

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA-UFSC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**SIMULAÇÃO INDUSTRIAL: UMA AVALIAÇÃO DE SUA  
UTILIZAÇÃO NO SUDESTE E SUL DO BRASIL**

**Harro Stamm**

**Dissertação em Engenharia de Produção**



0.290.882-1

UFSC-BU



**Florianópolis, Fevereiro de 1998**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

**SIMULAÇÃO INDUSTRIAL: UMA AVALIAÇÃO DE SUA  
UTILIZAÇÃO NO SUDESTE E SUL DO BRASIL**

**Harro Stamm**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de  
**Mestre em Engenharia de Produção,**  
e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção.



---

Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



---

Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr. Ing.  
Orientador



---

Prof. Dálvio Ferrari Tubino, Dr. Eng. Prod.



---

Prof. Gregorio Varvakis Rados, PhD.

Florianópolis, 27 de fevereiro de 1998

## **DEDICATÓRIA**

**A Regina, fiel e paciente companheira,  
por sua compreensão e apoio.**

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Paulo J. de Freitas Filho pelo apoio continuado, orientações sábias e práticas, e inesgotável paciência durante estes anos de trabalho em conjunto;

Aos professores da banca examinadora por haverem aceito a incumbência, por seu interesse e dedicação na tarefa de avaliar o conteúdo do texto e oferecer suas valiosas contribuições;

Aos professores do curso que não pouparam esforços de seu deslocamentos para nos proporcionar a oportunidade ímpar de atualizar e expandir nosso conhecimentos, promovendo assim renovada sede de saber e apreender;

A todos colegas de mestrado pelo sadio convívio e apoio generoso, e entre estes, especial agradecimento aos professores Jerzy, Barbosa, Ascânio e Mafra pelo auxílio inestimável na distribuição de questionários e com menção especial ao professor Mafra, por seus esforços para organizar este curso pioneiro à distância em Joinville, e pelas importantes contribuições à minuta inicial deste trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, por me proporcionar esta oportunidade em minha idade madura.

## SUMÁRIO

<b>Folha de Aprovação .....</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatória .....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Sumário .....</b>	<b>iv</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Anexos .....</b>	<b>x</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 A Era da Globalização .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Caracterização e Importância do Problema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Objetivos da Pesquisa .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>5</b>
<b>2 - A PRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 A Inventividade Humana .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Produção.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Teoria da Produção .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Administração da Produção .....</b>	<b>8</b>
<b>2.5 Antecedentes da Revolução Industrial .....</b>	<b>8</b>
<b>2.6 A Revolução Industrial: Visão Panorâmica .....</b>	<b>9</b>
<b>2.7 A Revolução Industrial na Grã-Bretanha .....</b>	<b>11</b>
<b>2.8 A Fábrica como Unidade de Produção .....</b>	<b>12</b>
<b>2.9 A Revolução Industrial na Europa no Século 19 .....</b>	<b>12</b>
<b>2.10 A 2ª Revolução Industrial: 1970 a 1914 .....</b>	<b>13</b>
<b>2.11 A Revolução Industrial no Mundo: 1850 a 1929 .....</b>	<b>14</b>
<b>2.12 A Organização do Trabalho na Era Industrial .....</b>	<b>15</b>
<b>2.13 A Produção em Massa .....</b>	<b>16</b>
<b>2.14 A Linha de Montagem .....</b>	<b>17</b>
<b>2.15 Mecanização Intensa e Automação .....</b>	<b>18</b>
<b>2.16 Proposta Estrutural Futura .....</b>	<b>19</b>
<b>2.17 A Linha de Montagem do Futuro? .....</b>	<b>19</b>
<b>2.18 Manufatura Ágil .....</b>	<b>21</b>
<b>2.19 Uma Situação: A Indústria no Litoral Catarinense .....</b>	<b>22</b>
<b>2.20 A Era Global e Simulação .....</b>	<b>23</b>



**SUMÁRIO (Fim)**

<b>5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1 Limitações da Pesquisa.....</b>	<b>53</b>
<b>5.2 Principais Resultados-Difusores.....</b>	<b>54</b>
<b>- Empresas.....</b>	<b>56</b>
<b>- Micro-Agentes.....</b>	<b>58</b>
<b>5.4 Entrevistas.....</b>	<b>59</b>
<b>5.4 Correlações.....</b>	<b>60</b>
<b>5.5 Recomendações.....</b>	<b>60</b>
<b>5.6 Sugestões.....</b>	<b>61</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>
<b>7 - ANEXOS .....</b>	<b>67</b>
<b>7.1 Anexo 1.....</b>	<b>67</b>
<b>7.2 Anexo 2.....</b>	<b>68</b>
<b>7.3 Anexo 3.....</b>	<b>69</b>
<b>7.4 Anexo 4.....</b>	<b>70</b>
<b>7.5 Anexo 5.....</b>	<b>71</b>
<b>7.6 Anexo 6.....</b>	<b>72</b>
<b>7.7 Anexo 7.....</b>	<b>73</b>
<b>7.8 Anexo 8.....</b>	<b>74</b>
<b>7.9 Anexo 9.....</b>	<b>75</b>

## RESUMO

### SIMULAÇÃO INDUSTRIAL: UMA AVALIAÇÃO DE SUA UTILIZAÇÃO NO SUDESTE E SUL DO BRASIL

Descreve-se uma sondagem de opinião junto a três setores econômicos do Sudeste e Sul do Brasil, para avaliar a real utilização de simulação industrial, relativo ao seu potencial. É apontada a importância da técnica para o sucesso das organizações no mercado globalizado. Narra-se a realização da pesquisa com questionários de uma só folha, em modelo específico para cada um dos grupos: *Difusores* incluindo agentes comerciais de programas de simulação em computador, professores e pesquisadores acadêmicos ligados ao tema; *Empresas* com mais de 20 colaboradores, usuárias e não-usuárias de simulação; e *Micro-Agentes* contendo profissionais autônomos, micro e pequenas organizações. Os resultados indicam baixa utilização e como corretivo sugerem aumentar a difusão junto aos interessados em potencial, oferecer programas mais amigáveis para reduzir custos, e consultorias eficazes para intensificar o emprego da técnica. É ressaltada a crescente importância dos micro-agentes econômicos e sugere-se seu desenvolvimento para difundir a simulação junto aos mesmos.

## **Abstract**

### **Industrial Simulation: An Appraisal of its Use in Southeastern and Southern Brazil**

This paper describes a probe on opinions conducted at three economic branches in Southeastern and Southern Brazil, to evaluate the utilization of industrial simulation in relation to its potential. The importance of this technique to deal with the requirements of the global market is highlighted. The poll was conducted through a single sheet questionnaire, in specific configurations targeted at each of the groups: *Diffusion Agents*, include the techno-commercial representatives for simulation programs, university teachers and researchers related to the subject; *Companies* with more than 20 employees; and *Small Business* are self employed professionals, micro and small organizations. The results show utilization below the potential and suggest more effective diffusion efforts, friendlier programmas to reduce purchasing and training costs, and effective consulting services to intensify the use of simulation. The growing importance of small business is highlighted, and efforts to increase their use of simulation are suggested.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 5.1</b>	<b>DIFUSORES: Uso Relativo ao Potencial</b>	<b>55</b>
<b>Fig. 5.2</b>	<b>DIFUSORES: Motivo da Sub-Utilização</b>	<b>55</b>
<b>Fig. 5.3</b>	<b>DIFUSORES: Solução para Melhoria</b>	<b>56</b>
<b>Fig. 5.4</b>	<b>EMPRESAS: Aplicações</b>	<b>56</b>
<b>Fig. 5.5</b>	<b>EMPRESAS: Tempo de Uso</b>	<b>57</b>
<b>Fig. 5.6</b>	<b>EMPRESAS: Custo/Benefício</b>	<b>57</b>
<b>Fig. 5.7</b>	<b>EMPRESAS: Motivos da Não-Utilização</b>	<b>58</b>
<b>Fig. 5.8</b>	<b>MICRO AGENTES: Uso, Conhecimento e Interesse</b>	<b>59</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1 - Questionário Difusores .....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 2 - Questionário Empresas .....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 3 - Questionário Micro-Agentes .....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo 4 - Cartão de Encaminhamento .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo 5 - Memo Questionários .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo 6 - Memo ENEGEP .....</b>	<b>72</b>
<b>Anexo 7 - Respostas: Difusores .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo 8 - Respostas: Empresas .....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo 9 - Respostas: Micro Agentes .....</b>	<b>75</b>

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 A Era Globalizada

Como consequência da disseminação da informática, a economia mundial está sendo globalizada, em ritmo que dificilmente pode ser avaliado por quem está participando, direta ou indiretamente desta transição. Esta explosão de mudanças foi denominada de Segunda Revolução Industrial por Isenberg (1995), ao descrever seus quatro elementos essenciais: a globalização; a desestruturação (“de-layering”) das corporações; o crescimento da utilização de computadores; e o surgimento da via de informações. Reunidos, estes quatro fatores representam as mais dramáticas mudanças jamais ocorridas no mundo dos negócios.

A tecnologia da informação é a força motora desta revolução, assim como o vapor o foi da Primeira Revolução, e agora tem como efeito a globalização da produção e dos mercados financeiros. O elemento informação mostrou sua influência na manufatura nos anos de 1980, com crescimento dramático da produtividade na indústria americana, como consequência do surgimento da informática nos anos 1970.

De maneira similar, os computadores estão invadindo a área burocrática e apoiando as tarefas de projetos e desenvolvimento de produtos e processos. A tecnologia de processamento eletrônico contribui significativamente, por exemplo, para a redução das funções de registro e recuperação manual de informações antes efetuadas por inúmeros auxiliares. O desenvolvimento das comunicações digitais aumenta a eficiência da administração, permitindo que os responsáveis realizem suas comunicações diretamente e com eficácia, sem filtros deturpadores. O enxugamento resultante reduz as barreiras de comunicações internas e externas, com o gradual desmonte das estruturas tornadas obsoletas. A participação efetiva dos colaboradores da empresa nas tarefas necessárias para satisfazer o mercado resulta em enobrecimento do trabalho, antes muito anônimo e com pouca ou nenhuma motivação.

Em 1993 os pesquisadores Eccles&Nolan publicaram sua visão de uma organização capaz de vencer neste ambiente. Ela contempla apenas dois níveis; O “supra-ordinado” compondo sua administração; e o corpo operacional amorfo formado por redes flexíveis de atuação “flutuando” sobre o conjunto de infra-estruturas estabelecido para os objetivos

estratégicos da organização. Os colaboradores são “operários do conhecimento” não hierarquizados que dispõem de todas as informações para executar o necessário, para satisfazer os desejos do mercado.

A globalização da oferta promoverá maior quantidade de produtos e serviços, bem como maior intensidade de mudanças nos mesmos. Estes benefícios ao consumidor serão exigência do mercado, sem aumentos de preços para o consumidor e de impactos na sociedade, sob todos os pontos de vista, mantidas ou ampliadas as atuais restrições de agressão ambiental. Satisfazer estas demandas representa um novo desafio aos produtores e distribuidores daqueles bens econômicos.

Do ponto de vista macroeconômico, o enxugamento das corporações para executar apenas suas funções estratégicas essenciais exigirá uma nova postura de responsabilidade por parte dos micro e pequenos agentes econômicos. A estes competirá executar as atividades não consideradas estratégicas pelas organizações de porte, produtoras dos bens de consumo final. E para tal, deverão adquirir capacitação gerencial e operacional adequada para alcançar eficiência e eficácia igual ou maior que as seus contratantes. Os primeiros passos desta intensificada terceirização já estão ocorrendo em algumas corporações multinacionais em nossa região, em paralelo com a meta de acentuada redução da quantidade de fornecedores.

Independente de algumas variantes, as perspectivas apontam para uma explosão da intensidade de trocas de modelos, tipos e características de produtos e serviços. Este cenário é totalmente favorável ao incremento de uso da técnica de simulação de processos de manufatura, de produção de serviços e estudos de transportes internos ou externos à empresa.

Por ser uma ferramenta muito sofisticada e eficiente, ainda em acentuado estado de desenvolvimento para ampliar sua eficácia e campo de aplicação, permite analisar operações e eventos futuros aleatórios sem necessidade de implantar as respectivas instalações ou condições projetadas.

Dentro deste quadro referencial, entendeu-se como importante, investigar a intensidade de uso desta tecnologia moderna, pelas empresas manufatureiras de nossa região, que representam significativa porção da indústria nacional, excluídas as montadoras de veículos.

## 1.2 Caracterização e Importância do Problema

A aparente sub-utilização de simulação em processos de produção pelas produtoras de bens e serviços na região nordeste de Santa Catarina, tanto por organizações de porte como pelos micro-agentes econômicos, é uma situação que pode ser muito prejudicial para seu desenvolvimento futuro.

Esta deficiência reduz a capacidade competitiva na atual era global, quando as mudanças de produtos e processos são muito mais intensas que antes, exigindo um amplo domínio de técnicas para avaliar as conseqüências das alterações exigidas pelo mercado.

Se confirmada, a solução desta deficiência é necessária para que as organizações regionais de todos os portes possam assumir e manter uma posição competitiva global, indispensável para sua sobrevivência futura.

Sem o emprego da simulação, as alterações de produto e/ou processo de produção só poderão ser avaliadas previamente com auxílio de projetos determinísticos que não tomam em consideração as variações probabilísticas de tempos de processamento e espera. Estas flutuações, porém, são inerentes a todo processo que não seja totalmente executado por equipamentos automáticos alimentados por fluxos

não interruptíveis de todos seus insumos, e garantidos contra quaisquer bloqueios nos deslocamentos de seus produtos. Assim mesmo estes ainda correm o risco de paradas por deficiência de equipamento, se estes não estiverem disponíveis com total redundância, situação justificada apenas em caso de elevados riscos de muitas vidas ou ameaças de grandes holocaustos.

As instalações normais estão muito expostas aos efeitos imprevisíveis de faltas de energia, de matéria prima, de materiais de processo, de pessoal, ou paradas para manutenção corretiva, entre outros.

Sendo a situação de automação total praticamente inexistente, exceto em caso muito específico e raro, a maioria dos processos, mesmo com elevado grau de mecanização ou de automação, não fica livre dos reflexos negativos das probabilidades, que podem ser devastadores quando acontece a acumulação de efeitos no mesmo sentido. Um projeto de instalações que não toma em consideração estas variações decorrentes de eventos com comportamento probabilístico, está muito exposto a expressivos desvios do desempenho previsto, provocando distúrbios severos entre os resultados programados e os realmente alcançados.

Em situação de competitividade extrema, que caracteriza a era globalizada, os efeitos destes desvios podem representar severa ameaça à capacidade de sobrevivência da organização, o que ressalta a importância do presente trabalho de pesquisa.

Na falta de recursos para considerar adequadamente as influências e os resultados acumulados de causas aleatórias, o projetista lança mão de fatores para imprevistos, derivados de “experiência passada”, com alto risco de erro, porque o futuro será muito diferente. Isto porque novos produtos e novos processos trazem continuamente novos desafios que dificultam as previsões de desvios entre o padrão esperado e alcançado.

Por outro lado, no passado os desenvolvimentos aconteciam com menor velocidade que no presente quando tudo é mais veloz, e mais ainda no futuro. Se até aqui era possível aprender com o tempo de uso, para definir as margens de segurança necessárias, porque novas instalações mantinham praticamente as mesmas características da anterior, e a experiência adquirida nas existentes podia ser transferida às novas. A vertiginosa velocidade de mudanças de hoje para frente certamente não permitirá a continuidade de tal prática.

A participação relativa do custo de instalações no custo total de produção tende a aumentar nas fábricas atuais e futuras, devido à tendência obrigatória a favor de substituição de trabalho manual, por ser intrinsecamente menos consistente em quantidade e na garantia de qualidade, dois atributos cada vez mais valorizados pelo mercado.

Por outro lado, as exigências de flexibilidade também são crescentes. A solução de compromisso resultante será uma combinação de custo mais alto, sendo portanto necessário eliminar ou reduzir ao mínimo, os erros de avaliação derivados da adoção de coeficientes ou fatores de segurança combinados com índices de desempenho determinísticos.

A única abordagem racional para este dilema é a utilização de simulação para projetos novos e de reformulação das instalações de processamento industrial e de transporte. Os modernos programas de processamento digital em computador pessoal trouxeram estes cálculos sofisticados também para a esfera de viabilidade de empresas e consultores de médio e pequeno porte.

Uma limitação para a ampla difusão da simulação de processos nas organizações médias e pequenas, provavelmente é a falta de informações necessárias para elaborar os modelos representativos das operações e realizar o processamento dos experimentos de simulação. Estas restrições tem que ser eliminadas ou, ao menos, reduzidas, não apenas com este objetivo específico, mas também porque estes dados são indispensáveis para custos,

orçamentos, programação de produção, enfim para um mínimo de técnicas necessárias para sobreviver no ambiente de concorrência global.

### **1.3 Objetivos da Pesquisa**

O presente trabalho pretende realizar uma investigação para avaliar o grau de utilização da simulação no Sudeste-Sul do Brasil, e se confirmada a subutilização, procura conhecer suas prováveis causas, e propor soluções ou caminhos para minorar os efeitos desta deficiência.

O cerne do presente trabalho é a elaboração, execução e análise dos resultados de uma sondagem de opinião referente ao uso da simulação em processos, conduzida junto aos diversos setores da economia em nossa área regional de interesses.

Acessoriamente, este estudo pretende contribuir para difundir a utilização da técnica por organizações de porte, e para reduzir a situação de despreparo daquelas de médio e pequeno porte, para que todas possam enfrentar a competição global e regional. competitiva.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

Por ser a ferramenta simulação de grande importância para as atividades produtivas, o próximo capítulo contém um breve relato da história moderna da produção e dos antecedentes da administração racional, e descreve a situação presente e sugere uma possível posição futura referente ao uso da simulação.

O Capítulo 3 é dedicado ao relato de antecedentes e situação presente da simulação, como instrumento de administração científica moderna, sugerindo que seu potencial de utilização em nossa região não é plenamente atingido, e por isto merecendo uma análise racional com auxílio de uma sondagem de opiniões.

O Capítulo 4 relata a metodologia a ser empregada na pesquisa sobre o uso de simulação e os resultados apurados.

No capítulo final apresentam-se as conclusões deste estudo pioneiro e recomendações para extensões futuras deste assunto de vital importância para as empresas produtoras de bens e serviços.

## 2 - A PRODUÇÃO

### 2.1 A Inventividade Humana

Benjamim Franklin definiu o homem como “animal que faz ferramentas”; se tivesse acrescentado “com previsão”, teria adequadamente descrito o *Homo faber*, o homem tecnólogo. Inventividade foi a condição indispensável para a sobrevivência da espécie humana. Sem plumas nem pelugem, sem carapaça ou escamas, o homem ancestral enfrentava os elementos nu; e sem ganchos ou garras, ou chifres para lutar com seus predadores, sem velocidade para fugir deles, e sem camuflagem para enganá-los ou a possibilidade de subir às árvores, como seu primo, o símio, ele era um fracasso físico desesperançado. O que ele desenvolveu para lidar com estas deficiências foi a capacidade de inventar. Ele possuía percepções sensoriais, embora serem menos agudas que as de muitas das criatura suas companheiras, e também imaginação e habilidade dactilar. Não somente improvisava como o símio usa um galho par se defender; mas ele via a necessidade de manter um porrete à mão para enfrentar uma ameaça futura. (Ritchie-Calder, 1976).

### 2.2 Produção

A denominação “produção” abrange tanto a atividade como o resultado coletivo do esforço organizado e dirigido primordialmente para satisfazer as necessidades de sobrevivência, tais como a obtenção de alimento, refugio para proteção, abrigo contra as intempéries, utensílios, ferramentas, armas de defesa e de caça. Depois, ao longo da evolução humana, e de maneira paulatina, as necessidades vitais básicas foram complementadas com, ou até substituídas por itens de locomoção, comunicação, conforto, e mais recentemente, diversão, descanso e recuperação de energias, ou outros menos nobres como requinte e ostentação.

Em geral, o sentido mais moderno e amplo de produção refere-se a bens e serviços não destinados a consumo ou usufruto próprio ou imediato, mas essencialmente aqueles a serem utilizados por outros ou em oportunidades futuras. A produção para uso futuro passou a ser viável a partir do momento em que o homem adquiriu capacidade para guardar e conservar os recursos produzidos.

A produção para outros agentes de sociedade, e as conseqüentes trocas de produtos passou a ser a regra dominante após a difusão da especialização do trabalho, sendo hoje muito rara a completa auto-suficiência por parte de indivíduos ou grupos significativos da sociedade moderna.

Antes, porém, de poder falar-se em produção, a humanidade evoluiu do emprego ocasional de suas habilidades para superar dificuldades na satisfação de suas necessidades básicas, para sua utilização sistemática, e a transferência desta tecnologia para as gerações futuras, com incorporação de novos desenvolvimentos apoiados em recursos de ferramentas e armas. Adentrando a era do artesanato, apareceram também os primeiros métodos para aumentar a produtividade, como a divisão do trabalho. A capacidade de produzir alimentos com os primórdios da agricultura e a domesticação de animais permitiu a fixação em núcleos sedentários, porque a sobrevivência não exigia mais as contínuas migrações.

### 2.3 Teoria da Produção

Do ponto de vista mais amplo, toda atividade que acrescenta valor a um bem econômico é definido como “produção”, de acordo com Ulmer(1965). Produtores são: o fabricante que *altera* a forma física ou química de materiais; o transportador que *entrega* bens ao consumo; o varejista que *estoca* bens para consumo posterior; o policial, o professor e o médico, que prestam *serviços diretos*; e outros agentes econômicos que atuam *indiretamente*, todos são “produtores” que contribuem para o fluxo de bens e serviços que possibilitam sua aquisição na forma, na oportunidade e no local exigido pelos consumidores.

A teoria da produção envolve os mais fundamentais princípios de economia, segundo Dorfman (1976). Representa o esforço para explicar os princípios pelos quais um empreendimento decide quanto vai ser produzido de cada bem econômico que vende, compondo seu “produto” ou “vendas”, e a quantidade de cada tipo de : trabalho, matéria-prima, capital (fixo e operacional), tecnologia, etc., que vai ser adquirido, constituindo seus “insumos”. Estes princípios regem o inter-relacionamento dos preços de artigos de consumo e os preços de fatores de produção e de suas respectivas quantidades.

As diversas decisões a serem tomadas por um empreendimento produtivo podem ser classificados em três níveis de crescente complexidade. No primeiro nível a decisão contém a definição dos métodos para produzir determinada quantidade do produto em instalação com dimensão e equipamentos determinados. O segundo nível , denominado de maximização de

lucros a curto prazo, define as quantidades mais lucrativas de produtos em determinada instalação. No terceiro nível, determina-se o tamanho e equipamentos da instalação mais lucrativos, denominado de maximização de lucros a longo prazo.

Malgrado as críticas à Teoria da Produção, de que seu conceito não foi derivado da observação prática, e por isso não considera os relacionamentos fundamentais entre os insumos de matéria prima e os produtos finais. Esta objeção pode ser contornada com a aplicação das técnicas de programação linear que utiliza dados observáveis. Outra crítica é de excesso de simplificação, ao não tomar em consideração as mudanças na economia global, ao mesmo tempo em que a empresa realiza seus ajustes de otimização internos.

#### **2.4 Administração da Produção**

Esta função está preocupada com o planejamento e controle do processo de produção, para que este decorra satisfatoriamente no nível desejado. Em um empreendimento moderno e de porte, um sistema administrativo complexo pode ser exigido para realizar as tarefas de consultar, coordenar, controlar e providenciar serviços aos departamentos de produção. Em sua essência, a administração da produção consiste em fazer escolhas sobre o uso de pessoas, dinheiro, materiais e tempo. O processo inicia com a pesquisa de mercado dos produtos atuais e futuros da empresa por Vendas, que compila a projeção de vendas. Finanças em conjunto com Produção elabora o orçamento de produção respectivo, e a Administração Superior analisa este orçamento, decidindo sobre as quantidades de produtos a serem produzidos. Em continuação inicia um processo de detalhamento executado pelos departamentos de engenharia para os produtos novos ou alterações nos existentes

#### **2.5 Antecedentes da Revolução Industrial**

Segundo Wilson (1976), não há uma linha divisória precisa entre a vida econômica da Idade Média e o mundo moderno. Mas em retrospecto, muito do século 15 na Europa mostrava sintomas de decadência da antiga ordem. A população em muitos lugares era menor que um século e meio atrás, e os preços em geral haviam declinado. Esta mudanças refletiram-se tanto na economia rural como na urbana.

Destacam-se os seguintes acontecimentos importantes que precederam à Revolução Industrial propriamente dita:

- Declínio do sistema feudal e o crescimento do comércio

- A ascensão do empreendedor *-entrepreneur-* e o mercado de trabalho
- O capitalismo e a ética protestante
- As viagens de descobrimento e a revolução dos preços
- Nacionalismo e mercantilismo
- Império e a economias mundial
- A importância de desenvolvimentos econômicos precoces.

## 2.6 A Revolução Industrial: Visão Panorâmica

Desde meados do século 18 até a I Guerra Mundial a história econômica gira em torno de um grupo de grandes mudanças denominadas *Revolução Industrial*. Estas transformações nos processos e nas organizações marcam a passagem de uma economia agrária e de artesanato, para outra dominada por indústria e manufatura em máquinas, o que algumas vezes é denominado por transformação de uma economia pré-moderna ou tradicional para a moderna. A expressão Revolução Industrial também é usada referindo-se especificamente ao primeiro período desta transformação, promovida pela instalação da primeira máquina a vapor comercial em Dudley Castle, Staffordshire por Thomas Newcomen em 1712 (Buchanan, 1976), e melhorias tecnológicas subsequentes. Deflagrada inicialmente na Grã Bretanha, espalhou-se depois pelo continente e para as colônias européias em além-mar, em particular aos Estados Unidos, transformando, em pouco mais de um século, profundamente a vida do homem ocidental, a natureza de sua sociedade e seu relacionamento com outros povos do mundo (Landis, 1976).

Na raiz da Revolução Industrial estava um grupo de inovações na técnica e no modo de produção industrial:

1) a substituição de força animal por inanimada, especificamente a força-motriz a vapor alimentada a carvão; 2) a substituição de habilidades e força humana por máquinas; 3) a invenção de novos métodos de transformar matéria, particularmente novas maneiras de fazer ferro e aço, e de produtos químicos industriais; 4) a organização do trabalho em grandes unidades com acionamento central (fábricas, forjarias, usinas metalúrgicas), que possibilitaram a supervisão imediata do processo produtivo e divisão de trabalho mais eficiente. Estas inovações na indústria promoveram e foram suportadas por importantes mudanças na agricultura e transportes.

Subjacente a todo este processo estava a aplicação sistemática do conhecimento para arquitetar a produção mais eficiente. Durante a primeira parte da Revolução Industrial o conhecimento foi majoritariamente adquirido por experiência prática e empirismo. Com o passar do tempo, entretanto, e iniciando na manufatura química, aplicações foram derivadas da ciência pura, ao fim da Revolução Industrial, a proporção estava invertida. A teoria adiantou-se além da prática na maioria dos domínios, e os inventores estavam recorrendo ao conjunto de conhecimentos científicos disponíveis para caçar idéias e informações utilizáveis.

A Revolução Industrial estava concluída ao final do século 19, e nos países mais industrializados há mais tempo. Naquela oportunidade estes já haviam concluído a passagem para a nova tecnologia e estavam perseguindo novos caminhos de mudanças. Novamente uma aglomeração de novas tecnologia forneceu o ímpeto para este crescimento adicional: energia elétrica, motor a combustão interna, combustíveis a partir do petróleo, o automóvel e a manufatura química a partir de conhecimentos científicos, tais como os primeiros produtos sintéticos. Alguns denominam este conjunto de mudanças de 2ª Revolução Industrial. Na segunda metade do século 20, uma aglomeração similar de inovações, energia atômica, eletrônica e computadores, está talvez promovendo a 3ª Revolução Industrial. Cada um destes estágios é marcado por importantes ganhos na produção e distribuição de energia; na velocidade, exatidão e conveniência de ferramentas e máquinas; na efetividade e utilidade de produtos finais, como padronização de peças, refinamento de tolerância; e na miniaturização de componentes.

Todos estes avanços tecnológicos foram traduzidos em crescimento econômico, ou seja, maior produtividade e renda per capita. A produtividade é mensurada pela relação entre o produto e um ou mais recursos utilizados, como mão de obra, capital e materiais. Como resultado da Revolução Industrial, a produtividade do trabalho foi multiplicada por milhares de vezes em algumas indústrias, como a fiação de algodão, por exemplo; por centenas de vezes em outra, como tecelagem, produção de aço, produtos químicos, com correspondentes reduções de custos de manufatura. Em contraste, atividades pouco afetadas pelas novas técnicas, como artes finas e artesanato, por exemplo, ou serviços de barbearia, não mostraram nenhum ganho de produtividade e pouca redução de custo. O efeito geral dos ganhos de produtividade em produtos industrializados promoveu uma grande expansão de seu consumo, devido aos preços mais baixos, com reflexos na renda per capita, e afinal, mais recursos e

tempo disponível para artigos de luxo, nos países mais desenvolvidos. Estes deslocamentos de consumo promoveram idêntica redução na demanda de trabalho na agricultura, e conseqüente êxodo populacional para as cidades.

## 2.7 A Revolução Industrial na Grã-Bretanha

De acordo com Parker<sup>a</sup> (1993), a Revolução Industrial representou a transição da economia agrária para a industrial e marcou o início de um novo período na história mundial. Apesar de haver nascido na Grã-Bretanha antes de 1750, teve impacto limitado na Europa até 1820, e em muitos países, até meados do século 19. No mundo inteiro as conseqüências foram sentidas bem mais tarde. Mesmo em sua área de origem, as taxas elevadas de crescimento da produção só se verificaram após 1800.

As razões de ocorrer na Grã-Bretanha e não na Europa foram muitas, entre elas as mudanças estruturais dentro de um processo de modernização já iniciado pelo menos no século 16, durante o reinado de Jorge III, de 1760 a 1820. Além disto, o país dispunha de riquezas minerais valiosos, como carvão, ferro, estanho, cobre, pedra e sal. A agricultura era eficiente e seus produtos distribuídos pelos numerosos meios de transporte, como os rios navegáveis Clyde, Severn, Trent, Ouse e Humber; os portos marítimos Londres, Liverpool, Newcastle; e uma recém construída rede de canais, com menor custo de transporte, e estradas.

Durante o século 18, enquanto a Europa se debatia em sucessivas guerras, a Grã-Bretanha travou suas guerras no exterior e sofreu poucas disputas internas. Apesar da perda das colônias americanas, os EUA foram durante muitos anos mercado importante para suas exportações. Também a perda dos mercados continentais devido às guerras revolucionárias e napoleônicas ali ocorridas, foi compensada por novas oportunidades através do Atlântico.

Enquanto o comércio continental permaneceu sufocado por barreiras e pedágios nas vias fluviais, a movimentação de bens e pessoas era livre na Grã-Bretanha. O governo mantinha a ordem e a lei, fornecia uma moeda estável, e proteção contra a concorrência estrangeira, e estimulava o transporte marítimo, comércio externo e a indústria de lã. Exceto algumas atividades econômicas, como mineração e construção naval, bastava um capital inicial modesto para iniciar um novo negócio. Os bancos forneciam numerário para curto prazo, com juros baixos.

## 2.8 A Fábrica como Unidade de Produção

Depois de 1850 cresceu a produção de bens em decorrência de invenções e inovações, tais como máquinas de fição e teares, fundição à base de coque e produção de aço fundido. A máquina a vapor, agora aperfeiçoada pelos inventos de James Watt fornecia nova e eficiente forma de energia transformando as pequenas oficinas em fábricas de porte em um processo gradual, de maneira que a fábrica somente tornou-se a unidade característica de produção após 1850. Estas profundas mudanças econômicas não foram introduzidas sem reflexos ou resistência por alguma parte da população, mas também neste aspecto, o ambiente da ilha era mais favorável que no continente, porque as ascensões de indivíduos para outro patamar na escala social não encontrava rejeição nem impedimento legal. Mesmo assim, houve casos isolados de oposição violenta à nova ordem, tais como quebra de máquinas e queima de feno, que não conseguiram impedir o nascimento de uma força de trabalho pronta para acertar a disciplina das fábricas.

## 2.9 A Revolução Industrial na Europa no Século 19

A partir do início do século, a Revolução Industrial foi sendo implantada no Continente Europeu, mesmo que desde 1809 as minas de carvão do Ruhr e Wuppertal na Alemanha já contassem com máquinas à vapor, conforme Parker<sup>b</sup> (1993). As minas de carvão, como centros de produção da mais importante fonte de energia para as máquinas de Watt, passaram a ser os principais centros de crescimento industrial, tais como no norte da França, na Bélgica e vale do Ruhr. Além destas áreas, o progresso limitou-se às principais capitais, Paris e Berlim, e aos centros de interligação, como Lyon, Colônia, Frankfurt, Cracóvia e Varsóvia, e aos maiores portos, como Hamburgo, Bremen, Rotterdam, Le Havre e Marselha, ou ainda nos pólos específicos de atividades industriais, como as regiões têxteis de Lille, Roubaix, Barmen-Eberfeld (Wuppertal), Chemnitz, Lodz e Moscou, além dos distritos siderúrgicos e indústria pesada da bacia do rio Loire, do Sarre e da Alta Silésia.

Durante os períodos iniciais de difusão da nova onda tecnológica, o continente dependia da experiência inglesa, sob forma de projetos, equipamentos, empresários, consultores e operários especializados britânicos contribuíram para a nucleação de complexos fabris na Europa Continental. Em uma segunda fase, estes últimos não apenas deixaram de depender dos britânicos, mas passaram a contribuir com suas próprias invenções ou

desenvolvimentos, entre os quais apontam o tear Jacquard, a caldeira a vapor multitubular de Séguin e a carda mecânica Heilmann da França. Na Alemanha surgiu o complexo siderúrgico e de armas Krupp. Em 1850/60, tanto a França com a Alemanha mantiveram crescimento sustentado de modo autônomo

O desenvolvimento industrial na Grã Bretanha era praticamente financiado pelos próprios empresários, ao contrário do continente, onde estes dificilmente dispunham de capital suficiente. Por esta razão os Estados tiveram um papel mais relevante do que no Reino Unido, seja sob forma de corporações estatais, ou a execução de obras de infra-estrutura, como ferrovias, além de indústrias têxteis, de papel e químicas. Em outras oportunidades, a iniciativa privada associava-se ao estado. Entretanto, os bancos de investimento particulares foram uma iniciativa inovadora não utilizada na Grã Bretanha.

Também as muitas barreiras tarifárias que impediam o comércio inter-europeu foram reduzidas na Europa Central entre 1815 e 1870, a navegação fluvial foi intensificada com a construção de numerosos canais ligando as bacias dos rios mais importantes, além das ferrovias sob forma de grandes redes interligadas, especialmente em grande maioria durante a segunda metade do século.

## **2.10 A 2ª Revolução Industrial: 1870 a 1914**

No último trimestre do século 19 ocorreu uma segunda Revolução Industrial, na Europa e EUA, ainda segundo Parker<sup>b</sup> (1993). Enquanto a primeira etapa foi dominada pela supremacia da Grã Bretanha, depois de 1871 a Alemanha recém unificada assumiu a liderança industrial do mundo. Além da continuada expansão das indústrias existentes, como carbonífera, siderúrgica e têxtil, os novos ramos de indústria química e elétrica cresceram apoiadas em exportações alemãs de produtos e serviços. Entretanto, durante a grande depressão econômica nas décadas de 1870/80, o crescimento foi sustado e retomado apenas ao fim do século, após 1890.

Nesta segunda fase da Revolução Industrial, também na Inglaterra foram criados novos processos e equipamentos, como o corante sintético de Perkin, o conversor de aço Bessemer, o processo siderúrgico Gilchrist-Thomas e a turbina a vapor de Prazos. Na Alemanha ocorreram as invenções do motor a combustão interna de Benz, do motor Diesel, do dínamo e

do motor elétrico. E na recém libertada colônia americana foram criados o rotor de anel, as máquinas de costura e de escrever, a lâmpada de filamento e o telefone.

Enquanto a primeira Revolução Industrial tinha por base o carvão e o ferro, a segunda destaca-se pelo aço e eletricidade, sendo esta última uma nova forma de energia que até hoje continua em desenvolvimento, já em formatos mais nobres, como meio de comunicação com e sem fio, e de computação, cujos limites não foram ainda estabelecidos, mas que dominam a presente era..

Além dos desenvolvimentos na indústria elétrica com grande importância até os dias atuais, foram os desenvolvimentos alemães na indústria química e farmacêutica, sob forma de corantes sintéticos e medicamentos inventados em seus laboratórios industriais, também com presença duradoura e importante., Paralelamente a produção alemã de carvão, ferro e aço continuou crescendo, e evoluíram as construções navais e a Marinha Mercante.

Durante este período, também a Rússia aponta com grande crescimento industrial e uma forte indústria algodoeira, e têxtil de lã. Além disto, desenvolveu-se uma nova região industrial na bacia do rio Donets, com fundições e siderurgias utilizando carvão e ferro com matéria prima, ligados por ferrovia a Krivoy Rog. Ao fim do século, a exploração das bacias de petróleo em Baku e Grozni também contribuíram para o crescimento do País. Os irmãos suecos Nobel foram pioneiros ao construir refinarias em Baku e lançando ao mar Cáspio, em 1878, o primeiro navio petroleiro do mundo, para transportar derivados até Astrakahn.

### **2.11 A Revolução Industrial no mundo: 1850 a 1929**

Parker<sup>c</sup> (1993) relata que as industrializações nos países em desenvolvimento ou nas colônias dos europeus, ocorreram de maneira diferente à dos países de origem, sendo a industrialização um fenômeno importado, sob controle político e econômico estrangeiro, afetando pouco a vida da maioria das pessoas. Nas áreas de influência anglo-saxônica este desenvolvimento foi maior do que nas colonizadas por Espanha e Portugal. Em 1930 já eram importantes as indústrias da Índia e China, onde a implantação de fábricas seguia uma seqüência de fases, iniciando com o total controle pelos ocidentais, depois passando para atividades e manutenção e reparos exercidos com pessoal e recursos locais, e em último estágio, estas indústrias até poderiam competir no mercado internacional com suas ex-sédes.

## 2.12 A Organização do Trabalho na Era Industrial

A grande mudança histórica na organização do trabalho ocorreu na Grã Bretanha durante o século 18, em consequência da nova tecnologia de máquinas acionadas pelo vapor, com o surgimento da Revolução Industrial. Estas máquinas e seus desdobramentos exigiram uma organização racional de funções, totalmente diferente da tradição artesanal de produção. (Kranzberg<sup>a</sup>, 1976).

O princípio de divisão de trabalho, e a especialização de habilidades que resulta daquele, é encontrada em muitas atividades humanas, e existem registros de sua aplicação para manufatura desde a Grécia Antiga. Mas os primeiros exemplos de operações de manufatura cuidadosamente projetadas para redução de custos com trabalho especializado e emprego de máquinas é descrito nas *Descriptions des Arts et Métiers*, obra clássica da L'Académie Royale des sciences, publicadas em 1762 que relata a manufatura de pinos, e claramente ilustra a cuidadosa divisão de trabalho e uso de ferramentas especiais para reduzir custos de produção.

Também em sua obra *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* de 1776, Adam Smith usa a manufatura de pinos para exemplificar melhorias de produtividade humana pela aplicação das técnicas de produção em massa. Em 1832 Charles Babbage publicou *On the Economy of Machinery and Manufactures* enfatizando a economia e excelência que pode ser alcançada por meio de planejamento e divisão de trabalho apropriada na produção de bens.

Em meados do século 19 os conceitos gerais da divisão do trabalho, manufatura assistida por máquinas e utilização de componentes padronizados e intercambiáveis estavam bem estabelecidos. Em 1881 Frederick Winslow Taylor iniciou seus estudos de organização das operações de manufatura, criando os fundamentos da programação moderna de produção. Realizando cronometragens detalhadas dos tempos necessários para executar cada passo de fabricação, Taylor trouxe uma abordagem quantitativa para a organização da produção, e criou a “administração científica” de funções produtivas.

Na mesma época o casal de engenheiros industriais Frank B. e Lillian M. Gilbreth iniciaram seus estudos pioneiros dos movimentos pelos quais as tarefas são realizadas. Com auxílio da nova tecnologia de cinema, os Gilbreth analisaram o projeto de movimentos e do local de trabalho, visando alcançar a maior redução de esforço. Os estudos de “tempos e

movimentos” de Taylor e dos Gilbreth proveram importante ferramenta para o projeto das modernas linhas de produção em massa (Tannenbaum, 1976)

### 2.13 A Produção em Massa

Os métodos de produção em massa são baseados em dois princípios básicos: 1) Divisão e especialização do trabalho humano; 2) O emprego de ferramentas e máquinas para a produção de peças padronizadas e intercambiáveis.

A condição de intercambiabilidade de componentes, para permitir sua montagem sem necessidade de ajustes adicionais, por sua vez propiciou o nascimento de novo ramo industrial, o de máquinas-ferramenta, criado por Henry Maudsley, engenheiro nascido em Woolwich, Kent, quem pioneiramente reconheceu a necessidade de ferramentas de precisão para a produção em massa. Com seu aprendiz Joseph Withworth, já produziam parafusos e porcas padronizadas no início do século 19.

Além da redução de custos, a produção em massa contribui para alcançar melhorias de uniformidade e qualidade. Os grandes volumes, projeto, materiais e processos padronizados permitem que o controle estatístico de qualidade e técnicas de inspeção monitorem a produção e qualidade do produto. Isto leva a garantias confiáveis de nível de qualidade sem incorrer em elevados custos de inspeções detalhadas.

Entretanto, a produção em massa apresenta pouca flexibilidade, porque as ferramentas, dispositivos, métodos e máquinas são minuciosamente projetados para adequar-se aos detalhes dos produtos, para alcançar máxima eficiência. Alterações no projeto do produto tornam obsoletos máquinas e ferramentas de elevados custos. Uma das respostas a esta dificuldade é o projeto de equipamentos prevendo alguma flexibilidade, por intermédio da mudança de ferramental para adaptá-la a mudanças no produto.

De maneira similar, uma linha de produção usualmente é otimizada para um determinado volume e sortimento de produção. Quando o volume desejado é maior ou menor que o nível ótimo, os custos de produção sobem, e um sortimento muito diferente poderá não ser viável naquela instalação.

Porém, como resultado da uniformidade do produto, contribui favoravelmente a função de progresso da produção, também denominada curva de aprendizado ou de experiência,

segundo a qual determinou-se uma redução no custo de produção, em percentagem constante a cada duplicação do volume acumulado de produção. Apesar de ser uma ferramenta empírica derivada do comportamento dos preços de comercialização de produtos de consumo, sua aplicação é válida, face à seriedade da pesquisa que a fundamentou e ampla aceitação por todos envolvidos nestes estudos.

No outro extremo, entretanto, as forças do mercado estão exigindo cada dia maior satisfação dos desejos, expectativas e necessidade de cada consumidor individual. É verdade que a indústria automotiva percorreu uma grande parte deste caminho, ao oferecer diversos modelos, em várias cores, e com muitos opcionais de veículos automotores, muitíssimo diferente de Ford, que há 75 anos atrás oferecia um único modelo, “em qualquer cor, desde que seja preta”, segundo proclamava o legendário inventor da linha de produção.

#### **2.14 A Linha de Montagem**

Segundo Kranzberg<sup>b</sup> (1976), protótipos da linha de montagem podem ser encontrados na antiguidade, mas o real antecedente desta técnica de produção é a indústria de processamento de carne em Cincinnati e Chicago, no século 19, onde carros em trilhos aéreos eram empregados para transportar carcassas entre os postos de trabalho. Quando estes carros eram movimentados por correntes motorizadas, tinha-se uma verdadeira linha de montagem, ou desmontagem, neste exemplo.

O fabricante de automóveis Henry Ford, ao observar estas operações, engendrou uma linha de produção de volantes de magnetos cuja operação iniciou em 1913. Os resultados foram extraordinários, reduzindo o tempo de 20 para 5 minutos. Transferindo o método para a montagem de chassis, onde a redução de custo foi idêntica, de 12,5 para 1,55 horas-homem em abril de 1914. A redução de custo refletiu-se no preço dos carros, que passaram a ficar ao alcance da população menos abastada, e o sucesso obrigou os concorrentes e fornecedores a adotar igual tecnologia, que rapidamente difundiu-se pelos USA e para a Europa, sendo adotada largamente até hoje em todas operações de algum porte.

## 2.15 Mecanização Intensa e Automação

Como desenvolvimento lógico do processo de produção em massa, a intensificação da mecanização acabou culminando com a automação, a qual em sua forma ideal pressupõe a eliminação total da mão de obra manual e adoção de controles automáticos, assegurando qualidade e exatidão além das habilitações humanas. Como tal, só é atingida parcialmente nas operações de grandes empresas produtoras. Os problemas psicológicos nos trabalhadores, derivados de operações com alto grau de mecanização ou automação estão bem analisados hoje e podem ser contornados com ações de compensação ou correção. Entretanto, nem todas organizações praticam estas medidas profiláticas de maneira rotineira e como prevenção. A palavra-chave para remediar tais problemas de saúde ocupacional é o enriquecimento da função, seja por meio de rotação de cargos, de ampliação de atuação, de aumento de responsabilidade, enfim acréscimo no sentimento de participação por parte do operador.

Apesar de algumas experiências com grau extremo de automação, não são conhecidas fábricas totalmente automáticas bem sucedidas, mesmo porque a rigor, a automação total deveria englobar também as funções corretivas ou preventivas de manutenção e substituição de equipamento obsoleto ou desgastado, ou acidentado, sem nenhuma intervenção extraordinária. Por ser de muito elevado custo, é utilizada somente em situações especiais de alto risco ou com presença humana inviável.

Sob ponto de vista da melhoria de vida do operário, na passagem de fábrica há 200 anos e hoje, verifica-se que alguns ganhos foram cancelados por fatores circunstanciais, porque um operário de 1870 poderia caminhar para o trabalho em poucos minutos, enquanto seu correspondente atual certamente trafega por vias congestionadas durante algumas horas. Estudos mostram que o trabalhador moderno dispõe apenas de um pouco mais tempo livre que seu colega do século 19. Mas, continuam presentes as desvantagens das fábricas antigas, como ruído, esforço físico e o tédio do trabalho repetitivo. Os ganhos não monetários são menores do que se esperava.

## 2.16 Proposta Estrutural Futura

A tendência futura da estrutura organizacional é de democratização do trabalho, em parte decorrente da transformação no passado, da distribuição hierárquica da população empresarial de sua forma piramidal em 1960 para uma trapezoidal truncada na base, em 1980, ocorrida segundo apresentação por Nolan em 1992 na Harvard Business School. A mesma ilustração mostra também uma representação da organização apta a sobreviver na era global e informatizada, com a infra-estrutura em plano inferior na forma de um losango; o corpo operacional representado por redes de atividades sob diversas formas, dimensões e posições; e no topo a administração, por dois triângulos.

O trabalho de Eccles&Nolan (1993) apresenta um quadro referencial dos pré-requisitos necessários, na visão dos autores, para a organização do futuro capaz de florescer na era da economia global e informatizada. Eles descrevem um esquema para o desenho organizacional sob forma bi-nível, denominado *superordinado*, e apontando conceitos de novos papéis, tanto para a administração, como para o corpo operacional. O primeiro deverá passar do atual enfoque em tomada de decisões para a elaboração de um quadro referencial que define a direção estratégica, as regras de relacionamento e fornece a infra-estrutura. O corpo operacional é formado por *operários do conhecimento*, cada um dispendo de sua estação de trabalho computadorizada com pleno e livre acesso à totalidade das informações disponíveis. A produção é realizada por grupos de trabalho autodesignados sob forma de redes temporárias de atuação, formadas por indivíduos e organizações, internos ou externos, incluindo concorrentes, fornecedores e clientes. Cada indivíduo do corpo operacional escrutina continuamente o ambiente e dentro de sua área de responsabilidade, e promove a execução do que deve ser feito para satisfazer o mercado, envolvendo companheiros ou componentes da alta administração quando conveniente.

## 2.17 A Linha de Montagem do Futuro?

Dentro de uma linha mais tradicional, o *Consórcio Modular* é uma concepção fortemente influenciada pelo ponto de vista da ponta de suprimentos da organização, inventada pelo então Vice Presidente mundial da Volkswagen, José Ignacio López de Arriortúa, colocada em prática na nova fábrica de caminhões e ônibus da VW do Brasil em Resende-RJ em novembro de 1996.

A instalação de Resende contém uma linha de montagem, e áreas para pré-montagem dos módulos de componentes suficiente para estoque de apenas 2 horas. As montagens no veículo são realizadas pelos nove fornecedores dos 7 respectivos módulos, segundo o artigo *VW'S FACTORY OF THE FUTURE* de Business Week (Woodruff et al, 1996).

O caráter revolucionário deste *Consócio*, apelidado sem modéstia por seu autor como sendo a 5ª Revolução Industrial, cujas características organizacionais fundamentais apresentam grandes divergências quando comparadas com o modelo de Eccles&Nolan (1992), como demonstra o estudo de Stamm&Mafra (1997) em contribuição apresentada e debatida durante o Congresso POM-97. A operação piloto precursora da fábrica de Resende ocorreu durante o ano de 1996, mas após o desligamento de López de Arriortúa da Volkswagen em inícios de 1997, não foi possível obter daquela montadora informações de resultados operacionais recentes. Uma fonte não qualificada aventou existirem dificuldades de relacionamento entre os consorciados.

Independente do resultado final da operação prática dentro daquele conceito revolucionário, a terceirização da montagem pelos próprios fornecedores é uma tendência praticada por outras montadoras, mesmo aquela que não patrocinou igual projeto do mesmo autor em oportunidade anterior. Com efeito, a GM está desenvolvendo para sua nova fábrica de componentes na área de Porto Alegre, o projeto *Arara Azul* no qual os fornecedores são parceiros desde o projeto inicial dos produtos, segundo relato de Pereira Filho (1997).

Uma das tendências mais acentuadas e já praticadas pelas grandes empresas produtoras de bens de consumo e duráveis de classe mundial, mesmo em nossa região, é uma intensa terceirização e também uma dramática redução do número de fornecedores. Os pesquisadores defensores deste modelo entendem que ele soma as vantagens da linha de montagem àquelas da flexibilidade dos fornecimentos terceirizados, para atender as exigências do mercado de preços baixos com grande variedade e mudanças constantes de produtos. Por ser uma variante híbrida, talvez tenha seu ponto fraco na baixa integração estratégica dos supridores, cuja motivação para absorver praticamente todos os impactos das mudanças de produtos poderá ficar ameaçada.

## 2.18 Manufatura Ágil

Este novo conceito está sendo objeto de intenso esforço de pesquisas atuais nos USA, segundo narra DeVor (1997), e abrange toda a organização, significando a habilidade de um produtor de bens ou serviços, de prosperar frente às contínuas mudanças. Mudanças estas que ocorrem nos mercados, na tecnologia, nos relacionamentos entre empresas e em todas as facetas de um empreendimento de negócios.

A denominação de *Manufatura Ágil* caracteriza uma forma diferente de concorrência entre empresas americanas, onde os papéis tradicionais de competidor, fornecedor e cliente podem freqüentemente mudar para aproveitar oportunidades do mercado. A visão predominante é de que a vantagem competitiva futura consiste em estratégias que promovem maior velocidade ao mercado de novos produtos, e a habilidade para satisfazer preferências individuais de consumidores ou clientes, sem reduzir a atenção para a intensificada preocupação pública referente aos impactos sociais e ambientais provocados pela manufatura.

As raízes das conclusões acima, bem como os resultados em termos de ações para pesquisar as maneiras de satisfazer os requisitos enumerados, são decorrentes de uma ação conjunta da indústria e do governo dos USA empreendida durante os anos 80, para responder às preocupações sobre a competitividade no novo ambiente de manufatura global.

Este grupo de estudos concluiu que a produção em massa, malgrado os aperfeiçoamentos trazidos pelas estratégias de just-in-time e de produção enxuta (“lean production”), era um sistema essencialmente a favor de estruturas corporativas de grande escala e amplas. A visão de manufatura ágil sugere que uma escala menor, com instalações produtivas moduladas e melhor cooperação entre empresas serão o modelo principal para competitividade na próxima geração.

A nível estratégico as dimensões da manufatura ágil são identificadas como sendo:

- **Enriquecimento do cliente** - significa que uma empresa ágil é percebida por seus clientes como fonte de satisfação significativa, além da expectativa;
- **Cooperação para realçar a competitividade** - cooperando interna e externamente é a força principal do competidor ágil;
- **Organização para dominar as mudanças e a incerteza** - a empresa ágil tem estrutura para prosperar nas mudanças e incertezas; e

- **Alavancagem do impacto de informações e pessoas** - a administração alimenta uma cultura empreendedora que alavanca estes impactos.

As dimensões táticas para viabilizar as diretrizes estratégicas acima, são objeto das pesquisas em andamento, a nível operacional das respectivas tecnologias. Para tal foram estabelecidos institutos de pesquisas para manufatura ágil (AMRI-Agile Manufacturing Research Institutes), que desenvolvem esforços coordenados para desenvolver melhores metodologias de projeto e de produção, e desenvolver formas e meios para interação mútua, objetivando satisfazer aqueles desafios, com experiências e banco de testes para idéias promissoras.

Utilizando enfoques inovadores e tecnologias modernas, sempre enfatizando a colaboração mútua entre fornecedores e até concorrentes, tais programas de investigação similares foram instalados na indústria aeroespacial e eletrônica, respeitando as peculiaridades de cada setor.

## 2.19 Uma Situação: A Indústria no Litoral Catarinense

Enquanto as organizações em países avançados estão se renovando ou reinventando para manter sua supremacia competitiva na era global, a indústria regional vizinha, na faixa litorânea de Santa Catarina, com raras exceções permanece em situação pouco favorável, segundo recente investigação internacional.

Em inícios de 1996 o consórcio Instituto Euvaldo Lodi/SC-Instituto Alemão de Desenvolvimento, conduziu uma pesquisa na região litorânea de Santa Catarina para avaliar a competitividade das empresas ali. A estrutura metodológica obedeceu aos conceitos do IAD (Esser, 1994) denominada *competitividade sistêmica*, que analisa os determinantes de competitividade segundo 4 níveis (Meyer-Stamer, 1996): o *micro* (a firma e seus pares); o *meso* (as políticas específicas do setor e as instituições de suporte); o *macro* (as políticas gerais macroeconômicas); e o *meta* (as orientações e capacidade dos atores políticos).

Os resultados preliminares publicados por IEL&IAD (1996) são pouco lisonjeiros aos três setores industriais investigados: cerâmica de revestimento, eletrometalmecânica e têxtil/vestuário. O relatório mostra uma posição média de competitividade não satisfatória, com algumas poucas exceções isoladas. Tal inferioridade fica também caracterizada, quando os resultados são cotejados com as concepções do futuro modelo de organização competitiva na

era global, segundo pesquisadores dos USA, como mostra o trabalho de Stamm&Silva (1996) apresentado e debatido no 16º ENEGEP.

## 2.20 A Era Global e Simulação

A Era Global tem seu fundamento básico no livre intercâmbio de informações, sendo por isto também denominada Era da Informação Global. Esta característica fundamental afeta profundamente as condições de competitividade, porque o lapso de tempo entre a invenção e sua difusão global, está sendo reduzido, da magnitude de quase um século ao início da Revolução Industrial, para alguns minutos pela Internet hoje. Portanto a condição de ser líder no mercado baseado apenas em inovações tecnológicas está fadada a perder importância em curto espaço de tempo.

Segundo citação de Harrison (1997), Peter Drucker afirma que "Inovação sistemática requer disposição para perceber a mudança como oportunidade". Em seu artigo "Strategy as Revolution", Gary Hamel (1996) propõe o fim do incrementalismo nas organizações como solução para sobreviver na atualidade, e defende atitudes de descontentamento, de radicalização, de revolução na empresa. Afirma que a estratégia deve ser revolucionária para não jogar a organização na vala comum do conformismo. Estas definições demonstram bem a necessidade de mudanças radicais nas empresas, que por sua vez exigem a utilização de simulação para manter o risco dentro de limites aceitáveis.

A dimensão tempo futuro também está sendo submetida a novos conceitos e rupturas violentas. É necessário satisfazer não apenas o mercado existente, mas ainda prever com antecedência e clareza, para qual direção as preferências levarão determinado grupo de consumidores. O consumidor tende a ser mais valorizado a cada momento e com maior peso, deixando de existir, dentro de prazo não muito longo, o consumidor insatisfeito. O consumidor vai representar o todo da sociedade, como deveria ter sido sempre. E deverá receber maiores atenções para satisfazer seus desejos pessoais.

É muito provável que aspectos morais da propaganda sofram impactos de porte em futuro próximo, porque as pessoas estão cansadas de serem iludidas como se fossem gado levado pelo cabresto. Alguns pesquisadores indicam o próximo século como o da pessoa humana, devendo as organizações adquirir capacitações não apenas para atender bem as necessidades e desejos das pessoas, mas deverão estar preparadas para antecipar suas demandas e satisfazer novas exigências. Se no passado as empresas produtoras cumpriram este

papel com intensidade moderada, “ao longo do tempo”, o futuro vai beneficiar aquelas que estão à frente de seus concorrentes, na satisfação antecipada e imediata de desejos subjacentes.

A conscientização a favor de maior respeito ao ambiente é outra tendência notável que está se propagando com muito vigor, porque é possível que a humanidade já esteja próximo de um ponto sem retorno para uma recuperação ambiental que garanta a sobrevivência do globo terrestre. Alguns sinais de situações críticas são o buraco de ozônio e o efeito El Niño. O empresário Gunter Pauli (1995?) defende uma filosofia de indústrias não poluentes, apoiada em cadeias de relacionamento inter-industriais limpas, onde o rejeito de uma unidade é a matéria prima da seguinte. Aos que duvidam da viabilidade econômica deste esquema, ele aponta que também o estoque zero do conceito Just-in-Time, e o Refugo Zero eram considerados inviáveis há 20 anos atrás, mas hoje são economicamente justificados. Argumenta ainda que quando os custos de danos ambientais estão sendo , e serão mais intensamente no futuro, pagos pelos poluidores. Por ser mais econômico evitar a poluição do que reparar os danos, o modelo futuro de conglomerados mais eficiente será o de emissão zero.

Estes são indicadores da necessidade de freqüentes e drásticas mudanças de produtos e processos, para o que a simulação vai desempenhar papel muito mais importante que hoje. Nenhuma organização vai dispor de tempo nem recursos para experimentar e testar gradualmente as inovações que necessita adotar, em instalações piloto, porque seus concorrentes mais eficazes certamente simularão as novas situações e farão as correções e adaptações em instalações virtuais.

No mercado global com elevado grau de concorrência a indústria constantemente busca métodos de realçar sua postura competitiva. Entre os fatores fundamentais que compõe a competitividade, a capacidade para projetar no futuro os mais prováveis desfechos de novos produtos, processos e mercados, com respostas confiáveis e em prazos muito curtos se destacam marcadamente como vantagem insuperável.

Para fabricantes, a certeza de que um produto, processo, ou máquina irão funcionar como projetado com margens de erro definidas sem construir a instalação real, constitui enorme vantagem competitiva em termos de custos, confiabilidade e prazo de entrega ao cliente. Outrossim, representa um seguro contra riscos de erros, imprevistos e acidentes que podem ser de grande porte. Experiências e testes demorados e elaboração de protótipos tornam-se proibitivamente caros e inviáveis na escala do tempo. A simulação em computador oferece uma alternativa para um processo de testes e concepção de projetos mais eficiente que

os tradicionais, afirmavam Nwoke&Nelson já em 1993. A alternativa de ontem, hoje é uma saída obrigatória, face à intensificação explosiva de mudanças de produtos e processos. Portanto, a simulação integra-se às técnicas tradicionais como uma das ferramentas indispensáveis na moderna condução da produção.

## 3 - SIMULAÇÃO

### 3.1 Apresentação

Simulação é uma técnica que utiliza modelos para representar a essência de uma instalação real ou proposta sob investigação, com o objetivo de avaliar o comportamento deste sistema sob diversas condições. Ainda segundo Pedgen (1995), a simulação é uma das mais potentes ferramentas de análise, disponível aos responsáveis pelo projeto e operação de sistemas ou processos complexos.

No mundo cada vez mais competitivo, a simulação tornou-se uma ferramenta muito potente para o planejamento, projeto e controle de sistemas. Não sendo mais considerado como abordagem de “último recurso”, é visto hoje como metodologia indispensável para solução de problemas de engenheiros, projetistas e administradores.

A simulação pode ser definida como o processo de construção de um modelo que representa o sistema real, e da condução de experimentos com este modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema e/ou avaliar várias estratégias para a operação do sistema. A modelagem em simulação portanto, pode ser considerada uma metodologia experimental e aplicada que busca:

- descrever o comportamento do sistema,
- construir teorias ou hipóteses que explicam o comportamento observado, e
- usar o modelo para prever comportamento futuro, ou seja, os efeitos produzidos por mudanças no sistema ou em seu modo de operação.

Segundo Schriber (1987), “A simulação compreende a modelagem de um processo ou sistema de tal maneira que o modelo imita a resposta do sistema real a eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

### 3.2 Antecedentes

As décadas de 1960 e 1970 testemunharam um enorme crescimento no tamanho e na complexidade das organizações industriais (Ravindran&Gintaras, 1982). A tomada de decisão da administração tornou-se muito complexa, envolvendo grande quantidade de trabalhadores, materiais e equipamentos. O papel do engenheiro industrial é de auxiliar a administração na tomada destas decisões em bases mais objetivos e rotineiras. Do ponto de vista do engenheiro

industrial, a decisão é uma recomendação para o “melhor” projeto ou operação de um dado sistema de engenharia ou de processos, de maneira a minimizar os custos e maximizar os lucros. Usando o termo “melhor”, fica implícito que existem alternativas disponíveis para decidir. O engenheiro industrial está preocupado não somente com o projeto de sistemas industriais e de serviços, mas também com problemas de manufatura e operação destes sistemas depois de projetados.

Nesta linha de atuação, a otimização é um objetivo perseguido tenazmente desde muitos anos, com auxílio da pesquisa operacional, utilizando as técnicas de programação linear e não linear para os problemas com e sem restrições. Estão disponíveis algoritmos adequados para resolver o problema geral de programação não linear.

O uso de modelos em otimização traz muitos benefícios, e em muitos casos, é inevitável, quando o sistema real não existe, porque trata-se de projeto, ou porque não está disponível para experimentos, devido a diversos motivos, como riscos de grandes prejuízos ou de vidas. A essência da engenharia de otimização concentra-se na construção e uso de modelos.

### 3.3 Modelos Matemáticos

A teoria dos modelos, como parte da metalógica, compreende o estudo das interpretações (modelos) de teorias formalizadas em uma estrutura de lógica formal. Derivado de conceitos complexos e abstratos envolvendo linguagens formais, sentenças e expressões, suas sintaxes e semânticas dentro da lógica e metalógica matemáticas, guarda uma semelhança básica com o conceito de modelos para simulação, que é a relação de satisfação, ou seja a condição de semelhança entre a estrutura e a teoria.

Este conceito já pode ser encontrado na obra *Wissenschaftslehre* publicado em 1837 pelo teólogo e matemático checo Bernard Bolzano (Wang, 1976).

O comportamento racional requer decisões, que freqüentemente são descritas em termos de “operações” com “objetos” (Korn, 1967). A complexidade dos fenômenos do mundo físico exige descrições em termos de modelos verbais ou simbólicos que “abstraem” aquelas propriedades dos objetos que são consideradas essências para o propósito em vista. Propriedades diferentes podem ser abstraídas para diferentes propósitos; por exemplo, a vida de uma pessoa pode ser descrita na forma de um poema épico, como trajetória no tempo e espaço, ou como uma série de gráficos de temperatura do corpo, pressão sangüínea ou saldo

bancário relacionados com o decorrer do tempo. Modelos altamente abstratos, como fórmulas e gráficos muitas vezes são de aplicação mais universal, e podem ser mais fáceis para guardar e modificar do que representações mais diretas como modelos em escala ou fotografias.

As propriedades de um modelo, tais como as “leis da natureza” descritas em um texto de física, muitas vezes são tão úteis para tomada de decisões, que se esquece ser o modelo uma construção separada do mundo real. Note-se, por exemplo, que a soma das correntes em um nó de circuitos elétricos não é nula porque as correntes elétricas obedecem às leis de Kirchhoff, mas sim porque esta lei é um modelo das verdades físicas.

Modelos, ou “teorias” devem ser selecionados, e quando necessário, modificados como resultado de observações e experiências (método científico). Modelos podem e devem ser abandonados em consequência de nova evidência experimental, ou simplesmente quando outros modelos comprovam ser mais convenientes ou úteis, como aconteceu com a teoria atômica de Bohr substituída pela mecânica quântica.

Os gráficos e nomogramas são outros excelentes exemplos de modelos matemáticos bidimensionais, muitas vezes utilizados como meio de computação gráfica. Os ábacos e a régua de cálculo são modelos matemáticos utilizados exclusivamente como instrumentos de cálculo, alguns com capacitação para resolver problemas de elevada complexidade matemática, como é o caso das escalas log-log nas régua de cálculo. Na primeira metade do presente século, antes do advento das máquinas mecânicas de calcular, estas últimas foram a ferramenta inseparável de engenheiros, desde que a acuidade visual do operador para avaliar os valores intermediários entre os inteiros das escalas, fosse compatível com a grau de exatidão exigido pela solução.

### 3.4 Modelos Físicos

Dentro da linha de modelos físicos, os desenhos em escala obtidos com auxílio de projeções ortogonais, como por exemplo, a planta de uma área industrial ou de um estabelecimento hospitalar, são ótimo meio de solução de problemas de engenharia e aplicações similares, sendo um método operacional que permite equacionar, ou otimizar atividades não muito complexas. Estes instrumentos são freqüentemente utilizados pelos profissionais responsáveis por projetos. Complementados com elementos móveis sob a forma de cartolinas recortadas com a forma da projeção horizontal de equipamentos ou máquinas, permitem atingir razoável grau de precisão para otimizar operações com complexidade

moderada, via solução de passo a passo. Decidido qual o melhor, ou os melhores arranjos físicos de todos os centros de processamento, o estudo pode ser documentado com linhas representando os percursos dos objetos, com convenção representando as respectivas intensidades de tráfego.

As maquetas, ou denominados de modelos reduzidos quando se destinam a medições de comportamento, tais como obras hidráulicas ou marítimas, são miniaturas tridimensionais em escala de redução, para apreciação de seu aspecto estético e distribuição de volumes em obras arquitetônicas, são também modelos físicos, assim como os mapas e os desenhos de engenharia.

Antes da disseminação de computação gráfica, o projeto físico de linhas de transmissão elétricas também era realizado com auxílio de gabaritos específicos da catenária dos condutores, aplicados sobre o perfil topográfico do traçado sob estudo, para determinar as posições das torres de sustentação. Este também é uma forma de modelo, entre outras tantas de grande utilidade na engenharia.

### 3.5 Modelos para simulação

Usamos *modelos* para simular as características básicas do *sistema* que desejamos observar ou analisar. Quando as relações que compõe o modelo são suficientemente simples, é possível empregar métodos matemáticos como a álgebra, o cálculo ou a teoria da probabilidade para obter informações exatas sobre questões de nosso interesse (Law&Kelton, 1991). Entretanto a maioria dos sistemas do mundo real são complexos demais para permitir uma avaliação analítica, e por isto estes casos tem que ser estudados por meio de simulação. Nesta, usamos o computador para avaliar o sistema numericamente, e os dados são selecionados para estimar as características reais desejadas do modelo.

Segundo Ravindran&Gintaras (1982), nestes modelos as equações que descrevem o comportamento do sistema são agrupadas em módulos ou subrotinas que representam uma parte específica de equipamento como sendo a coleção de atividades associadas com uma mudança de estado do sistema. Cada um destes módulos ou subrotinas geralmente constitui uma entidade que pode envolver procedimentos numéricos internos, resolução de equações, integração ou procedimentos de ramificação. Modelos de simulação são utilizados quando a avaliação de equações é complexa, envolvendo variáveis

implicitamente indeterminadas, ou quando a seleção de um bloco lógico de procedimentos de cálculo ou equações adequadas são dependentes do estado do sistema.

A construção dos modelos pode ser realizada de maneira manual, ou com auxílio de programas de computador específicos para simulação, sendo esta última a de maior frequência e importância. Quanto menos transparente for a elaboração do modelo, tanto mais importante é a execução de sua validação, para que todos envolvidos estejam convencidos da “validade” do modelo. Esta fase não pode ser considerada uma prova de que o modelo representa a realidade com satisfação adequada, porque a validação é realizada por comparação com o comportamento do sistema real, reconhecido como verdadeiro e aceito como padrão por todas as pessoas ligadas ao estudo.

Quando um modelo não pode ser validado antes de sua aplicação, é recomendável que seja introduzido em etapas para comprovar sua validade em função de seus resultados práticos especialmente quando o sistema sob análise vai substituir um existente. Pode-se então implantar parte do novo sistema em paralelo com o existente, comparando os resultados obtidos com os esperados, e eventualmente corrigir desvios detectados.

Algumas considerações gerais importantes são:

- Não construir um modelo complicado quando um simples é suficiente, porque os modelos mais complexos não garantem melhores resultados, mas será obrigatoriamente mais caro, e o custo-benefício deve ser questionado continuamente em todas as fases de qualquer projeto. O grau de complexidade é diretamente proporcional ao risco de erros. Apenas este aspecto já recomenda adotar o modelo com menor complexidade dentro do absolutamente necessário.

- A formulação do problema deve ser independente de qualquer técnica de solução, devendo apenas ater-se às características fundamentais do sistema sob análise. Às vezes métodos heurísticos relativamente simples podem resultar em boa aproximação da solução ótima, como exemplificado por técnicas de aplicação direta na obra de Woolsey&Sanson (1975).

- O modelo não será melhor que as informações utilizadas para sua concepção, o que é válido também para a modelagem de simulação ou de otimização, a máxima difundida em programação de computador conhecida como LILO ( “LixoIn LixoOut”, Versão de GIGO “GarbageIn GarbageOut” em inglês).

• Modelos não substituem decisores, porque modelos estão sujeitos a erros e subjetividades humanos introduzidos durante sua elaboração, especialmente quando os objetivos são conflitantes. Modelos podem prover uma análise quantitativa das alternativas disponíveis para escolha pelos responsáveis, sendo assim, um auxílio para uma decisão objetiva.

A importância de desenvolver modelos adequados para os projetos de simulação é enfatizada por Robinson (1994), quando ressalta a necessidade de seguir uma rígida disciplina seqüencial de elaboração, iniciando com o modelo conceitual mínimo que deve ser aumentado em escopo e nível, em função dos objetivos principais do projeto de simulação, avaliando este atendimento a cada incremento. Lembra ainda que tanto o escopo com o nível devem ser adequados ao tempo e aos recursos disponíveis, como também aos dados e informações disponíveis e passíveis de serem obtidos.

A obra de Ekere&Hannam (1988), apresenta uma proposta de avaliação da adequabilidade dos programas de simulação disponíveis na época para modelar e simular sistemas de manufatura. Após ressaltar a crescente importância da simulação para lidar eficazmente com a intensificação de instalações de manufatura integrada, tais como sistemas flexíveis de manufatura, células robóticas, e exigências de JIT, apresenta a classificação básica dos sistemas de modelação existentes, categorizados em 3 grupos de enfoques (“World view”) para deflagrar mudanças no estado do modelo, quais sejam: evento, atividade e processo. Em um quarto grupo, os autores mostram programas combinados, que utilizam dois ou mais dos enfoques acima.

Em sua taxonomia de tipos de modelos, Emshoff&Sisson (1971) denominam os modelos destinados à simulação como “procedimentais”, permitindo a otimização por intermédio de buscas, e os definem como sendo de custo elevado, com facilidade para comunicação técnica satisfatória e não-técnica boa.

### **3.6 Análise de Sensibilidade**

Esta técnica analisa o comportamento dos resultados nos modelos quando um ou mais parâmetros ou coeficientes de entrada são mudados. A importância desta análise não pode ser subestimada, sendo freqüentemente usada como parte da validação do modelo, e para consolidar a confiabilidade nos resultados do trabalho. Para alcançar otimizações de qualidade, é indispensável a execução de uma detalhada análise de sensibilidade de todos parâmetros e

coeficientes importantes. Em muitos casos, esta análise será mais valiosa e fornece maior introspeção do sistema, do que os resultados propriamente ditos de otimização.

### 3.7 Programas de Simulação

A disponibilidade de programas de simulação para computador é ampla nos Estados Unidos, indubitavelmente o mais importante centro de desenvolvimento e uso de simulação de processos em computador. O levantamento publicado pela revista *Industrial Engineering* (IE Magazine Staff, 1994), relaciona 22 fornecedores nos USA e 1 na Grã-Bretanha oferecendo 48 produtos. Destes, 4 programas são de apoio aos 44 programas de simulação propriamente dita, dos quais 2 programas satisfazem 2 das 8 funções listadas, no extremo inferior, e 8 programas contem o total das 8 funções abaixo, no extremo superior:

- Controle de Processo
- Programação de Produção
- Programação de Matéria Prima
- Análise de Custo de Produto
- Gráficos com Base em CAD
- Desenvolvimento de Experimentos
- Sistema de Análise de Resultados
- Animação

A média dos 44 programas é de 5,2 funções por programa. Além de venda ou arrendamento dos 48 programas eletrônicos propriamente ditos, os fornecedores oferecem 3 tipos de serviços correlatos: Treinamento-45 programas, Consultoria-46 programas e Apoio-48 programas. Surpreende que apenas 10 programas de 5 fornecedores põe à disposição a ligação gratuita pelo prefixo nº 800. O Diretório de Programas de Simulação 1996/97, a ser publicado em breve pela revista *Simulation*, segundo convite aos provedores de programas de simulação para participar (Directory, 1997). Esta nova edição certamente vai ampliar significativamente esta base de informações, com a inclusão de programas mais amigáveis em um extremo, e mais avançados no outro extremo, todos com muitas inovações de funções.

### 3.8 Aplicações Notáveis

A presença de trabalhos acadêmicos relatando a utilização de simulação em aplicações com diversos graus de esoterismo é muito abundante. Praticamente todos congressos,

conferências ou encontros técnico-científicos de engenharia industrial e de produção, de administração e controle de produção contam com a presença de dezenas ou mais contribuições referentes à simulação, variando desde importantes a revolucionários. Isto sem mencionar, por não serem divulgadas, as aplicações da ferramenta simulação em assuntos de caráter sigiloso, envolvendo situações relativas à segurança nacional, ou análises de prevenções ou contenções de desastres de grande porte.

Também para situações de alto risco, ou com impossibilidade de investigação fatural, a simulação desempenha importante papel. Como exemplo, Gibbs (1997) descreve a preocupação do governo dos USA quanto à garantia de segurança contra auto detonação do estoque de armas nucleares, isto porque eles pretendem utilizar os 3 supercomputadores mais rápidos disponíveis, para simular explosões nucleares junto com todas mudanças importantes que ocorrem com as armas ao envelhecer. Pelos conhecimentos disponíveis hoje, sabe-se que as armas atômicas tornam-se mais seguras ao envelhecer, mas também tornam-se mais difíceis de detonar sob comando.

Outro exemplo de simulação insubstituível é a aplicação para prever possível acontecimento futuro de ordem sideral, amostrado pela ilustração na capa da revista Simulation (1997), da visualização elaborada por Engineering Animation, Inc. para o artigo especial "Asteroids: Deadly Impact" da revista National Geographic.

### **3.9 Limitações do Passado**

Até há poucos anos, os especialistas de simulação externavam sua preocupação com muitas limitações dos programas e do enfoque geral adotado, chamando atenção para as restrições que mantinham o alcance da simulação abaixo de seu potencial, e com isto limitavam seu universo de utilização muito aquém do possível.

Brewer (1995) na posição de responsável pela engenharia industrial e simulação da GM-USA, alerta para a necessidade urgente dos programas de simulação de superar algumas de suas deficiências mais importantes, entre os quais arrola: facilidade de alterar a terminologia dos programas para superara barreiras de linguagem; arquivo-registro de sessão de simulação; relógio definido por usuário; análises sofisticadas de resultados; arquivo automático de sessão de simulação; alterações de parâmetros durante a simulação; documentação eletrônica "on-line"; base de dados interna; base de dados externa; resposta auditiva; simulação em rede; reconhecimento de voz; e integração com outras ferramentas. Hoje, quase 3 anos mais tarde, é

pouco provável que a maioria dos programas mais utilizados satisfaça sequer a metade da lista de desejos de Brewer.

Ainda como amostra, é interessante rever outra proposta de desenvolvimento para a simulação em computador, publicada por Thompson (1994), na posição de Vice-Presidente de importante fornecedora de programas de simulação, vaticinando que esta técnica ultrapasse seu limite atual (na época) de aplicação nas fases de planejamento e projeto de sistemas de produção, para assumir importante papel na implantação e operação destes sistemas. Também aqui os avanços são modestos porque enquanto alguns provedores estão testando operações ao vivo em laboratórios, com PCP em base de programas de simulação, não existe operação deste tipo sequer em estágio piloto (Pedgen, 1966).

### **3.10 Desenvolvimentos Recentes**

A incorporação e penetração da tecnologia orientada a objeto nos programas de simulação em computador, provavelmente é resultado da divulgação bem sucedida das plataformas Windows e equivalentes. Sua adoção indubitavelmente está contribuindo positivamente na facilidade de elaboração do modelo, na escolha dos experimentos e no processamento das simulações, e na avaliação dos resultados com auxílio da animação, tudo muito mais amigável. Porém, a longa experiência, o profundo conhecimento e a grande habilidade do analista continuam sendo indispensáveis.

### **3.11 Importância da Simulação**

É quase certo que, em futuro próximo todas as organizações de produção, no mundo inteiro e também em nossa região, estarão sujeitas a exigências muito mais intensas, não apenas para adotar mudanças cada vez mais importantes e frequentes, mas ainda para prever e propô-las. Tanto as mudanças provocadas externamente por imposição do mercado, como aquelas derivadas de propostas espontâneas para geração de produtos e serviços novos, exigirão estudos para sua viabilização. Estas inovações sucessivamente demandarão maior intensidade de mudanças, promovidas pela característica exponencial da globalização, e por esta razão, seus impactos sobre as funções básicas da organização terão idêntica característica, exigindo por sua vez, ferramentas de análise mais aprimoradas. E quando se trata em projetar atividades em áreas ou com tecnologia ainda não dominada, a simulação torna-se indispensável.

As mudanças exigidas para manter a competitividade são necessidade de um mercado mais personalizado, porém sem sacrifício de outros requisitos considerados garantidos pelos consumidores, como qualidade e respeito ao ambiente.

Neste cenário, a simulação terá papel muito mais significativo que hoje, por ser uma ferramenta ideal para testar propostas de alterações em produtos, métodos e processos, permitindo avaliar em ambiente virtual, quais as alternativas mais promissoras, além de gerar hipóteses e testar suas viabilidades.

Com maior difusão de sua aplicação, a técnica vai tornar-se mais amigável e flexível, e assim aponta como uma tecnologia indispensável para a sobrevivência das organizações, dentro de prazo médio ou mesmo curto.

Dentro da provável forma futura da organização, com reduzida estrutura hierárquica e intenso intercâmbio com fornecedores e clientes, a vantagem competitiva ficará concentrada no corpo diretivo, porque as operações serão mais flexíveis e conduzidas diretamente pelos operários do conhecimento.

Combinado com a expectativa de crescimento relativo dos micro-agentes de produção, face à terceirização intensificada, estes últimos devem preparar-se para seu novo papel na economia.

## **4 - A SONDAGEM**

### **4.1 Simulação na Indústria Local e Regional**

Segundo as observações e verificações pessoais do autor, na indústria local a utilização desta poderosa ferramenta auxiliar para administrar mudanças no processo produtivo e de transportes, limita-se a duas unidades ligadas a corporações internacionais. Os outros estabelecimentos, incluídos os de grande e médio porte, aparentemente não se beneficiam da técnica, nem planejam adotá-la a curto prazo. Em âmbito regional é pouco provável encontrar situação muito diferente. Para verificar esta suspeita e confirmar se esta tendência ultrapassa os limites da região, achou-se necessário conduzir uma investigação sem uma limitação micro regional muito definida, mas objetivando cobrir a macro região do país que exhibe maior densidade industrial.

### **4.2 A Geografia Industrial Brasileira**

A região de maior importância industrial do País, é formada pelos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e esta constitui a área de interesse para o presente trabalho, cujo objetivo principal é mensurar a utilização de simulação de processos e de transporte, em relação ao seu potencial, em atividades industriais.

Dentro desta macro-região, destacam-se as áreas metropolitanas de Belo Horizonte, de São Paulo e seu interior, e com menor intensidade, a área metropolitana do Rio de Janeiro, o eixo Porto Alegre - Caxias do Sul, e o litoral norte de Santa Catarina. Destas, as duas maiores concentrações industriais gravitam em torno dos pólos de montadoras de automóveis, sediados em Betim, São Bernardo do Campo, Osasco, São José dos Campos e Taubaté, nas quais se verifica ainda uma intensa função multiplicadora por intermédio de seus fornecedores.

Além das atividades industriais de manufatura seriada, os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo sediam as grandes usinas siderúrgicas brasileiras, mantendo o primeiro deles ainda uma intensa atividade mineradora. Estas indústrias porém, não são os clientes ideais de simulação, porque seus produtos são de fluxo contínuo e quase constantes durante toda sua vida após a implantação, sendo apenas este evento inicial, ou os de grandes mudanças na linha de produtos ou de processos posteriores, as oportunidades que aproveitariam os benefícios de simulação.

A atividade industrial do Estado do Rio de Janeiro, ao contrário das anteriores, está centrada nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos, provavelmente com características de produção contínua bastante similares às do item anterior, porque os produtos mudam com frequência, mas os processos são os mesmos, ou muito idênticos. O Estado do Paraná apresenta uma industrialização incipiente ligada à produção de grãos oleaginosos na região de Ponta Grossa, e alguma importância manufatureira no polo industrial de Curitiba. O Estado de Santa Catarina, apresenta uma boa densidade e variedade de indústrias manufatureiras especialmente em seu litoral e sua região nordeste, além de razoável indústria pesqueira. No Sul do Estado concentram-se as indústrias carbonífera e de cerâmica de revestimento. O planalto catarinense abriga importantes complexos de processamento de alimentos derivados da agropecuária. No Rio Grande do Sul, além do tradicional eixo Porto Alegre - Caxias do Sul, está ocorrendo uma esparsa industrialização em centros urbanos de média dimensão, em regiões antes essencialmente agrícolas.

Outrossim, o quadro atual de disseminação industrial, deverá sofrer significativas alterações em futuro próximo, com a implantação de novas montadoras, como a Honda, já em produção no interior de São Paulo, além dos planos de outras, e das expansões das montadoras multinacionais já estabelecidas no País. Como regra geral, verifica-se uma tendência em direção ao Sul, possivelmente motivado por dois fatores coincidentes: a proximidade dos parceiros do Mercosul, e a relativamente baixa saturação industrial existente na região sul do Brasil. Por ser a indústria automotiva a locomotiva de industrialização, esta migração pode promover algum deslocamento em direção ao Sul, do centro de gravidade industrial do País, com alguns benefícios decorrentes de uma melhor distribuição geográfica.

Sendo as áreas acima referidas as de maior interesse para a sondagem pretendida, é impossível determinar com algum grau de correção, a aderência entre a importância relativa de cada sub-área, com as respostas recolhidas da mesma. Nem foi possível por diversas razões, cobrir toda a região, faltando qualquer informação de Minas Gerais e do Rio de Janeiro. Independente das limitações do presente ensaio, seria extremamente difícil, e sujeito a graves erros de avaliação, a adoção de fatores de ponderação, tanto para o potencial, como para a realidade sob análise. Esta, portanto é uma das limitações que deverá estar presente na apreciação dos resultados.

### 4.3 Um Aspecto Micro-Regional

A região de Joinville, tradicional fornecedora de componentes para as montadoras de veículos, além de importante centro de produção de eletrodomésticos e fundidos, bem como de artigos têxteis, tem excepcional oportunidade para tornar-se uma fonte de suprimentos para o futuro polo de produção de carros e de eletrodomésticos, em formação na região de Curitiba. A expansão industrial na região daquela capital a partir de um núcleo já existente, não conta com forte tradição naqueles subfornecimentos. A curta distância em boa rodovia de pista dupla que liga os dois centros, e a tradição centenária neste ramo somada ao potencial de Joinville favorece tal cenário.

Entretanto, segundo a experiência e o conhecimento pessoal do autor, o uso de simulação hoje está restrito a poucas organizações na região de Joinville, apesar da constatação de sua importância para a competitividade de todas organizações, inclusive para aquelas de menor porte. Se confirmada esta situação, existe a necessidade de preparação destes produtores com treinamento adequado para aproveitar as oportunidades que se descortinam, se forem confirmadas as suspeitas acima.

### 4.4 O Questionamento

Tendo em consideração a dificuldade em definir uma medição da utilização de simulação adequada para cada situação, mas tendo também em vista a convicção de que antes existe falta do que excesso de aplicação, entende-se ser necessário conhecer a opinião dos agentes econômicos envolvidos no assunto.

Basicamente, surgem as seguintes perguntas:

- A intensidade de utilização da simulação é adequada?
- Se a resposta anterior for negativa, qual é a causa?
- O que deve ser feito para corrigir a deficiência ?

Para obter respostas a estas perguntas mais próximas da realidade, é recomendada uma sondagem de opinião junto aos envolvidos.

### 4.5 A Pesquisa

Para avaliar com boa confiabilidade o grau de utilização da técnica de simulação naquelas atividades econômicas capazes de alcançarem benefícios significativos com sua

aplicação, foi realizada uma investigação junto a três setores distintos da economia regional. São estes representados por:

- agentes de difusão, comercialização, aplicação, ensino e consultoria junto aos usuários em potencial de métodos e de programas de simulação;

- empresas de grande e médio porte envolvidas com processos e produtos em contínua transição e sujeitos a frequentes rupturas em sua essência de peculiaridades de concepção e produção;

- micro-agentes econômicos representados por profissionais autônomos, micro e pequenas empresas, estas últimas limitadas a menos de 20 colaboradores. Apesar de não possuírem hoje dimensão e/ou complexidade processual para justificar o emprego de simulação, entende-se que estes agentes deverão obrigatoriamente desenvolver sua tecnologia administrativa para cumprir com eficácia seu papel de fornecedores terceirizados, em futuro próximo. Por esta razão estes micro-agentes econômicos foram incluídos nesta sondagem com questionário específico, que contém um leque ampliado de técnicas, além da simulação, para avaliar sua capacitação administrativa geral.

#### 4.6 Metodologia

O meio de consulta escolhido foram questionários específicos para cada setor de agentes. Cada questionário é constituído de uma única página por participante, reproduzida com cabeçalho padrão do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina.

A natureza dos envolvidos exigiu um questionário específico para cada um dos três setores acima referidos, porque a esfera de conhecimentos de cada grupo é essencialmente diversa. Por exemplo, não existe dúvida que os usuários não possuem condições de avaliar se a técnica simulação é empregada acima, abaixo, ou dentro de seu potencial, mas o agente difusor possui esta informação ou pode avaliá-la. De outro lado, apenas o empresário que usou simulação pode informar corretamente se o resultado foi satisfatório ou não.

A diferenciação entre organizações de porte e micro-agentes econômicos foi necessária, partindo da realidade que os últimos não tem a mesma oportunidade para conhecer e praticar técnicas e métodos com alguma sofisticação, sendo provável que muito poucos sequer as conheçam. Por esta razão o espectro das perguntas foi ampliado e reduzida sua profundidade de pesquisa específica sobre simulação. Decidiu-se realizar uma avaliação

paralela do grau de conhecimento e da utilização de métodos de administração da produção em geral. Isto, face às projeções de papel mais destacado para estes agentes em futuro próximo, resultado da intensa terceirização das atividades de manufatura. Os Anexos 1, 2 e 3 reproduzem estes três questionários específicos, cujas finalidades são:

Os objetivos de cada questionário são flagrantes:

- conhecer a opinião dos agentes de difusão referente à intensidade do uso de simulação;
- registrar o grau de utilização e satisfação dos potenciais empresários de porte médio e grande, usuários ou não, e também a razão da não utilização;
- avaliar o potencial de utilização junto aos agentes pequenos, não apenas referente à simulação, mas também a uma amostra de métodos, desde os mais difundidos e praticamente necessários a todos empreendimentos, até alguns mais exóticos de aplicação muito específica e limitada.
- identificar o tipo de atividade e a dimensão da organização.

Os impressos foram capeados por envelopes, dobrados em três partes iguais e com endereço para devolução ao autor pré-impresso no verso, bastando desdobrar o terço superior e colar uma das abas, para ser postado. Além disto, foram incluídos cartão ou carta de acompanhamento, descrevendo os objetivos, a importância da resposta e agradecendo a colaboração. Os modelos são específicos para:

- Participantes previamente contatados por telefone, que concordaram em responder, cartão de encaminhamento (Anexo 4);
- Participantes não contatados antecipadamente, a maioria entregues pessoalmente, carta de encaminhamento (Anexo 5);
- Autores de trabalhos apresentados ao 16º ENEGEP, Piracicaba Agosto de 1996, carta de encaminhamento personalizada (Anexo 6).

#### **4.7 Endereços**

Os endereços dos destinatários foram obtidos das seguintes fontes e maneiras:

##### **Difusores**

- Aqueles dos agentes tecnico-comerciais de programas de simulação e ofertantes de consultoria foram obtidos de material publicitário distribuído em congressos e similares, ou

recebidos pelos correio. Por sua vez, esperava-se obter destes agentes, endereços, ou a colaboração para remeter questionários a dezenas ou mais empresários, entre seus clientes de fato ou em potencial. Entretanto, esta foi uma limitação imprevista deste trabalho, porque, devido a uma ou outra razão, excetuado um agente, a resposta a este esforço foi quase nula.

- O subgrupo acadêmico é constituído por autores ou co-autores de trabalhos técnico-científicos apresentados no 16º ENEGEP em Piracicaba, cujo título contem a palavra “simulação”, com endereços identificados nos respectivos Anais. Um formato personalizado de carta de acompanhamento capeou os questionários remetidos aos autores de contribuições ao 16º ENEGEP (Anexo 6).

### **Empresas**

- Os telefones de profissionais em empresas de porte situadas no Sul do País foram cedidos por um agente-consultor regional, com bom índice de respostas, dos que puderam ser alcançados. Os questionários enviados em consequência de anuência pelo participante em contato telefônico prévio foram acompanhados de cartão agradecendo a contribuição ( Veja Anexo 4).

- Outra parte das respostas foi coletada em salas de aula em cursos superiores da região, por especial gentileza de professores colegas de mestrado, bem como de profissionais do relacionamento pessoal do autor.

### **Micro-agentes**

- A grande maioria das respostas foi obtida em salas de aula.
- Alguns questionários foram respondidos por profissionais conhecidos do autor.

Aqueles enviados diretamente ou aplicados em cursos superiores foram acompanhados de carta explanatória solicitando a cooperação e agradecendo sua atenção (Anexo 5).

Em todos os casos, a principal preocupação foi a de deixar bem claro que a sondagem não visa conhecer a situação de um determinado tipo, origem ou marca de programa de simulação, mas sim adquirir conhecimentos sobre a utilização geral de simulação de processos, como ferramenta moderna para gestão de mudanças e transformações.

Com o objetivo de ir de encontro a eventuais preocupações subjacentes de informantes quanto ao sigilo, a identificação de pessoa ou empresa não foi exigência, mas sim opcional,

devendo o endereço do informante ser indicado quando houver interesse em receber o resultado da sondagem.

#### **4.8 Setor Difusores**

Os Questionários para Difusores (Anexo 1) foram enviados a agentes e distribuidores técnico-comerciais de programas de simulação de processos, após contatos telefônicos solicitando sua colaboração na intermediação junto a seus clientes atuais ou potenciais, objetivando e esperando obter um bom número de respostas. Entretanto, dos quatro endereços contatados, apenas um contribuiu com boa lista de telefones que resultaram em ótimo índice de respostas..

Para facilitar as transmissões de documentos, e ainda para contornar os impasses da demorada greve do correio na região de São Paulo, foi efetuada a transmissão de todo material pela Internet, propondo o retorno pela mesma via, se desejado.

#### **4.9 Setor Empresas**

Neste grupo foram incluídas empresas com mais de 20 colaboradores, e cujo Questionário específico consta no Anexo 2. Os formulários foram destinados a profissionais atuantes nas empresas e organizações de porte, locais ou regionais.

#### **4.10 Setor Micro-Agentes**

O questionário específico para este grupo de profissionais/empresas é reproduzido no Anexo 3. Foram distribuídos a pessoas que fazem parte do segmento que certamente irá ostentar crescimento e desenvolvimento ímpares em futuro próximo, como resultado da terceirização já iniciada e a ser intensificada no futuro, promovida pelas grandes empresas e montadoras, em sua trajetória rumo à organização da era global e da informática.

A extrema flexibilidade exigida pelo mercado global emergente demandará a utilização cada dia mais intensa de simulação para avaliar com mais propriedade os reflexos das mudanças de produtos e processos, e facilitar a escolha de alternativas com os melhores custos, prazos, e impactos ambientais possíveis. Pela transferência da produção e pré-montagem de módulos e componentes do produto final, para empresas mais ágeis e pró-ativas, pode a organização criadora, montadora e comercializadora florescer ou sobreviver nesta atual ou próxima era econômica.

Os questionários para autônomos e pequenas empresas foram enviados a pessoas previamente contatadas por telefone ou pessoalmente, ou ainda entregues em salas de aula ou por ocasião de reuniões específicas.

#### 4.11 Respostas: Difusores

A Tabela DIFUSORES - Resumo das Respostas (Anexo 7) contém a tabulação das opiniões registradas pelos 13 participantes.

Questão A: Quanto à utilização da simulação em relação ao potencial, todos opinaram ser menor que o potencial, distribuídos entre 54% para *Muito Abaixo* e 46% para *Abaixo*.

Questão B<sub>1</sub>: Como motivo desta subutilização, apontam o *Desconhecimento do método* como mais importante, com 24 % do total, seguido de *Falta de propaganda/difusão* com 15 %, e depois, *Desconhecimento do problema* e *Dificuldade de pré-avaliação de custo/benefício* empatados com 12 % cada; na seqüência, *Custo elevado da análise* empatado com *Falta de confiança na validade* em 10%, *Indisponibilidade de dados/informações* empatado com *Outros* ambos com 7% e terminando com *Escassez de serviços de consultoria*, com 2%. Não receberam nenhum voto, os motivos *Baixo volume de produção* e *Processo totalmente mecanizado*. ambos motivos institucionais. Apesar de uma distribuição das respostas nas 10 alternativas votadas com relativa uniformidade, os três mais indicados destacam-se significativamente.

Obs.: Neste sub-questo, foram assinalados 41 registros, ou sejam quase 3,2 escolhas por participante, o que indica baixo grau de certeza ou identificação das causas.

Questão B<sub>2</sub>: Para remediar a situação, a resposta *Aumentar a difusão da simulação* recebeu 55% do total de 20 registros, sendo importantes apenas os dois seguintes: *Desenvolver programas mais amigáveis* com 20% e *Formar e oferecer mais consultores* com 15%. A opção *Outras* alcançou 10%, e *Melhorar a qualidade das aplicações* nenhuma resposta.

Questão C: Os seis participantes de *São Paulo: Oeste+Centro+Reg. S.Carlos*, representam 46 %, que somados a 4% arbitrados para S.Paulo e Rio Claro, formam a região denominada *S.Paulo e Interior*, com 50%. Os difusores que cobrem os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram agrupadas na região *Brasil-Sul*, totalizando 31%. A parte do Brasil ao norte do estado de S.Paulo, denominada *Brasil-Setentrional*, participa com 6%, cabendo 11% à *América Latina*.

Obs.: A elevada concentração no interior de S.Paulo resultou da maciça participação dos autores de contribuições ao 16º ENEGEP realizado em São Carlos.

#### 4.12 Opiniões/Sugestões dos Difusores

1- *A grande limitação do uso da “simulação” é que ela requer dados confiáveis e estes são caros e demandam tempo. Logo a simulação deve ser vista como última ferramenta no processo de aperfeiçoamento de um sistema.*

Esta é uma posição hoje abandonada por boa parte dos pesquisadores, porque os programas tornaram-se muito mais amigáveis nos últimos anos. Mas não há dúvida que podem progredir mais, se houver decisão para difundir mais as aplicações.

2-*Respostas fornecidas tendo como referência software de simulação da manufatura.*

O respondente informa que suas respostas limitam-se aos programas mencionados..

3-*No livro de Michael Pidd (Modelagem Empresarial) ele cita que a realidade deve ser considerada dentro de uma nuvem, pois é difícil definir o problema real, em função das variáveis atuantes.*

Este comentário transmite a opinião do autor do livro, com referência às dificuldades para especificar os problemas encontrados na prática..

4-*Hoje é muito fácil encontrar programas amigáveis.*

Expressa a opinião do respondente, referente à Questão B<sub>2</sub> Opção: *Desenvolver programas mais amigáveis.*

5-*Sugestões para ampliar o número de respostas específicas*

Questão B<sub>1</sub>-Opção *Custo elevado da análise: Acrescentar Tempo*

- Opção *Outros: Acrescentar Exigência de dados confiáveis.*

- Opção *Outros: Acrescentar Falta de Formação Escolar*

Questão B<sub>2</sub>-Opção *Outros: Incluir como cadeira curricular Eng<sup>a</sup>. /Administração.*

São sugestões interessantes; os questionários foram elaborados com a preocupação de compactar para facilitar o preenchimento e para não ultrapassar uma única folha.

#### 4.13 Respostas: Empresas

Os números referentes a estes questionários encontram-se na folha EMPRESAS: Resumo das Respostas (Anexo 8), mostrando que dos 28 informantes, 61% são usuários e

39% não-usuários, confirmando que a amostra abrange apenas uma parte infinitamente pequena da totalidade das empresas deste porte na Região.

Este fato não representa nenhuma dificuldade, porque o objetivo desta sondagem não é a determinação desta participação. A quantidade majoritária de usuários, definitivamente atípica, pode ter sido causada por um ou mais dos seguintes motivos:

- mais de um informante da mesma empresa;
- direcionamento da amostra a favor de usuários (endereços fornecidos por agentes);
- uso apenas esporádico (não expressivo);
- interpretação ampla do termo “simulação” (PCP é simulação?; Idem MRP, e outros)
- outros desvios.

Questão A<sub>1</sub>: A utilização obedece a uma distribuição bastante equilibrada, entre o máximo de 34% em *Linhas de produção*, seguido de 22% em *Arranjo físico*, 17% em *Outros*, 15% em *Movimentação* e 12% em *Automação*. Neste subquesito os 17 usuários fizeram em média 2,3 opções

Questão A<sub>2</sub>: Quanto aos tempos de utilização, a distribuição é crescente, de 25% com *Menos de um ano* para 31% com *Mais de um e menos de três anos*, e depois 44% com *Mais de três anos*.

**Obs.** Um dos respondentes omitiu a resposta desta questão.

Quesito A<sub>3</sub>: Os resultados em custos/benefícios são favoráveis, mostrando 71 % *Bons*, 24% *Excelentes* e 6% *Insatisfatórios*.

Questão B: Para aqueles que não usam simulação, o motivo *Desconhece a técnica* prevalece com 45%, seguido de *Outras causas* :*Ex. Treinamento, Apoio int./ext.* com 36% , e depois *Não se justifica economicamente* e *Produto/Processo inalterado*, com 9% cada um.

Observação: As respostas da Questão C foram separadas entre Usa Simulação e Não Usa, para testar uma eventual correlação entre *Atividade e Dimensão* da empresa (Quantidade de colaboradores).

Questão C<sub>1</sub>: A grande maioria das organizações, tanto usuária com não-usuária, atua no ramo de *Transformação Industrial*, a minoria em *Serviços Técnicos e Outros*, com modesta tendência dos Não-Usuários a favor de serviços, portanto dentro da expectativa.

Questão C<sub>2</sub>: As faixas de *Até 100* e *Entre 101 e 1.000* somam 79% do total de declarantes, mas a separação indica A subdivisão entre usuários e não-usuários mostra uma fraca tendência de correlação direta entre tamanho da organização e uso de simulação: Entre

os Não-Usuários não há nenhuma com mais de 5 000 empregados; e percentualmente, 82% da amostra de Não-Usuários empregam menos de 1 000 pessoas, dos Usuários são apenas 77% nestas faixas, indicando que as Usuárias são de maior porte. Mas na faixa seguinte, contendo organizações grandes, com 1.001 a 5.000 colaboradores, estão 12% dos Usuários e 18% dos Não-Usuários, portanto uma tendência inversa à anterior.

#### 4.14 Respostas: Micro-Agentes

Para o presente trabalho interessam diretamente apenas os resultados da linha "Simulação de Processos". A folha MICRO-AGENTES: Resumo dos Resultados mostra os valores (Anexo 9).

Para efeito de coerência, foram feitos os seguintes ajustes gerais, registrados com tinta verde nas folhas de respostas individuais:

As colunas A e B são mutuamente excludentes, porque ou *Conhece*, ou *Não Conhece*, sendo a soma das duas igual a 100% (11 x 16 = 176 registros na linha *SUBTOTALS*).

- Ajuste Coluna *Não Conhece*: Foi adotado em cada linha de quem não escolheu nenhuma outra coluna, porque não conhece.

- Ajuste na Coluna *Conhece*: Foi adotado quem utiliza, porque conhece.

Os resultados da linha *Simulação de Processos*, diretamente ligados ao presente trabalho são:

- Do total de 16 informantes, 63% *Não conhece* e destes 10 informantes, apenas 3 *Tem interesse* (19%). Dos 6 respondentes que assinalaram *Conhece*, (37%), só a metade *Utiliza*, igual a 19% dos informantes.

- Registros simultâneos: *Conhece+Utiliza = 3; Conhece+Nenhuma outra=3; Não conhece+Tem interesse=3*; todos iguais a 19% do total de declarantes

Observação: Das linhas restantes, referentes a outras técnicas/métodos merece destaque aquela de *Projeções Pluri-Anuais*, a única com mais respostas que *Simulação de Processos* na coluna *Não conhece*, com 11 respostas, ou sejam, 63% do total de respondentes. As outras técnicas declaradas como *Não conhece* pelos informantes são, em ordem decrescente: *Análise de Valor-8, Progr. Controle da Produção-7, Análise de Decisão-6, Orçamento Anual-5, Padrões Industriais-4, Planejamento Estratégico e Controle de Qualidade-3* cada uma, *Custos e Treinamento de Pessoal-3* cada uma.

Como resultado positivo, é interessante observar que da totalidade dos respondentes, 65% afirmam conhecer as 11 técnicas contidas no questionário, havendo apenas duas técnicas, com mais respostas *Não conhece* do que *Conhece*, e uma com empate. Como avaliação geral, reflete uma situação de conhecimento boa.

#### 4.15 Entrevistas e Observações

Objetivando aumentar a contribuição de informações referente ao uso de simulação além das respostas colhidas nos questionários, foram conduzidas entrevistas com profissionais direta ou indiretamente ligados à simulação, para ampliar o espectro de opiniões e experiências referente ao uso da técnica. As entrevistas não foram estruturadas segundo algum modelo específico, objetivando colher testemunhos pessoais mais genuínos em relação a suas experiências e sugestões referentes ao assunto, e assim contribuir no desenvolvimento das aplicações de simulação. Além das informações transmitidas nas entrevistas, também foram incluídas nos relatos abaixo, as observações mais pertinentes registradas nos questionários.

**Relato A:** Como responsável pela função de engenharia industrial em grande empresa industrial, participou de treinamento básico em simulação ao liderar um grupo de trabalho piloto para analisar uma situação específica de preocupação em sua empresa. Foi desenvolvido um projeto que não foi implantado, apesar da avaliação positiva de seu potencial. Em seguida assumiu outras funções na empresa, e afastou-se destas tarefas específicas, mas entende que os programas de simulação deveriam tornar-se menos complicados e dispendiosos. Acredita que módulos com especificidade de aplicações podem resultar em preços mais acessíveis, menor esforço de treinamento dos aplicadores, resultando em custos de análise menos dispendiosos. A dificuldade para obter informações corretas sobre os tempos de processamentos e de outras atividades, além das respectivas distribuições estatísticas, por exemplo, mesmo não sendo a situação em sua empresa, pode ser outro, ou talvez o maior obstáculo ao emprego da simulação em geral, em empresas de porte médio e pequeno. Nestas organizações de menor porte, tais informações geralmente não existem, porque apenas a simulação aplicada com auxílio de programas de computação, compila a influência das variações para as quais uma oferta de consultoria eficaz seria a única solução.

**Relato B:** Participou de projeto específico, na função de Métodos e Processos, havendo sido contratado uma consultoria de simulação em área específica de estrangulamento de capacidade, o qual foi implantado com resultados positivos. Paralelamente ao desenvolvimento do projeto, foram treinados 4 analistas para formar uma futura equipe de simulação, que não foi efetivada porque o custo de aquisição do programa de simulação não justificou sua aquisição. Estão utilizando ferramentas alternativas com capacidade adequada à suas necessidades.

**Relato C:** Um participante do grupo difusores comentou a limitação resultante da adoção de determinado programa de simulação pelo professor, no curso de graduação ou de pós-graduação. Por serem muito diferenciados entre si, quem apreende trabalhar com aquele programa tem dificuldade para dominar outro programa. Para minorar esta parcialidade, sugere que a escola adote um procedimento de rotação dos programas mais difundidos, em ciclos de alguns semestres, e quando houver mais de um professor lecionando a disciplina, serão adotados programas diferentes.

**Relato D:** Na área de Tempos e Arranjos Físicos de grande empresa industrial a simulação é utilizada intensamente, envolvendo também os fornecedores, sendo considerada uma ferramenta muito útil para identificar deficiências não aparentes e para promover a produtividade. Também é utilizada para análise das atividades de implantação de linhas ou centros de produção envolvendo diretamente os fornecedores destas instalações. O custo de aquisição do programa de simulação e as exigências de treinamento extenso dos analistas tornam os programas muito dispendiosos e inviáveis para organizações de pequeno porte. As exigências de informações corretas sobre os tempos necessários para todos eventos, e de suas características de distribuição estatística, informações estas geralmente indisponíveis a estes produtores pequenos, impossibilitam até a contratação de consultoria. Entende que todos analistas utilizando simulação deveriam possuir conhecimentos profundos e avançados de estatística, para que possam contribuir positivamente na qualidade das análises.

**Relato E:** Sob forma de sugestão anotada no questionário, um professor universitário propõe que a simulação seja incluída como cadeira curricular nos cursos de engenharia e administração.

**Relato F:** Outro professor universitário opina que a simulação, por exigir dados confiáveis, que são caros e demandam muito tempo, deve ser vista como última ferramenta no processo de aperfeiçoamento de um sistema.

**Relato G:** Professor universitário, entende que hoje é muito fácil de encontrar programas amigáveis (Opinião contrária à maioria dos participantes).

**Relato H:** Anexo ao questionário, a empresa informa que não conseguiu comprovar o retorno do investimento para implantar um programa de simulação, face aos elevados custos de aquisição. Gostariam de usar em arranjo físico, balanceamento de linhas e células de produção.

#### 4.16 Correlações

Foram analisadas as existências de correlações que podem parecer lógicas, sendo que alguns resultados contrariam as expectativas consideradas normais. A justificativa para tal divergência pode ter sido causada por quantidade insuficiente de amostras, fato que pode mascarar ou falsear uma correlação de fato existente.

Este provavelmente é o caso da condição de empresa usuária ou não, em função de sua dimensão expressa pela quantidade de colaboradores. Existe a convicção de que a tendência de utilizar a simulação é mais favorável por parte de empresas de maior porte, dentro da situação presente de prevalência de programas mais pesados, e portanto, mais dispendiosos, os quais exigem maior exatidão e disponibilidade de informações.

Também, dependendo da propriedade investigada, pode ocorrer grande distorção devido ao fato da amostra ter sido direcionada, com maior ou menor intensidade, a favor ou contra a função sob análise. Como exemplo, pode-se afirmar que a maior parte dos questionários preenchidos por “empresas”, foram encaminhados a usuários ou, ao menos a concededores da simulação, devido à fonte de seus endereços. Por esta razão, conforme já enfatizado no comentário do resultado da muito elevada quantidade de usuários, porque este não representa a real situação de elitização da simulação pelo universo das empresas na área amostrada. Porém, se neste caso a aparente divergência, ou falta de correlação pode facilmente ser explicada, nem sempre isto acontece com todos parâmetros.

Para verificar a existência de correlações dos resultados, cada setor foi analisado com objetivo de encontrar alguma viabilidade de relação entre causa e efeito, dos parâmetros.

a) No setor **Difusores** o parâmetro *região de atuação* foi eliminado como candidato de variável dependente ou independente, por sua natureza eminentemente difusa, como se depreende das próprias expressões usadas pelos declarantes, expressando extrema amplitude como *América Latina*, ou sem nenhuma qualificação específica, como *Joinville*. Tampouco seria viável haver expectativas diferentes, mesmo porque as limitações de região são muito vagas. Um dos difusores incluiu na resposta àquele quesito, também sua área de atuação.

Para verificar se existe correlação, o quesito *A-Grau de utilização* foi adotado como variável independente, sendo avaliados os comportamentos das respostas registradas nos quesitos  $B_1$ - "*motivo da subutilização*", e  $B_2$ - "*solução para corrigir*", para cada grupo de questionários das duas únicas respostas assinaladas no Quesito A, ou sejam: "Muito Abaixo" e "Abaixo".

Todos questionários foram separados em dois grupos, segundo as respostas ao quesito A, que foram limitadas às opções *Muito Abaixo* e *Abaixo*. Depois as quantidades de respostas a cada linha dos quesitos  $B_1$  e  $B_2$  atribuídas pelos respondentes, foram contadas e as quantidades de respostas transformadas em percentagens, atribuindo ao total de respostas em cada subquesito o valor de 100%.

O exame visual dos valores indica diferenças pequenas entre os dois grupos, e os dados lançados em gráficos esboçados a mão livre mostram muita semelhança. As pequenas diferenças possivelmente são resultado de desvios que não foram compensados estatisticamente devido à limitada quantidade de informações, podendo-se afirmar com bastante segurança que não existe correlação importante entre as alternativas do Quesito A e as respostas aos Quesitos  $B_1$  e  $B_2$ .

b) O setor **Empresas** foi pesquisado, adotando a dimensão da empresa, segundo os quatro intervalos de quantidade de colaboradores, como variável determinante, e segundo as quais os questionários foram agrupados, e as respectivas respostas foram compiladas e transformadas em percentuais de cada quesito.

A análise foi iniciada pelo agrupamento dos questionários em cada um destes intervalos de colaboradores, para determinar o número de respostas atribuídas a cada linha, que depois foram transformadas em porcentagens do total de cada quesito, e então organizados convenientemente em tabelas, que não denunciam qualquer correlação. Também a representação gráfica, elaborada em esboços a mão livre, não permitiu ilações importantes referentes uma relação entre dimensão da empresa e os diversos itens dos questionário.

Possivelmente a amostra não possui tamanho suficiente para permitir sua subdivisão em grupos ainda menores, e números reduzidos muitas vezes a uma só resposta de uma linha. É evidente o risco de usar um só resposta para análises deste tipo. Também devido a esta limitação, é possível que eventuais desvios de informação ou interpretação possam ser anulados ou atenuados estatisticamente.

c) Na situação do setor de **Micro-Agentes**, a dificuldade derivada da dimensão da amostra, fica ainda mais evidente, porque a quantidade de respostas é muito limitada. As observações pertinentes são apresentadas no item **4.14 Respostas: Micro-Agentes**.

#### **4.17 Comentários**

Os resultados alcançados são bons, pois apresentam consistência aceitável e atendem total e perfeitamente aos objetivos do presente trabalho. Podem ser utilizados para análises, agora com base em valores determinados com auxílio de pesquisa de campo, apenas tomando em consideração as limitações desta investigação.

De uma forma geral, estas conclusões não trouxeram surpresas muito grandes. Das leituras pode-se concluir que as organizações produtivas e os agentes promotores amostrados necessitam promover transformações em suas atitudes com urgência, se pretendem adentrar o novo século em condições de competitividade mundial.

As informações subjacentes que podem ser deduzidas destes resultados sugerem que em geral, a empresa não está convencida da necessidade técnica de simulação, e portanto não faz questão de conhecer ou empregá-las. Por outro lado, os agentes e difusores não conseguem promover a difusão na intensidade necessária para romper este círculo vicioso.

A impressão indiretamente transmitida por alguns dos agentes técnico-comerciais, é de preferência aos congressos e reuniões afins, em detrimento da aproximação com clientes eventuais que não freqüentam tais circuitos. A ênfase de esforço na comunidade acadêmica tem sua justificativa porque, tal como os congressos, possui grande efeito multiplicador. Porém, enquanto as reuniões técnico-científicas são um ambiente ideal, onde muitas façanhas são louvadas, mesmo que nem sempre sejam totalmente importantes, tem-se a impressão que é preciso dedicar mais atenção ao chão de fábrica, onde os problemas acontecem, as “realidades” são mais importantes e geralmente mais difíceis para resolver.

O papel, e hoje a tela do computador, são muito pacientes, e aceitam tudo que neles colocamos. As dificuldades aparecem quando “temos que sujar as mãos”, como afirma o

experiente e grande mestre Drucker, ao referir-se às dificuldades práticas para realizar e executar os planos e projetos teoricamente perfeitos. Talvez os difusores devessem “meter mais a mão na massa”, porque estejam demasiadamente elitizados. Para alcançar os micro-agentes, que estão ainda mais próximos da linha de fogo, é indispensável adotar uma postura totalmente diferente de saber lutar diretamente com os problemas diários, e adotar a linguagem e posturas destes micro-agentes econômicos.

Empresas que não utilizam a simulação declaram como causa principal seu desconhecimento, e os difusores afirmam que as causas mais importantes da flagrante subutilização são o desconhecimento e falta de difusão da técnica.

O que está faltando é um esforço conjugado, constituído por difusão eficiente apoiada em consultoria eficaz e convincente por parte dos difusores, e portas abertas nas empresas. Ressalte-se, entretanto, que as empresas que utilizam a simulação declaram resultados entre bons e excelentes.

## 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Limitações da pesquisa

Parcela importante de toda investigação é a especificação de suas limitações, às quais praticamente todo trabalho deste tipo está sujeito. Mesmo as pesquisas sofisticadas, conduzidas dentro das melhores técnicas de organização e execução, ou seja de amostragem, de processamento dos dados e de validação das conclusões, sempre terão um limite, dentro de uma ou mais dimensões.

Para o presente trabalho de investigação, as dimensões mais significativas são a abrangência geográfica, e a importância relativa dentro do potencial total, das respectivas áreas parciais. A abrangência territorial pode ser adotada, com algum grau de incerteza ou de erro, igual a das regiões de atuação informadas pelos difusores. Neste caso, o grau de incerteza é derivado da capacidade de atuação de cada informante, porque é impossível determinar p. Ex., sem informações adicionais ou auxílio de avaliações de efetividade, se um professor universitário cobrindo determinada região, cuja definição por sua vez é um problema, representa um agente de difusão com maior ou menor eficácia que o agente comercial da mesma área. De maneira idêntica, a resposta *América Latina*, como área de atuação de um agente técnico-comercial pode significar uma ação muito eficaz no Paraguai, e praticamente inócua em Belize, ou mesmo o inverso. Estas considerações servem apenas para ilustrar a questão. Fica portanto, ressalvada esta indefinição intrínseca na limitação do espaço territorial coberto pela pesquisa.

Dentro da dimensão qualitativa de importância relativa, por exemplo, pode-se aceitar como pouco provável que a resposta *Muito abaixo* sobre o uso da simulação em relação ao seu potencial, tenha exatamente o mesmo significado por parte de todos informantes. Neste caso específico, sendo obrigatória a escolha única, e como todos difusores utilizaram as duas primeiras opções, em partes quase iguais, é lícito supor que a opinião média deste setor está entre “Muito abaixo” e “Abaixo”. Porém, tal raciocínio não permite extrapolar esta opinião para toda a região coberta pelos informantes, porque a quantidade de respostas coletadas não permite esta generalização.

Portanto, no caso presente, as limitações derivadas da quantidade limitada de respostas obtidas, e das diferenças de interpretação das palavras usadas na formulação dos quesitos são

dois fatores importantes que devem ser tomados em consideração na leitura dos resultados obtidos.

Outra limitação de toda pesquisa realizada por via documental, idêntica à presente, consiste na interpretação individual de cada informante, das palavras empregadas nos quesitos. Na situação presente, já em momento posterior da distribuição dos questionários, surgiu a pergunta: “A utilização do programa MRP para Programação e Controle da Produção é uma simulação?”. A resposta correta é afirmativa porque estes programas “simulam” a produção futura durante um período determinado. Porém o objetivo da pesquisa é uma forma de simulação ampla, e não restrita à programação de produção, como é o caso do MRP.

As muito difundidas pesquisas de opinião dos meios de comunicação, dispõe de quantidade de informantes muito superior às do presente estudo. Porém sob o prisma de qualidade, a presente investigação tem o grande benefício da qualificação dos declarantes, a maioria envolvidos no assunto, e respondendo voluntariamente.

Também no tocante ao fator prejudicial de surpresa e intimidação, as enquetes promovidas ao vivo pela televisão, certamente estão sujeitas a uma distorção significativa devido à sua natureza invasiva da privacidade, provocada pela surpresa da pergunta, pela presença de repórter, câmara, refletores e microfone. A sondagem promovida no presente trabalho, ao contrário, está totalmente livre de tais injunções, e portanto seus resultados expressam as opiniões e convicções dos entrevistados.

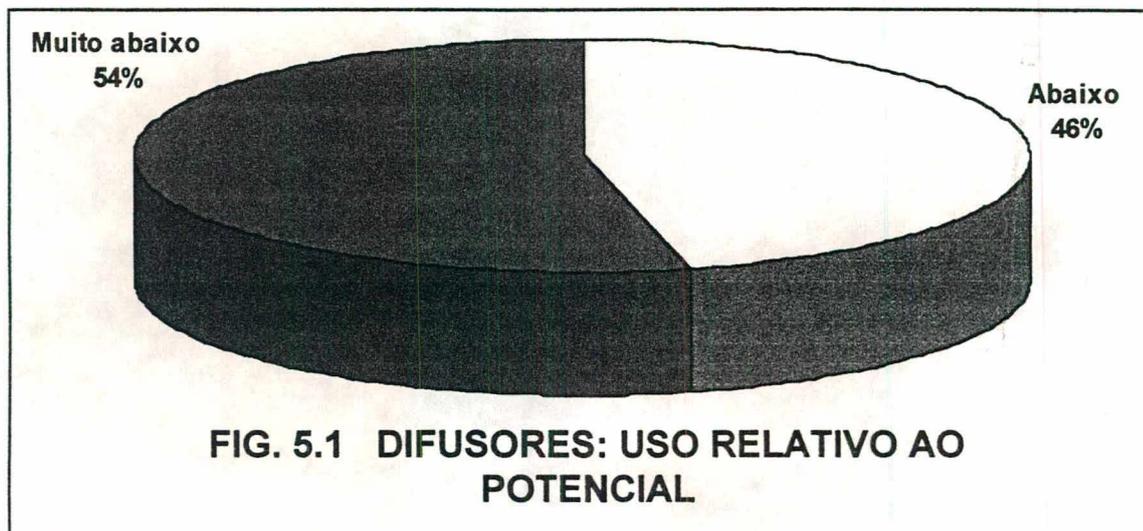
A alternativa de aperfeiçoar a interpretação dos resultados com ponderações diversas foi abandonada devido à grande dificuldade de escolha dos fatores de correção, e por conter grande risco de deformação dos dados. Geralmente é inviável definir os respectivos pesos, como foi demonstrado com dois exemplos acima. Além disto, segundo experiência do autor, a adoção de tal processo na avaliação de opiniões pode induzir o grande perigo da aceitação final dos resultados como se fossem verdades matemáticas.

Por isto, os resultados desta investigação devem ser utilizados tendo em consideração todas estas e outras características fundamentais e considerações, e por sua natureza levemente difusa.

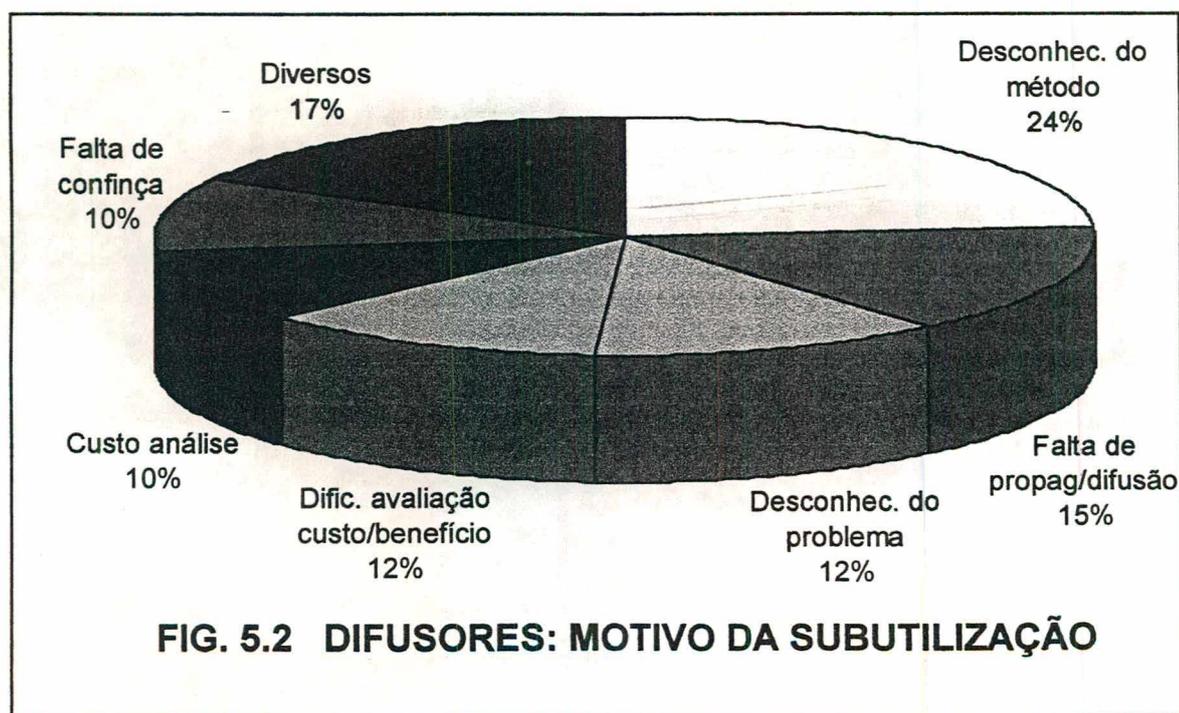
## **5.2 Principais Resultados**

**Difusores** constituído de 13 informantes, composto por 3 agentes técnico-comerciais e 10 professores ou pesquisadores universitários, respondeu inequivocamente que o uso de

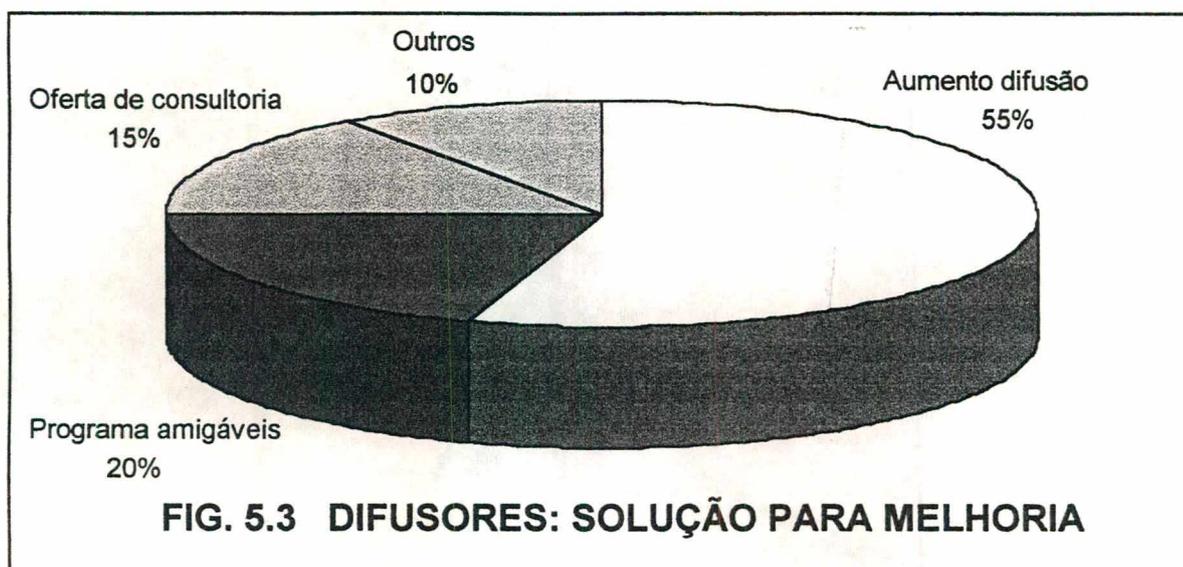
simulação está entre *Muito abaixo* e *Abaixo* em proporções semelhantes, como lustrado no Gráfico 5.1.



As causas mais votadas foram *Desconhecimento do método* e *Falta de propaganda/difusão* respectivamente com 24 e 15% do total de registros. A Fig. 5.2 representa estes com outros motivos indicados pelos Difusores.



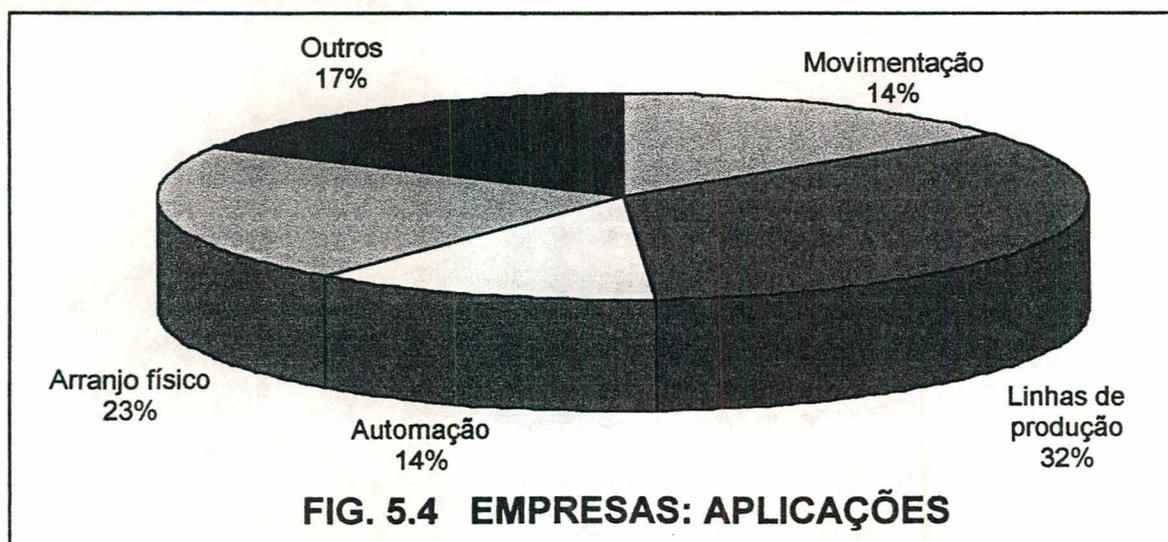
Como solução, *Aumentar a difusão da simulação* alcançou maioria absoluta com 55% das respostas, e está contida com outras alternativas na Fig. 5.3 -Difusores: Soluções para Melhoria.



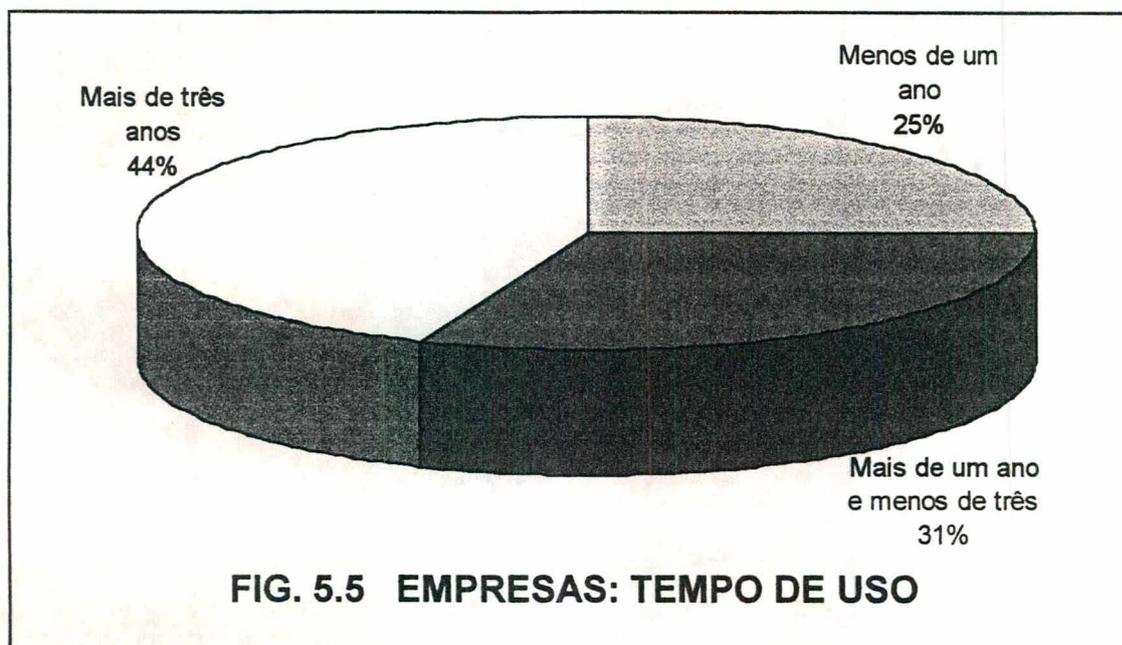
Quanto às regiões de origem as mais freqüentes são: 46% do *interior de São Paulo* e 15% de *Santa Catarina/ Santa Catarina e Paraná*..

**Empresas** - Dos 27 informantes, 59% são usuários e 41% não usam simulação. Evidentemente, esta proporção não tem correspondência com a situação geral. de empresas usuárias e não-usuária. Provavelmente foi provocada por tendência da amostragem, porque os endereços obtidos eram de profissionais que tiveram contacto com simulação, sendo os não-usuários oriundos de alunos em cursos de engenharia ou administração.

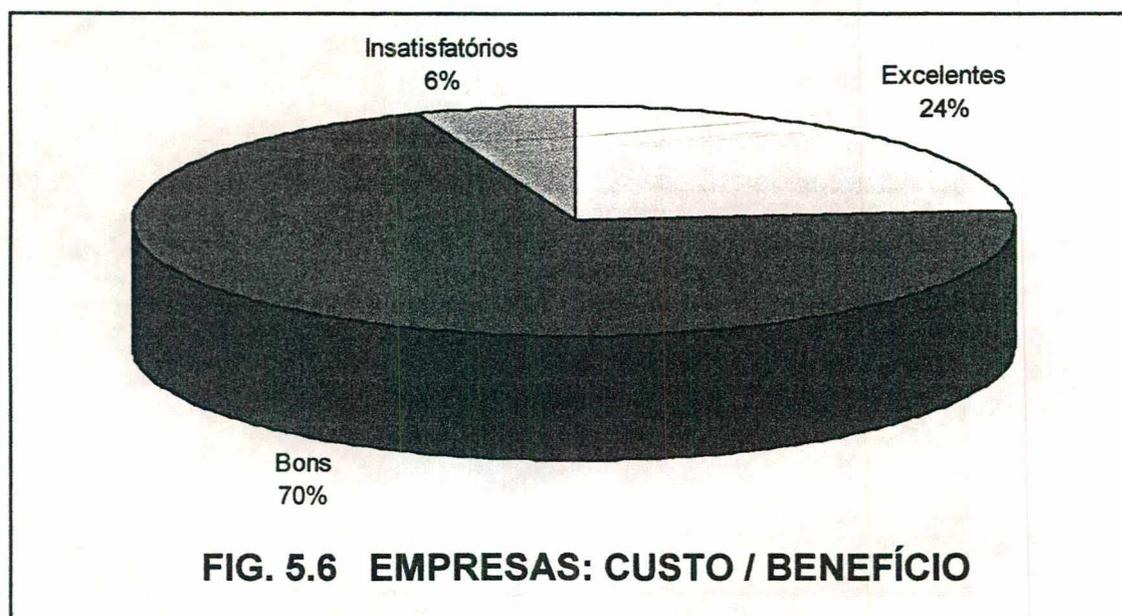
A aplicação de simulação recai com 34% em *Linhas de Produção*, e 22% para *Arranjo físico*. A Fig. 5.4 mostra graficamente as proporções de utilização.



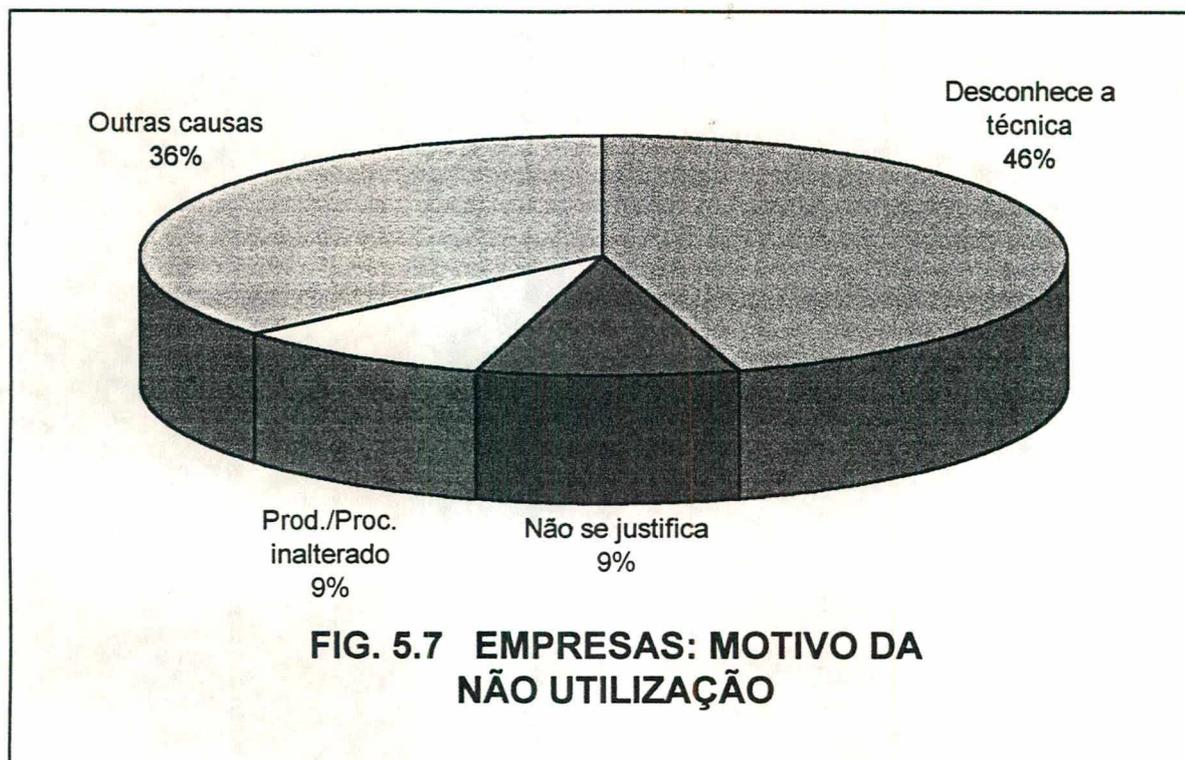
A distribuição dos tempos de utilização regular está contida na Fig. 5.5, demonstrando que a grande maioria emprega simulação há mais de um ano.



Quanto aos resultados, 6% declararam-nos *Insatisfatórios*, 24% *Excelentes* e 70% *Bons* portanto um resultado geral muito positivo, demonstrado na Fig.5.6 .



Dos Não-Usuários, a maioria declara *Desconhecer a técnica*, seguida perto por *Outras causas*.... O gráfico da Fig. 5.7 mostra a distribuição de todas respostas.

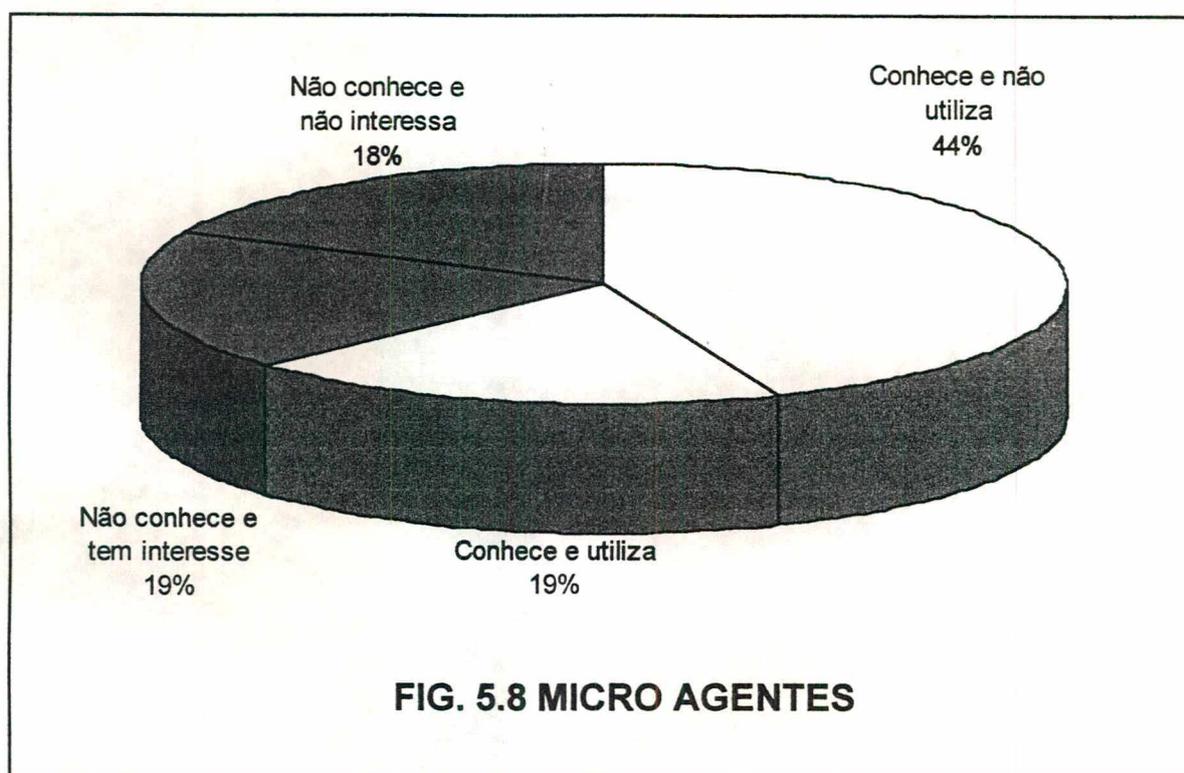


As informações gerais demonstram correlação fraca entre a atividade e o uso de simulação; entretanto, como seria esperado, existe uma razoável correlação entre uso de simulação e porte da organização: os não-usuários concentram 45% em empresas com *Até 100* colaboradores, contra 25% dos usuários; na faixa *Entre 101 e 1.000* encontram-se 36% dos não-usuários contra 50% dos usuários, e *Entre 1.001 e 5.000* estão 18% dos não-usuários comparados a 12% dos usuários. Finalmente, com *Acima de 5.000* estão 13% dos usuários, e nenhum não-usuário.

*Comentário:* A causa da não-utilização mais votada “Desconhecimento da Técnica”, coincide com a indicada pelos Difusores. Existe uma boa correlação entre o número de colaboradores e o uso da simulação.

**Micro-Agentes** - Para este trabalho a linha *Simulação de Processos* é importante, porque as outras técnicas foram incluídas para avaliar o grau geral de conhecimento e aplicação pelos informantes.

As respostas indicam que 63% dos 16 declarantes não conhecem a *Simulação de Processos*, mas apenas 19% tem interesse; e dos 37% que conhecem a técnica, apenas 19% a utilizam, resultados que, de certa maneira surpreendem favoravelmente. A Fig. 5.8 traz a representação gráfica.



**Observação:** A ausência total de qualquer registro na coluna “Usou mas não aprovou” pode refletir o cuidado para não errar, ou mesmo uma resistência a inovações, ambos passíveis de serem típicos do setor de micro-agentes econômicos.

**Comentários:** A soma das respostas “Utiliza”, com Subtotal de 30% alcança quase a metade da soma “Conhece”, com Subtotal de 65%, valores mais elevados que os esperados.

### 5.3 Entrevistas

As quatro entrevistas, somadas a observações importantes recolhidas durante a pesquisa, concordam com os resultados e contribuíram com algumas sugestões, como: programas de simulação específicos para diversos assuntos, e modulados para reduzir custos de aquisição e aprendizado; promover consultorias competentes que possam estender o emprego a empresas de menor porte.

#### 5.4 Correlações

Diversas análises para detectar eventuais inter-relacionamentos entre variáveis informadas pelos participantes foram elaboradas, porém sem resultados positivos além da correlação entre o uso da simulação com a dimensão da organização, já comentada no item de resultados das empresas. Sugere-se que a procura de outras correlações fica prejudicada pela pequena amplitude da amostra, a qual impede a correção ou compensação estatística.

#### 5.5 Recomendações

Esta pesquisa foi uma incursão pioneira na coleta de informações numéricas referentes ao uso de simulação em atividades industriais no interior dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Por haver elegido total independência de qualquer programa técnico-comercial de simulação, este trabalho não contou com nenhum apoio de agente ou difusor. Ainda, por ser a primeira tentativa, padece de alguns tipos de limitações, que podem ser ultrapassadas ou reduzidas em trabalhos posteriores.

Estudos objetivando a complementação do presente devem visar um aumento significativo da amostra, para que a análise estatística permita a detecção e correção de eventuais desvios provocados por divergência de entendimentos, ou parcialidades que afetam as informações prestadas. A meta de quantidade muito maior de respostas vai influenciar fortemente a escolha do meio de consulta, que poderá ser a teleconsulta, eventualmente acoplada a algum incentivo como p.ex., premiação por concurso, ou similar. Não deve ser descartado o uso da Internet como meio de pesquisa, se for adotada a abrangência de área geográfica com maior porte. Esta seria uma direção objetivando o aperfeiçoamento da pesquisa.

Estudos complementares recomendados são o aprofundamento em alguns itens vitais, examinando em detalhes tudo que afeta um ou vários aspectos cruciais, bem como seus inter-relacionamentos, examinando em detalhes seus reflexos sobre os resultados gerais, ou suas correlações com um ou vários vetores básicos.

Outra dimensão a ser aperfeiçoada em estudos futuros é aquela das definições exatas dos significados das palavras e expressões nas perguntas, para diminuir o risco de interpretações com grande dispersão. O emprego de um glossário específico auxilia neste sentido, reduzindo erros e divergências de entendimento, além de promover o conhecimento de simulação.

O abandono da postura de independência do tipo ou marca dos programas de computação, adotado no presente estudo, oferece um amplo espectro de oportunidades para investigações. Afim de reduzir o risco de ingerência comercial, seja durante a condução das consultas, ou nas conclusões, é conveniente escolher temas não muito específicos. Como exemplo, a análise da disseminação de grupos de programas genéricos que utilizam o mesmo enfoque básico (“World view”), em determinadas áreas de aplicações, digamos “industrial de grande porte”, ou outras.

O estudo específico da utilização de simulação de trânsito por empresas de transporte de cargas e de pessoas, por empresas privadas e públicas, e pelos organismos de planejamento urbano e de tráfego público são temas muito importantes para extensões ao presente trabalho.

## 5.6 Sugestões

Obter a participação e apoio à utilização de simulação pelas associações de empresas, pelos órgãos para-oficiais de treinamento e assessoria, como SEBRAE, SENAI, SENAC, e similares, oferecem bom campo exploratório, e provavelmente podem contribuir positivamente para a uma disseminação entre os micro e pequenos agentes econômicos.

O apoio de órgãos representativos de classes, como ACI's, associações de pequenas e médias empresas, entre outros, pode produzir efeitos muito positivos, tanto na condução da investigação, como para a aplicação dos resultados.

Os percalços e dificuldades encontrados para motivar os agentes técnico-comerciais, o reduzido índice de retorno de respostas, as limitações de recursos não programados e imprevistos, entre estes o tempo, por ser o mais importante e geralmente negligenciado recurso, devem ser previstos para o desenvolvimento correto das atividades. Todos recursos devem ser cuidadosamente programados e tomados em consideração, para permitir a execução com o mínimo de obstáculos e problemas. Por se tratar de atividades com pouca ou nenhuma probabilidade de repetição, constitui-se em projeto único, e por isto mesmo, muito mais complexo do que se supõe.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BABBAGE, Charles. *On the Economy of Machinery and Manufactures*. 1832.(15)
- BREWER, Scott K.. "Simulation: Why aren't we where we should be?". *Industrial Engineering Magazine/January95*, Institute of Industrial Engineering, American Society of Industrial Engineering, USA, 1995. (32)
- BUCHANAN, Robert Angus. "History of Technology". *Encyclopaedia Britannica, 15th Bicentennial Edition*. Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Vol. 18, p 35h, 1976. (9)
- DeVOR, Richard, GRAVES, Robert, MILLS, John J.. "Agile manufacturing research: accomplishments and opportunities". In *IIE Transactions Volume 29 Number 10*, p 813-823, Chapman&Hall, London, UK, 1997.(20)
- DIRECTORY. *Simulation-July 1997*. SCS-The Society for Computer Simulation International, Simulation Councils, San Diego, p.6, USA, 1997.(31)
- DORFMAN, Robert. "Theory of Production". *Encyclopaedia Britannica, 15th Bicentennial Edition*. Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Vol. 15, p 19a, 1976.(7)
- ECCLES, Robert G., NOLAN, Richard L.. "A Framework for the Design of the Emerging Global Organizational Structure". In: *Globalization, Technology and Competition*. D. J. BRADLEY et al, Eds. Harvard Business Press, 1993.(19)(20)
- EKERE, N.N., HANNAM, R.G.. "An evaluation of approaches to modeling and simulating manufacturing systems." In *International Journal of Production Research*, Vol. 27 No. 4, p. 599-611,1989.(30)
- EMSHOFF, James R., SISSON, Roger L.. *Design and Use of Computer Simulation Models*. The Macmillan Company, New York, 1971.(30)
- ESSER, Klaus, et al. *Competitividad sistémica-Competitividad internacional de las empresas y políticas requeridas*. Estudios e informes 11/1994. Traducción : Carlos Atala. Instituto Aleman de Desarrollo. Berlin, 1994.(22)

- GIBBS, W. Wayt. "Computer Bombs-Scientists debate U.S. plans for 'virtual testing' of nuclear weapons", *Scientific American*, March 1997, Scientific America, Inc., New York, p. 10, 1997.(32)
- HAMEL, Gary. "Strategy as a Revolution". *Harvard Business Review*, p. 69-82, July-August 1996. (23)
- HARRISON, Les. "The Competitive Edge - Capitalizing on Change: Make Dust or Eat Dust." *Executive Focus*. March 1997. S.n.t.(23)
- IEL/IAD-INSTITUTO EUVALDO LODI/INSTITUTO ALEMÃO DE DESENVOLVIMENTO. *Estudo sobre Competitividade Sistêmica em Santa Catarina- Resultados Preliminares. Versão 3*, Apresentação ACIJ, 29.04.96.(22)
- IE Magazine Staff . "Simulation Software Buyers Guide", *Industrial Engineering Magazine/May 94*, Institute of Industrial Engineering, American Society of Industrial Engineering, Norcross, GA, USA, 1994.(31)
- ISENBERG, Howard. "The Second Industrial Revolution: The Impact of the Information Explosion", in *Industrial Engineering Magazine/March 95*, Institute of Industrial Engineering, American Society of Industrial Engineering, Norcross, GA, USA, 1995.(1)
- KORN, Granino A., KORN, Theresa M.. "Abstraction and Models," *Manual of Mathematics*. McGraw-Hill Book Company. New York, p. 1-2, 1967.(26)
- KRANZBERG<sup>a</sup>, Melwin. "Organization of Work.", in *Encyclopaedia Britannica, 15th Bicentennial Edition*. Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Vol. 19, p. 937d, 1976.(15)
- <sup>b</sup>, Melwin. "Organization of Work.", in *Encyclopaedia Britannica, 15th Bicentennial Edition*. Encyclopaedia Britannica, Chicago, Vol. 19, p. 938g, 1976.(17)
- L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES. *Descriptions des Arts et Métiers*, Paris, 1762.(15)
- LANDIS, David S.. "The Industrial Revolution," in *Economic History Since 1500*, Encyclopaedia Britannica, 15th Bicentennial Edition. Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Vol. 6, p. 229e, 1976.(9)
- LAW, Averill M., KELTON, W. David. *Simulation, Modeling & Analysis*. Second Edition. McGraw-Hill Inc., New York, 1991.(28)

- MEYER-STAMER, Jörg. *Clustering and Competitiveness in Santa Catarina: General Findings Draft Paper*, IEL/SC&IAD, Florianópolis, Apr 1996.(22)
- NOLAN, Richard L.. "Evolution of Organizational Structures", unpublished presentation at the "CEO Symposium", Harvard Business School, Boston on January 7, 1992, in *A Framework for the Design of the Emerging Global Organizational Structure*, Robert G. Eccles and Richard L. Nolan, Eds. Harvard Business Press, 1993.(19)
- NWOKE, Ben U., NELSON, Del R.. "An overview of computer simulation in manufacturing", in *Industrial Engineering Magazine/July 93* Institute of Industrial Engineering, American Society of Industrial Engineering, Norcross, GA, USA,1993.(23)
- PARKER<sup>a</sup>, Geoffrey (Ed.). *Atlas da História do Mundo*, Trad. Lilia Astiz: 4<sup>a</sup> Edição original revisada, 1993, Times Books, Harper Collins, London. Empresa Folha da Manhã, São Paulo, 1<sup>a</sup> Edição Brasileira, p 196/7, 1995.(11)
- \_\_\_\_\_<sup>b</sup>,Geoffrey (Ed.). *Atlas da História do Mundo*, Trad. Lilia Astiz: 4<sup>a</sup> Edição original revisada, 1993, Times Books, Harper Collins, London. Empresa Folha da Manhã, São Paulo, 1<sup>a</sup> Edição Brasileira, p 206/9, 1995.(12)(13)
- \_\_\_\_\_<sup>c</sup>,Geoffrey (Ed.). *Atlas da História do Mundo*, Trad. Lilia Astiz: 4<sup>a</sup> Edição original revisada, 1993, Times Books, Harper Collins, London. Empresa Folha da Manhã, São Paulo, 1<sup>a</sup> Edição Brasileira, p 214/5, 1995.(14)
- PAULI, Gunter. *Industrial Clusters of the Twenty-First Century*. Cap.10, p 145-62, s.n.t., 1995?.(23)
- PEDGEN, C. Dennis, SHANNON, Robert E., SADOWSKI, Randall P.. *Introduction to Simulation Using SIMAN*. 2nd Edition. McGraw-Hill, Inc.New York, 1995.(25)
- PEDGEN, C. Dennis. *Simulation Solutions to Global Market Challenges*. Anotações do Seminário SM 16, 2º Congresso Internacional de Engenharia Industrial - 16º ENEGEP. ABEPRO, Piracicaba- SP. Outubro 1996.(33)
- PEREIRA FILHO, Arthur. "Fábrica da GM terá fornecedor em módulo." *Folha de S.Paulo*, Dinheiro, p. 2-4,25 de fevereiro de 1997.(20)
- RAVINDRAN, A., RECLATIS, V.,GINTARAS, V."Optimization: An Overview".In: SALVENDRY, Gavriel, Ed. *Handbook of Industrial Engineering*. Chapter 14.1, John Wiley & Sons, New York, 1982.(25)(28)

- RITCHIE-CALDER, Peter Ritchie. "Knowing how and knowing why".(Introduction to Part Seven.Technology) *Encyclopaedia Britannica, 15th. Bicentennial Edition*, Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Propaedia-Guide to the Britannica, p. 434a, 1976.(6)
- ROBINSON, Stewart. "Simulation projects: Building the right conceptual Model", in *Industrial Engineering Magazine/September 94*, Institute of Industrial Engineering, American Society of Industrial Engineering, USA, p. 34-6, 1994.(30)
- SCHRIBER, T.J.. "The Nature and Role of Simulation in the Design of Manufacturing Systems". In *Simulation in CIM and Artificial Intelligence Techniques*, J. Retti and K. E. Wichmann (eds), Society for Computer Simulation, p. 5-18, 1987.(25)
- SIMULATION. Capa da edição de Maio1997. The Society for Computer Simulation International, Simulation Councils, San Diego, USA, 1997.(32)
- SMITH, Adam. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*.1776.(15)
- STAMM, Harro, MAFRA, Wilson José. *The Dawn of a New Manufacturing Concept: Suppliers are Assemblers*. Contribuição ao POM-97, Production and Operations Management Society, Miami Beach, Florida, April 1997.(20)
- STAMM, Harro. SILVA, Maria Aparecida da. *O diagnóstico IEL/IAD de competitividade na indústria catarinense segundo a perspectiva de Eccles/Nolan*. Anais do 2º Congresso Internacional de Engenharia Industrial - 16º ENEGEP, ABEPRO Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Piracicaba-SP. Outubro 1996.(22)
- TANNENBAUM, Morris. "Mass Production.". *Encyclopaedia Britannica, 15th. Bicentennial Edition*, Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Vol. 11 p 595g, 1976.(15)
- THOMPSON, Michael B.. "Expanding Simulation Beyond Planning and Design". *Industrial Engineering Magazine/October 94*, Institute of Industrial Engineering, American Society of Industrial Engineering, USA, 1994.(32)
- ULMER, Melville J.. *ECONOMICS• Theory and Practice*. Houghton Mifflin Company, 2nd Edition, p.8. Boston, 1965.(7)
- WANG, Hao. "Metalogic-Model Theory". *Encyclopaedia Britannica, 15th. Bicentennial Edition*, Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Vol. 11 p 1083d, 1976.(26)

- WILSON, Charles Henry. "Economic Development of the modern world before the Industrial Revolution." *Economic History Since 1500, Encyclopaedia Britannica, 15th Bicentennial Edition.* Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, Vol. 6, p 219h, 1976.(8)
- WOODRUFF, David, KATZ, Ian, NAUGHTON, Keith. "VW's Factory of the Future-José López' radical scheme is taking shape in Brazil." *Business Week International Edition.* p. 18-9, October 7, 1996.(20)
- WOOLSEY, R.E.D., SWANSON, H.S.. "Operations Research for Immediate Applications- A Quick and Dirty Manual." Harper & Row, New York, 1975. In: SALVENDRY, Gavriel, Ed..*Handbook of Industrial Engineering.* Chapter 14.1, John Wiley & Sons, New York, 1982.(29)

-----000000-----

## 7 -ANEXOS

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**Sondagem sobre Simulação de Processos: Dissertação de Mestrado**  
**Harro Stamm - Setembro 1997**

**QUESTIONÁRIO PARA DIFUSORES, SUPRIDORES E CONSULTORES DE PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO**

*Assinale com X os campos que refletem melhor sua opinião.*

A - Em sua região, em relação ao potencial de aplicação, o uso de simulação está:

Muito Abaixo	<input type="checkbox"/>
Abaixo	<input type="checkbox"/>
Igual	<input type="checkbox"/>
Maior	<input type="checkbox"/>

B - Se a resposta do item anterior for "Muito abaixo" ou "Abaixo", assinale os próximos dois quadros.

B<sub>1</sub> - O motivo da subutilização é:

Desconhecimento do problema	<input type="checkbox"/>
Indisponibilidade de dados/informações	<input type="checkbox"/>
Falta de propaganda/difusão	<input type="checkbox"/>
Baixo volume de produção	<input type="checkbox"/>
Processo totalmente mecanizado	<input type="checkbox"/>
Desconhecimento do método	<input type="checkbox"/>
Falta de confiança na validade	<input type="checkbox"/>
Dificuldade: pré-avaliação custo/benefício	<input type="checkbox"/>
Escassez de serviços de consultoria	<input type="checkbox"/>
Custo elevado da análise	<input type="checkbox"/>
Outros	<input type="checkbox"/>

B<sub>2</sub> - Qual a solução para alcançar uma situação mais próxima da ideal?

Aumentar a difusão da simulação	<input type="checkbox"/>
Fornecer e oferecer mais consultores	<input type="checkbox"/>
Melhorar a qualidade das aplicações	<input type="checkbox"/>
Desenvolver programas mais amigáveis	<input type="checkbox"/>
Outras	<input type="checkbox"/>

C- Sua região de atuação é:

NOTAS: Para acrescentar informes complementares ou comentários usar folha avulsa.

Se desejar receber o resultado desta sondagem, informe seu endereço como remetente.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**Sondagem sobre Simulação de Processos: Dissertação de Mestrado**  
**Harro Stamm - Agosto 1997**

**QUESTIONÁRIO PARA EMPRESAS E ORGANIZAÇÕES**

*Assinale com X os campos que refletem sua situação / opinião*

**A - Usa simulação**

1 - Utiliza simulação para modelagem, análise e avaliação de processos de:

Movimentação	<input type="checkbox"/>
Linhas de produção	<input type="checkbox"/>
Automação	<input type="checkbox"/>
Arranjo físico (Layout)	<input type="checkbox"/>
Outros	<input type="checkbox"/>

2 Utiliza simulação regularmente desde:

Menos de um ano	<input type="checkbox"/>
Mais de um e menos de três anos	<input type="checkbox"/>
Mais de três anos	<input type="checkbox"/>

3 - Os resultados em custos/benefícios tem sido:

Excelentes	<input type="checkbox"/>
Bons	<input type="checkbox"/>
Insatisfatórios	<input type="checkbox"/>

**B - Não usa simulação**

Porque:

Desconhece a técnica	<input type="checkbox"/>
Não se justifica economicamente	<input type="checkbox"/>
Produto / Processo inalterado	<input type="checkbox"/>
Não se aplica. Ex.: Automação total	<input type="checkbox"/>
Não foi ofertado	<input type="checkbox"/>
Outras causas: Ex. Treinamento, Apoio int/ext.	<input type="checkbox"/>

**C - Sua Organização**

Atividade Principal

Extração Mineral, Vegetal ou Animal	<input type="checkbox"/>
Transformação Industrial	<input type="checkbox"/>
Comércio Local e Internacional	<input type="checkbox"/>
Serviços Técnicos e Outros	<input type="checkbox"/>

Dimensão - Número de Colaboradores

Até 100	<input type="checkbox"/>
Entre 101 e 1.000	<input type="checkbox"/>
Entre 1.001 e 5.000	<input type="checkbox"/>
Acima de 5.000	<input type="checkbox"/>

**NOTAS:** Para acrescentar informes complementares ou comentários usar folha avulsa.  
 Se desejar receber o resultado desta sondagem, informe seu endereço no verso.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**Sondagem sobre Simulação de Processos: Dissertação de Mestrado**  
**Harro Stamm - Agosto 1997**

**QUESTIONÁRIO PARA PROFISSIONAIS AUTÔNOMOS,  
MICRO E PEQUENAS EMPRESAS**

*Nas tabelas abaixo, assinale com X a coluna ou linha que representa sua posição.*

<b>TÉCNICA - MÉTODO</b>	<b>Não conhece</b>	<b>Conhece</b>	<b>Tem interesse</b>	<b>Utiliza</b>	<b>Usou mas não aprova</b>
Planejamento Estratégico					
Custos					
Orçamento Anual					
Projeções Pluri-Anuais					
Controle de Qualidade					
Treinamento de Pessoal					
Análise de Decisão					
Análise de Valor					
Progr. Contr.de Produção					
Simulação de Processos					
Padrões Industriais					

**Informações de sua organização**

**ATIVIDADE**

Setor Primário: Extração Mineral, Vegetal ou Animal, etc.	
Setor Secundário: Ind. de Transformação, Produção de Bens, etc.	
Setor Terciário: Serviços, Comércio, Turismo, Transporte, etc	

**DIMENSÃO**

Profissional Autônomo	
Micro Empresa	
Pequena Empresa	

**NOTAS:** Para acrescentar informes complementares ou comentários usar folha avulsa.

Se desejar receber o resultado desta sondagem, informe seu endereço no verso.

HARRO STAMM

Joinville, Agosto 1997

Prezado

Agradeço sua anuência em responder o questionário que agora passo à suas mãos, e cujo preenchimento exigirá poucos minutos de seu valioso tempo, porém tem importância decisiva para minha dissertação, que se propõe avaliar o grau de utilização de simulação, independente de tipos e marcas de programas. As informações específicas fornecidas serão objeto de total sigilo, sendo apenas publicadas sínteses que serão fornecidas a quem solicitar. Peço devolver com presteza, bastando fechar uma aba do questionário e enviar ao endereço impresso no verso.

Sem outro particular, renovo meus agradecimentos,

Dúvidas? Tel (047) 422 2626

Harro Stamm

**Anexo 4**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO - TRINDADE- CAIXA POSTAL 476  
CEP 88.010-970 - FLORIANÓPLIS - SANTA CATARINA  
TEL. ; (048) 234-1000 - FAX (048) 234-4069**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Joinville, Setembro de 1997

Prezado(a) Senhor(a)

Para concluir meu mestrado em engenharia de produção na UFSC, estou elaborando uma dissertação analisando a aplicação de simulação de processos em relação ao seu potencial, e as prováveis causas da sub-utilização.

A globalização da economia está impondo às organizações crescente flexibilidade de produtos e serviços aumentando a frequência e intensidade de mudanças, com iguais reflexos nos processos de produção e atendimento, que tendem a atingir níveis hoje considerados inviáveis, mas cujo atendimento será condição para a sobrevivência. Por isto a técnica de simulação cresce em importância, porque viabiliza o vetor fundamental de tempo para análise e decisões, permite significativa redução de investimentos, que poderão ser previamente ajustados às necessidades reais, e ainda oferece ganhos em custos operacionais.

Dentro deste contexto, conto com a contribuição de V.S. em responder o questionário anexo cujo propósito é o fomento de simulação, independente de programa específico, porque este trabalho pretende não favorecer ou prejudicar nenhum destes, mas estudar a situação e propor correções para colocar à disposição da economia mais um fator crítico para sucesso. As informações específicas fornecidas serão mantidas em sigilo, sendo publicadas apenas conclusões genéricas que serão remetidas aos participantes que se identificarem.

Assim solicito de V.S. o preenchimento e devolução do questionário com presteza, o que exigirá poucos minutos de seu precioso tempo, mas tem importância decisiva para este estudo, pois o resultado será útil a todos usuários. Para devolver ao meu endereço no verso, basta dobrar em tres partes e colar uma das abas.

Atenciosas Saudações,

Harro Stamm

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO - TRINDADE- CAIXA POSTAL 476**  
**CEP 88.010-970 - FLORIANÓPLIS - SANTA CATARINA**  
**TEL. ; (048) 234-1000 - FAX (048) 234-4069**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**Dissertação de Mestrado: Sondagem sobre Simulação de Processos**

Joinville, 16 de Setembro de 1997

Prezado (Prof.? Dr?)

Para concluir meu mestrado em engenharia de produção na UFSC, estou elaborando uma dissertação para avaliar o uso de simulação de processos em relação ao seu potencial, e as prováveis causas de eventual sub-utilização. Para este efeito estou enviando questionários específicos para agentes difusores de programas de simulação, para empresas e para agentes econômicos de porte micro. Estes questionários estão formatados em apenas uma folha com campos para assinalar as opções, visando facilitar a resposta pelo participante. Os endereços de empresas foram obtidos de representantes de programas ou consultores em simulação, como potenciais interessados no assunto. Os questionários para autônomos, micro e pequenas empresas tem o objetivo de avaliar também o grau de desenvolvimento técnico-administrativo representado pela intensidade de conhecimento e por isto incluem outras 10 técnicas com variado grau de sofisticação, além da simulação.

Por ser V.S. autor de contribuição ao 16º ENEGEP de 1996, com trabalho relacionado com simulação, solicito alguns minutos de seu precioso tempo para contribuir nesta sondagem, em seu papel de pesquisador e professor, preenchendo o questionário anexo de agente difusor da técnica.

Devo ressaltar ainda que este estudo não visa promover, nem desmerecer nenhum programa ou método específico de simulação, sendo a preocupação principal a de determinar os níveis de utilização, e as causas de eventual sub-utilização geral da ferramenta simulação. Isto porque sua importância cresce com a frequência e intensidade de mudanças em produtos e processos. Consequência da globalização, e assim será condição para a sobrevivência futura de nossas empresas.

Solicito o preenchimento, bastando dobrar a folha para utilizar meu endereço impresso no verso. Muito agradeço sua contribuição,

Harro Stamm

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**FLORIANÓPOLIS - SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**Dissertação: Simulação Industrial - Harro Stamm, Ago/Dez 1997**

**DIFUSORES : RESUMO DAS RESPOSTAS - Jan 98**

*Regiões cobertas: S.Paulo-50%; Brasil Sul-31%; America Latina-11%; Brasil-8%.*

A - Em sua região, em relação ao potencial de aplicação, o uso de simulação está:

Muito Abaixo	7	53,8
Abaixo	6	46,2
Igual	--	---
Maior	--	---
<b>Subtotal A</b>	<b>13 registros</b>	<b>100,0 %</b>

B - Se a resposta do item anterior for "Muito abaixo" ou "Abaixo", assinale os próximos dois quadros.

B<sub>1</sub>-O motivo da subutilização é:

Desconhecimento do problema	5	12,2
Indisponibilidade de dados/informações	3	7,3
Falta de propaganda/difusão	6	14,6
Baixo volume de produção	---	---
Processo totalmente mecanizado	---	---
Desconhecimento do método	10	24,4
Falta de confiança na validade	4	9,8
Dificuldade: pré-avaliação custo/benefício	5	12,2
Escassez de serviços de consultoria	1	2,4
Custo elevado da análise	4	9,8
Outros	3	7,3
<b>Subtotal B-1</b>	<b>41 registros</b>	<b>100,0 %</b>

B2-Qual a solução para alcançar uma situação mais próxima da ideal?

Aumentar a difusão da simulação	11	55,0
Fornecer e oferecer mais consultores	3	15,0
Melhorar a qualidade das aplicações	---	---
Desenvolver programas mais amigáveis	4	20,0
Outras	2	10,0
<b>Subtotal B-2</b>	<b>20 registros</b>	<b>100,0 %</b>

C- Sua região de atuação é:

Joinville	1	7,7
Joinville + S.Paulo + Rio Claro + Manaus	1	7,7
S.Catarina / S.Catarina + Paraná	2	15,4
Rio Grande Sul + S.Catarina + Paraná	1	7,7
São Paulo: Oeste / Centro / Reg. S. Carlos	6	46,1
America do Sul	1	7,7
Brasil + América Latina	1	7,7
<b>Subtotal C</b>	<b>13 registros</b>	<b>100,0 %</b>

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**FLORIANÓPOLIS - SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**Dissertação: Simulação Industrial - Harro Stamm, Ago/Dez 1997**

**EMPRESAS: RESUMO DAS RESPOSTAS – Jan/98**

*Dos 28 informantes 60,7% são usuários(A-3), e 39,3% não-usuários(B).*

**A - Usa simulação**

1 - Utiliza simulação para modelagem, análise e avaliação de processos de:

Movimentação	6	14,0
Linhas de produção	14	32,5
Automação	6	14,0
Arranjo físico (Layout)	10	23,2
Outros	7	16,3
<b>Subtotal A-1</b>	<b>43 registros</b>	<b>100,0 %</b>

2 - Utiliza simulação regularmente desde:

Menos de um ano	4	25,0
Mais de um e menos de três anos	5	31,2
Mais de três anos	7	43,8
<b>Subtotal A-2</b>	<b>16 registros *</b>	<b>100,0 %</b>

3 - Os resultados em custos/benefícios tem sido:

Excelentes	4	23,5
Bons	12	70,6
Insatisfatórios	1	5,9
<b>Subtotal A-3</b>	<b>17 registros</b>	<b>100,0 %</b>

**B - Não usa simulação** Porque:

Desconhece a técnica	5	45,4
Não se justifica economicamente	1	9,1
Produto / Processo inalterado	1	9,1
Não se aplica. Ex.: Automatização total	--	---
Não foi ofertado	--	---
Outras causas: Ex. Treinamento, Apoio int/ext.	4	36,4
<b>Subtotal B</b>	<b>11 registros</b>	<b>100,0 %</b>

**C - A Organização**

Atividade Principal

*Usa Simulação    Não Usa*

Extração Mineral, Vegetal ou Animal	--	---	--	---	--	---
Transformação Industrial	22	78,6	14	82,4	8	72,7
Comércio Local e Internacional	--	---	--	---	--	---
Serviços Técnicos e Outros	6	21,4	3	17,6	3	27,3
<b>Subtotal Atividade</b>	<b>28 reg.</b>	<b>100,0 %</b>	<b>17</b>	<b>100,0%</b>	<b>11</b>	<b>100,0%</b>

Dimensão - Número de Colaboradores

Até 100	9	32,1	4	23,5	5	45,4
Entre 101 e 1.000	13	46,4	9	52,9	4	36,4
Entre 1.001 e 5.000	4	14,3	2	11,8	2	18,2
Acima de 5.000	2	7,2	2	11,8	--	---
<b>Subtotal Colaboradores</b>	<b>28 reg.</b>	<b>100,0 %</b>	<b>17</b>	<b>100,0%</b>	<b>11</b>	<b>100,0%</b>

\* Um declarante não declarou o tempo de uso. As percentagens são dos que declararam.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
FLORIANÓPOLIS - SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
Dissertação: Simulação Industrial - Harro Stamm, Ago/Dez 1997

**MICRO- AGENTES: RESUMO DOS RESULTADOS – Jan/98**

*Resumo das Respostas, Novembro 1997*

Participantes: 16 Questionários; Porcentagens Subtotais calculados sobre 16 x 11 = 176

TÉCNICA - MÉTODO	A Não conhece		B Conhece		C Tem interesse		D Utiliza		E Usou mas não aprova	
	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%
Planejamento Estratégico	3	1,7	13	7,4	2	1,1	3	1,7	---	---
Custos	2	1,1	14	7,9	1	0,6	10	5,7	---	---
Orçamento Anual	5	2,8	11	6,3	1	0,6	2	1,1	---	---
Projeções Pluri-Anuais	11	6,3	5	2,8	5	2,8	1	0,6	---	---
Controle de Qualidade	3	1,7	13	7,4	2	1,1	7	4,0	---	---
Treinamento de Pessoal	2	1,1	14	7,9	3	1,7	8	4,6	---	---
Análise de Decisão	6	3,4	10	5,7	2	1,1	6	3,4	---	---
Análise de Valor	8	4,6	8	4,6	3	1,7	2	1,1	---	---
Progr. Contr.de Produção	7	4,0	9	5,1	2	1,1	5	2,8	---	---
Simulação de Processos	10	5,7	6	3,4	3	1,7	3	1,7	---	---
Padrões Industriais	4	2,3	12	6,8	2	1,1	2	1,1	---	---
<b><i>SUBTOTALS</i></b>	<b>61</b>	<b>34,7</b>	<b>115</b>	<b>65,3</b>	<b>26</b>	<b>14,7</b>	<b>52</b>	<b>29,5</b>	<b>00</b>	<b>00</b>

Ajustes aplicados:

- 1) As colunas A e B são mutuamente excludentes: As ausências de registro na coluna "Conhece" foram incluídas em "Não Conhece"; A soma das porcentagens A+ B=100.
- 2) Quem usa, também conhece: Os registros "Utiliza" foram duplicados em "Conhece".

## Informações da organização

### ATIVIDADE

Setor Primário: Extração Mineral, Vegetal ou Animal, etc.	---	---
Setor Secundário: Ind. de Transformação, Produção de Bens, etc.	5	31,2 %
Setor Terciário: Serviços, Comércio, Turismo, Transporte, etc	11	68,8 %
<b><i>Soma</i></b>	<b>16</b>	<b>100,0 %</b>

### DIMENSÃO

Profissional Autônomo	1	6,3 %
Micro Empresa	5	31,2 %
Pequena Empresa	10	62,5 %
<b><i>Soma</i></b>	<b>16</b>	<b>100,0 %</b>