2 O contexto estudado

Este trabalho tem como referência uma experiência acumulada pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e posteriormente pela Trilha Projetos, empresa parceira do INT, em cerca de 18 anos de trabalho em pesquisa, desenvolvimento e implantação de simuladores voltados para a programação da produção.

A metodologia de pesquisa e desenvolvimento adotada pela equipe do INT, na área de Engenharia de Produção, privilegiou a profundidade num primeiro momento antes da amplitude. Em outras palavras, a idéia era de que se estudasse a fundo uma determinada situação industrial que desse subsídios para que uma solução pudesse ser desenvolvida e implementada. Numa segunda etapa, essa solução seria discutida, adaptada e disseminada em outros contextos industriais. Em função disso, foi elaborado, em 1986, o primeiro projeto de pesquisa voltado para o desenvolvimento de simuladores computacionais para apoiar a gestão de empresas (INT, 2003).

O texto que segue procura organizar a experiência INT/Trilha em quatro fases, destacando alguns aspectos sobre o processo de crescimento e amadurecimento desse projeto de simulação ao longo dos anos.

2.1. Antecedentes

2.1.1.Fase 1 : Jobbing I, o primeiro simulador

Na primeira fase, uma empresa, a NATEC, serviu de “laboratório” para essa pesquisa. Tratava-se de um fabricante de máquinas e equipamentos fora de série, vendedor de projetos e de capacidade produtiva que não conhecia a priori o projeto e, muito menos, os roteiros de fabricação de seus produtos. Administrar o dia-a-dia desse chão-de-fábrica exigia o uso de alguma ferramenta de planejamento. Inicialmente os planejadores construíam um enorme gráfico de

Gantt num quadro na parede e um funcionário era responsável pela constante atualização desse gráfico. Não era fácil manter o quadro atualizado dado que, no dia-a-dia, ocorrem os imprevistos e nem tudo que era planejado era executado. Sendo assim, mal se acabava de executar uma atualização do quadro, nova atualização se fazia necessária.

Foi neste contexto que os técnicos do INT iniciaram o trabalho de concepção e desenvolvimento de um simulador capaz de substituir esse enorme quadro. Foi possível então formular o problema da gestão de curto prazo com todos os seus ricos detalhes incluindo alguma modelagem de conhecimentos de natureza tácita, relevantes no processo de programação da produção.

Da experiência vivida na NATEC, surgiu o primeiro simulador denominado *Jobbing I*, em função das características de produção sob encomenda. Segundo Costa (1996),

“... o sistema, neste estágio, utilizava como base um modelo determinístico computacional de simulação discreta que trabalhava integrado a um sistema de informações com dados correntes da fábrica. Embutidos na lógica do algoritmo estavam os conceitos de planejamento com capacidade finita e programação pela data mais cedo” (Costa, 1996, p.259).

O conhecimento adquirido nesta primeira fase foi consolidado numa dissertação de mestrado (Costa, 1989), disseminado em congressos e publicado em artigos de revistas nacionais e estrangeiras (Costa e Jardim (1989), Costa e Jardim (1991), Hill et al (1992)). Em seguida, no âmbito de um programa de doutorado, o sistema foi levado para uma avaliação no exterior onde se discutiu sua efetividade com empresas e acadêmicos ingleses e americanos (Instituto Nacional de Tecnologia, 2003).

2.1.2.Fase 2 : Jobbing II , o início da disseminação

No período vivido no exterior, o sistema *Jobbing I* sofreu grandes transformações. O paradigma de um simulador baseado apenas em regras de seqüenciamento foi quebrado. Várias outras possibilidades de intervenção por

parte do programador foram modeladas e desenvolvidas enriquecendo substancialmente a capacidade do simulador na geração de cenários alternativos.

Por conta dessa evolução, a versão foi denominada *Jobbing II* e passou a ser considerada um instrumento para a *Gestão Estratégica de Curto Prazo* (GECPP), interligando as ações diárias do chão-de-fábrica e os objetivos estratégicos de longo prazo das organizações.

Nessa época, uma primeira equipe foi formada no sentido de disseminar a ferramenta. Surgiram algumas oportunidades de implantação do simulador em pequenas empresas, do setor metal-mecânico, com produção feita sob medida. Tratava-se de fabricantes de moldes e ferramentas que vendiam sua capacidade produtiva para grandes empresas como a Petrobrás e a CSN. Havia ainda um caso onde se tratava da ferramentaria de um fabricante de equipamentos médicos que fornecia os moldes para o setor de injeção plástica da própria empresa.

Diante dos novos projetos, a equipe, mais focada nas questões técnicas, despertou para uma dimensão mais humana e organizacional da implantação dos simuladores nas empresas. Nesse sentido o INT passou a realizar um treinamento para cada empresa visando sensibilizar os funcionários dos vários setores envolvidos com o trabalho. Para cada projeto surgiu a figura do facilitador que fazia a ponte entre o programador da produção, usuário do simulador, e os técnicos do INT.

Os projetos que surgiram nessa fase foram implantados, mas os impactos pouco tempo duraram. Isso se deu em parte por conta do momento do país (1995) que passava por uma crise econômica acentuada com um ambiente muito desfavorável para a manutenção desse tipo de empreendimento. O fato é que a maioria dessas pequenas empresas metal-mecânica entrou em crise ou acabou fechando.

Além dessas dificuldades conjunturais, no caso da ferramentaria, houve dificuldade no processo de implantação por questões técnicas, organizacionais e humanas. Por exemplo, o modelo de simulação, na época, não estava

perfeitamente preparado para representar uma restrição da capacidade produtiva por conta da mão-de-obra. No plano organizacional do projeto, faltava uma estruturação do processo de implantação. Na perspectiva mais humana, o papel e o perfil tanto do facilitador como da própria equipe de implantação não estavam ainda bem definidos o que favoreceu uma descontinuidade do trabalho.

O quadro abaixo resume alguns dos aspectos mais relevantes dessa fase.

<p style="text-align: center;"><u>Aspectos tecnológicos : principais desenvolvimentos no modelo de simulação</u> (baseado em Costa(1996))</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Foi incorporado um <u>leque de ações gerenciais</u> no modelo de simulação, tornando essa ferramenta um instrumento para a <i>GECP</i>. 2. Foram feitas <u>mudanças nas modelagens</u> das flexibilidades de processamento, da capacidade produtiva e do tempo que enriqueceram a representação do processo produtivo. 3. A interface sistema/usuário passou a funcionar de modo “<u>aberto</u>”, de forma que o programador pudesse interagir com o sistema estabelecendo os critérios que norteiam suas decisões. 4. Foram desenvolvidos <u>procedimentos “inteligentes”</u> no algoritmo de simulação para acomodar as mudanças nas modelagens e a gama de ações gerenciais, citada acima. 5. Foram incorporadas <u>técnicas de avaliação de fluxo de redes</u>, na lógica do simulador, para a identificação do caminho crítico dos pedidos programados.
<p style="text-align: center;"><u>Aspectos organizacionais e humanos</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O <u>treinamento</u> inicial oferecido às empresas mostrou-se eficaz na sensibilização dos vários atores envolvidos na implantação. 2. A <u>estruturação do processo de implantação</u>, definindo as ações de cada etapa, ainda precisava ser trabalhada e testada. 3. Era preciso definir o perfil desejado da equipe responsável pelo projeto dentro da empresa, bem como da <u>equipe de implantação</u>. 4. O projeto era limitado pelo que o modelo de simulação oferecia até então. Era preciso capacitar a equipe de desenvolvimento para “<u>customizar</u>” esse modelo acomodando assim restrições ainda não previstas.

Figura 1 : Principais desenvolvimentos e aspectos relevantes da fase *Jobbing II*

Durante esse período, foi defendida uma tese de doutorado (Costa, 1996) que reuniu diferentes aspectos ligados ao conceito, à tecnologia e ao uso da simulação computacional como ferramenta de apoio à gestão do chão-de-fábrica, na produção sob encomenda, o único tipo de cenário até então explorado.

2.2.Situação atual: os desafios encontrados

2.2.1.Fase 3: See The Future, vislumbrando o uso em outro contexto

Em 1997, o projeto despertou o interesse da CCE da Amazônia que encomendou uma versão análoga ao *Jobbing*, voltada para uma produção mais

repetitiva. Naquela época, por conta da abertura de mercados, esse tipo de empresa sofria grandes transformações. Crescia em muito a demanda por produtos diferenciados, o que refletia na produção como um desafio por combinar variedade com grandes volumes. A programação da produção passava a reconhecer um nível de detalhe muito maior do que se havia pensado. Havia espaço para uma ferramenta de apoio para essa gestão (INT, 2003).

Diante da nova demanda e da evolução das ferramentas computacionais disponíveis, o sistema passou de uma plataforma DOS/Pascal para o Windows/Visual Basic e foi batizado de *See The Future*. Nessa passagem o código de simulação foi totalmente refeito, o que viabilizou o treinamento e a capacitação de outros membros da equipe do INT no desenvolvimento dessa nova ferramenta. Apesar da mudança de plataforma, o modelo de simulação manteve-se preso aos paradigmas da produção sob encomenda.

Num segundo momento, entretanto, quando surgiram outras oportunidades de projetos, houve realmente um avanço significativo no modelo que passou a incorporar então as questões referentes à produção repetitiva. Nessa época empresas como a Philips e a CSN contrataram o desenvolvimento de simuladores *See The Future*. O quadro a seguir destaca algumas diferenças entre esse novo contexto e a produção sob encomenda. Os aspectos ressaltados nesse quadro foram identificados empiricamente e justificaram a necessidade por adaptações no modelo de simulação.

Produção sob encomenda	Produção repetitiva “customizada”
A demanda surge a partir de uma carteira de pedidos, ou seja, os produtos são entregues a um determinado cliente numa data prometida. A rastreabilidade é total, um material que está em processo pode ser facilmente relacionado à demanda final a que se destina.	A demanda pode surgir a partir de um plano de produção onde os produtos são entregues para uma linha de montagem final, por exemplo, ou feita para repor níveis de estoques desejados. A rastreabilidade é parcial.
Cada produto é único na maioria das vezes.	Os produtos, apesar de variados, são fabricados várias vezes ao longo do horizonte de planejamento.
O tempo de produção de cada operação é um valor fixo, estimado pelo delineador do processo produtivo.	O tempo de produção é calculado segundo uma taxa, na maioria das vezes, e é proporcional a quantidade a ser produzida de determinada peça.
O tempo de preparação da máquina é comumente informado implicitamente no tempo de produção.	O tempo de preparação tende a ser explicitado e pode variar em função da seqüência definida (depende do que entra e do que sai da máquina)
A noção de lote de produção é “fraca”. Um produto é produzido praticamente uma única vez .	Os conceitos de lotes de produção e de transferência são muito utilizados. A idéia é agrupar as demandas em lotes para poupar tempos de preparação de máquinas.
O controle do processo é feito através de apontamentos da produção, onde se registram as operações executadas para cada pedido.	O controle da produção em geral é feito registrando-se os saldos de estoques nos vários pontos do processo produtivo.

Figura 2 : Produção sob encomenda x Produção repetitiva “customizada”

Nessa fase do projeto, apesar de semelhantes, os sistemas desenvolvidos foram altamente customizados para cada cliente. As particularidades de cada processo produtivo eram incorporadas ao modelo de simulação com relativa facilidade, já que a equipe de desenvolvimento e a equipe de implantação eram a mesma e se mostravam preparadas para isso. Nesse aspecto, o projeto *See The Future* passou a capitalizar a rapidez e a flexibilidade no desenvolvimento desses simuladores.

Nesse período foi desenvolvida uma segunda tese de doutorado (Sáisse, 2001), já levando em consideração o contexto da produção em massa pressionada pela onda da “customização”. Essa tese propôs um modelo de algoritmo genético para trabalhar em conjunto com os simuladores desenvolvidos, no sentido de gerar soluções aperfeiçoadas de programação da produção, a partir de soluções iniciais geradas pelo planejador.

De certa forma, essa fase do projeto *See The Future*, numa curva de aprendizado, era um período onde o simulador ainda estava em processo de consolidação. Por essa razão, a equipe era muito voltada para o desenvolvimento do núcleo do simulador (algoritmos, estruturas e códigos). Apesar dessa ênfase, um outro aspecto começou a ganhar força. Tratava-se da comunicação de dados entre os simuladores e os sistemas corporativos das empresas. Desejava-se importar do sistema corporativo as informações relevantes para o simulador, poupando assim um trabalho de entrada de dados por parte do usuário que, além de penoso e demorado, é muito sujeito a erros.

Os quadros abaixo apresentam os principais avanços e projetos desenvolvidos nessa fase.

1. Grandes empresas como clientes
2. Incorporação de aspectos relativos à produção repetitiva ao modelo de simulação.
3. Mudança para uma plataforma de desenvolvimento mais moderna (VB/Windows).
4. Desenvolvimento do primeiro importador de dados (integração com sistema de dados da empresa).
5. Flexibilidade adquirida pela equipe para “customizar” o modelo de simulação.
6. Capacitação e ampliação da equipe de desenvolvimento.

Figura 3 : Principais avanços do projeto See The Future (1996-1999)

1. *CCE da Amazônia* : programação da fabricação de placas de circuito impresso.
2. *Philips* : programação da fabricação de placas de circuito impresso.
3. *Petrobras* : programação da frota de petróleo.
4. *Petrobras* : programação da frota de cabotagem.
5. *CSN* : programação de suas linhas de produção de folhas de flandres.
6. *Furukawa* : programação da produção de cabos elétricos.

Figura 4 : Principais projetos desenvolvidos (1996-1999)

2.2.2.Fase 4 : A parceria Trilha-INT

Fruto de um projeto institucional, a empresa Trilha nasceu em 1998, dentro da incubadora de empresas do INT e, quatro anos depois, se graduou. Sua missão

é a de disseminar as tecnologias de Engenharia de Produção desenvolvidas pelo Instituto, sobretudo a tecnologia *See The Future*.

Com o surgimento da parceria Trilha-INT, vários novos contratos foram firmados. Os novos projetos passaram a ser vendidos como soluções integradas para a gestão do chão-de-fábrica. Um levantamento passou a ser feito mapeando a empresa estudada, identificando que setores ou processos fariam uso da simulação como ferramenta de gestão. Foram identificadas soluções com arquiteturas híbridas, onde parte dos processos é gerida através da programação com capacidade finita e outra simplesmente com a produção puxada pela demanda.

O quadro abaixo apresenta os principais projetos desenvolvidos nessa fase.

Ano	Projetos desenvolvidos	Empresa	Estado	Setor
2000	Fabricação de suprimentos para máquinas copiadoras	Xerox	AM	Eleto-eletrônico
2001	Fabricação de peças plásticas de motocicletas (injeção e pintura plástica)	Honda	AM	Automobilística
2002	Fabricação de componentes de motores de motocicletas (fundição, usinagem e pintura alumínio)	Honda	AM	Automobilística
2002	Balanco energético	CSN	RJ	Siderurgia
2002	Fabricação de cabos gaxetas	Teadit	RJ	Isolantes
2002	Fabricação de papelão hidráulico	Teadit	RJ	Isolantes
2002	Fabricação de cabos elétricos	Ficap	RJ	Cabos elétricos
2003	Fabricação de placas de circuito impresso	Siemens	SP	Automobilística
2003	Fabricação de placas de circuito impresso	Sony	AM	Eleto-eletrônico
2003	Fabricação de placas de circuito impresso	Jabil	MG	Eleto-eletrônico
2003	Fabricação de mostradores de painéis de automóveis	Siemens	SP	Automobilística
2003	Fabricação de placas de circuito impresso	Jabil	México	Eleto-eletrônico
2003	Fabricação de componentes de motocicletas (Estamparia)	Honda	AM	Automobilística
2004	Fabricação de partes plásticas de painéis de automóveis	Siemens	SP	Automobilística
2004	Fabricação de componentes de motocicletas (Solda)	Honda	AM	Automobilística
2004	Fabricação de componentes de motocicletas (Galvanoplastia)	Honda	AM	Automobilística

2004	Fabricação de componentes de motocicletas (Pintura pó)	Honda	AM	Automobilística
2004	Fabricação de componentes de motocicletas (Fabricação do aro)	Honda	AM	Automobilística
2004	Fabricação de componentes de motocicletas (Montagem)	Honda	AM	Automobilística
2004	Fabricação de componentes de motocicletas (Fabricação da roda)	Honda	AM	Automobilística
2004	Fabricação de componentes de motocicletas (Montagem de componentes)	Honda	AM	Automobilística
2004	Fabricação de cartões de crédito	ABNC	RS	Serviços
2004	Fabricação de blocos de motores	Tupy	SC	Automobilística
2004	Fabricação de móveis	Rudnik	SC	Moveleira
2004	Linhas de montagem de painéis de automóveis	Siemens	SP	Automobilística

Figura 5 : Principais projetos desenvolvidos (2000-2004)

2.3. Conclusões do capítulo

A diversidade e riqueza das experiências de desenvolvimento e implantação nas empresas citadas na tabela acima transformaram tais projetos em um autêntico laboratório de estudo levando a identificação das seguintes oportunidades de pesquisa:

Do ponto de vista tecnológico, com a crescente demanda pelo sistema por empresas de produção em massa “customizada”, surgiu a necessidade de preparar o modelo de simulação para acomodar as especificidades encontradas nesse novo contexto (A figura 2 mostra as diferenças entre os contextos da produção sob encomenda e a produção em massa “customizada”) Nesse sentido, era preciso identificar e modelar os aspectos relevantes tanto do processo produtivo como do processo decisório de forma a tornar a ferramenta de simulação útil para esses novos clientes.

Do ponto de vista organizacional e humano, houve uma pressão natural por uma estruturação das equipes envolvidas com o projeto STF. Nesse sentido, uma metodologia de implantação passou a ser discutida dentro do grupo. O foco do negócio, antes muito voltado para a ferramenta, passou a se deslocar também para os aspectos metodológicos inerentes aos processos de implantação.