e sistemas, respectivamente, e mostrar como a união delas, proporciona a criação de um agente facilitador no aprendizado de conteúdos relacionados ao planejamento e controle da produção; o GPCP-1.
- Apresentar a teoria básica de planejamento e controle da produção (conceitos, técnicas, ferramentas), pois através dela é que foi fundamentado e idealizado o modelo do jogo GPCP-1.
- Apresentar a estrutura e a dinâmica do modelo de jogo de empresa GPCP-1 proposto, e utilizar o cenário propiciado pelo jogo como um laboratório visando descobrir soluções para problemas relacionados à produção, esclarecer e testar aspectos da teoria de planejamento e controle da produção.

1.5 METODOLOGIA

Para que os objetivos propostos fossem atingidos, algumas etapas foram criteriosamente seguidas.

A primeira delas constituiu-se no estudo bibliográfico sobre planejamento e controle de produção, jogos simulados, jogos de empresas e simulação.

A segunda etapa foi o estudo e a definição das delimitações do assunto, especificando, objetivamente, o conteúdo à ser explorado e abrangido pelo jogo GPCP-1

A terceira etapa desse trabalho consiste na proposição do modelo propriamente dito.

1.6 DESCRIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A estrutura do trabalho está dividida em cinco capítulos, cujo conteúdo será descrito à seguir:

O **Capítulo 1** trata da introdução do trabalho, onde constam: contextualização, justificativa, objetivos, metodologia aplicada e divisão do trabalho.

No **Capítulo 2** (Integração entre Simulação e Jogos de Empresas) é realizada uma revisão bibliográfica sobre simulação, abrangendo seu histórico, definição, aplicação, as linguagens de simulação atuais, vantagens e desvantagens, etapas de um projeto de simulação. O conteúdo continua discorrendo sobre jogos de empresas, mencionando seu histórico, conceito, aplicação, característica, vantagens e limitações, objetivos, panorama atual e perspectivas da integração entre jogos de empresas e simulação.

O **Capítulo 3** (Atividades de Planejamento e Controle da Produção) desenvolve um estudo do conteúdo teórico, básico, sobre o planejamento e controle da produção (PCP) e simulação de sistemas, pois são eles que fundamentam todo o modelo do jogo GPCP-1 proposto.

O **Capítulo 4** (Implementação do Protótipo GPCP-1 – Jogo do Planejamento e Controle da Produção) apresenta o modelo do jogo GPCP-1 proposto, explicando e justificando todas as suas partes constituintes.

No **Capítulo 5** (Conclusões e Recomendações) são realizadas considerações finais sobre o trabalho desenvolvido, com análise de resultados e recomendações para trabalhos futuros.

No final do trabalho existem anexos e todas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento do mesmo.

A INTEGRAÇÃO ENTRE SIMULAÇÃO E JOGOS DE EMPRESAS

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo mostra como a Simulação e os Jogos de Empresas podem e poderão ser utilizados como facilitadores no processo de aprendizagem, seja ele no meio acadêmico ou empresarial. Será apresentada uma contextualização sobre a simulação, através da sua definição, aplicações, vantagens e limitações, as linguagens e softwares de simulação pioneiros e os atuais. Logo após serão apresentados conteúdos relacionados à Jogos de Empresas, mencionando definição, objetivos, características, vantagens e desvantagens. A união dessas duas ferramentas poderosas, encerra o capítulo com perspectivas promissoras.

2.2 SIMULAÇÃO

2.2.1 APRENDER ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO

A mudança dos paradigmas na educação decorre basicamente das oportunidades concretas que estão viabilizando a implementação de técnicas e métodos de ensino, que do ponto de vista pedagógico, permitem um melhor aproveitamento da inteligência humana. Os avanços tecnológicos são grandes, têm vindo rapidamente e oportunizam escolas e empresas à melhorarem a capacitação das pessoas que as integram.

A aprendizagem pode ser entendida como um processo no qual ocorre uma mudança deliberada ou dirigida sobre uma estrutura de conhecimento de um

sistema, de forma que ocorra uma melhora na sua performance em repetições posteriores.

Vivemos em uma época onde o volume de informações é muito grande. A informação, produzida através da integração de dados, imagens e som, em tempo real e à distância, facilitou e ampliou muito a implementação de novas tecnologias em todas as áreas. As empresas procuram acompanhar essa revolução e, com isso, têm implementado modificações importantes em seus sistemas. Mas essa atualização ou busca de sobrevivência e competição, exige aprimoramentos não só em máquinas mas também nas pessoas envolvidas.

Atualmente, a área industrial tem passado por grandes modernizações. Os sistemas de manufatura possuem ambientes extremamente complicados, possuidores de um grande número de variáveis que afetam seu desempenho, fazendo com que o treinamento apropriado ao seu gerenciamento torne-se mais difícil a cada dia. De fato, estes sistemas levam muito tempo, até anos, para serem projetados e implementados, para que contemplem a interação de aspectos humanos, tecnológicos e operacionais. Por isso, percebe-se a impossibilidade de que estudantes, em apenas alguns semestres de seus cursos, adquiram conhecimento suficiente que abranja todos os sistemas de manufatura com eficiência. O conhecimento e experiência plena sobre esses sistemas, exigem muito mais tempo, requerendo além de conhecimentos conceituais, uma boa dose de experimentação. Implementação de laboratórios são inviáveis não apenas pelo custo, mas pela dificuldade de disponibilidade e pelos efeitos dos erros cometidos pelos estudantes, que na fase de aprendizado, devem ser considerados normais e necessários.

Como proporcionar então ao aprendiz um ambiente capaz de transmitir conhecimentos inclusive de caráter prático ? A simulação computacional é um caminho.

Suponha um simulador de vôos, onde o piloto adquire experiência sem o risco, tempo e custo associados com o equipamento real. Ao piloto é permitido errar em ambientes simulados, pois com os erros em terra aprende-se e evita-se erros no ar. De modo semelhante pode-se aproximar, dos estudantes ou funcionários de uma empresa, a

realidade dos sistemas de manufatura, aumentando a compreensão e ganhando muito tempo.

Argumenta Koliver (1994), *“com o uso da informática, em simulações por exemplo, dota-se o acadêmico de uma visão global, habilitando-o a tomar posição sobre os sistemas, técnicas e detalhes de apropriação e processamento, seguimento natural do programa encetado”*

Historicamente, a simulação, como técnica, originou-se dos estudos de Von Neumann e Ulan. Tais estudos tornaram-se conhecidos como análise ou técnica de Monte Carlo. Essa técnica matemática é conhecida desde o século passado, na época em que os cientistas trabalhavam secretamente no projeto denominado “Manhattan” em Los Alamos, E.U.A. para o desenvolvimento da bomba atômica dos aliados.

Posteriormente porém, a simulação, como técnica para solução de problemas, encontrou como campo mais fértil de aplicação, o tratamento dos problemas eminentemente probabilísticos, cuja solução analítica é, geralmente, muito mais árdua e difícil, senão impossível.

O progresso tecnológico tem forçado as empresas a mudarem seu modo de competir. Elas têm procurado modernizar suas estruturas, seus processos produtivos, para manterem-se competitivas. A educação está totalmente inserida nesse contexto e, se não agir do mesmo modo, estará formando profissionais desatualizados, despreparados para os padrões atuais.

O número de empresas que usam a simulação para minimizar problemas de manufatura e administração de materiais, tem crescido rapidamente e acentuadamente fora do Brasil. Os gerentes e administradores estão percebendo os benefícios que o uso dessa técnica possibilita. Muito mais que uma simples alteração de lay-out fabril, a simulação tem oferecido aos administradores, gerentes, planejadores, projetistas, motivos para que os mesmos incorporem-na em operações diárias.

As experiências do mundo real nos ensinam através dos estímulos que enviam ao nosso organismo. Nossos sentidos percebem estes estímulos e os armazenam, registrando-os em nossa memória. Cada estímulo representa uma unidade de informação e portanto, quanto mais estímulos recebermos, tanto mais completa será a nossa percepção, ou seja, nossa aprendizagem. No ensino tradicional, dois estímulos são freqüentemente trabalhados - visual e auditivo. A menos que pudéssemos reconstituir a cena completa do evento de que se fala e se escreve, haveria muita dificuldade para tornar o processo mais envolvente. Uma alternativa que oferece a possibilidade de se criar cenas, semelhantes às reais, porém de maneira simplificada, copiando do evento original os seus princípios fundamentais, desenvolvendo-os como se verdadeiros fossem aos olhos, ouvidos e demais sentidos dos participantes, é a simulação.

Segundo Cassel (1996) *“a simulação permite que se verifique o funcionamento de um sistema real em um ambiente virtual, gerando modelos que se comportam como aquele, considerando a variabilidade do sistema e demonstrando o que acontecerá na realidade de forma dinâmica. Isto permite que se tenha uma melhor visualização e um melhor entendimento do sistema real, compreendendo as interrelações existentes no mesmo, evitando assim que se gaste dinheiro, energia e até o moral do pessoal em mudanças que não tragam resultados positivos”*.

O participante, aprendiz de um evento simulado, antes um simples espectador e agora, mediante a simulação, como parte viva dos acontecimentos, tem ativadas em seu organismo as mesmas sensações que antes já tinha, visão e audição, somadas aos sentimentos e emoções que se sobrepõem durante a vivência. Há de se atentar para o fato de que esta vivência não representa a realidade em si, mas trata-se de uma cópia parcial, simplificada, porém, dinâmica e até mesmo dramatizada; uma simulação que contém alguns aspectos centrais da realidade sobre a qual se deseja aprender.

2.2.2 APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO

Aplicações, com sucesso, da simulação computacional, já foram realizadas em várias empresas e muitas cifras foram poupadas. Exemplos disso são os três casos a seguir:

- a Draw Tite Inc. pretendia transformar suas células de manufatura em uma linha de produção contínua, mas ao simular as modificações pretendidas, percebeu que elas não trariam resultados positivos, e evitou o gasto de US\$ 80.000,00 na aquisição de novas máquinas. Boblitz (1991).
- a empresa de consultoria denominada Northern Research and Engineering Corp. simulou uma nova linha de produção da Torrington Co. e verificou que 4 das 77 máquinas que seriam compradas não eram necessárias, poupando-se US\$ 750.000,00. Wild & Port (1987)
- a Exxon desenvolveu um programa para simular a manufatura, a mistura, a estocagem e as operações de expedição da gasolina, e poupou US\$ 1,4 milhões na sua primeira aplicação. Graff (1986)

Devido a sua versatilidade e facilidade de uso, principalmente com programas orientados a objetos (que será melhor esclarecido adiante), diversas áreas têm utilizado simuladores como ferramentas de projeto e análise. Nos ambientes de manufatura, por exemplo, utiliza-se dessa tecnologia para testes de lay-outs, linhas de montagem, análise e planejamento de capacidade produtiva de máquinas e operários, avaliação dos sistemas de transportes e armazenamento. Outra aplicação, presenciada pelo autor, é o estudo realizado pelo Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Naval da Universidade de São Paulo (USP), sobre o tráfego de embarcações pela hidrovia do rio Tietê. Como recomendação para leitura, três outros casos que envolveram a simulação como ferramenta de análise ficam aqui sugeridos. São eles:

- (Gazzinelli, 1996) : A simulação como instrumento para tomada de decisões; um caso prático: O da Decaparia da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, em Contagem - MG.

Na Decaparia havia a movimentação de cargas através de cinco pontes rolantes que eram o gargalo do sistema. Após várias simulações, percebeu-se que a solução mais viável era a mudança de lay-out (Decaparia em linha) e projeto de um mecanismo de retorno de ganchos (sem a necessidade do uso de ponte rolante) . Com isso, aumentaria a produção e uma ponte rolante poderia ser desativada (ou utilizada como reserva).

- Revista Industrial Engineering de novembro de 1993, páginas 35 a 38, onde existe uma descrição da aplicação da simulação de uma fábrica de moldes, para estudar o sistema sob certas abordagens de operação, avaliando outras estratégias, configurações, impacto das alterações sobre o desempenho do sistema.
- Dissertação de Mestrado, autoria do Engenheiro Carlos Fernando Martins (UFSC, 1997), intitulada como : Modelagem e Avaliação de Desempenho por Simulação de Sistemas de Transporte por AGVs : O Caso da Embraco.

2.2.3 DEFINIÇÃO DE SIMULAÇÃO

A definição de Simulação varia segundo os diferentes enfoques dos autores, uma vez que se guiam por diferentes objetivos e que podem ser observados como segue.

Naylor, (1971) já dizia que *“simulação é uma técnica numérica para realizar experiências em um computador digital, as quais certos tipos de modelos lógicos que descrevem o comportamento de um sistema econômico ou de negócios (ou um aspecto parcial de um deles) sobre extensos intervalos de tempo”*.

Martinelli, (1987) também afirma que *“a simulação é um meio de se experimentar idéias e conceitos sob condições que estariam além das possibilidades de se testar na prática, devido ao custo, demora ou risco envolvidos”*.

De acordo com Schriber (1974), conforme pode ser visto no clássico livro Simulation Using GPSS, *“simulação implica na modelagem de um processo ou sistema*

de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

Pegden, (1990) afirma que *“a simulação pode ser definida como um processo de modelagem de um sistema real e a condução de experimentos com este modelo, com o propósito de entender o comportamento do sistema”.*

Segundo o dicionário da língua portuguesa, Aurélio, simular é “fingir, representar com semelhança, aparentar, disfarçar, imitar, dissimular, copiar ou reproduzir de forma simplificada, imperfeita, mas guardando semelhanças com o elemento original”.

Banks e Carson, (1994) *referenciam a palavra simular como uma maneira de fingir a essência de algo sem a realidade; é a construção de um modelo abstrato representando algum sistema real.*

2.2.4 LINGUAGENS DE SIMULAÇÃO

Inicialmente, os sistemas de simulação foram desenvolvidos sobre linguagens de programação de propósito geral, tais como : FORTRAN, BASIC, PASCAL, etc. Porém, isso exigia um grande esforço para construção de modelos, além de profissionais com conhecimentos profundos de programação de computadores. Diante dessa dificuldade é que começaram a surgir linguagens de programação, dedicadas à simulação, que superassem essa barreira. É o caso, por exemplo, das linguagens GPSS, SIMAN, SLAM, SIMSCRIPT, etc. Tais linguagens eram, na verdade, bibliotecas formadas por conjuntos de macro comandos das linguagens de propósito geral. Alguns dos simuladores da geração seguinte, foram desenvolvidos sobre a plataforma dessas linguagens. Como exemplo disso temos o caso do ARENA, construído sobre a linguagem SIMAN.

Para situar e informar melhor o leitor, a tabela 01 relaciona alguns softwares de simulação atuais, citando a empresa responsável, endereço da Homepage (quando disponível) e informação da existência de representante no Brasil. Haja visto o

grande número de softwares que têm entrado no mercado, vale a pena salientar que a omissão de outros softwares não é intencional.

PRODUTO	EMPRESA	HOME PAGE	REPRES.
Arena	Systems Modeling Corporation	www.sm.com	sim
AutoMod	Autosimulations	www.autosim.com	sim
Extend	Imagine That	www.imaginethatinc.com	não
GPSS H	Wolverine Software		sim
Micro Saint	Micro Analysis & Design	www.madboulder.com	sim
ProModel	ProModel Corporation	www.promodel.com	sim
Simple + +	AESOP (Alemanha)	www.aesop.de	?
Simscrip II.5	CACI Products Company	www.caciasl.com	?
Taylor	F&H Simulations (Holanda)	www.taylorii.com	?
VisSim	Visual Solutions	www.vissim.com	sim

Tabela 01 : Relação de softwares de simulação atuais

2.2.4.1 Características das Linguagens de Simulação

Muitas características dos softwares de simulação são comuns. Dentre elas tem-se: a busca de um ambiente de trabalho o mais amigável possível, de preferência um aplicativo Windows, com facilidades de modelagem, depuração, visualização da execução, animação, análise estatística de resultados e geração de relatórios. Os que vendem mais são os simuladores com recurso de animação. Estes recursos vão desde símbolos gráficos comuns, tais como círculos, triângulos, retângulos, que ficam piscando na tela e mostrando valores numéricos tais como relógio e contadores, até sofisticados recursos de animação 3-D (três dimensões). Ainda com relação aos sistemas de animação, enquanto a maioria deles (Ex: Arena, ProModel, Automod, Taylor) têm visualização em “tempo real”, ou seja, enquanto ele executa o programa, outros oferecem a opção de um animador “off line”, como é o caso do PROOF Animation da Wolverine (a mesma empresa que produz o GPSS/H que é uma nova versão do antigo GPSS anteriormente mencionado).

A etapa de modelagem e programação é outra característica comum destes novos produtos. O usuário dispõe de uma grande biblioteca de blocos de

modelagem/programação que são selecionados, posicionados e conectados via mouse. Tais blocos possuem janelas associadas, onde o usuário preenche com dados adicionais. Em alguns casos o programa adiciona, automaticamente, os dados já inseridos em outras janelas que deles necessitem. A construção de modelos com orientação a objeto permite que os mesmos sejam construídos como uma coleção de objetos que se interrelacionam. A abordagem orientada a objeto então, permite que o usuário construa modelos de forma com que se vê o sistema na vida real, contornando necessidades de conhecimento profundo em algumas etapas da programação.

Mesmo diante de tamanhas facilidades para se programar, convém lembrar que durante uma modelagem, é difícil não esbarrar em problemas onde o usuário não tenha que decifrar um código de simulação na linguagem específica do aplicativo, ou então, como afirmam os profissionais da computação: “debugar” o programa.

2.2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO

Dentre várias bibliografias, duas delas, expõem de maneira clara e abrangente as vantagens do uso dessa ferramenta. São elas:

Por Law & Kelton, (1991):

- permite replicação precisa dos experimentos, podendo-se assim, testar alternativas diferentes para o sistema;
- fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível no sistema real, pois pode-se fazer várias replicações no modelo designando-se os valores que se deseja para todos os parâmetros;
- permite simular longos períodos em um tempo reduzido;
- é, em geral, mais econômico que testar o sistema real, e evita gastos inúteis na compra de equipamentos desnecessários;

Por Pegden (1995) e Banks (1985) :

- uma vez criado, um modelo pode ser utilizado várias vezes a fim de avaliar projetos e propostas;
- a metodologia de análise utilizada pela simulação, permite a avaliação de um sistema proposto, mesmo que os dados de entrada estejam, ainda, na forma de esquemas ou rascunhos;
- a simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos;
- enquanto os modelos analíticos exigem um grande número de simplificações para que possam ser tratados matematicamente, os modelos de simulação não apresentam tais restrições. Além do que, nos modelos analíticos, as análises recaem apenas sobre um número limitado de medidas de desempenho. De maneira contrária, os dados gerados pelos modelos de simulação, permitem a análise de, praticamente, qualquer medida concebível; uma vez que os modelos de simulação podem ser quase tão detalhados quanto o sistema real, novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxo de informação, etc, podem ser avaliados sem que o sistema real seja perturbado;
- hipóteses como ou por que certos fenômenos acontecem podem ser testadas para confirmação;
- o tempo pode ser controlado (expandido ou comprimido). Reprodução dos fenômenos de maneira lenta ou acelerada
- pode-se compreender melhor quais variáveis são as mais importantes em relação a performance e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema;
- a identificação de gargalos pode ser obtida de forma facilitada, principalmente com ajuda visual;
- um estudo de simulação costuma mostrar como realmente um sistema opera, em oposição à maneira com que todos pensam que ele opera;
- novas situações, sobre as quais tenhamos poucos conhecimentos e experiência, podem ser tratadas, de maneira que se tenha, teoricamente, alguma preparação diante de futuros eventos. Isto é, respostas para a pergunta: “o que aconteceria se?”.

Mesmo apresentando muitas vantagens na sua utilização, a simulação apresenta limitações que devem ser sempre levadas em consideração:

- devido a sua natureza estocástica, os modelos de simulação devem ser rodados várias vezes para poder se prever a performance do sistema;
- a simulação é muito dependente da validade do modelo desenvolvido, ou seja, não adianta nada fazer um estudo detalhado dos dados de saída encontrando uma solução para o sistema, se o modelo criado não representa fielmente o sistema ou se os dados de entrada não são corretos;
- a técnica não é por si só otimizante, pois ela testa somente as alternativas fornecidas pelo usuário;
- exige-se treinamento especial para construção de modelos. Envolve arte e portanto o aprendizado se dá ao longo do tempo, conforme se vai adquirindo experiência;
- os resultados da simulação são, algumas vezes, de difícil interpretação e requer do usuário, conhecimento profundo do sistema que ele programou;
- a modelagem e a experimentação associadas à modelos de simulação, consomem muitos recursos, principalmente tempo. Simplificar a modelagem ou os experimentos na tentativa de economia, costuma gerar resultados insatisfatórios.

2.2.6 ETAPAS DE UM PROJETO DE SIMULAÇÃO

Desenvolver um modelo simulado implica em um trabalho planejado, estruturado. É pouco provável que por tentativa e erro, sem objetivos claros e detalhados, um usuário consiga obter, com sucesso, o modelo que, supostamente, ele tenha idealizado. A figura 01, a seguir, mostra os passos para se construir um bom estudo de simulação. A ilustração e os comentários foram baseados em propostas similares apresentadas por Banks e Carson (1984), Pegden, Shannon e Sadowski (1995) e Law e Kelton (1991).

2.2.6.1 Definição do Problema e Objetivos

Todo estudo de simulação inicia com a formulação do problema. Define-se os propósitos e objetivos (respostas que o modelo deve fornecer), impõe-se limites da abordagem de forma clara. Por exemplo: elaborar um jogo simulado é um objetivo geral. Porém, se o idealizador do jogo não estipular regras e limites para o mesmo, não especificar ou não souber o que realmente ficará a cargo do software de simulação, então, os objetivos estarão tão vagos quanto a própria formulação do problema. Feito isto, é importante verificar se o software de simulação pretendido, responde adequadamente ao que se deseja. Por exemplo: se animação e resultados estatísticos são necessários, então o software deve possuir esta capacidade de informação.

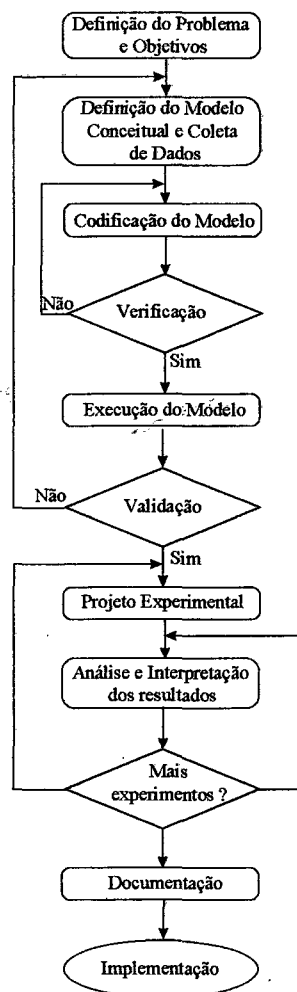


Figura 01: Etapas em um estudo de Simulação

2.2.6.2 Definição do Modelo Conceitual

Procura-se nesta etapa, responder a três perguntas:

- o que modelar ?
- como modelar ?
- como coletar os dados do sistema ?

Traça-se um esboço do sistema, através de fluxogramas, desenhos, etc e defini-se variáveis, componentes, relações entre partes, necessidades das partes, etc. Parte-se de uma visão macro para, depois, pormenorizá-la. A tendência nessa etapa é querer modelar tudo, não enxergar os limites, tornando o modelo muito maior do que se tinha imaginado inicialmente. Por esse motivo é que os objetivos devem estar bem especificados. Uma complexidade exagerada pode resultar em: detalhamentos desnecessários a nível de simulação, pois não modificariam os resultados que o software forneceria; aumento exagerado do tempo dedicado à modelagem, além de propiciar um desvio do objetivo geral do trabalho. Porém, se o modelo for simples demais, os resultados obtidos podem ser imprecisos e não representar a realidade.

Por isso é que sugere-se seguir um princípio fundamental na elaboração de um modelo de simulação, que é construir, inicialmente, um modelo com os detalhes relevantes e verificar se os objetivos foram alcançados. Caso a resposta não seja suficiente, inclui-se outros detalhes que, graças a primeira etapa, ficam mais evidentes. Powell (1995) compara esta idéia com a prototipagem, pois ela dá a idéia do todo e proporciona um desenvolvimento gradual do modelo de maneira rápida. Riffa (1982, citou em Miser and Quade, 1990b) aconselhando em se “ *ter cuidado com os propósitos gerais; modelos grandes demais tentam incorporar-se praticamente em tudo. Tais modelos são difíceis de avaliar, de interpretar, relacionar estatisticamente e, o mais importante, de explicar.*” Caso o modelo abranja um sistema grande, a idéia é de parti-lo em pedaços e tratá-los a partir dos objetivos gerais .

2.2.6.3 Coleta de Dados

Difícilmente o usuário possui todos os dados de entrada, necessários, na forma correta. O mais comum é encontrar tais dados numa forma resumida; um exemplo disso são informações de performance baseadas em média de valores. O que não é interessante devido as distorções dos resultados pós-simulação e, conseqüentemente, a possível validação do modelo.

2.2.6.4 Codificação, Verificação e Validação do Modelo.

A codificação nada mais é que passar o modelo de uma linguagem conceitual para uma computacional. No caso do jogo GPCP-1 proposto, seria a representação, no software ARENA, do modelo até então concebido em gráficos desenhos, tabelas, etc.

A verificação trata-se de uma varredura no programa, onde erros de sintaxe, codificações, erros lógicos são identificados e corrigidos. Os softwares atuais, possuem lógicas internas sofisticadas que encontram e sugerem a correção de grande parte dos erros cometidos na fase de modelagem e programação.

A validação é a confirmação de que o modelo construído corresponde ao sistema real, isto é, se os resultados estimados pela simulação são confiáveis, e representam a realidade. Esta tarefa não é de responsabilidade do computador e nem do software simulador, mas sim do projetista ou da equipe que trabalhou e conhece bem o sistema modelado. Uma das maneiras que contribuem para validação, é a variação dos parâmetros do modelo e sua resposta à essas alterações.

Certificar-se de que o modelo opera de acordo com a intenção do analista/usuário e que os resultados fornecidos possuam crédito e representem os do modelo real, não é uma tarefa que deva ser realizada uma única vez. Cada etapa de revisão do modelo, com aumento gradativo dos detalhes relevantes, é seguida de uma etapa de verificação e validação.

2.2.6.5 Projeto Experimental / Experimentação

Neste projeto é que estão especificados os diferentes parâmetros de entrada do modelo, tais como: tempos de rota (tempo de transporte entre estações de trabalho), tempos de processamento (exemplo: no jogo GPCP-1, quanto tempo a furadeira levará para processar uma peça da cama à produzir), taxas de ocupação de recursos tais como máquinas, mesas, espaços, camas de hospital, etc, quantidade de recursos utilizados (exemplo: quantas máquinas lixadeiras serão usadas em uma fábrica), tempos de preparação de máquinas, taxa de chegada de peças, etc. Para cada configuração o modelo de simulação é executado e os resultados avaliados. Recomenda-se a leitura das seguintes bibliografias para obtenção de maiores detalhes de como executar apropriadamente um modelo de simulação e obter os resultados: Pegden, (1990), Papadopoulos, (1994) e Kelton, (1986).

2.2.6.6 Análise e Interpretação dos Resultados

Nesta etapa são analisados os resultados obtidos na simulação e realizadas estimativas para as medidas de desempenho dos cenários. Dependendo das respostas dessas análises, pode acontecer de os projetistas sentirem a necessidade e importância em rodar mais vezes o modelo (realizar mais replicações) para que se possa alcançar e confiar na precisão estatística dos resultados. Lembra o autor deste trabalho, o caso dos estudos realizados pelo Departamento de Pós-Graduação da Engenharia Naval na USP, que simula o tráfego de embarcações na hidrovia do rio Tietê. Para se obter resultados com nível de precisão adequados e confiáveis, replicava-se inúmeras vezes o modelo simulado para obter informações sobre o seu comportamento, referente a apenas um período.

2.3 JOGOS

2.3.1 DEFINIÇÃO, OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS

Johan Huizinga, em seu livro *Homo lumen*, defende a idéia do jogo como “algo mais que um fenômeno fisiológico, um reflexo psicológico”. Para ele, o jogo é uma função significativa e transcende necessidades imediatas da vida: confere um sentido à ação.

O jogo é o resultado da imaginação, a facilidade de algumas pessoas em arquitetar regras, situações, fazer réplicas simplificadas de casos reais e/ou participar delas. Em qualquer lugar do mundo, crianças inventam brincadeiras, nas quais a competição lúdica, os jogos corporais, a espontaneidade dos gestos e das ações, levam a imaginar que tais crianças, afastadas por milhares de quilômetros, se encontraram e combinaram aqueles rituais celebrados por meio da brincadeira. Outro fato interessante é que nos jogos as crianças tentam imitar os adultos e em outros casos parece que os adultos tentam imitar as crianças ou então reviver a fase de outrora.

Para Gramigna (1993), jogo é uma atividade espontânea, realizada por mais de uma pessoa, regida por regras que determinam quem o vencerá. Nestas regras estão o tempo de duração, o que é permitido e proibido, valores das jogadas e indicadores sobre como terminar a partida. Segundo Monteiro (1979), o jogo encerra na sua essência um sentido maior do que a simples manifestação de uma necessidade: encerra uma “significação”.

Durante os jogos as pessoas revelam facetas de seu caráter que normalmente não exibem por recear sanções (Gramigna, 1993). Devido ao ambiente permissivo, as vivências são espontâneas e surgem comportamentos assertivos e não assertivos, trabalhados por meio de análise posterior ao jogo. As conclusões servem de base para reformulações ou reforço de atitudes e comportamentos. O jogo nos devolve uma fascinante energia que nos possibilita ir e vir, tocar e transformar, promovendo a descoberta, o encontro do homem consigo mesmo e com os outros.

Além da distração que ele proporciona, o jogo é útil para disciplinar, sociabilizar, construir valores morais, aperfeiçoar o bom senso, oportunizar a formação de espírito de equipe, além de ensinar que é preciso saber ganhar, mas também saber perder. Prazer, liberdade, imaginação, espontaneidade e competição, caracterizam essa atividade e fazem com que os participantes atinjam objetivos específicos, pertinentes às regras do jogo, mas também alcancem objetivos ainda maiores, que provavelmente, passam por despercebidos mas agem de maneira significativa na fixação de valores a nível pessoal. Eles permitem que as pessoas exercitem habilidades necessárias ao seu desenvolvimento integral.

2.3.2 JOGO SIMULADO

Unindo as características de um jogo - prazer, liberdade, espontaneidade, competição - à técnica de ensino através da simulação, constrói-se ferramentas eficazes de ensino, os chamados jogos simulados. Gramigna (1993), define jogos simulados como *“uma atividade previamente planejada, na qual os jogadores são convidados a enfrentar desafios que reproduzem a realidade do seu dia a dia”*. No jogo simulado podemos identificar todas as características do jogo real: regras definidas, presença de espírito competitivo, possibilidades de identificar vencedores e perdedores, ludicidade, fascinação e tensão. O que diferencia o jogo simulado de um caso real é que, neste último, as sanções são reais e podem custar a perda de cargos, confiança, prestígio e emprego. Na situação simulada, ao contrário, as pessoas que erram são encorajadas a tentar novamente. É no erro e na vivência que as chances de aprendizagem são maiores.

Nos jogos puramente para diversão, percebe-se a maioria das características mencionadas. Atualmente tais jogos são sofisticados, possuindo vários níveis, proporcionando a cada nível, diferentes desafios, mudanças de cenário, etc. O que faz com que o jogador queira continuar jogando, mudando de níveis de dificuldade? A curiosidade, o desafio, o ambiente, o som, as próximas telas, etc, estimulam a continuação, principalmente se o próximo nível for encarado como algo muito próximo de se conquistar. E se um erro é cometido, parece maior o desejo do jogador em voltar na situação que provocou tal erro e insistir até ultrapassá-la, conhecê-la melhor.

A grande artimanha por trás desses produtos está na busca de explorar mais estímulos além da visão e audição. As empresas nesse setor de jogos de diversão, simplesmente perceberam e estão agindo de maneira que consigam se manter competitivas nesse mercado específico de jogos.

2.3.3 JOGOS DE EMPRESAS

Uma versão de jogos simulados, é aquela direcionada a situações específicas da área empresarial, o chamado Jogo de Empresa (JE). Martinelli (1987), afirma : *“Muitos professores sentiram que, através desta técnica, poderiam permitir aos estudantes, simular, num ambiente competitivo e carregado de emoção, as atividades gerenciais de uma empresa, com alto nível de precisão”*.

2.3.3.1 Definição

Segundo Kopittke (1989), *“Jogos de Empresas são eficazes ferramentas de ensino. Baseiam-se, em geral, em modelos matemáticos desenvolvidos para simular determinados ambientes empresariais considerando as principais variáveis que agem nestes ambientes”*.

Martinelli (1987), define como *“uma seqüência de tomada de decisões que determinam mutações no estado patrimonial e reditual das empresas fictícias, a luz das quais os participantes tomam novas decisões, repetindo um ciclo por um certo número de vezes”*.

Beppu (1984), transcreve a definição de Costa afirmando que *“os jogos de negócios são abstrações matemáticas simplificadas de uma situação relacionada com o mundo dos negócios. Os participantes do jogo, cada um, individualmente ou em grupo, administram a firma como um todo ou uma parte dela através de decisões administrativas por períodos sucessivos e seqüenciais”*.

2.3.3.2 Objetivos

Nos jogos de empresas o centro das atenções está no jogador ou no grupo de jogadores e não mais no instrutor. Seu objetivo é reproduzir de forma simplificada uma situação que poderia ser real. Três objetivos gerais podem ser destacados. São eles:

- aumento de conhecimento : através da integração de dados já disponíveis na memória, por aquisição de novos conhecimentos até então não disponíveis no participante ou então por resgate de conhecimentos já adquiridos de maneira consciente ou inconsciente, disponíveis em algum arquivo de memória cujo acesso possa ser facilitado através da vivência.
- desenvolvimento de habilidades : através da competência técnica dependente das habilidades mentais ou da competência comportamental que envolve aspectos de comportamento interpessoal.
- fixação de atitudes : por meio de abstrações e tomada de decisões, reflexão sobre maneiras melhores para identificar novas soluções para problemas velhos.

2.3.3.3 Benefícios e Limitações

Como qualquer inovação, os jogos ainda estão sujeitos à má aplicação e ao uso inadequado. As vantagens são inúmeras tanto para o facilitador quanto para o jogador. São elas:

Para o facilitador:

- o clima de abertura estabelecido permite a troca de experiências, e a exploração de idéias enriquece e contribui para a obtenção de resultados positivos;
- os objetivos propostos são passíveis de mensuração e as habilidades que precisam ser reforçadas são diagnosticadas durante o processo;
- possibilidade de um replanejamento das ações sem prejuízo da qualidade.

Para o jogador/participante :

- integração rápida facilitando ações espontâneas e naturais;
- facilidade na aquisição de conceitos; problemas reais são vivenciados de maneira simulada;
- a comunicação no trabalho é exercitada devido a interação que deve existir em um trabalho em grupo, com intercâmbio de experiências;
- as discussões orientadas favorecem o desenvolvimento de habilidades tais como : aplicação, análise e síntese;
- a reformulação de comportamentos, atitudes e valores não é imposta; parte do próprio jogador após uma auto-avaliação;
- treinamento de tomada de decisões em condições de risco e incerteza, sob restrição de tempo e recursos.

Limitações também existem. Algumas delas são:

- Não existem evidências de que um bom jogador de empresas seja um bom administrador e vice-versa;
- Risco das pessoas reagirem a certas situações acreditando que “aquela teria sido a única maneira correta”, resistindo portanto a renovações de enfoque e abordagem dos problemas;
- Litto (1995), afirma : *“desafios relativamente altos em relação ao preparo para enfrentá-los, produzem ansiedade e frustração. Desafios relativamente baixos em relação ao preparo para enfrentá-los, produzem tédio. Ambas as possibilidades podem gerar influências negativas no processo de aprendizagem”*. Perigo de certas precipitações que podem surgir se os participantes não tiverem um devido esclarecimento sobre o modelo simulado, levando-os a falsos conceitos, como por exemplo: quanto maior o preço, maior o lucro;
- Jogos de Empresas não podem ser tratados como ferramentas únicas de ensino, devem ser integrados com outras técnicas de ensino, buscando atender o princípio de que nem todos os participantes possuem o mesmo aproveitamento perante as diversas maneiras de se transmitir conhecimento.

2.4 INTEGRAÇÃO : JOGOS DE EMPRESAS E SIMULAÇÃO

Suponha que uma indústria necessite melhorar suas técnicas de planejamento. Esta empresa, através do jogo, pode aplicar uma atividade onde os “jogadores” tenham por tarefa: comprar matéria prima, planejar e organizar o processo produtivo, produzir o modelo solicitado, acompanhar a produção, avaliar resultados parciais e finais, etc. Imagine então se estas tarefas pudessem ser realizadas em um ambiente informatizado, onde o jogador toma decisões, elas são processadas em um ambiente animado e os resultados podem ser analisados de forma visual e também através de relatórios de desempenho. O fato importante nesse contexto é a união de uma moderna ferramenta de ensino, que é o jogo, com recursos computacionais de simulação. Determinadas atividades, meramente rotinas de cálculos, atualizações de planilhas entre outras, que não acrescentam conhecimento e prolongam o término do jogo, ficam sob responsabilidade de rotinas e subrotinas via programa, realizadas de maneira rápida.

Outro detalhe que a informatização oferece é a implementação do modelo animado e entrada de dados mediante a animação.

A redução do tempo com trabalhos meramente manuais e passíveis inclusive de erros humanos, proporciona aumento de tempo para análise, raciocínio, maior número de tentativas e facilidade de contextualização do processo.

É importante que o jogador saiba que a indústria, aqui mencionada como exemplo, existe. As máquinas operam, quebram, param para manutenção, as peças seguem seus roteiros, os estoques sofrem alterações, formam-se filas de peças na frente das máquinas indicando ocupação exagerada das mesmas ou mau planejamento produtivo, o mercado reage mediante o preço do produto, etc.

Assim como existe a preocupação em tornar os jogos mais próximos o possível da realidade (não esquecendo das limitações necessárias para que o jogo se mantenha em um nível acessível), com aplicações sofisticadas de técnicas, cabe à provável nova geração de jogos de empresa, propiciar ao jogador conhecer, ver através

da tela do computador, a empresa em que ele está inserido, agir diretamente, através da linguagem de programação orientada a objeto, com os sistemas, máquinas, operários, etc.

No ambiente acadêmico, percebe-se essa carência, onde os modelos existentes, por tratarem de assuntos difíceis de modelar ou demonstrar fisicamente, propiciam dificuldade para que o treinando ligue os fatos concretos que possui em mãos com a empresa, o setor que ele imagina que seja.

2.5 TENDÊNCIAS

Mabrouk (1994), afirmou : *“os programas estão cada vez mais fáceis de se utilizar, possuindo uma maior flexibilidade para a construção de um modelo.”*

Outra afirmação interessante foi a de Norman (1992) ; *“os modelos de simulação serão integrados com CAD, MRP, controle de chão de fábrica e programação de sistemas.”*

A nova tendência que se apresenta para os sistemas simuladores e conseqüentemente para os jogos de empresas, aponta para sistemas interativos e inteligentes, nos quais serão largamente empregadas técnicas de realidade virtual, inteligência artificial e sistemas especialistas . A função dos sistemas especialistas é de transferir os conhecimentos que poucos especialistas possuem sobre determinado assunto a um vasto grupo de usuários. Então, os simuladores da nova geração, deverão contar com tais sistemas para auxiliar o início do processo de modelagem, haja visto ser esta, uma etapa crucial no desenvolvimento de um modelo.

A realidade virtual fará parte dos jogos de empresas e deverá possibilitar inclusive que o usuário não somente interaja com os componentes do sistema, durante

seu funcionamento virtual, mas também possa imergir no interior do modelo, dando realismo e tornando possível uma exploração mais rica do ambiente modelado.

A análise e interpretação dos resultados obtidos também deve progredir muito, colaborando com o usuário ao fornecer módulos inteligentes que interpretarão resultados, plotarão gráficos, curvas, estatísticas de forma animada e inclusive em 3-D (três dimensões).

No próximo capítulo será apresentado o conteúdo teórico à ser utilizado no GPCP – 1 e implementado pelas duas técnicas exploradas nesse capítulo, ou seja, jogos de empresas e simulação.

ATIVIDADES DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NO JOGO GPCP-1

3.1 INTRODUÇÃO

Os jogos de empresas e a simulação mencionados no capítulo anterior, são as técnicas utilizadas para implementação do jogo GPCP-1 idealizado. Este capítulo aborda o conteúdo teórico que será transmitido ao jogador através dessas técnicas citadas. Serão exploradas questões associadas ao planejamento e controle da produção (PCP). Primeiramente é feita uma abordagem sobre a função produção. Em seguida, define-se e classifica-se sistemas de produção, menciona-se sobre as funções e princípios do planejamento e controle da produção e as suas atividades, tais como : previsão de demanda, planejamento mestre da produção, administração de estoques, sequenciamento , emissão e liberação de ordens.

3.2 A FUNÇÃO PRODUÇÃO

Para alguns autores, as empresas são comprometidas como sistemas. Um sistema pode ser definido como um conjunto de partes integrantes que se inter-relacionam e existem para atingir um determinado objetivo, como por exemplo : venda de um produto ou de um serviço. As inter-relações entre as partes integrantes do sistema são as comunicações ou as interdependências. Em um sistema manufatureiro, estas partes (funções) podem ser sumarizadas em três : produção, marketing e finanças. Se existe uma produção, ela deve ser vendida (comercializada), mas para produzir e vender é necessário

recurso financeiro. Percebe-se que, na verdade, uma função é dependente da outra. A figura 02 reforça essa idéia de estrutura operacional.

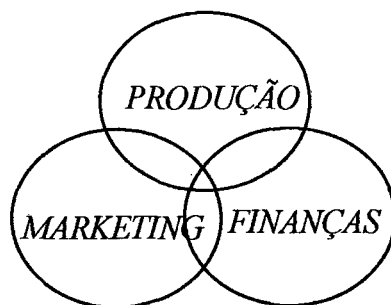


Figura 02: estrutura operacional

Ainda hoje, a área fabril sofre pressões e descrédito dos demais setores de uma indústria. Geralmente é nela que os problemas aparecem e muitas vezes são solucionados por pressão e não são identificados os reais causadores. O autor recorda uma experiência vivenciada em uma indústria do Paraná, onde problemas sérios nos produtos finais, estavam acarretando sucateamento de produtos acabados e desmotivação dos operários devido às constantes reclamações dos setores envolvidos. Após uma longa e difícil implementação de círculos de garantia de qualidade em todos setores, com emissão e controle de ações corretivas nos mesmos, verificou-se que grande parte dos erros partiam do setor de projetos (desde erros de cotação até especificação de materiais). Outro problema considerado sério na época foi a desorganização do sistema e dos funcionários que administravam os estoques. Falta de baixas em materiais fornecidos à produção assim como erros na codificação e armazenamento dos mesmos, era rotina.

O cenário já mudou bastante devido aos recursos tecnológicos e à conscientização dos administradores de que medidas maiores, além de reuniões onde todos se culpavam e reagiam contrariamente à mudanças, deveriam ser tomadas, inclusive para que a empresa não fechasse e assim, nem reuniões mais existissem.

Mediante tais observações, confirma-se a dependência mútua entre diversos setores (subsistemas) em um sistema maior. Para que o setor produção seja eficiente, não só ele mas outros envolvidos, direta ou indiretamente com ele, devem ser avaliados e melhorados continuamente.

3.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO

O sistema de produção é a maneira pela qual a empresa organiza seus órgãos e realiza suas operações de produção, adotando uma interdependência lógica entre todas as etapas do processo produtivo, desde o momento em que os materiais vêm do fornecedor até chegarem à expedição ou depósito de produtos acabados. A figura 03 abaixo representa esse funcionamento:

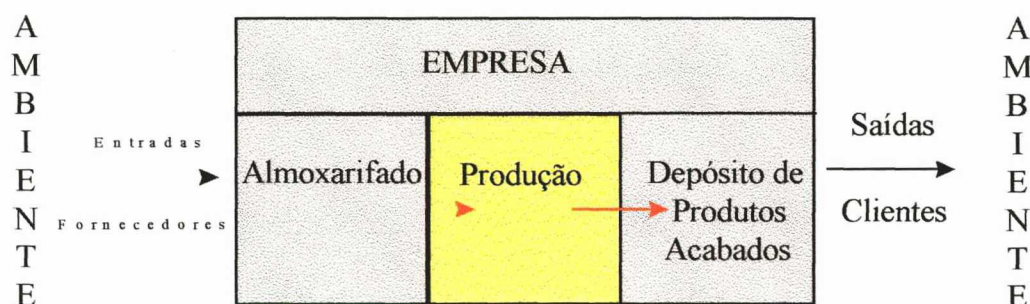


Figura 03: Sub-sistemas; Almojarifado, Produção e Depósito

Para que a produção aconteça, as entradas e insumos provenientes dos fornecedores, ingressam no sistema de produção através do almojarifado, sendo ali estocados até sua eventual utilização pela produção. A produção processa e transforma os materiais e matérias-primas em produtos acabados, os quais são estocados no depósito até sua entrega aos clientes e consumidores. A interdependência (figura 04) entre almojarifado, a produção e o depósito é muito estreita, fazendo com que qualquer alteração em um deles provoque influências sobre os demais.

SUBSISTEMAS	ALMOJARIFADO DE MATÉRIAS PRIMAS	SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO	DEPÓSITO DE PRODUTOS ACABADOS
Função principal	Recebe e estoca matéria prima e às fornece à produção	Transforma as matérias primas em produtos acabados	Estoca os produtos acabados e os fornece aos clientes

Figura 04 : A interdependência entre os três subsistemas do sistema produção

Para que o sistema de produção funcione bem, torna-se necessário ajustar e balancear os três subsistemas entre si. Eles devem funcionar no mesmo compasso,

obedecendo o ritmo. Um gerenciamento e monitoramento de todas atividades envolvidas nestas relações é necessário e executável por um planejamento e controle de produção.

3.3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Tubino (1997), pela tabela 02, classifica os sistemas de produção :

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Por grau de padronização dos produtos	Sistemas que produzem produtos padronizados	- Alto grau de Uniformidade - Produção em grande escala - Produtos facilmente encontrados no mercado
	Sistemas que produzem produtos sob medida	- Cliente define o produto - Lotes normalmente unitários
Por tipo de operações	Processos contínuos	- Os produtos não podem ser identificados individualmente
	Processos discretos	- Produtos podem ser identificados individualmente
Pela natureza do produto	Manufatura de bens	- Produtos tangíveis (rádio)
	Prestador de serviços	- Produtos intangíveis (consulta médica)

Tabela 02 - Classificação dos Sistemas de Produção

Os processos discretos de produção podem ser subdivididos em *processos repetitivos em massa* - produção em grande escala de produtos altamente padronizados; *processos repetitivos em lote* - volume médio onde cada lote segue uma série de operações que necessitam ser programadas a medida que as operações anteriores forem realizadas; e *processos por projeto* que têm como objetivo atender uma necessidade específica do cliente, com todas as suas atividades voltadas para esta meta.

O jogo GPCP-1 tem um modelo de produção padronizada, onde o processo é discreto e repetitivo em lotes, sendo uma manufatura de bens (móveis). Com uma produção em lotes, cada lote segue uma série de operações que necessitam ser programadas à medida que as operações anteriores forem concluídas. Isto justifica a escolha de um modelo com uma produção em lotes, pois a cada rodada do jogo são necessárias novas programações de produção.

3.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

3.4.1 FUNÇÕES

Para alcançar seus objetivos e aplicar de maneira adequada seus recursos, as empresas não produzem ao acaso e nem funcionam de improviso. Elas precisam planejar antecipadamente e controlar adequadamente sua produção. Para isto existe o Planejamento e Controle da Produção (PCP). Ele visa aumentar a eficiência (fazer as coisas corretamente, adequadamente) e a eficácia (fazer as coisas que são importantes, os objetivos propostos pela empresa).

O planejamento determina a priori o que fazer, quando fazer, quem deve fazê-lo e de que maneira. Por outro lado, o controle é a função administrativa que consiste em medir e corrigir o desempenho para garantir que os planos sejam executados da melhor maneira possível.

Em uma visão moderna, onde a manufatura possui papel estratégico importante, o PCP é responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de forma a atender de melhor maneira possível os planos estabelecidos em níveis estratégico, tático e operacional da empresa .

De um lado o PCP estabelece o que deverá ser produzido e, conseqüentemente o que deverá dispor de matéria prima e materiais, de pessoas, de máquinas e equipamentos, assim como de estoques de produtos semi acabados e acabados para suprir as vendas. Por outro lado, o PCP monitora e controla o desempenho da

produção em relação ao que foi planejado, corrigindo desvios ou erros que possam surgir. Percebe-se então que o PCP atua antes, durante e depois do processo produtivo.

3.4.2 PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

O PCP baseia-se em princípios e não em leis. Ele atua na administração, e esta, por sua vez, é uma ciência que lida com fenômenos sociais e humanos, os quais são sujeitos a muita variabilidade. Ciências exatas podem se dedicar a leis pois os fenômenos são regidos por tais.

Então os princípios que regem o planejamento são:

- princípio da definição do objetivo : definir o objetivo de forma clara e concisa, para que se saiba exatamente o que se deseja atingir e assim, fazendo com que o planejamento não se torne vago e/ou dispersivo;
- princípio da flexibilidade : capacidade em adaptar-se às situações imprevistas pois ele age sobre acontecimentos futuros que dificilmente podem ser projetados com segurança total;

Princípios que regem o controle :

- princípio do objetivo : apontando erros e falhas para que sejam corrigidos em tempo hábil, o controle tenta garantir que os objetivos sejam alcançados;
- princípio da definição dos padrões : o controle deve guiar-se através de padrões, geralmente definidos no planejamento. Como os padrões são importantes para o controle, eles devem estar sempre bem sintonizados com a realidade;
- princípio da exceção : o administrador deve estar atento para as coisas que andam mal e não para as que andam bem e, logicamente, espera-se que as coisas que andam mal sejam sempre as exceções. O controle deve se situar exclusivamente nas situações excepcionais, isto é, sobre os desvios mais importantes;
- princípio da ação : se existe ação corretiva, então o controle justifica sua existência. De nada adianta identificar problemas e não atuar para corrigí-los

Em suma, de pouco vale um PCP cujo controle não defina adequadamente os objetivos a alcançar, não defina padrões de avaliação e medição, não encontre as exceções e não permita uma ação corretiva

3.4.3 ATIVIDADES E INTERRELAÇÕES SETORIAIS

Ao desenvolver suas funções, o PCP mantém uma rede de interrelações com as demais áreas da empresa. A figura 05 , que segue, ilustra tais interrelações:

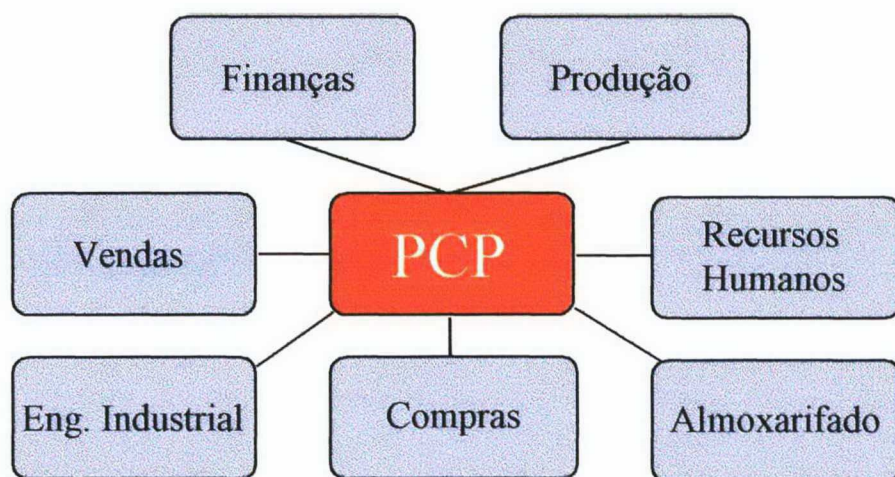


Figura 05 : As interrelações do PCP com as demais áreas da empresa.

- Com a área da Engenharia Industrial : ela fornece ao PCP boletins de operações, lista de desenhos, roteiros e tempos de fabricação de peças, para que ele programe o funcionamento de máquinas e equipamentos;
- Com a área de Suprimentos e Compras : o PCP programa materiais e matérias primas que devem ser obtidos no mercado fornecedor através do órgão de Compras da empresa e estocados pelo setor de Suprimentos (almojarifado). Compras e Suprimentos funcionam com base naquilo que o PCP planejou;
- Com a área de Recursos Humanos : o PCP programa a atividade da mão de obra, estabelecendo a quantidade de pessoas que devem trabalhar no processo de produção. Ele pode verificar a necessidade de horas extras, contratação ou demissão. O

recrutamento, seleção e treinamento de pessoal são atividades de outro setor, porém tal setor só age de acordo com a necessidade requerida pelo PCP;

- Com a área Financeira : o PCP se baseia nos cálculos financeiros fornecidos por ela, para estabelecer os níveis de estoques adequados além dos lotes econômicos de produção;
- Com a área de Vendas : essa área fornece uma previsão de vendas para que o PCP possa elaborar o Plano de Produção da empresa e planejar a quantidade de produtos acabados necessários para suprir as entregas aos clientes. Como o mercado sempre oscila, a previsão sofre alterações e conseqüentemente o PCP tem que se adaptar à nova situação;
- Com a área da Produção : as atividades da produção são planejadas e controladas pelo PCP. Ela deve seguir as diretrizes fornecidas por ele.

O PCP realiza atividades de longo, médio e curto prazo, cujos períodos variam de acordo com o ramo da empresa. Há necessidade de se planejar por cinco ou dez anos no futuro, tanto quanto há necessidade de se planejar nos próximos dias ou semanas, embora o grau de detalhe seja muito diferente, nos dois casos. De uma forma geral, quanto maior o período coberto pelo planejamento, menor a precisão com que pode-se contar, com eliminação cada vez maior de detalhes. Nas atividades de longo prazo (estratégico), no PCP, formula-se o chamado Planejamento Estratégico da Produção, gerando um Plano de Produção. No médio prazo (tático) realiza-se os planos para a produção, o PCP desenvolve o Planejamento Mestre da Produção, obtendo o Plano Mestre de Produção (PMP). No curto prazo (operacional) o PCP prepara a Programação da Produção que resulta na emissão de ordens de compra, fabricação e montagem. Um exemplo de classificação poderia ser de dias para o curto prazo, meses para médio prazo e anos para longo prazo. Através da figura 06, Tubino (1997) mostra todas essas atividades.

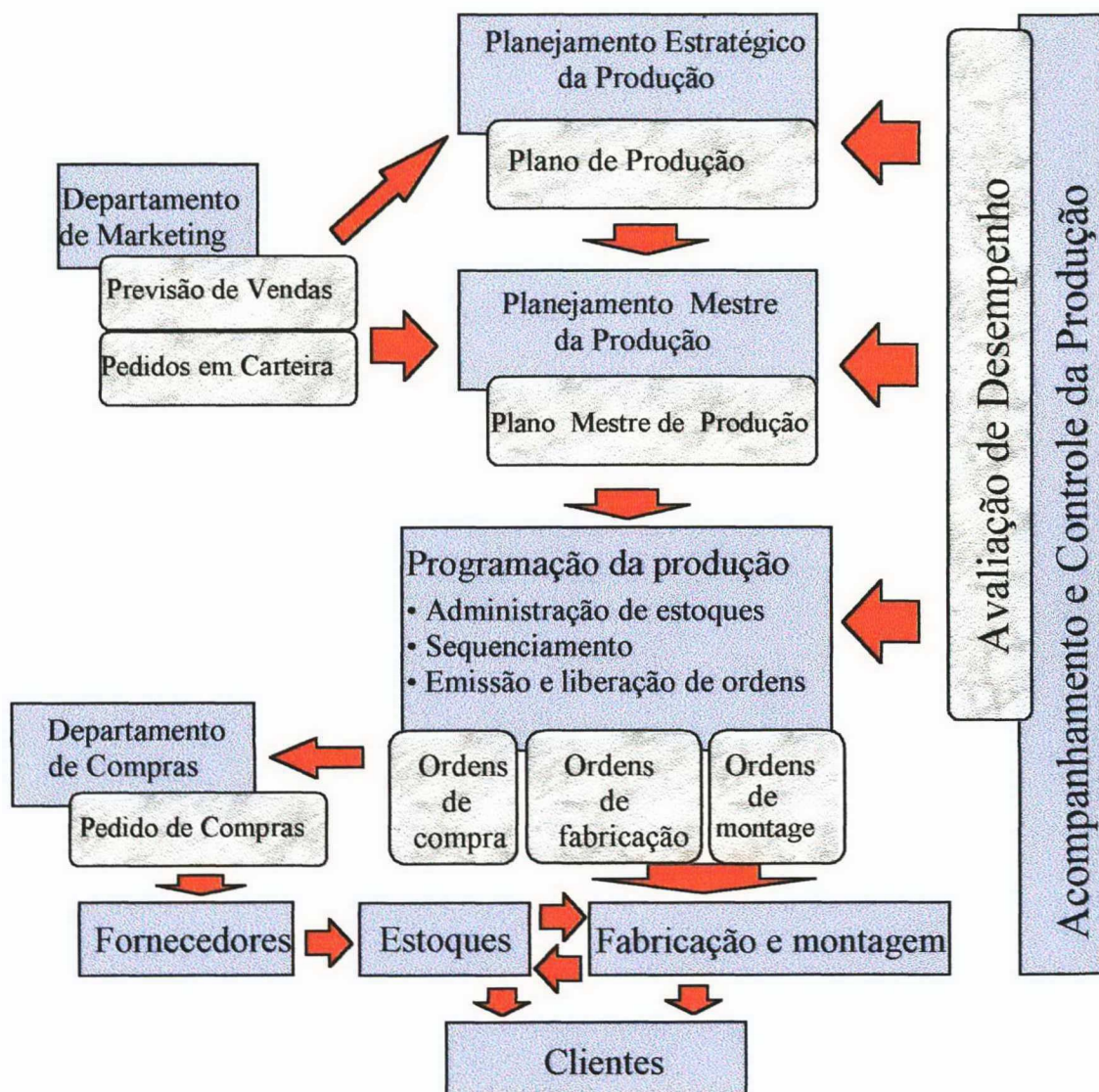


Figura 06 - Atividades do PCP

O objetivo do jogo GPCP-1 é simular o planejamento e controle da produção de uma empresa de manufatura, explorando as atividades de médio prazo (programa mestre de produção) e de curto prazo (programação da produção). Neste sentido estas atividades serão pormenorizadas na seqüência deste capítulo. As atividades de longo prazo, envolvendo, por exemplo, mudanças de lay out e número de máquinas, não serão trabalhadas no modelo inicial do jogo afim de evitar uma complexidade demasiada neste protótipo.

3.5 PREVISÃO DE DEMANDA

Não obstante a eventuais diferenças, há ao menos uma grande base comum a todo planejamento, que é a previsão da demanda. É preciso saber quanto a empresa planeja vender de seus produtos ou serviços no futuro, pois essa expectativa é o ponto de partida, direto ou indireto, para praticamente todas as decisões. As vendas podem depender de fatores tais como : aumento vegetativo da população, situação da economia local e mundial, concorrência, preço, sazonalidade, etc. Porém, por mais imperfeita que seja, a previsão é sempre necessária. A previsão da demanda é, então, um processo racional de busca de informações acerca do valor das vendas futuras de um item ou conjunto de itens.

No PCP as previsões de longo prazo são usadas para elaborar estrategicamente o plano de produção. No médio e curto prazo, são empregadas para o planejamento-mestre e programação da produção, com objetivo de utilizar os recursos disponíveis, englobando a definição de planos de produção e armazenagem, planos de compras e reposições dos estoques, planos de cargas de mão de obra e sequenciamento da produção.

A elaboração da previsão de demanda geralmente fica a cargo do departamento de marketing ou vendas, mas existem dois bons motivos para que os integrantes do PCP entendam como esta atividade é realizada. Primeiro, porque a previsão de demanda é a principal informação utilizada pelo PCP na elaboração de suas atividades. Previsão mal feita resulta em trabalho desperdiçado desde o PCP até a última etapa produtiva. Segundo, porque as empresas de pequeno e médio porte não possuem pessoal com uma especialização muito grande para as atividades, cabendo ao pessoal do PCP (normalmente o mesmo de Vendas) a elaboração das previsões.

3.5.1 ETAPAS DE UM MODELO DE PREVISÃO

Um modelo de previsão de demanda pode ser dividido em cinco etapas básicas conforme figura 07. (Tubino, 1997),

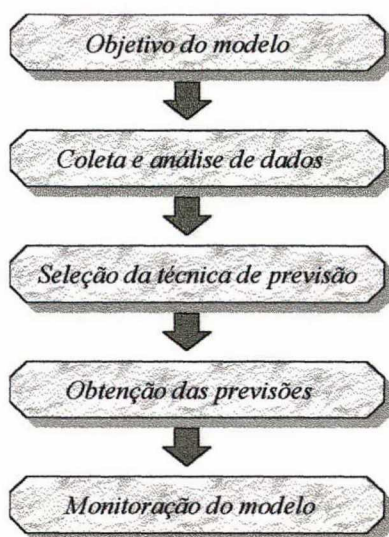


Figura 07 - Etapas do modelo de previsão da demanda

Na primeira etapa deve-se definir o motivo pelo qual está se fazendo a previsão. O detalhamento e a sofisticação do modelo dependem da importância relativa do produto (ou família de produtos) à ser previsto e do horizonte ao qual a previsão se destina. Itens pouco significativos podem ser previstos com maior margem de erro, empregando-se técnicas de previsão mais simples.

Uma vez definido o objetivo do modelo de previsão, deve-se coletar e analisar os dados históricos do produto, com intuito de identificar e desenvolver a técnica de previsão que melhor se adapte. Servem também as previsões baseadas no julgamento e opinião de especialistas pois elas são feitas com base na experiência passada destes especialistas. Quanto mais dados históricos forem coletados e analisados, mais confiável será a técnica de previsão. É importante observar que variações extraordinárias de demanda, como promoções especiais ou greves, devem ser analisadas e substituídas por valores médios, compatíveis com o comportamento normal da demanda. O tamanho do período de consolidação de dados (semanal, mensal, etc.) tem influência direta na escolha da técnica de previsão mais adequada, bem como na análise das variações extraordinárias.

Antes de se obter a previsão propriamente dita, é necessário decidir pela técnica mais apropriada. Nesta escolha deve-se ponderar sobre uma série de fatores, principalmente custo e acuracidade. Quanto maior for a acuracidade desejada no modelo, maior será o custo de elaboração. É importante avaliar o quanto se está disposto a gastar no modelo de previsão e quanto custa o erro decorrente de uma previsão inadequada.

Geralmente, para questões estratégicas opta-se por correr menos riscos e gastar mais, enquanto que para questões operacionais a situação é inversa. Existem outros fatores que merecem destaque na escolha da técnica de previsão : disponibilidade de recursos computacionais, disponibilidade de dados históricos, experiência passada com aplicação de determinada técnica, disponibilidade de tempo para coletar, analisar e preparar os dados e a previsão, entre outros.

Conforme os tempos futuros tornam-se presentes chega-se na última etapa de um modelo de previsão, que é o monitoramento do modelo. Deve-se monitorar a extensão do erro entre a demanda real e a prevista, para averiguar se a técnica e os parâmetros usados são válidos. Um ajuste nos parâmetros do modelo é suficiente, em situações normais, para que reflita as tendências mais recentes. Em situações mais críticas, uma reavaliação de todo modelo (desde o objetivo do modelo) pode ser necessária, incluindo um novo exame dos dados e a escolha de uma nova técnica de previsão.

3.5.2 TÉCNICAS DE PREVISÃO

Como foi visto anteriormente a escolha da técnica de previsão de demanda é apenas uma das etapas do modelo de previsão, mas sem dúvida é a mais importante. As técnicas de previsão podem ser divididas em dois grandes grupos : *técnicas qualitativas* e *quantitativas*. As qualitativas baseiam-se no julgamento de pessoas que, de forma direta ou indireta, tenham condições de opinar sobre a demanda futura, tais como gerentes, vendedores, clientes, fornecedores, etc. Não se apoiam em nenhum modelo específico e são muito úteis, por exemplo, quando da ausência de dados (ou presença de dados não confiáveis) ou do lançamento de novos produtos. Já as técnicas de previsão quantitativas, utilizam modelos matemáticos. Permitem controle do erro, mas exigem informações quantitativas preliminares e isentam-se de opiniões pessoais ou palpites. As técnicas quantitativas subdividem-se em :

- métodos temporais, que nada exigem além do conhecimento de valores passados da demanda, não sofrendo influência de outras variáveis. O termo série temporal indica apenas uma coleção de valores de demanda tomados em instantes específicos de tempo, geralmente com igual espaçamento;

- métodos causais : a demanda de um item ou conjunto de itens é relacionada a uma ou mais variáveis internas ou externas à empresa. Essas variáveis são chamadas de causais. A população, o PNB (Produto Nacional Bruto), o número de alvarás expedidos para construção, o consumo de certos produtos, são alguns exemplos de variáveis causais. Na verdade, o que determina a escolha de uma particular variável causal para a previsão de demanda é a sua ligação lógica com essa última.

No jogo GPCP-1 optou-se por duas técnicas de previsão de demanda : média móvel exponencial e tendência linear. Ambas são técnicas quantitativas baseadas em séries temporais. A primeira para previsões de curto prazo (1 período) e a tendência linear para previsões de médio prazo (12 períodos). A escolha destas técnicas deve-se principalmente à facilidade de compreensão, pois apresentam modelos simples, e ao mesmo tempo cumprem o papel de ilustrar a previsão de demanda no jogo, possibilitando aos participantes uma visão geral sobre a importância das previsões.

3.6 PLANEJAMENTO MESTRE DA PRODUÇÃO

O planejamento mestre da produção é o elo básico de comunicação entre os níveis mais agregados do planejamento (plano estratégico da empresa) com a produção (atividades operacionais). Como resultado do planejamento mestre da produção tem-se um plano, chamado plano mestre de produção (PMP). O PMP é definido em termos específicos de produtos e não em valores monetários. A partir do PMP serão calculadas as necessidades dos componentes, capacidade produtiva, entre outros recursos. Para tanto, é essencial a especificação dos produtos em particular, necessários em determinadas quantidades e datas, ao longo do tempo. O PMP é obtido por um processo de tentativa e erro. Por isso, a partir de um PMP inicial busca-se verificar a disponibilidade de recursos para a sua execução. Sendo ele viável, autoriza-se o plano; contudo, se forem encontrados problemas, deve-se refazer o PMP, podendo ser necessário até alterar e reconsiderar as questões estratégicas de produção, como pode ser visto na figura 08.

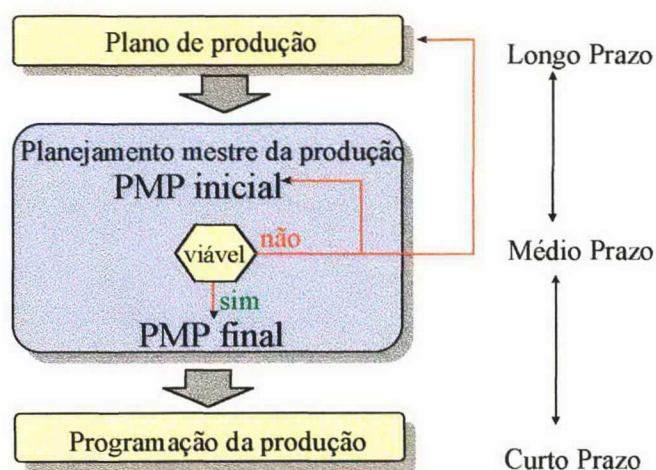


Figura 08 - Hierarquia das atividades do PCP

A implementação de maneiras mais sofisticadas que facilitem a reprodução ou atualização do PMP, haja visto as possíveis modificações constantes, são indispensáveis para o programador da produção. O jogador do GPCP-1 poderá notar essa facilidade no jogo, pois essa foi uma das preocupações antes e durante o seu desenvolvimento.

Corrêa (1995), comenta que o PMP é a base para o estabelecimento de importantes compromissos entre os interesses de diversas funções dentro da organização. Ele representa os anseios das várias áreas da empresa quanto ao planejamento de médio prazo. A área de finanças terá seu planejamento de necessidades de capital, marketing terá seu plano de vendas com datas de prováveis entregas dos produtos acabados, compras poderá negociar seus contratos com os fornecedores, recursos humanos terá seu plano de contratação e treinamento de pessoal e a produção terá seu PMP para programar suas atividades.

O leitor deve ter notado então a importância de um PMP e inclusive suas correções. Vale relembrar que a previsão de demanda é subsidio para a execução do PMP.

3.7 PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Uma vez terminado o PMP, deve-se agora fazê-lo funcionar. O passo seguinte é a programação da produção. *Programar* a produção é determinar quando deverão ser realizadas as tarefas e operações de produção e quanto deverá ser feito.

Estabelecer uma agenda de compromissos para as diversas seções envolvidas no processo produtivo da empresa (Chiavenato, 1990).

A programação da produção transforma o plano de produção em uma infinidade de ordens de produção e de compra que deverão ser executadas pelos diversos órgãos da empresa, vinculados direta ou indiretamente. Esses vínculos, inclusive de informações, seguem um fluxo conforme mostra a figura 09:

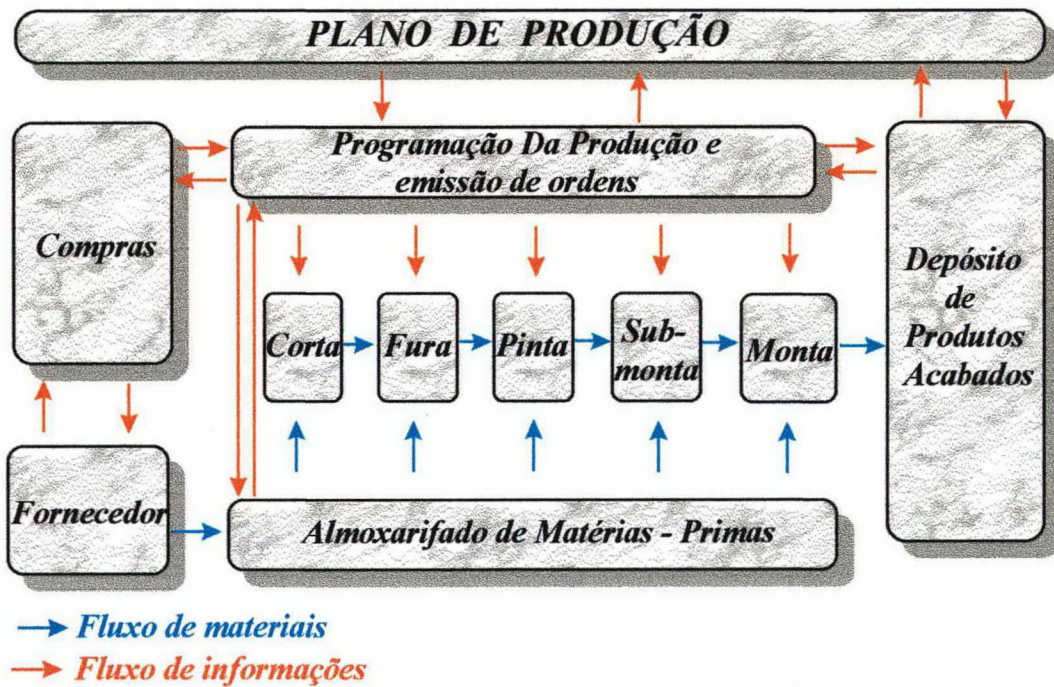


Figura 09: O fluxo de informações da programação da produção

Para Tubino (1997), as atividades de programação da produção, realizadas pelo PCP, são atividades de curto prazo que buscam implementar um programa de produção que atenda ao PMP gerado para os produtos acabados, e podem ser divididas em três grupos hierarquicamente relacionados, conforme ilustrado na figura 10, que segue.

A administração dos estoques, é encarregada de planejar e controlar os estoques definindo tamanho dos lotes, modelos de reposição e estoques de segurança do sistema.



Figura 10 - Hierarquia das funções da programação da produção

O sequenciamento tem por objetivo definir a seqüência de produção a cada programa de produção . Finalmente são emitidas as ordens, autorizando a compra, fabricação e montagem dos itens. No jogo GPCP-1 as atividades de programação da produção seguem esta hierarquia de funções, que serão melhor detalhadas na seqüência .

3.7.1 OBJETIVOS DA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

A programação, então, serve de interface entre o planejamento, a execução e o controle , e tem como objetivos os que seguem :

- coordenar e controlar todos os órgãos envolvidos no processo produtivo;
- garantir entregas nas datas previstas e contratadas ;
- garantir a disponibilidade de matérias - primas e componentes aos órgãos necessários ;
- distribuir a carga de trabalho proporcionalmente aos diversos órgãos produtivos, de modo a assegurar a melhor seqüência da produção ;
- balancear o processo produtivo de modo a evitar gargalos de produção, de um lado, e desperdícios da capacidade de outro ;
- aproveitar ao máximo a capacidade instalada, assim como o capital aplicado em matéria - prima e materiais em processamento ;
- estabelecer uma maneira racional de obtenção de recursos, como matéria - prima (Compras), de mão de obra (Pessoal), de máquinas e equipamentos (Engenharia), etc. ;
- estabelecer, por meio das ordens de produção, padrões de controle para que o desempenho possa ser continuamente avaliado e melhorado.

3.8 ADMINISTRAÇÃO DOS ESTOQUES

Estocar é guardar algo para utilização posterior. O estoque da empresa está geralmente localizado no almoxarifado (matérias primas), no depósito final (produtos acabados), em processamento (próximo às máquinas) e no subsistema de produção (materiais em processamento ou semi acabados).

Se a utilização do estoque é remota e seu volume é grande, sua guarda se torna prolongada, ocupa espaço alugado ou comprado, requer pessoal, necessita de movimentação, manutenção, precisa ser segurado contra roubo, incêndio etc. Estoque é despesa. Por outro lado, se a utilização de estoques for imediata e os níveis dos mesmos forem muito baixos, corre-se o risco de paralisação da produção por falta de material no estoque ou por atraso de fornecimento. A administração dos estoques procura manter os níveis de estoque dentro de limites adequados às necessidades da empresa e às demandas do mercado. O grande segredo é justamente conhecer esse meio termo e aplicá-lo à todos os itens de estoque existentes na empresa.

Tubino (1997), fornece algumas finalidades para a criação dos estoques :

- *Garantir a independência entre as etapas produtivas* : estoques amortecedores fazem com que problemas em uma destas etapas não sejam transferidos para as demais, como, por exemplo, uma interrupção na produção não afetaria as vendas se houvessem estoques de produtos acabados;
- *Reduzir os tempos de fabricação*: afim de que os prazos de entrega dos produtos possam ser reduzidos, mantêm-se estoques intermediários, evitando assim a espera pela produção ou compra de um item;
- *Permitir uma produção constante* : quando um sistema produtivo possui uma demanda muito sazonal, pode-se optar por uma produção para estoque quando a demanda estiver em baixa, e vender material estocado, quando do aquecimento das vendas, mantendo o ritmo de produção;

- *Como fator de segurança* : absorver variações aleatórias de demanda, quebras de máquinas, absenteísmo, entrega de fornecedores fora do prazo, etc.

3.8.1 CLASSIFICAÇÃO ABC DOS ESTOQUES

Os estoques são classificados segundo o volume de suas quantidades ou do seu valor monetário. Quase sempre um pequeno número de itens corresponde à quase totalidade dos valores requisitados. Os itens de estoque podem ser agrupados em três classes especificadas abaixo e ilustradas pela figura 11 que segue :

- classe A : representa uma pequena quantia de itens porém uma grande parcela de recursos envolvidos. São os itens mais importantes e merecem um tratamento individual. Determinação precisa dos custos envolvidos no sistema de armazenagem e reposição, uma atualização constante de dados, estoques de segurança confiáveis, etc ;
- classe C : representa uma grande quantidade de itens porém respondem por uma pequena porcentagem monetária. São os itens menos importantes e merecem pouca atenção individualizada. A atualização de dados não necessita ser freqüente, os estoques de segurança podem ser aproximados ;
- classe B : corresponde aos itens intermediários entre a classe A e classe C. Merecem atenção individualizada devido a sua relativa importância.

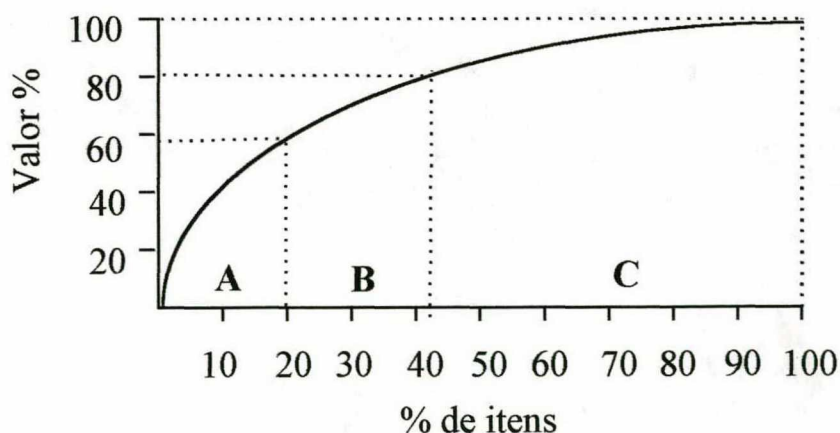


Figura 11 - Classificação ABC de estoques

Classe	% de itens	% do valor
A	10 a 20	50 a 70
B	20 a 30	20 a 30
C	50 a 70	10 a 20

Tabela 03 - Percentuais da classificação ABC de estoques

Cada empresa deverá realizar sua própria classificação de itens. O importante é utilizar o recurso de controle adequado a cada caso. O que deve ser sempre levado em consideração é a escolha do tipo de controle financeiramente apropriado ao item. No jogo GPCP-1 são utilizados dois métodos de controle de estoques para matérias primas e produtos em processo: ponto de pedido e lógica MRP. O primeiro (para itens de menor importância) controlará três das quatro matérias-primas do jogo (tinta, prego e parafuso) e a lógica MRP será usada para o controle da matéria-prima principal (madeira) e dos itens em processo (partes semi acabadas). Outros tipos de controle podem ser encontrados em Chiavenato (1990), Tubino (1997) e Motta (1978).

3.9 SEQUENCIAMENTO E EMISSÃO DE ORDENS

Conforme ilustrou a figura 10, as atividades de programação da produção, que foram iniciadas com a administração de estoques, são complementadas pelo sequenciamento e emissão de ordens de compra, fabricação e montagem. O tipo de sistema produtivo define as principais questões envolvidas no sequenciamento de um programa de produção. Nos processos contínuos o sequenciamento deve dar ênfase na velocidade do fluxo, para os processos repetitivos em massa o objetivo é equilibrar o ritmo entre os postos de trabalho e na produção em lotes, deve-se procurar dar prioridade às ordens empregando um sistema de regras para definir em que seqüência as ordens serão retidas nas filas de esperas e em que recursos (máquinas, mesas, operadores, etc) elas serão alocadas.

Em um processo de produção repetitivo em lotes (que é o caso do jogo GPCP-1) a escolha da ordem a ser processada pelo recurso dependerá da prioridade da

mesma em relação as demais que também lá estiverem. Esta decisão é crítica para o desempenho do sistema de produção, pois um sequenciamento ineficiente, que gere grandes tempos de fila no processamento das ordens, aumentará a margem de erro do programa executado em relação ao planejado (*lead times* reais maiores do que os padrões previstos).

A escolha do recurso a ser utilizado dentre um grupo de recursos disponíveis, na prática fica restrita em situações onde existem variações significativas no desempenho dos equipamentos. Este não é o caso no GPCP-1 .

O instrumento para visualização da programação da produção, conhecido como *Gráfico de Gantt*, em homenagem à Henry Gantt, pioneiro na sua utilização dentro da programação da produção, auxilia na análise de diferentes alternativas de sequenciamento. Existem também *softwares* de programação da produção baseados no *Gráfico de Gantt*, como por exemplo o PREACTOR de propriedade da Systems Modeling Corporation, entre outros. O jogo GPCP-1, nesta versão inicial, não apresenta a opção do *Gráfico de Gantt* como ferramenta de apoio à tomada de decisão sobre as prioridades das ordens, mas os jogadores poderão fazer uso de um software, ou mesmo trabalhar manualmente com o *Gráfico de Gantt* ou qualquer outra técnica, para decidirem sobre as prioridades no processamento das ordens. Esta é uma das formas de forçar o jogador a elaborar suas próprias estratégias e à imaginação. Uma descrição aprofundada sobre o *Gráfico de Gantt* pode ser obtida em Zaccarelli (1982), Chiavenato (1990) e Tubino (1997).

Tendo-se estabelecidas todas as informações necessárias à execução do programa de produção, isto é, para cada ordem a definição do tamanho do lote, a data de início e conclusão das atividades, a seqüência e o local onde as mesmas serão executadas, a última etapa da programação da produção é a emissão e liberação do programa de produção. Uma vez emitido e liberado, este programa passará para a esfera do acompanhamento de produção, a última etapa dentro das funções do PCP.

As ordens informam a respeito das decisões sobre produção para as diversas seções envolvidas no processo produtivo. Uma ordem de fabricação, montagem ou compra deve possuir informações necessárias para que os envolvidos na fabricação, montagem ou

compras possam executar suas atividades. As principais informações referem-se a o que, como, quando e quanto se deve fazer, e, se possível, deve ser documentada em impressos, formulários ou informatizada. Para processos contínuos e repetitivos em massa, seguem também desenhos e instruções técnicas que informarão os operadores como proceder suas atividades. Nos processos repetitivos em lotes e nos sob encomenda, este tipo de informação é vital para o entendimento das ordens emitidas. No jogo GPCP-1 os participantes definirão o tamanho do lote e a prioridade de processamento de cada ordem e o software simulador (capítulo 4) permitirá o início da simulação da fábrica conforme programado pelo jogador. O roteiro de fabricação e os tempos de processamento de cada item foram pré definidos e serão melhor explicados no próximo capítulo .

No capítulo seguinte será apresentado o jogo GPCP-1, desde a concepção do seu modelo genérico até a sua implementação. Com maiores detalhes será apresentado o software simulador (ARENA), seus principais recursos, a fábrica desenvolvida para o jogo GPCP-1, reafirmando o que no capítulo 2 foi mencionado, isto é, a importância em aproximar o jogo simulado da realidade através de técnicas modernas. O GPCP-1 propõe um estudo de caso de uma fábrica existente, visível ao jogador, com recursos de coleta e informação de dados necessários para se planejar e controlar a produção em períodos subsequentes.

IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO GPCP-1 - JOGO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

4.1 INTRODUÇÃO

O capítulo 4 discorre sobre o desenvolvimento do jogo GPCP-1, mostrando o seu modelo genérico, o cenário e a dinâmica do jogo, a implementação da simulação do modelo protótipo da fábrica e do mercado. Detalha-se aspectos referentes aos produtos fabricados e aos setores envolvidos na fabricação e comercialização dos produtos e, por fim, comenta-se sobre os problemas encontrados e ainda não resolvidos no protótipo.

4.2 MODELO GENÉRICO

O modelo genérico do GPCP-1, contempla tanto o objetivo geral do trabalho quanto os específicos (capítulo 1). Convém porém salientar que o treinamento em atividades de planejamento e controle de produção, depende de um modelo empresarial com, no mínimo, setores básicos que se interrelacionam, apresentados no capítulo 3. Por isso o modelo genérico do jogo, representado pela figura 12, abrange tais setores também idealizados e projetados.

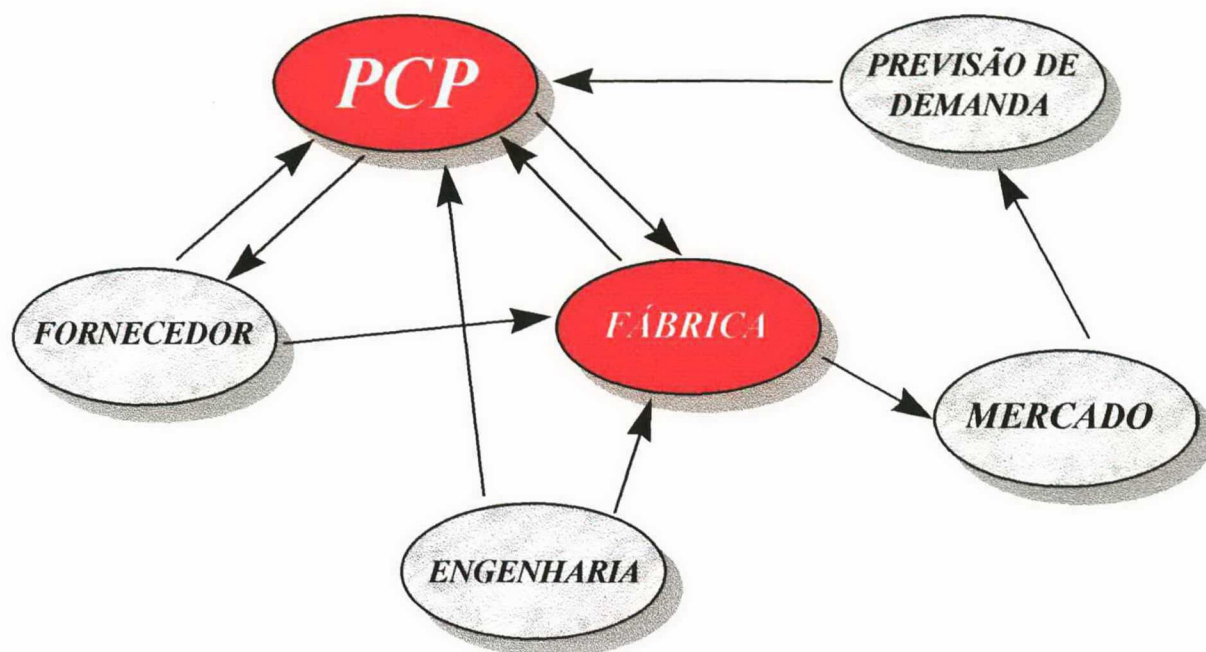


Figura 12 : Modelo genérico do jogo GPCP-1

A partir da aquisição de produtos pelo mercado o PCP começa a receber informações dos vários setores envolvidos, direta ou indiretamente, com a produção. O PCP, então, coleta dados tais como: condições de pagamento e fornecimento vindas do fornecedor; histórico progresso de valores de demanda, fornecidos pela previsão de demanda; roteiros de fabricação, árvore dos produtos, tempos de processo, elaborados pela engenharia; filas nas máquinas, taxas de ocupação das mesmas, capacidade produtiva, informadas pela fábrica e parte, então, para a tarefa de programação das atividades de médio prazo, através do Plano Mestre de Produção (PMP) e curto prazo pela programação da produção, com execução do MRP (cálculo das necessidades de materiais), emissão de ordens, etc. Deste modo, novos produtos são fabricados e vendidos, fazendo com que o sistema seja realimentado. Na figura 12 percebe-se a importância do PCP no jogo.

4.2.1 DIVISÃO DO MODELO E OBJETIVOS

Muitas decisões devem ser tomadas antes que a fábrica, propriamente dita, trabalhe. No modelo proposto, tais decisões são tomadas em planilhas eletrônicas que

compõem a primeira etapa do jogo. Esta etapa inicia com uma avaliação de demandas. Resumidamente, o jogador executa as seguintes atividades na primeira etapa (etapa de decisões):

- recebe e analisa informações vindas da previsão de demanda, fornecedor, fábrica e engenharia;
- prevê demanda;
- administra estoques;
- realiza Planejamento Mestre da Produção;
- planeja e controla as necessidades de materiais (MRP);
- emite ordens de compra, fabricação, montagem e submontagem com as devidas prioridades para o sequenciamento.

As ordens e suas prioridades programadas permitem o início da segunda etapa do jogo (etapa de resultados), isto é, os dados das planilhas tornam-se as entradas necessárias para habilitar o início da simulação do modelo fabril idealizado. É nesse outro ambiente que outras características da fábrica e do mercado foram implementadas. São elas:

- regras de filas nas máquinas e nos operadores;
- sequenciamento dos postos de trabalho;
- quantidades de máquinas ou operadores em cada posto;
- tempos de setup (preparação de máquina);
- tempo de processamento (operação) de cada máquina para cada tipo de peça;
- tempos de parada de máquina para manutenção (schedules);
- loteamento ou não, de peças do mesmo tipo, para saída das máquinas;
- tempo total de simulação (em horas, dias, meses, etc);
- tempo de rota entre postos de trabalho, com ou sem utilização de transportadores tais como: empilhadeiras, AGVs, esteiras, etc;

- criação de uma função representativa do mercado, simulando sua reação à preços, competitividade, sazonalidade, etc.

A figura 13 representa as duas etapas do jogo GPCP-1.

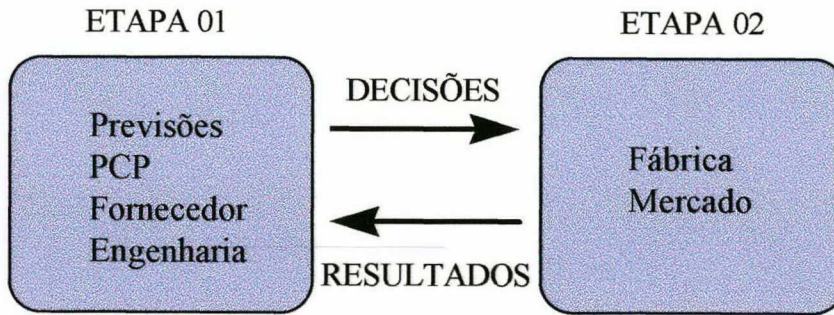


Figura 13 : etapas do GPCP-1

Resolveu-se dividir o trabalho em duas frentes de pesquisa, que são exatamente as duas etapas mencionadas anteriormente. A primeira delas, desenvolvida pelo mestrando em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Luiz Erley Schafranski , foi o desenvolvimento das planilhas eletrônicas lincadas entre si, elaboradas no software excel (versão7.0), para suporte e tomada de decisões dos jogadores (algumas das telas estão exibidas no anexo 01). A segunda etapa, implementada pelo autor deste trabalho, foi a criação de um modelo de fábrica de móveis e mercado simulado, inclusive de forma animada, através do software simulador denominado ARENA .

4.2.2 ABSTRAÇÃO E GENERALIZAÇÃO DO MODELO

Concluído o modelo genérico, partiu-se para a discussão sobre cada função desse modelo. Para o modelo de previsões de demanda as questões foram : técnicas de previsão a serem empregadas, número de períodos a serem usados como histórico, forma de monitoração do modelo, etc. Para a fábrica, discussões sobre tipos de máquinas, tipo de

sistema produtivo (produção em massa, produção em lotes, produção sob encomenda), etc. No PCP, questionamentos sobre administração de estoques, avaliação de desempenho fabril. Na engenharia, o objetivo era de chegar, por exemplo, aos tipos de produtos à serem fabricados, matérias-primas à serem usadas, componentes dos produtos acabados, estrutura do produto acabado. Na função fornecedor o intuito era de escolher o número de fornecedores que poderiam atender a fábrica, o tipo de fornecimento (sempre disponível, com faltas, com atrasos, etc.), prazo de entrega, entre outros. No mercado, buscou-se definir como seriam feitas as vendas (pós produção, sob encomenda, etc.) e seu comportamento durante o jogo (estável, instável, sazonal). A partir da definição destas e outras questões, foi possível montar o cenário onde o jogo se desenvolve.

4.3 CENÁRIO DO JOGO

Visando atender uma característica importante de jogos de empresas que é a máxima aproximação do jogo com a realidade, evitou-se a criação de um modelo com produtos genéricos, do tipo produto “A” e “B” ou então matérias primas “1” e “2”. Neste sentido a empresa do GPCP-1 é uma fábrica de móveis, que fabrica dois tipos de produtos : cama luxo (LX) e cama simples (ST).

As matérias primas envolvidas são madeira, prego, tinta e parafuso, que são fornecidas por um único fornecedor. O consumo de matérias - primas é padrão para cada tipo de produto.

O fornecedor limita-se a entregar as matérias primas solicitadas pelas ordens de compra, no prazo estipulado.

A produção é para estoque, ou seja, as vendas são feitas após a produção e não há pedidos de encomendas.

O mercado absorve uma certa quantidade de produtos no final de cada período (rodada) com um certo preço. Desta forma o preço e a quantidade vendida são aproximadamente iguais para todas as equipes (varia com a disponibilidade de produtos de cada empresa, pois a venda máxima é igual a todos os produtos acabados em estoque no final do período). Equiparando-se as vendas, o fator que determinará o melhor desempenho dentro do jogo será o planejamento e controle da produção .

A manutenção de estoques, tanto de matérias primas como de produtos acabados, gera custos. Por outro lado a falta de matérias primas ou de produtos acabados também trás prejuízos. Uma previsão de demanda ineficiente acarretará em uma produção que não atenderá o mercado (para mais ou para menos). Um sequenciamento de produção mal elaborado, trará maiores custos de produção, além do risco de não atender o plano mestre da produção (PMP). Para medir a eficiência das equipes no conjunto destas atividades será usado o custo de produção da empresa.

4.4 ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA

Conforme mencionado anteriormente uma das característica que diferencia o GPCP-1 de outros jogos de empresas, é a representação do sistema produtivo do jogo através de um modelo de simulação, onde são simuladas as principais variáveis de um processo produtivo (etapa de resultados) citadas no item 4.2.2. A etapa de decisões (cuja descrição completa é feita no trabalho do mestrando Luiz Erley Schafranski), também considerada no mesmo item , antecede a simulação da fábrica e do mercado, através das atividades de : elaboração e/ou adequação do Plano Mestre de Produção (PMP), das necessidades de materiais (MRP), emissão e sequenciamento das ordens de fabricação,

submontagem e montagem, compra (anexo 01). A nível macro, o jogador seguirá a especificação funcional do sistema ilustrada pela figura 14.

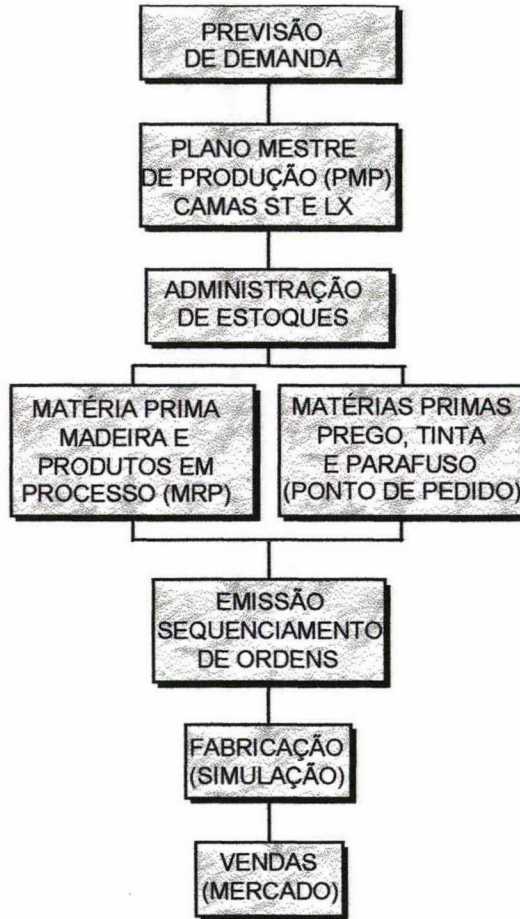


Figura 14 - Especificação funcional do sistema

4.5 DINÂMICA DO JOGO

O jogo GPCP-1 será totalmente informatizado. Os participantes tomarão suas decisões diretamente no software de planilhas de dados e entregarão estas decisões, em disco flexível (disquete), ao animador do jogo que, através da parte do jogo que executa a simulação (fábrica e mercado), processa tais decisões. Possíveis perturbações que o sistema produtivo possa vir a sofrer (variações bruscas de demanda, quebra de equipamentos, etc) são decisões que o animador do jogo pode tomar, visando criar situações semelhantes

às encontradas na realidade industrial. Estas decisões serão informadas aos participantes através de um "jornal" . Os resultados da simulação são devolvidos, via disco flexível, aos participantes para que analisem os resultados e, através de uma discussão em grupo, tomem novas decisões . Esta dinâmica é visualizada na figura 15.



Figura 15 : Dinâmica do jogo GPCP - 1

Cada período do jogo corresponde a uma semana de produção. As decisões são tomadas no início de cada período (primeiro dia da semana) e terão efeito no próximo período, afinal trata-se de um planejamento da produção. Para o período atual as decisões já foram tomadas (no período anterior) e o efeito destas será sentido no próximo período. Para criar uma situação mais realista na empresa do jogo, o início do jogo se dá com a empresa em funcionamento, ou seja, inicia no período 13, com um dado estoque de matérias

primas, produtos em processo e produtos acabados (PA). As decisões tomadas no primeiro período do jogo (período 13) serão entradas para a simulação no período 14, ou seja, na primeira rodada do jogo os resultados obtidos serão os mesmos para todas as equipes, pois todas partirão do mesmo ponto. A definição do número de períodos que o jogo possuirá não é definida a "priori", com objetivo de evitar decisões de "final de jogo" (eliminação de estoques, suspensão de compras de matérias primas, reação de mercado, etc).

4.6 MODELAGEM DO SISTEMA FABRIL E DO MERCADO

Nos modelos tradicionais de jogos, geralmente, os módulos fábrica e mercado estão distantes do jogador, representados por modelos matemáticos que o participante não tem acesso ou caso tenha acesso, não entende a linguagem de programação. No modelo proposto , a simulação da fábrica e do mercado é transparente, ou seja, os jogadores têm oportunidade de acompanhar, através da animação do modelo, o desempenho das decisões tomadas e detectar, visualmente, alguns problemas que podem surgir como consequência de tais decisões. Além disso, no modelo criado, o animador poderá realizar alterações que afetarão o cenário. Não é necessário, como num modelo matemático, criar uma subrotina que altere capacidades de máquinas ou reação de mercado. Para realizar tais alterações o animador interferirá diretamente onde deseja, por exemplo: se a intenção é simular uma parada de máquina para manutenção, o animador, através da programação orientada à objeto, seleciona a máquina desejada e altera os parâmetros da mesma, provocando um desequilíbrio no sistema produtivo à ser analisado pelo jogador que tomará novas decisões mediante o novo cenário.

Foram idealizados uma fábrica e um mercado cujas atividades e resultados, permitissem, facilitassem a exploração dos conteúdos de PCP (apresentadas inclusive no capítulo 3) sem que as situações rotineiramente percebidas em casos reais fossem esquecidas ou simplificadas a ponto de afastar o jogo da realidade. Então, mesmo partindo de um modelo idealizado, o mesmo foi desenvolvido mediante as etapas propostas no capítulo 2

deste trabalho. Por esta razão notar-se-á que determinadas etapas (como coleta de dados) foram simplificadas, porém não comprometeram a credibilidade dos objetivos do trabalho.

4.6.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS

As atividades de PCP (decisões) só justificam suas existências se houver uma produção e um mercado que consumam tal produção. Então, o problema agora é operacionalizar as decisões tomadas na etapa 01 com o propósito de fornecer resultados pós-produção (quantidades estocadas e vendidas de cada peça fabricada, quantidades de peças nas filas e performance de cada posto de operação), para realimentar o sistema (item 4.2.2), proporcionando ao jogador uma próxima rodada de planejamento e controle da produção. O software ARENA (versão 3.0) foi escolhido para simular o modelo pois responde adequadamente ao que se deseja. A figura 16 ilustra a explicação:

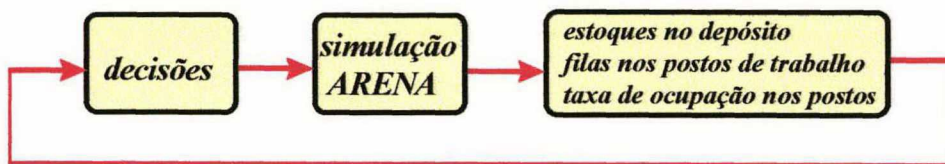
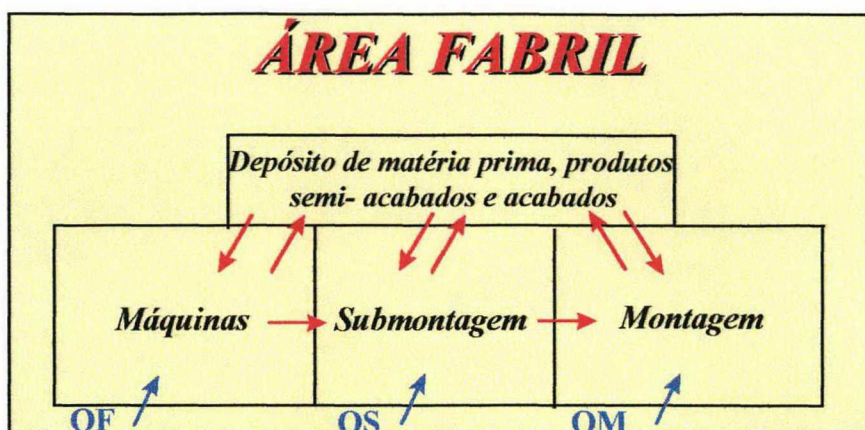


Figura 16 : Dinâmica geral de coleta de dados, processamento e devolução de resultados.

4.6.2 MODELO CONCEITUAL E DETALHAMENTOS PARA PROJETO EXPERIMENTAL

Para que as decisões tomadas na primeira etapa do GPCP-1 fossem operacionalizadas , modelou-se, como mencionado anteriormente, a fábrica de móveis que produz dois tipos de camas : cama simples (ST) e luxo (LX). O sistema produtivo possui 4 (quatro) setores (almoxarifado, máquinas, submontagem e montagem) e suas interrelações são ilustradas na figura 17 .



- Fluxo de material
- Emissão de ordens de : fabricação, submontagem e montagem

Figura 17 : Modelo genérico da área fabril

Ao concluir a etapa de decisões (etapa 01, figura 13), o jogador registra, em uma planilha eletrônica (emissão de ordens, anexo 01), a quantidade de peças programadas e suas prioridades, isto é, qual a seqüência de entrada das ordens nos três setores (máquinas, submontagem e montagem). O software ARENA lê estes dados da planilha e inicia o processamento das peças em cada setor. Percebe-se pela figura 17 que cada setor, assim que completa o processamento, envia as peças para o depósito e lá elas ficam até que as demais peças, necessárias para ocorrer a submontagem e/ou montagem, cheguem. Os produtos acabados ficam no depósito até que, nos minutos finais da simulação, a função mercado, de acordo com a estratégia implementada (programada) pelo animador, compra toda ou uma parte dos produtos.

4.6.2.1 Detalhamento das partes constituintes dos produtos :

Para pormenorizar mais os setores e suas relações é necessário que antes sejam conhecidos os produtos, suas estruturas (árvore do produto) e seus roteiros de fabricação que seguem nas figuras 18, 19, 20, 21 :

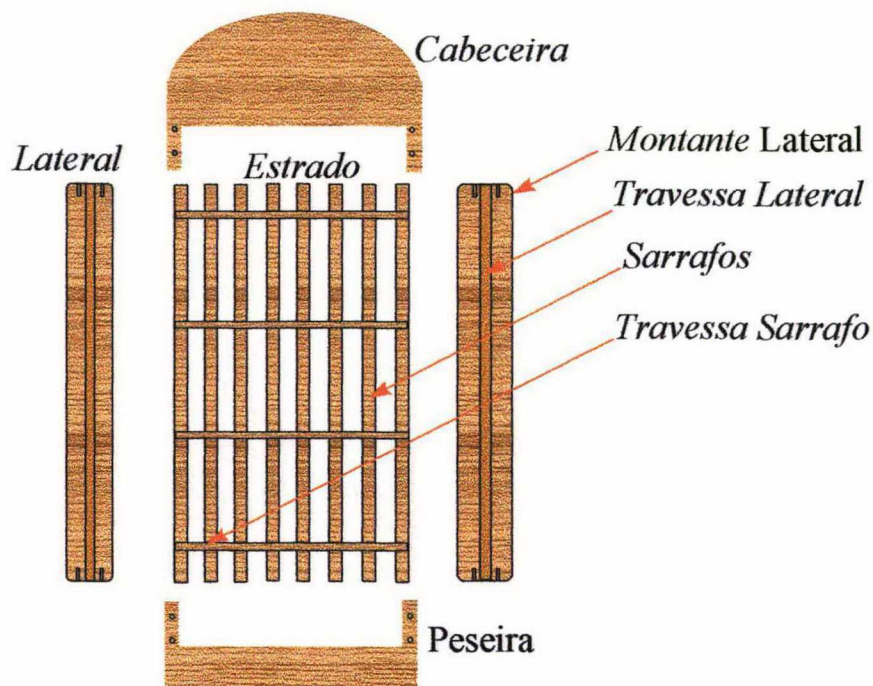


Figura 18 : Partes constituintes das camas simples (ST) e luxo (LX).

Para a fabricação de qualquer um dos dois produtos é necessário matéria prima (madeira), cola, prego e parafuso. A partir da matéria prima madeira, são fabricadas partes (peças) das camas. São ao todo:

- seis peças à fabricar : montante lateral, travessa lateral, sarrafo, travessa sarrafo, cabeceira e peseira) ;
- duas peças à submontar : lateral e estrado ;
- cinco peças à montar : 2 laterais, 1 estrado, 2 peseiras, para o caso de cama ST ou então 2 laterais, 1 estrado, 1 peseira e 1 cabeceira para o caso da cama LX

As árvores dos produtos :

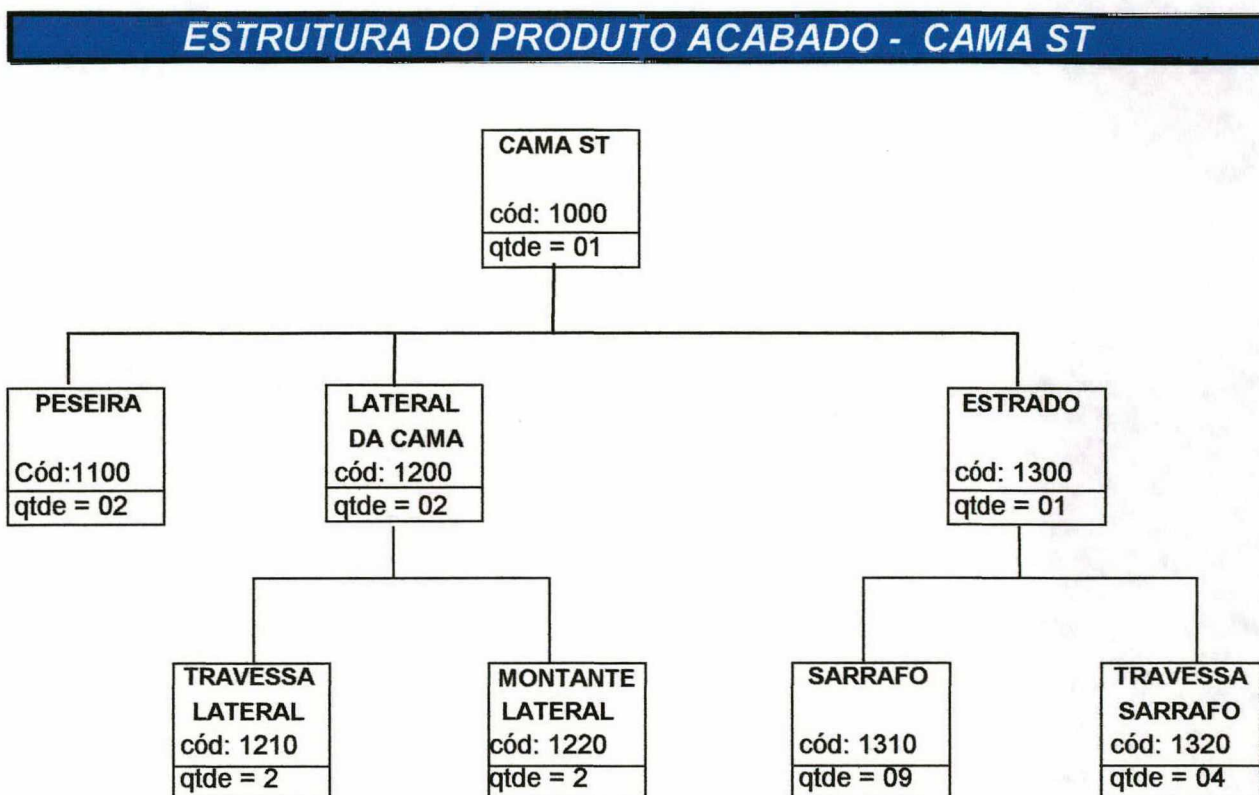


Figura 19 : Árvore do produto Cama - ST

Para que uma cama ST seja produzida, são necessários (figura 19): nove sarrafos e quatro travessas de sarrafos para que seja submontado um estrado; duas montantes laterais e duas travessas laterais para que sejam submontadas duas laterais da cama e duas peseiras. Com tais partes monta-se um kit completo de cama ST.

Para uma cama LX (figura 20), a única diferença está no fato de que peseira e cabeceira possuem dimensões diferentes, por isso, é necessária uma peseira e uma cabeceira.

ESTRUTURA DO PRODUTO ACABADO - CAMA LX

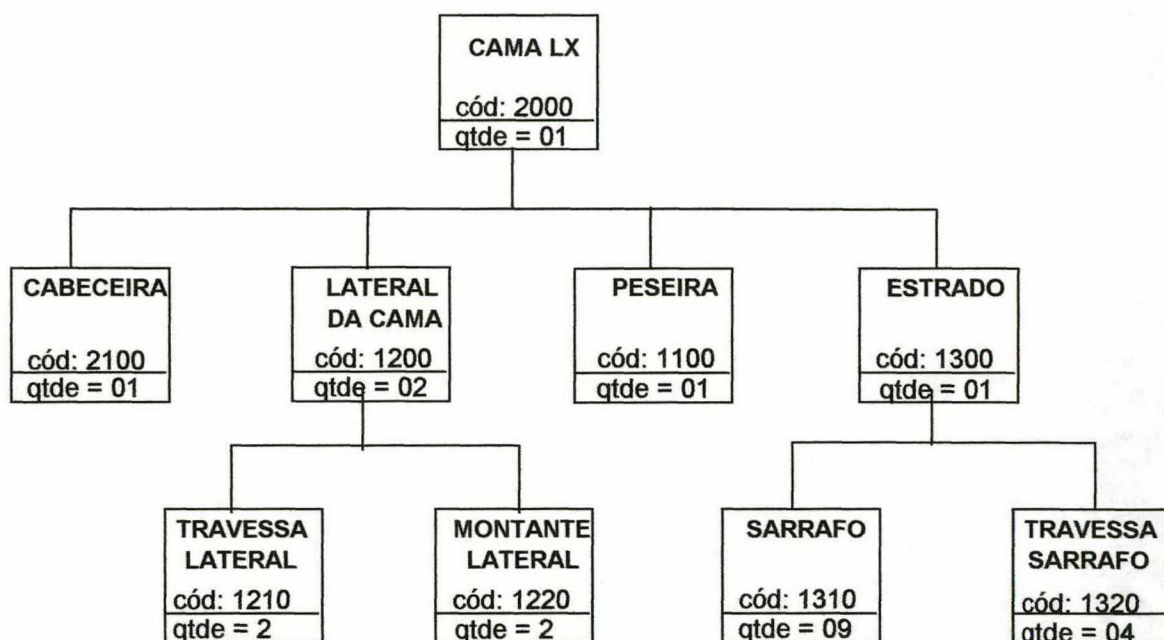


Figura 20 : Árvore do produto cama - LX

O roteiro de fabricação é o caminho que cada peça percorre para ser processada (figura 21). Desnecessário se torna a ilustração dos dois roteiros pois a diferença da cama ST para a LX está apenas na peça cabeceira. Os cinco postos de trabalho estão especificados na parte superior do diagrama e em cada quadro, constam : o nome da peça, o tempo que leva para ser processada (T_p) e o tempo necessário para preparação do posto de trabalho para iniciar o processamento da peça (T_s , setup). Os tempos de setup (T_s) e de processamento (T_p) fazem parte do conjunto de parâmetros utilizados no modelamento do sistema. Tais valores (média de valores coletados em processos similares) foram, nessa primeira versão, fixados. Mas podem ser valores atribuídos pelo jogador em uma planilha do excel e lidos pelo ARENA. A razão da fixação de vários parâmetros foi adotada com a intenção de não permitir muitas variáveis no jogo. O excesso de variáveis pode fazer com que o jogador não consiga interpretar os resultados por não identificar quais variáveis proporcionaram determinado comportamento, e assim, o jogador perde a motivação para o jogo. Vale lembrar a afirmação de Litto, (1995) (capítulo 2, item 2.3.3.3 deste trabalho): “desafios altos em relação ao preparo para enfrentá-los, produzem ansiedade e frustração.

Desafios relativamente baixos em relação ao preparo para enfrentá-los, produzem tédio. Ambas as possibilidades podem gerar influências negativas no processo de aprendizagem”.

A nível de ARENA, também foram modelados os percursos de cada peça em cada posto de trabalho, através de um bloco objeto denominado “sequence” onde para cada peça existe sua respectiva trajetória, do início ao fim do modelo (será mais detalhado posteriormente)

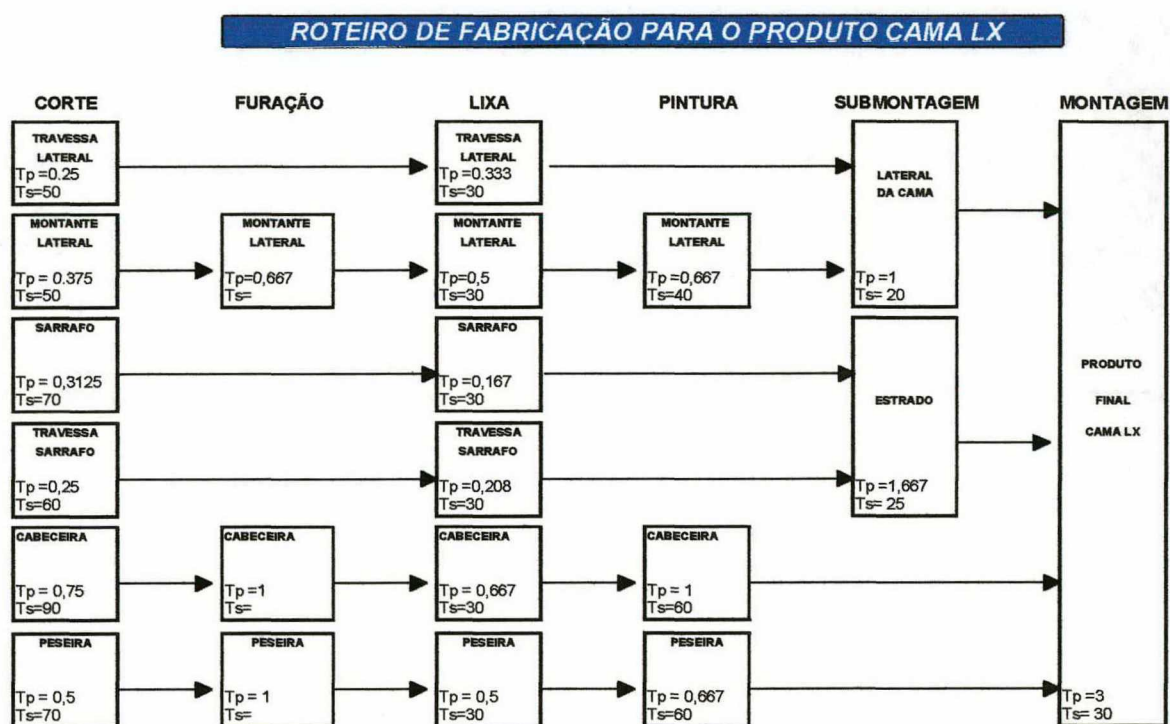


Figura 21: roteiro de fabricação da cama LX

Sempre com o objetivo geral do trabalho em mente (capítulo 01), procura-se agora pormenorizar os setores constituintes do modelo idealizado, explicando suas principais características e influências no processo decisório (etapa 01, figura 13). As reações tanto da fábrica quanto do mercado simulado, estimularão o jogador à avaliação de seus planos e facilitarão o animador na criação de novas situações, frequentemente encontradas em casos reais.

4.6.2.2 Setor de Máquinas

No setor de máquinas ocorre a fabricação das peças, de acordo com a emissão das ordens de fabricação lidas pelo ARENA. A quantidade de máquinas nesse setor foi obtida mediante os tempos de setup (T_s), de processamento (T_p), de deslocamento das peças entre os postos de trabalho e do lote médio de produção de camas ST e LX, fixado para o período 13 do jogo (que corresponde ao período anterior ao início do jogo por parte do jogador). Essa rodada do período 13, foi implementada para dar início ao jogo com uma fábrica em andamento, isto é, com estoques e peças em processo (item 4.5). Foram implementadas então, 8 Serras, 3 Furadeiras, 12 Lixadeiras e 3 Pinturas. A figura 22 mostra este setor, mas antecipadamente esclarece-se que para cada recurso (máquina) existe uma janela de programação, ativada pelo mouse, onde são atribuídos parâmetros (capítulo 2, item 2.2.4.1). Por isso, representa-se apenas uma máquina, mas a quantidade de recursos (máquinas) depende do parâmetro “capacidade” atribuído pelo animador. Esses dados acima mencionados, são informações acessíveis ao jogador (etapa 01, de decisões) para que o mesmo venha “arquitetar” suas estratégias de produção.

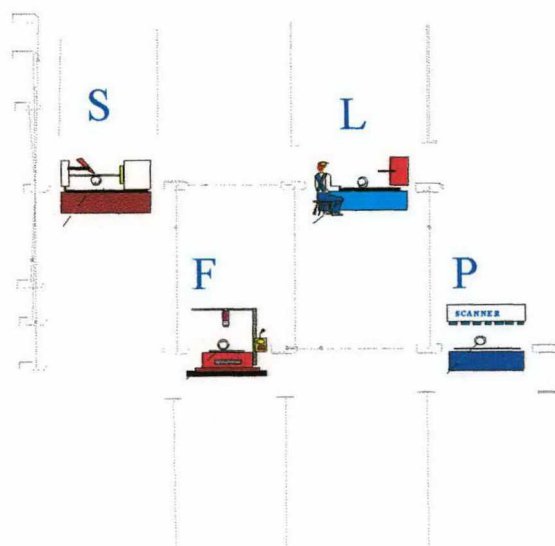


Figura 22 : Composição do Setor de Máquinas

As linhas visualizadas na figura 22, correspondem aos possíveis trajetos que as peças percorrerão, de acordo com o roteiro de fabricação (figura 21), e as filas de entrada e saída de cada máquina, isto é, o local onde as peças aguardam para serem processadas ou enviadas ao próximo posto de trabalho (recurso).

Convém lembrar das decisões relacionadas ao sequenciamento. Os jogadores emitirão ordens onde constam : tipo de peça à processar, quantidade e prioridade. Suponha que haja uma peseira (prioridade 1) e duas cabeceiras (prioridade 2) para serem fabricadas. No momento que o software ARENA ler os parâmetros de entrada, identificará as prioridades e ordenará a fila na máquina conforme a regra de fila escolhida pelo animador. No ARENA existem quatro regras de fila, são elas: LVF (LowValueFirst) menor valor primeiro, HVF (HightValueFirst) maior valor primeiro, LIFO (LastInFirstOut) o último que entra é o primeiro que sai ou FIFO (FirstInFirstOut) o primeiro que entra é o primeiro que sai. No caso do GPCP-1, foi fixada a regra LVF (menor valor primeiro), isto quer dizer que, no exemplo sugerido, o posto de trabalho processaria primeiro a peseira (prioridade 1) e depois as cabeceiras (prioridade 2).

Ainda considerando o setor de máquinas optou-se em fabricação por lotes; isto significa que o posto de trabalho atual só liberará peças para o próximo posto de trabalho, assim que o lote das mesmas esteja completamente processado. Optou-se por fabricação em lotes por ser uma prática comum em muitas empresas, além de se poder explorar a habilidade do jogador em questões relacionadas a esse assunto (ver capítulo 3, itens 3.3.1 e 3.9). Considere o seguinte exemplo : se o jogador opta por um lote de peças à processar muito pequeno (figura 23), ocorrerá gasto exagerado de tempos para setup das máquinas, isto é, preparação das mesmas para o próximo tipo de peça à processar.

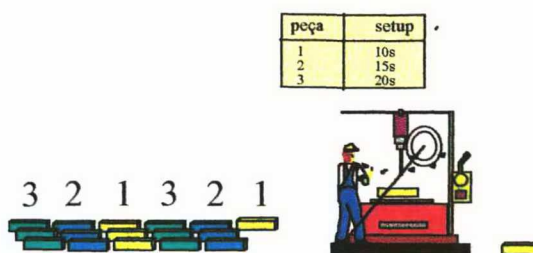


Figura 23 : Conseqüência de lotes muito pequenos

Porém, se o jogador escolhe por tamanho de lotes muito grandes, provocará gargalos e ociosidade no sistema (figura 24) e poderá ocorrer que determinados tipos de peças, cuja prioridade tenha sido baixa, não cheguem à ser produzidas ou fiquem em algum setor, quando expirado o tempo de simulação. A nível de programação no ARENA, foi criada uma lógica de controle onde enquanto peças do mesmo tipo estiverem saindo do recurso (máquina, operador) ele não permite que elas sejam encaminhadas para próxima etapa, porém se a próxima peça à sair do recurso for diferente da anterior, aí o lote concluído é liberado. (mais detalhes, no item 4.6.3 – 3)

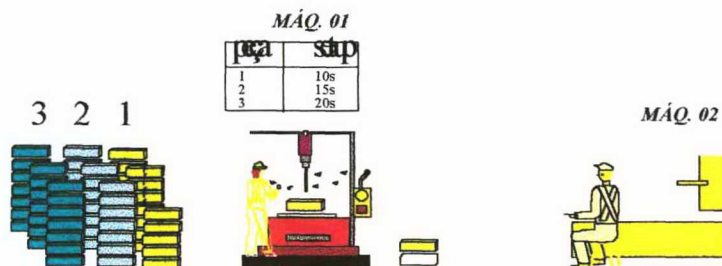


Figura 24 : Conseqüência de lotes grandes demais

4.6.2.3 Setor de Submontagem

Neste setor, a preocupação, à nível de ARENA, foi : permitir polivalência dos recursos (operadores). Ele é caracterizado pela presença de 3 (três) recursos (operadores) cuja função é a montagem de estrados e laterais das camas ST e LX. Caso seja emitida uma ordem de submontagem de um estrado com uma respectiva prioridade, o posto de submontagem só poderá trabalhar se, no depósito, as quantidades de peças (9 sarrafos e

4 travessas de sarrafos, figura 20) forem suficientes para tal processamento. A regra de prioridade é a mesma estipulada para o setor de fabricação, isto é, LVF (o menor valor primeiro). A figura 25 ilustra o setor.

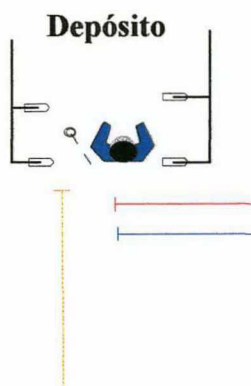


Figura 25 : Composição do Setor de Submontagem

Novamente salienta-se que para cada recurso existe uma janela de programação, ativada pelo mouse, onde são atribuídos parâmetros (capítulo 2, item 2.2.4.1). Por isso, representa-se apenas um operador, mas a quantidade de recursos depende do parâmetro “capacidade” atribuído pelo animador, que no jogo foi fixada em 3 operadores. As linhas pretas são os caminhos percorridos pelas peças (depósito – operadores ou operadores – depósito). A linha laranja representa a fila de entrada das peças necessárias para a montagem de estrado (9 sarrafos e 4 travessas de sarrafos) ou lateral da cama (1 montante lateral e 1 travessa lateral), a linha vermelha representa a fila das ordens de submontagem de estrados e a azul representa a fila das ordens de submontagem de laterais. Neste setor optou-se em permitir que os três operadores fossem aptos a processar tanto estrado quanto lateral (polivalência), isto significa que, não havendo material no depósito para processar lateral, os três recursos devem trabalhar para tal. No próximo setor, será comentada a situação contrária a esta, isto é, a ausência de polivalência e sua consequência.

4.6.2.4 Setor de Montagem

Caracterizado pela proibição de polivalência. O setor de montagem possui dois recursos (operadores). Um deles é especializado apenas em montar kits de cama ST e o

outro em kits LX. Por isso, caso não existam peças para montar kit ST ou LX, o recurso (operador), responsável pela montagem, não trabalhará e isso repercutirá nas informações de desempenho do período. Uma taxa de ocupação baixa de um recurso pode significar muitas coisas, como por exemplo: gargalos, mau planejamento da produção (desde a previsão de demanda até a emissão de ordens) ou mesmo política, estratégia da empresa em fabricar o produto que ela estima render mais e, assim, assumir a ociosidade do setor. A figura 26 ilustra este setor.

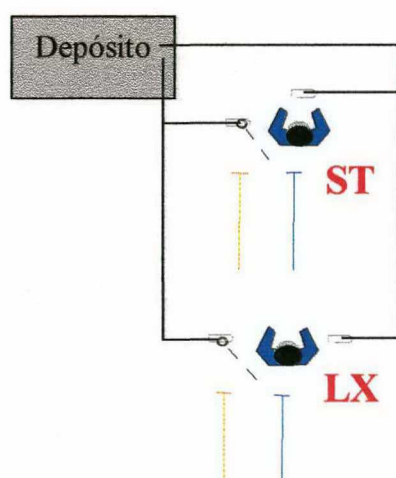


Figura 26: Composição do Setor de Montagem

Neste caso os dois recursos (operadores) devem aparecer pois executam tarefas diferentes. Porém se caso o animador decidir optar em projetar dupla capacidade, o desenho permanecerá o mesmo, mas as capacidades e, conseqüentemente, o processamento dobrarão. As linhas pretas representam o trajeto das peças (depósito – operador e operador – depósito), as linhas laranjas são as filas onde peças aguardarão para serem processadas e as linhas azuis representam a fila das ordens. Não existindo ordem, por mais que existam peças, o recurso (operador) não as processará. Este é outro detalhe fácil de se identificar através da simulação com recurso visual. O jogador poderá descobrir uma possível falha em sua programação, caso note, visualmente, que existem peças no depósito para serem processadas, mas não existem ordens emitidas para que o recurso trabalhe. Isso implicará em altos estoques, baixa taxa de ocupação de recursos (ociosidade) e perda de produção com conseqüente perda de mercado.

4.6.2.5 Setor de Depósito (Almoxarifado)

A nível de programação no ARENA, o Almoxarifado ou depósito nada mais é que um agrupamento de filas para onde todos os recursos (operadores ou máquinas) enviam peças ou lotes processadas. Também aqui, o recurso visual permite ao jogador, avaliar suas decisões e as possíveis perturbações, passíveis de acontecer mediante interferência do animador, tais como : quebra de máquina (desabilitar um recurso), falta de funcionário (reduzir a capacidade de um operador), parada de um recurso para manutenção (os recursos no ARENA permitem “schedules”, isto é, tempos de paradas programadas), etc. A figura 27, mostra o Depósito ou Almoxarifado.

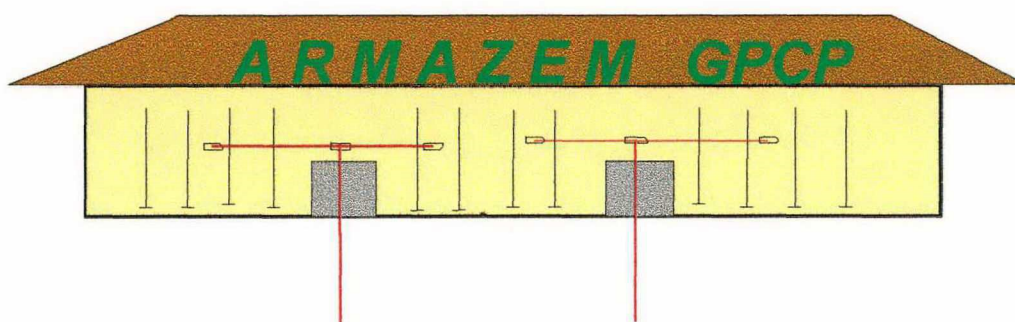


Figura 27 : Depósito ou Almoxarifado

As linhas pretas são as filas de peças prontas ou lotes prontos. São num total de 12 : montante lateral, travessa lateral, sarrafos, travessa sarrafo, lote com 9 sarrafos, lote com 4 sarrafos, peseira, cabeceira, estrada, lateral, kit ST e kit LX (figuras 19 e 20). As linhas vermelhas são os caminhos percorridos pelas peças ou lote de peças. Esses caminhos se resumem entre almoxarifado e fábrica.

4.6.2.6 Setor de Vendas (Mercado)

Este módulo foi implementado através da utilização de cinco blocos objetos cujas funções são :

- Absorver uma certa quantia de produtos acabados (tanto como ST quanto LX), através de uma distribuição normal, triangular, exponencial, etc, de acordo com a estratégia do animador;
- Atribuir um preço para cada kit (ST ou LX) de produto

Como já comentado no item 4.5 (dinâmica do jogo) , a decisão sobre a quantidade de produtos à ser vendida, bem como o preço praticado, não são decisões efetuadas pelos jogadores, mas sim pelo sistema de simulação do jogo. A ilustração do módulo vendas é mostrada na figura 28.

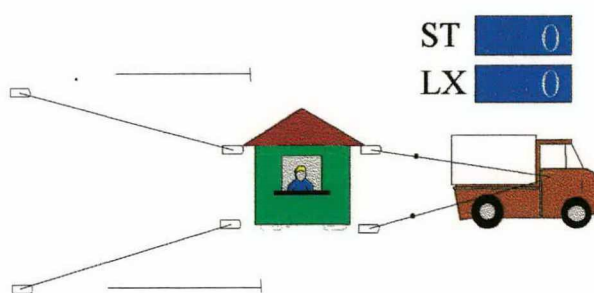


Figura 28 : Módulo Vendas (Mercado)

O mercado absorve uma certa quantidade de produtos no final de cada período (rodada) com um certo preço, através de uma função matemática (distribuição estatística) modelada pelo animador, diretamente no ARENA. Desta forma o preço e a quantidade vendida são aproximadamente iguais para todas as equipes (varia com a disponibilidade de produtos de cada empresa, pois a venda máxima é igual a todos os produtos acabados em estoque no final do período). Equiparando-se as vendas, o fator que determinará o melhor desempenho dentro do jogo será o planejamento e controle da produção.

Após uma visão das partes , pode-se agrupá-las para formar o modelo completo. A figura 29 ilustra todos os setores integrados e a figura 30 mostra a parte animada do modelo idealizado no ambiente ARENA.

ENTRADAS

<input type="text" value="0"/> ordem submont lateral	<input type="text" value="0"/> ordem ml
<input type="text" value="0"/> ordem submont estrado	<input type="text" value="0"/> ordem tml
<input type="text" value="0"/> ordem mont ST	<input type="text" value="0"/> ordem sf
<input type="text" value="0"/> ordem mont LX	<input type="text" value="0"/> ordem tsf
	<input type="text" value="0"/> ordem pes
	<input type="text" value="0"/> ordem cab

RESULTADOS PARCIAIS

SUBMONTAGEM peças q entraram na submontagem	MONTAGEM peças q entraram na montagem
<input type="text" value="0"/> ml	<input type="text" value="0"/> laterais
<input type="text" value="0"/> tml	<input type="text" value="0"/> estrados
<input type="text" value="0"/> sf	<input type="text" value="0"/> peseiras
<input type="text" value="0"/> tsf	<input type="text" value="0"/> cabeceras

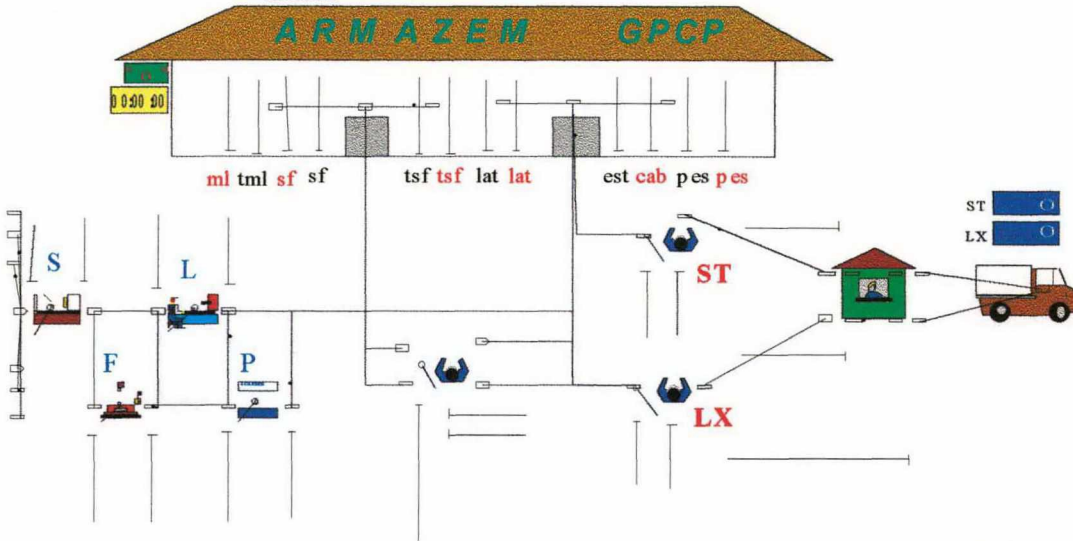


Figura 29 : Integração entre todos os setores envolvidos no modelo GPCP-1

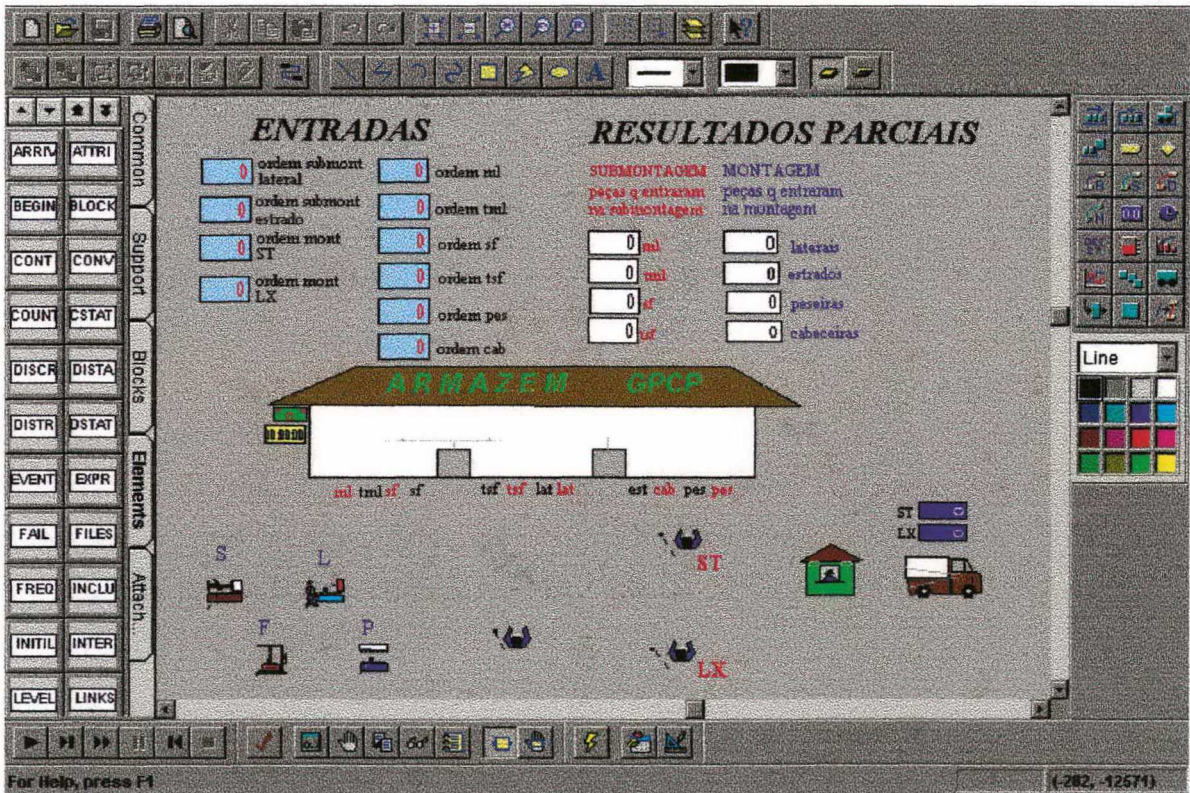


Figura 30 : Partes animada do modelo GPCP-1 no ambiente ARENA

Pela figura 30 é possível fornecer uma visão geral sobre o ambiente ARENA, mostrando alguns de seus recursos.

As opções na parte superior da tela do ARENA são muito semelhantes ao ambiente windows, possuindo barras de ferramentas para animação, desenho, vistas, funções de clipboard (copy, paste, cut), opções de arquivo (novo, abrir, salvar, imprimir). Na parte lateral esquerda, existem os blocos objetos (templates do SIMAN e ARENA) à serem capturados pelo mouse e posicionados na área de trabalho (onde constrói-se o modelo). A área de modelagem (model window) compreende uma região de 64K unidades na horizontal por 64K unidades de altura, possuindo recursos de zoom, rolagem de tela. No lado direito da tela, existem opções para animação tais como: filas, rotas, contadores, transportadores, gráficos, etc, além do painel de cores, onde podem ser alteradas as cores da área de trabalho, das animações e escritas. Na parte inferior da tela, encontram-se: a barra de ferramenta de execução do programa com opções de início de simulação, simulação passo a passo, simulação sem animação, com pausa, reinício e término. Existem também opções de “checagem” antes da execução e teclas de apuração detalhada do programa.

4.6.3 CODIFICAÇÃO DO MODELO

Esta etapa de codificação do modelo de simulação representa a formulação do modelo conceitual desenvolvido nos itens anteriores em uma linguagem de simulação chamada ARENA, assim como SIMAN.

A fim de tornar este tópico do capítulo inteligível ao leitor, pretende-se balizar o assunto de forma geral e não a nível de linguagem de programação. A intenção não é ensinar simulação mas sim, contextualizar e propor ao leitor, interessado nesse assunto, maneiras de poder conduzir um futuro trabalho na área.

O primeiro conceito a formalizar, apesar de seu próprio nome intuir sua definição é o “*Modelo*”. Ele é uma representação abstrata com o objetivo de descrever o comportamento de um sistema em estudo. Um modelo pode conter, basicamente, quatro componentes que são: *entidades, recursos, lógicas de controle e estatísticas*.

As entidades representam um objeto que necessita uma clara e explícita definição. Elas podem ser :

- **dinâmicas** : objetos físicos tais como: partes ou produtos que se movem pela fábrica, clientes (pessoas na fila de um banco), pacientes, etc. No GPCP-1 existem 13 tipos.
- **entidades lógicas** : são entidades que não participam, necessariamente, do modelo animado. Por exemplo: ao ser criada uma entidade dinâmica, existe a possibilidade de duplicar tal entidade e fazer com que a réplica seja uma entidade lógica. A entidade original, percorre o sistema produtivo e é encarada como uma peça. Enquanto a réplica percorre outro caminho e, por determinados passos do programa por onde ela passa, sinais são enviados , para registro de : contagem de peças, controle de paradas, de requisições, de ordens, etc. No GPCP-1 são criadas entidades lógicas a cada produção de estrado, lateral, kit ST e kit LX. As entidades lógicas serviram para dar um sinal ao almoxarifado para liberação dessas partes para continuar o processamento das mesmas (no caso do estrado e da lateral) ou para liberar os produtos para o mercado (no caso dos kits).

Os *Recursos* são entidades que fornecem serviço às entidades dinâmicas. São componentes ou objetos permanentes de um sistema. Um recurso pode ter vários estados, mas os mais comuns são: ocupado e livre. Exemplos de recursos : máquinas , montadores , mesas, camas de hospital, esteiras, pontes rolantes, empilhadeiras, caixas de banco, garçons, guichês, etc. No GPCP-1 foram utilizados 41 recursos.

As *Lógicas de Controle* impõem condições para que algo aconteça ou, manipula o acontecimento. As lógicas típicas são para : ordens de saída, expedição, sequenciamento, montagem, movimentação, prioridades de fila, prioridades de recurso.

As *Estatísticas* são resultados ou estados dos recursos. As típicas são :

- de utilização de recursos : ocupado, ocioso, quebrado, etc;
- de tempo de espera : em filas, movimentação, montagem, submontagem, etc;
- de tempo de ciclo : em uma área ou em todo processo;
- de relação de produção : sobre um produto, comparação entre turnos, em áreas;
- de performance : em estoques, máquinas, etc;
- de quantidades produzidas em filas, rejeitadas, etc.

No modelo GPCP-1 todas podem ser utilizadas, mas as que mais interessam, pois serão os resultados que a etapa 1 (decisões) do jogo GPCP-1 precisa, são : quantidades estocadas e vendidas de cada peça fabricada, quantidades de peças nas filas e performance da cada posto de operação (item 4.6.1).

As principais lógicas elaboradas para modelar a fábrica do GPCP-1 foram:

1) Lógica para atribuição de tempos de setup (Ts)

Como existem vários tipos de peças, que deverão passar por vários tipos de máquinas, foi necessário criar uma lógica em cada recurso (máquina) que realizasse os seguintes passos: (figura 31)

- A entidade entra no recurso;
- Verifica-se se o tipo de peça (entidade) é igual a entidade antecessora a ela;
- Caso positivo, processa a peça e a libera;
- Caso negativo, identifica-se a entidade, atribui-se um tempo de setup, processa a entidade e a libera.

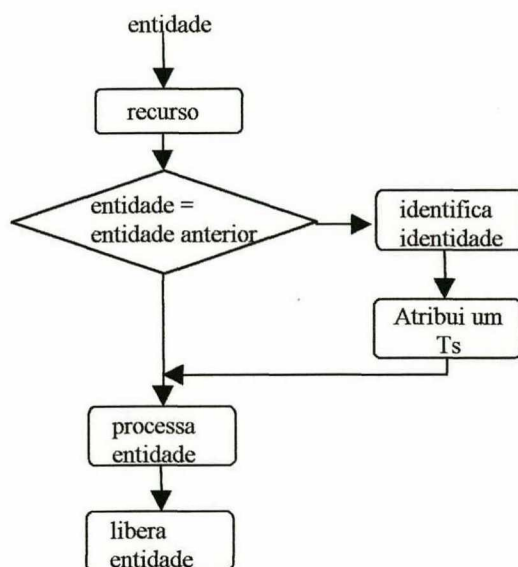


Figura 31 : lógica de setup

2) Lógica para atribuição de tempos de processamento (Tp)

Cada recurso (máquina ou operador) possui uma opção onde registra-se o tempo de processamento desejado (Tp). Porém, como diferentes tipos de entidades (peças) passarão pelos mesmos recursos (máquinas e operadores), foram criadas variáveis que atribuem um respectivo tempo para cada tipo de entidade. Assim, a entidade, ao entrar no sistema é “marcada” com um valor de processamento. Quando a entidade chegar no recurso, ele incorporará aquele valor de processamento carregado pela peça. (figura 32)

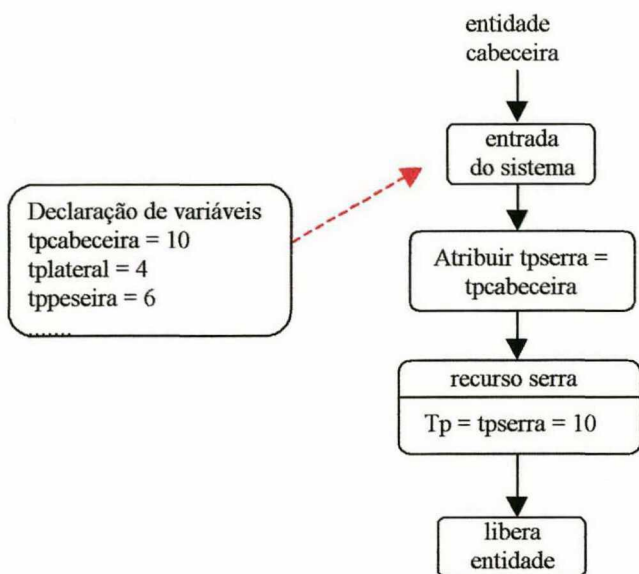


Figura 32 : lógica dos tempos de processamento

3) Lógica para liberação de peças por lote

No item 4.6.2.2 foi justificada a utilização deste tipo de produção no jogo. A nível de ARENA (utilizando também blocos do SIMAN), existe uma opção nos recursos onde pode-se realizar uma lógica chamada de externa. A figura 33 ilustra o caso e a lógica é comentada à seguir.

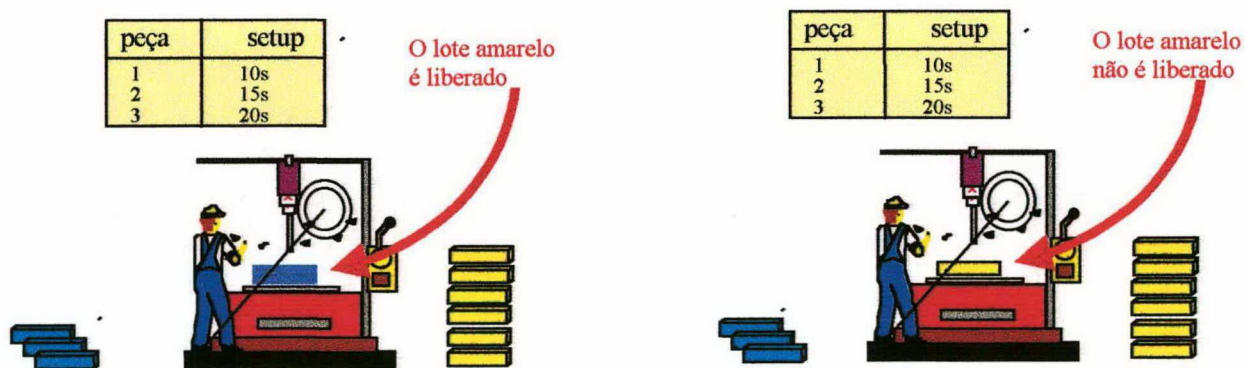


Figura 33 : ilustração de liberação de entidades por lotes

Quando a entidade sai do recurso, passa por uma lógica que verifica se ela é igual a sua antecessora (figura 34). Caso a entidade atual seja igual a antecessora, libera-se tal entidade para uma fila de saída mas não a libera para o próximo posto de trabalho.

Caso a entidade não seja igual a sua antecessora, então libera-se o lote já processado para o próximo posto de trabalho (no caso do GPCP-1 é o depósito) e envia-se a entidade para a fila de saída.

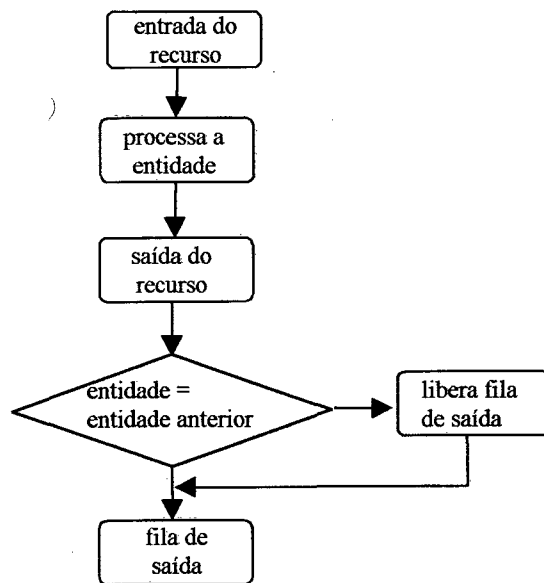


Figura 34 : lógica de liberação por lote

4) Lógica para o sequenciamento de entidades no modelo

Cada entidade do jogo GPCP-1 possui um roteiro de processamento (figura 21, item 4.6.2.1). No caso do sarrafo, por exemplo, ele deve passar pelos recursos : serra, lixa, depósito, submontagem, depósito, montagem e depósito novamente. No ARENA existe um bloco objeto específico para isso. Nesse bloco atribui-se um nome para a seqüência (exemplo: seq_sarrafo) e especifica-se os recursos por onde a entidade sarrafo deve passar. Quando uma ordem de fabricação de sarrafo entra no sistema, a seqüência atribuída a ela será obedecida. A figura 35 ilustra a explicação, com base na peça sarrafo:

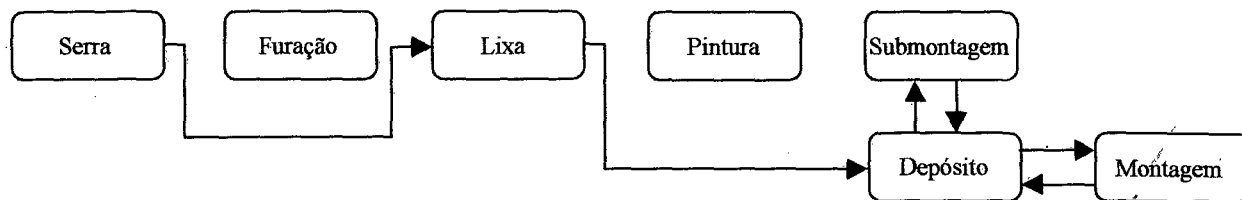


Figura 35 : sequenciamento da entidade sarrafo

5) Lógica para leitura e escrita de dados

O ARENA possui interface com o excel, por isso existem blocos objetos denominado “READ” e “WRITE” que, como o próprio nome sugere, lê ou escreve os dados em planilhas do excel, tanto em linha quanto em coluna.

No ARENA é necessário apenas informar em que momento se deseja coletar ou enviar os dados e qual a seqüência de valores lidos ou escritos. Exemplo : se ao ARENA é informado que ele lerá os dados A e B, então o dado da primeira linha (ou coluna) da planilha será considerado como a variável A, o dado da segunda linha (ou coluna) será considerado como a variável B e assim por diante. Para a escrita o procedimento é o mesmo.

6) Lógica para o setor de Submontagem

Neste setor ocorreu a necessidade de se implementar uma lógica que identificasse a prioridade das ordens de submontagem de estrado e lateral e, de acordo com a prioridade, fossem retiradas das fila, as peças (entidades) correspondentes àquela ordem prioritária. A lógica básica é ilustrada na seqüência pela figura 36.

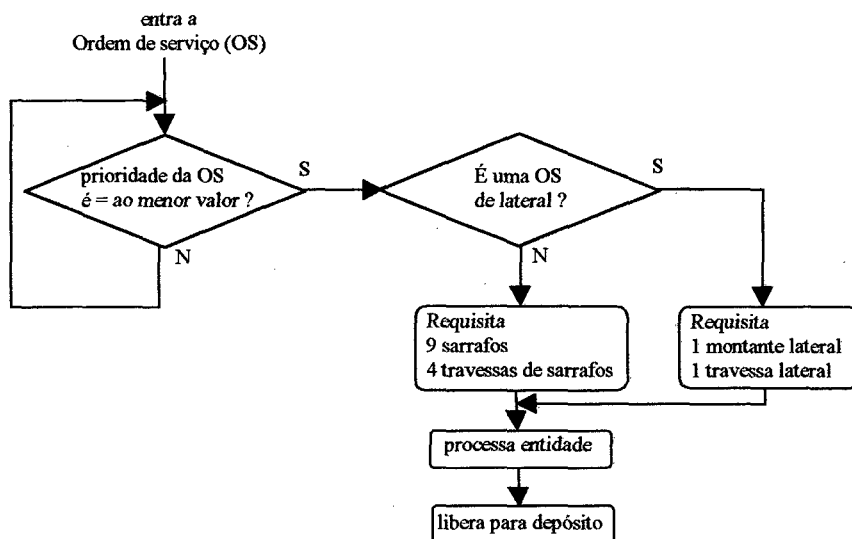


Figura 36 : lógica básica do setor de montagem

7) Lógica para o setor de Montagem

É semelhante a lógica da submontagem, o que as diferenciam são as entidades (peças) que nesse caso são:

Ordem de Montagem (OM) kit ST : requisitar 2 laterais, 1 estrado, 2 peseiras

Ordem de Montagem (OM) kit LX : requisitar 2 laterais, 1 estrado, 1 peseira e 1 cabeceira

4.6.4 VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

A fase de verificação do modelo, no ARENA, está bastante relacionada com a fase de Codificação, pois, durante o modelamento, já se pode realizar paralelamente a verificação e também a validação de partes do projeto e, gradualmente, essas partes vão sendo agrupadas e novamente verificadas e validadas. Essa é mais uma vantagem que o software proporciona; pois mediante graduais evoluções verificadas e validadas, o programador do modelo adquire confiança no que já fez e dedica-se com as etapas

seguintes. Dessa forma, a verificação e validação do modelo para o GPCP-1 começou desde o início das primeiras partes projetadas do modelo.

4.6.5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Foram simuladas algumas rodadas e o modelo apresentou resultados satisfatórios, isto é, dados foram lidos e escritos, a fábrica produziu, estocou e vendeu. Mas existe a necessidade de um número maior de experimentações pois, ainda persiste um problema nas etapas de leitura da rodada posterior a atual, pois o programa gera conflito entre dados dessas rodadas, principalmente com relação às entidades que permaneceram no sistema. Porém, a nova versão do ARENA soluciona a questão, pois ela possui interface com a linguagem de programação VISUAL BASIC (VB) que, através de rotinas nessa linguagem, o problema é eliminado

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho são direcionadas para questões de aprendizagem através de jogos simulados, em específico jogos de empresas, em maiores detalhes com relação ao protótipo apresentado.

O jogo não é um fim em si mesmo. É, antes de tudo, um dos meios para atingir objetivos maiores, e um instrumento riquíssimo nos programas de desenvolvimento. Serve como ponto de partida para a elaboração de conceitos e reformulação de atitudes. A partir do diagnóstico extraído pelo próprio jogador e após todas as facilidades e dificuldades vivenciadas, o processo de conscientização da necessidade de mudanças se estabelece entre participantes.

Ao participar da construção ou alteração de parâmetros em um modelo, o jogador se sente como parte ativa da situação e, responsável pelos acontecimentos. E, por outro lado, o administrador não tem necessidade de apresentar conceitos e informações sobre “como deve ser feito”. O próprio jogador constrói sua aprendizagem a partir da análise do desempenho, da auto-avaliação e do feedback entre os jogadores. Assim, o compromisso com resultados e com mudanças é estabelecido naturalmente.

A simulação computacional integrada com jogos de empresas garante ao jogador que o modelo simulado existe e pode ser analisado visualmente. No caso de uma

indústria, as máquinas operam, quebram, param para manutenção, as peças seguem seus roteiros, os estoques sofrem alterações, formam-se filas de peças nas máquinas indicando ocupação exagerada das mesmas ou mau planejamento produtivo, o mercado reage mediante o preço do produto, etc.

Assim como existe a preocupação em tornar os jogos mais próximos o possível da realidade (não esquecendo das limitações necessárias para que o jogo se mantenha em um nível acessível), com aplicações sofisticadas de técnicas, cabe a provável nova geração de jogos de empresas, propiciar ao jogador conhecer, ver através da tela do computador, a empresa em que ele está inserido, agir diretamente, através da linguagem de programação orientada à objeto, com os sistemas, máquinas, operários, etc.

Mesmo diante de muitas vantagens com o emprego de jogos de empresa (capítulo 2) a sua utilização de forma sistêmica, ainda é muito incipiente em Universidades e programas de treinamento, devido a dois fatores principais: o desconhecimento desta técnica de ensino pela grande maioria dos educadores ligados à área, e do paradigma existente na educação com relação a busca de novas formas de transmitir conhecimento, que não seja, exclusivamente, a tradicional aula expositiva. A divulgação de jogos através de pesquisas, de publicações e principalmente aplicações, propicia a difusão desta ferramenta, não como substituta, mas sim complementar, no processo ensino-aprendizagem.

Analisando os sistemas de manufatura, foco de pesquisa na implementação desta proposta, observa-se que são ambientes extremamente complexos, fazendo com que o treinamento apropriado ao seu gerenciamento torne-se mais difícil a cada dia.

Este estudo propôs o protótipo de um jogo de empresas, considerando a seguinte expectativa: obter uma ferramenta para auxiliar o aprendizado de questões envolvidas no planejamento e controle da produção (PCP), onde são representadas algumas das variáveis que afetam o desempenho de um sistema produtivo, de forma a mostrar uma simplificação, mas não uma fragmentação na interdependência destas. Na maioria das vezes

estas variáveis são estudadas de forma isolada e estática, como por exemplo em um estudo de caso.

O aprendizado de questões ligadas ao PCP através do protótipo do jogo GPCP-1 é garantido devido as atividades que o jogo impõe aos participantes. Seguindo a especificação funcional do sistema, o jogador inicia suas atividades no jogo elaborando uma previsão de demanda, passando então à elaborar um plano mestre de produção para os próximos doze períodos. Para que este plano se concretize, é realizada a programação da produção, através da administração de estoques, da elaboração, sequenciamento e emissão de ordens. Estas atividades representam de maneira simples, porém objetiva, as tarefas desenvolvidas na realidade industrial, onde para se produzir algo são necessárias algumas respostas a : o que, quando, quanto, onde e como produzir. Realizadas as tarefas de decisão, necessário se torna operacionalizá-las da maneira mais real possível, possibilitando fácil entendimento ao jogador das dificuldades encontradas pelo sistema em realizar o planejado. O GPCP-1 possibilita ao jogador vivenciar a fábrica e o mercado como se ele fosse um funcionário da mesma que, de acordo com os resultados atualizados período a período, sente a necessidade de “visitar” a fábrica durante o seu funcionamento, tentando detectar falhas no processo, e elaborar possíveis soluções para minimizá-las. Outro fato importante é também explorado no jogo, são as consequências financeiras sumarizadas em relatórios para futura análise, isto é, o jogador toma decisões que geram custos que devem ser bem controlados para que a empresa mantenha-se competitiva.

Jogos de empresas simulados propiciam aprendizagem com maior participação e aproveitamento. Diante disso, revela-se uma oportunidade de se repensar nos modelos educacionais conservadores, introduzindo técnicas modernas como a proposta desse trabalho, capazes de proporcionar um envolvimento mais intenso e abrangente à grande maioria dos participantes, sejam eles funcionários de uma empresa, alunos ou professores de uma instituição.

5.2 RECOMENDAÇÕES

A partir da proposta de implementação do protótipo GPCP-1 (jogo do planejamento e controle da produção), muitas são as possibilidades de aperfeiçoamento deste instrumento para a simulação de estratégias empresariais. A seguir algumas sugestões de melhorias.

Criação no jogo, de uma alternativa de produção puxada, enfocando conceitos da filosofia Just in Time (JIT), proporcionando comparação entre sistemas convencionais (produção empurrada), que é o caso dessa primeira versão do jogo GPCP-1, e sistemas mais sofisticados.

Inclusão de sistemas de apoio para tomada de decisões, tais como a inclusão de gráficos de Gant e redes PERT CPM.

Incrementar maior complexidade abordando aspectos de longo prazo tais como alteração em imobilizados e lay out.

Permitir ao usuário maiores possibilidades de intervenção nos parâmetros referentes à simulação. Tais como: acesso para alterações em setups e capacidades de máquinas, tempos de processamento, variação em tamanhos de lotes etc.

Incluir mais de um fornecedor, criando a opção de entregas diferenciadas, em relação a preços e prazos. Com isto os jogadores têm a possibilidade de avaliar melhor a influência do fornecimento de matérias primas no planejamento e controle da produção, bem como os custos envolvidos.

Criar um banco de dados, como sistema de apoio a decisão, dentro do próprio jogo, com informações sobre decisões e resultados obtidos em cada rodada do jogo, proporcionando assim, condições de um melhor gerenciamento das atividades desenvolvidas. Esta atividade, no modelo proposto, pode ser desenvolvida de maneira manual.

Desenvolver, no módulo vendas, a possibilidade de compra através de encomendas. Este fato traria ao PCP uma nova situação, pois a produção atenderia os pedidos já confirmados e as vendas futuras (previsão de demanda), aproximando-se mais ainda o jogo da realidade vivida pela maioria das empresas.

Expandir a aplicação do jogo através da sua implementação via internet.

Implementar a IHC (interface homem computador) do protótipo em uma linguagem de programação, tipo Visual Basic, afim de facilitar o desenvolvimento das sugestões acima e outras mais.

6 – ANEXO 01

APRESENTAÇÃO DE ALGUMAS TELAS DA PRIMEIRA ETAPA (ETAPA DE DECISÕES) DO PROTÓTIPO GPCP-1



Tela de apresentação do GPCP-1, com menu (inferior) das partes constituintes do jogo

Arquivo Tela Formatar Ferramentas

GPCP-1

EMIÇÃO E SEQUENCIAMENTO DE ORDENS

Período Atual

ORDENS DE FABRICAÇÃO

ORDEM	Quantidade	Prioridade
Cabeceira	200	3
Peseta	150	2
Montante Lat.	240	4
Travessa Lat.	170	1
Travessa Est.	400	5
Sarrafo	600	6

ORDENS DE SUBMONTAGEM

	Quantidade	Prioridade
Lateral	255	1
Estrada	0	2

ORDENS DE MONTAGEM

	Quantidade	Prioridade
Cama ST	60	2
Cama LX	80	1

GPCP-1 DEMANDAS PMP MP MPP ORDENS FORNECEDOR VENDAS DELATORIO INFORMACAO

Tela para emissão de ordens de fabricação, submontagem e montagem, com respectivas prioridades

Arquivo Tela Formatar Ferramentas

GPCP-1

RELATÓRIO DE PRODUÇÃO

Período AJUDA

SETOR	Tx. Ocup. (%)	Hs Trabalhadas
Corte	90,00	36,00
Lixa	100,00	40,00
Furação	73,00	29,20
Pintura	100,00	40,00
Sub-Montagem	67,00	26,80
Montagem	78,00	31,20

PRODUTO	Produção	Estoque Final	Est. Médio
Cama SI	94	60	52
Cama L Y	85	45	44

COMPONENTES	Produção	Estoque Final	Est. Médio
Cabecelira	140	80	68
Peseira	230	110	94
Montante Lat.	320	220	212
Travessa Lat.	380	240	242
Sarrafo	960	1180	1350
Travessa Est.	750	830	870
Lateral Cama	240	165	180
Estrado	180	190	170

GPCP-1 / DEMANDA / EMP / MP / MRP / ODEMS / FORNECEDOR / VENDAS / RELATÓRIOS / INFORMAÇÕES

Tela contendo informações vindas da fábrica, tais como : taxa de ocupação de máquinas, produção, estoques/filas médias, etc

Arquivo Tela Formatar Ferramentas

GPCP-1

RELATÓRIO FINANCEIRO

Período

RECEITAS (UM)		CUSTOS (UM)	
PRODUTO	VENDAS		ESTOCAGEM
Cama ST	9.350,00	Cama ST	156,00
Cama LX	11.000,00	Cama LX	176,00
TOTAL	20.350,00	Madeira	817,95
		Lateral Cama	54,00
		Travessa Lateral	72,60
		Montante Lateral	42,40
		Estrado	85,00
		Travessa estrado	87,00
		Sarrafo Estrado	135,00
		Cabeceira	27,20
		Peseira	37,60
		TOTAL	1.690,75
			MP
			3.829,00
			8,95
			443,75
			143,20
			TOTAL 4.424,90
			MÁQUINAS 812,90
			FIXO 6.000,00
			TOTAL 12.928,45
LUCRO (UM)			
NO PERÍODO	7.421,55		
ACUMULADO	20.000,00		
		<input type="button" value="ÍNDICE"/>	<input type="button" value="ANTERIOR"/>

GPCP-1 / DEMANDA / PNF / MP / MFD / ORDENS / FORNECEDOR / VENDAS / RELATÓRIOS / INFORMAÇÕES

Tela de informações financeiras

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. et al.. Jogos de Empresa: uma Investigação sobre o Trabalho em Grupo. Decidir, setembro de 1996.

BANKS, Jerry e CARSON, John S., II, “Discrete – Event System Simulation”, 1994.

CHIAVENATO, Idalberto. Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção. São Paulo: McGrawHill do Brasil, 1990.

ELGOOD, Chris. Manual de Jogos de Treinamento. São Paulo: SIAMAR, 1987.

FIGUEIREDO, Reginaldo Santana, et al.. Simulação de uma Fábrica para Introdução da Questão da Programação da Produção por Meio de Jogos de Empresa. XVI Congresso Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). UNIMEP. Piracicaba, 1996.

GIANESI, Irineu G. N., CORRÊA, Henrique Luiz. Administração Estratégica de Produção. São Paulo: Atlas, 1993.

GRAMIGNA, Maria Rita Miranda. Jogos de Empresa. São Paulo: Makron Books, 1993.

HUIZINGA, Johan . Homo Ludens. São Paulo: Editora Perspectiva, 1971.

KOPITTKE, Bruno H.. Jogos de Empresas: Novos Desenvolvimentos. Universidade Federal de Santa Catarina - documento interno, 1992.

KOPITTKE, Bruno Hartmut. Simulação Empresarial: Faça o Seu Jogo. Florianópolis 1989. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina.

LITTO, Frederic M. O Novo Paradigma da Educação e as Novas Tecnologias em Comunicação. Palestra proferida na Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 05 de abril de 1995.

LOPES, Maurício Capobianco, et al.. Avaliação de Desempenho em Jogos de Empresas. XVI Congresso Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). UNIMEP. Piracicaba, 1996.

MARTINELLI, Dante P.. A Utilização de Jogos de Empresas no Ensino de Administração. São Paulo 1987. Dissertação de Mestrado, FEA - USP.

MENDES, Maria de Lourdes de Melo Salmito. O modelo GS-RH: uma Integração de Jogos de Empresas para Treinamento e Desenvolvimento Gerencial. Florianópolis 1997. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina.

MONTEIRO, Regina F.. Jogos Dramáticos. São Paulo: McGrawHill do Brasil, 1979.

NORMAN, Van B., "Future Directions In Manufacturing Simulation", *Industrial Engineering*, páginas 36 e 37, Julho de 1992

NUNES, Valnei B. GEBAN (Gerência de banco comercial): uma Aplicação dos Jogos de Empresas à Atividade Bancária. Florianópolis 1991. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina.

PAPADOPOULOS, H.T., "Queueing Theory in Manufacturing Systems Analysis and Design", Editora Chapman & Hall, Capítulo 6, 1994.

PEDGEN, C. Dennis, "Introduction to Simulation Using SIMAN", 1990

ROCHA, Luiz Augusto de Giordano. Jogos de Empresas: Desenvolvimento de um Modelo para Aplicação no Ensino de Custos Industriais. Florianópolis 1997. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina.

ROSATELLI, Marta Costa, et al.. Ensino de PCP à Distância. XVI Congresso Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). UNIMEP. Piracicaba, 1996.

SAUAIA, Antônio Carlos Aidar. Jogos de Empresas: Tecnologia e Aplicação. São Paulo, 1989. Dissertação de Mestrado, FEA-USP.

SOUZA, Tatiana Paula dos Santos. Vivências Grupais na Aplicação do Jogo de Empresas LÍDER: Ação e Simulação no Processo de Aprendizagem Vivencial. Florianópolis 1997. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina.

Systems Modeling Corporation, "The SIMAN Reference Guide", Copyright 1989.

TUBINO, Dálvio Ferrari. Manual de Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: Atlas, 1997.

WILHELM, Pedro P. H. & KOPITTKKE, Bruno H. Microinformática no Treinamento Gerencial à Distância. XIII Congresso Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), UFSC. Florianópolis, 1993.

WILHELM, Pedro P. H.. Uma nova Perspectiva de Aproveitamento e Uso de Jogos de Empresas. Florianópolis 1997. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina.

WILNER, Adriana. Jogo Simula Gerenciamento de Empresas. Folha de São Paulo, 02 de agosto de 1992.

ZACCARELLI, Sérgio Baptista. Programação e Controle da Produção. São Paulo: Pioneira, 1987.

ZOLL, Allen A. Dynamic Management Education, 1969.