

CONVENCION INTERNACIONAL DE LA INGENIERIA EN CUBA

CIIC 2010

Evento: VI Conferencia de Ingeniería Mecánica, Eléctrica e Industrial.

CIMEI 2010

Título: Modelo de apoio à análise de investimentos em tecnologia avançada de manufatura – AMT: estudo comparativo de processos com modelagem e simulação computacional.

Autores:

Reginaldo Alves Nogueira¹

Jandecy Cabral Leite²

Marlene Araújo Farias³

¹ Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia

² Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia

³ Universidade Estadual do Amazonas – UEA/EST

e-mail: ranogueira.itegam@gmail.com

RESUMO

Na atualidade, vemos que a administração e a produção possuem de maneira consensual o desejo de realizar modificações no processo produtivo que tragam maior desempenho nos empreendimentos realizados, em especial os investimentos da área de tecnologia avançada, pois, nem sempre possuem dados necessários para um estudo de viabilidade econômica das mudanças necessárias. A intenção principal deste artigo é demonstrar a importância da aplicação do modelo computacional como ferramenta de análise, capaz de proporcionar informações suficientes para o auxílio à tomada de decisão dos gestores, em atenuar riscos e maximizar resultados. Procura demonstrar a importância na aplicação da modelagem e simulação computacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão na análise de investimentos em Tecnologia Avançada de Manufatura - AMT (*Advanced Manufacturing Technologies*).

Palavras-chaves: Análise de investimentos, AMT, modelagem e simulação computacional.

1. Introdução

Com o advento da globalização e da informatização, no século XXI, as sociedades se beneficiaram do progresso tecnológico alcançado. Houve um aporte significativo de desenvolvimento nas áreas da saúde, ciências, tecnologia, entre outras, constatado por vários países. Entretanto, apesar dos esforços de promoção do crescimento econômico e tecnológico em escala global, ainda existem diferenças contrastantes entre nações desenvolvidas e subdesenvolvidas.

Neste prisma verificamos que ainda se projeta uma nova exclusão mercadológica, na qual a economia mundial será baseada em produção de conhecimento, e que, para manter-se competitiva e sustentável, a nação deverá não somente obter, mas também produzir sua própria tecnologia, seu próprio conhecimento tecnológico.

O Brasil, mesmo sendo considerado um país subdesenvolvido, abriga em seu contexto social indústrias nacionais e internacionais que estão cada vez mais envolvidas com esse crescente processo de automação, a qual se encontra no centro do processo de modernização da economia nacional, e mais especificamente da economia local, por envolver aspectos de desenvolvimento regional sustentável.

Com os avanços tecnológicos, é possível ter acesso cada vez mais às novas tecnologias aplicadas aos processos de manufatura tanto pelo seu menor custo, quanto pelos maiores ganhos que proporciona no aumento de flexibilidade, qualidade, produtividade, entre outros.

Entretanto, não são todas as empresas investidoras nessa área a alcançar êxito em seus projetos estabelecidos. Isto porque o processo de utilização de Tecnologia Avançada de Manufatura – AMT exige a realização de um processo de análise específica em alguns casos, e em outros abrangentes; de forma que o resultado seja satisfatório em relação aos objetivos esperados de investimento.

Através da utilização de ferramentas de modelagem e simulação computacional as organizações alcançarão a tão almejada maximização de seus resultados de gestão quanto produtivo - reduzindo assim riscos ao capital empregado.

2 . Tecnologia Avançada de Manufatura

A Tecnologia Avançada de Manufatura (*Advanced Manufacturing Technologies – AMT*) tem apresentado crescimento significativo no seguimento industrial. Esse desenvolvimento tecnológico, a cada dia, tem atingido novos ambientes organizacionais, fato que tem proporcionado uma crescente exigência dos mercados, demandando estratégias para implantação de novas soluções às organizações que desejam manterem-se competitivas e resistirem a estas mudanças estruturais.

Conforme SMALL e YASIN (1997), é neste contexto de mutação altamente exigente que são introduzidas as AMT's, visando ao aprimoramento das operações do processo produtivo e a um crescente aumento da competitividade das organizações. Para Costa (2003) as AMT's são definidas como sendo os softwares e hardwares desenvolvidos com propósito de executar funções estratégicas da manufatura.

Ainda nessa linha de pensamento vemos que os principais objetivos das AMT's listados são: melhoramento da produtividade do trabalho; redução do custo de produção por unidade; redução de sobras e retrabalho; redução dos custos do trabalho; redução do tempo de preparação; redução dos *leadtimes* de manufatura; melhoria na qualidade do produto; desenvolvimento de expertise no gerenciamento; desenvolvimento de uma organização integrada; melhora na expertise da engenharia; e redução de *lead times* de engenharia e projeto, de acordo com Small citado por Gaertner (2005)

3 . Análise de Investimentos: Ferramentas utilizadas na literatura

A realidade das empresas demonstra que não é fácil o procedimento de escolha e adoção de uma AMT, visto que as ferramentas disponíveis para tal empreendimento, muitas vezes, não levam em consideração fatores essenciais para uma análise consolidada, tais como: ganhos de qualidade, imagem empresarial e motivação da mão-de-obra direta. Citado por Ferreira, Carter (1992) “afirma que as ferramentas de análise econômica, tais como: *pay-back* (tempo de retorno), retorno sobre o investimento (ROI - *Return on Investment*), análise de valor presente (NPV- *Net Present Value*) e taxa interna de retorno (IRR - *Internal Rate of Return*) resulta em análises pouco confiáveis.

Há autores defendendo a idéia de que as ferramentas de análise econômica não são úteis à análise de investimentos de AMT, contudo, concordando com Kim et al (1997), acredita-se que “algumas dessas ferramentas podem ser adaptadas para análise de investimento”.

Primordialmente, há duas fontes para o levantamento de informações para a tomada de decisão no processo de escolha da AMT: contadores e especialistas (engenheiros). Quando a análise é feita com base apenas em uma dessas fontes, o resultado pode ser totalmente diverso do outro, visto que cada um tem um foco, um direcionamento singular dentro da organização, gerando um resultado não muito satisfatório para a organização.

Algumas empresas investem em AMTs visando reduzir seus custos com mão-de-obra sem considerar a relevância dessa idéia, pois, conforme Kim et al. (1997), “os custos relacionados com mão-de-obra direta representam algo em torno de 5% a 15% dos custos de investimentos em AMTs, o que prejudica o efeito positivo da tomada pela sua adoção”

Ferreira, Douglas (2004) esquematizou as ferramentas de análises existentes no mercado, chamando-as de Metodologias de Análise Clássica, e as classificou em quatro formas: Análise Integrada, Análise de Risco, Análise por Simulação e Análise de Fatores Isolados.

A primeira forma, Análise Integrada, tem como exemplos a “Metodologia Estratégica, Econômica e Analítica” (MEEA), de Chan (2001), que apresenta diversos pontos fortes, principalmente por se tratar de uma visão holística do processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura, levando em consideração aspectos diversos; e a Metodologia de Sistema de Medição de Performance Comparativa-Integrada (CIPM), de Kim et AL (1997), que é menos abrangente que a metodologia MEEA, no entanto enfatiza um papel importante da AMT que são os resultados da adoção, trazendo informações valiosas do processo de justificativa do investimento.

A segunda forma, Análise de Risco, tem como exemplos: 1. Modelo de Decisão de Multivariáveis (MADM - *Multiattribute Decision Model*) por Carter (1992) e Kim et al. (1997). 2. Processo Hierárquico de Análise (AHP - *Analytical Hierarchy Process*) por Carter (1992), Leung (1992), Punniyamorthy (2003) e Yusuff et al. (2001). 3. Princípio de Hurwicz, por Carter (1992). 4. Análise Multi-objetiva, por Demmel e Askin (1996). 5. Análise de Risco Fuzzy por Abdel-Kader e Dugdale (2001). Todas essas ferramentas de análise de risco, utilizadas como metodologias de análise para investimento em AMTs são úteis na avaliação que se propõem, no entanto, são pobres se utilizadas isoladamente de outras análises, tais como as estratégicas e táticas, haja visto, que esse tipo de análise está mais voltada para o impacto técnico resultante da adoção das tecnologias avançadas de manufatura. Não são considerados aspectos humanos e sociais nesse tipo de análise.

A terceira forma de análise clássica é chamada de Análise por Simulação e é feita através do processo de simulação e pode ser extremamente confiável se as variáveis puderem variar dentro de curvas de histórico conhecidas ou razoavelmente bem determinadas através de processos de análise de mercado ou outra ferramentas de prospecção. O exemplo desse método de simulação é Monte Carlo, apresentado por Moerman (1998), muito consistente, principalmente porque considera os cenários “com” e “sem” o investimento em tecnologias avançadas de manufatura.

A quarta forma, Análise de Fatores Isolados, é exemplificada pela abordagem de pesquisa e desenvolvimento, análise de mercado, o estabelecimento de metas e controle de resultados, os aspectos humanos, aspectos culturais na aplicação de novas tecnologias. Esses aspectos isolados do processo de análise para adoção de tecnologias avançadas de manufatura devem ser utilizados de forma integrada com as outras metodologias propostas. Isoladamente elas fornecem um cenário muito restrito dos aspectos em relação à adoção, no entanto, esses cenários, se combinados com outros mostrados por outras metodologias, são extremamente úteis na elaboração de uma visão mais completa dos desafios e fatores a serem decididos no processo de análise para tomada de decisão.

Essas diversas ferramentas de análise vão de encontro às necessidades de investimento em AMTs. Goldratt e Fox (1989) destaca a importância da implementação de tecnologias avançadas de manufatura para o ganho de vantagem competitiva.

Salientando que a ferramenta para análise de investimento em AMTs a ser discutida nesse estudo é a feita por modelamento e simulação computacional, que tanto pode ser matemático ou computacional. O modelamento de custos, conforme apresentado por Lenz e Neitzel (1995), através de equações matemáticas, pode ser utilizado para avaliar investimentos em AMTs.

3.1 Modelamento e Simulação Computacional

Um dos principais objetivos e desafios de uma empresa, como já foi dito anteriormente, é tomar decisões a fim de reduzir as perdas em um processo produtivo e diversas técnicas têm sido aplicadas e desenvolvidas, ao longo dos anos para ajudar nessa árdua tarefa, dentre elas, o modelamento e simulação, que tem se mostrado extremamente satisfatória em ambientes complexos.

Simulação é o processo de criar um modelo computacional de um sistema real (Kelton, 2007). Ela pode ser interpretada como a recriação de um sistema real em um ambiente controlado, onde é possível compreender, manipular e verificar seu comportamento de forma segura e a custos bem inferiores aos que seriam necessários em análises com modificações no sistema produtivo real.

Segundo Schriber (1974 apud FILHO, 2008), “simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as resposta do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

De acordo com Pegden (1991 apud FILHO, 2008), “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

A simulação computacional conforme Kelton, Sadowski e Sturrock (2007), é conceituada como sendo métodos para estudar uma ampla variedade de modelos de sistemas do mundo real por avaliação numérica, usando um software projetado para imitar as operações do sistema ou suas características, geralmente além do tempo normal. Logo, simulação é o processo de projetar e criar um modelo computadorizado de um sistema real ou um sistema proposto com a finalidade de administrar experiências numéricas para nos dar um entendimento melhor do comportamento daquele sistema para um determinado conjunto de condições estabelecidas.

Na tabela 1, podemos visualizar, sucintamente, as metodologias utilizadas como ferramenta de análise. O presente estudo aborda a metodologia moderna como meio de alcançar melhores resultados em análise de investimentos em AMT. A qual está representada pela modelagem e simulação computacional, item 5.1.

Metodologia Clássica				Metodologia Moderna
1. Análise Integrada	2. Análise de Risco	3. Análise por Simulação	4. Análise de Fatores Isolados	5. Análise por Modelagem e Simulação
1.1 MEEA	2.1 MADM	3.1 Simulação Monte-Carlo	4.1 P&D	5.1 Modelagem e Simulação Computacional
1.2 CIPM	2.2 AHP		4.2 Análise de Mercado	
	2.3 Hurwicz		4.3 Metas e Controle	
	2.4 Análise Multi-objetiva		4.4 Aspectos Humanos	
	2.5 Análise Fuzzy		4.5 Aspectos Culturais	

Fonte: (Adaptado de FERREIRA, 2004)

Tabela 1 - Metodologia Clássica x Metodologia Moderna (Modelagem e Simulação Computacional)

4. Estudo de Casos

O presente trabalho utilizou como modelo de apoio à decisão para análise de investimentos em AMT o software Tecnomatix®, para demonstrar suas abrangências quanto às funcionalidades da simulação e modelamento à análise de um segmento do processo produtivo. Esse software apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém recursos para modelagem, animação real, análise estatística, análise de resultados e utiliza a abordagem por processos para execução da simulação.

Também é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para descrever um sistema real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação.

O Tecnomatix® contém ferramentas de simulação de eventos separados que a cria modelos digitais de sistemas logísticos (por exemplo, produção), para que seja possível explorar as características dos sistemas e otimizar seu desempenho. Com esses modelos digitais, é possível executar experiências e cenários hipotéticos (bem realístico) sem afetar os sistemas de produção existentes ou, quando usados no processo de planejamento, bem antes que os sistemas de produção reais sejam instalados. Ferramentas de análise abrangente, como análise de dificuldades, estatísticas e gráficos os quais permitem que se avaliem diferentes cenários de fabricação. Os resultados fornecem as informações necessárias para tomar decisões rápidas e confiáveis nos primeiros estágios do planejamento da produção.

Um dos ambientes do pacote é o *Plant Simulation*, onde se pode modelar e simular sistemas de produção e seus processos. Além disso, é possível otimizar o fluxo de materiais, a utilização de recursos e a logística para todos os níveis de planejamento de fábrica a partir de instalações de produção, passando por fábricas locais, até linhas específicas em 3D.

Caso 1, 2: Indústria automotiva

Através do software Tecnomatix®, existem vários recursos de projeto de fábrica virtual em 3D no *FactoryCAD*, estas ferramentas de análise são abrangentes para logística de fábrica no *FactoryFLOW* e recursos de simulação que fornecem uma base inteligente para as decisões de negócios no *Plant Simulation*.

Os estudos de caso em questão demonstram como um software de AMT (*Advanced Manufacturing Technologies*) pode ser aplicado como modelo computacional através de determinada ferramenta, servindo como apoio à tomada de decisão em um investimento empresarial. Estes estudos são referentes a consultorias realizadas pela Siemens PLM Software (web).

Caso 1: Fábrica Virtual.

Objetivo: Triplicar Capacidade Existente

A empresa Eicher Engineering Components, fabricante de equipamentos de nível internacional da Índia, pretendia triplicar a capacidade da empresa. A empresa já possuía determinado planejamento.

Comenta o consultor Sanghi. “As fábricas que crio virtualmente contem todos os dados sobre o layout, os dispositivos de manuseio de material, os racks, as máquinas e assim por diante. Eu analiso um inventário não fazendo a contagem física, mas criando um relatório com o software”.

A fábrica virtual fora desenvolvida em ambiente de 3D no *FactoryCAD*, sendo que uma das opções que aproveitaram imediatamente são as atividades que não tinham valor agregado e podiam ser movidas para o mezanino da instalação existente. “Esse é o tipo de coisa que fica muito clara quando você trabalha com a terceira dimensão”, explica o consultor. “Até o cliente começou a dar idéias depois de ter visto o layout em 3D”. Foram feitas várias outras alterações, sendo que aumentou a utilização geral do espaço em 33%.

Aplicaram também outra ferramenta, o *FactoryFLOW* para reduzir o fluxo de material na instalação em 26%. Comenta Sanghi que “anteriormente, eles precisavam deslocar o material 1.000 metros, em média”. Embora tenha ocorrido aumento do espaço da fábrica, o deslocamento médio diminuiu para 703 metros, como ganho de layout.

Solução: Usando o *FactoryCAD*, ele conseguiu projetar a expansão de modo que a capacidade foi quase quintuplicada sem nenhum terreno adicional.

Caso 2: Instalação Virtual

O Fornecedor de lâminas da principal empresa automotiva da Índia tinha como objetivo construir uma nova instalação para atender a um aumento de produção obrigatório para seus investimentos. Onde seus cálculos internos mostraram que a nova instalação precisaria ser equipada com 19 máquinas de lâminas, a um custo estimado em US\$ 250.000 por unidade, objetivando a capacidade desejada em seus projetos.

Objetivo: Instalação Adicional

Solução: “Usando o *Plant Simulation*, determinamos que seriam necessárias somente 14 máquinas”, afirma Sanghi. Sendo que “no início, eles não acreditaram, mas acabamos convencendo eles sobre a exatidão dos nossos cálculos. Eles decidiram comprar 15 máquinas (uma a mais de reserva). Nosso trabalho com o *Plant Simulation* economizou US\$ 1 milhão para a empresa”.

Constatamos ainda que, embora o foco do um estudo esteja sendo realizado em um setor específico, as ferramentas e técnicas são tão relevantes para esse setor quanto para setores diferentes como aeroespacial, infra-estrutura, mercadorias, varejo, etc.

Quando modelados e simulados essas expansões, a economia é percebida na forma de uma melhor utilização dos recursos, maior produtividade e redução de custos de investimentos.

4. Considerações Finais

Ressaltamos que o desenvolvimento e domínio de ferramentas, tecnologia e conceitos existentes dos softwares com o objetivo de modelar e simular a realidade faz com

grandes organizações empresarias possam reduzir investimentos, prazos, entre outros; de forma a obter efetivamente um diferencial de competitividade à concorrência.

O fato de um projeto desenvolvido servir como base para outros (adaptações de linhas, reaproveitamento de instalações existentes, etc.), diminui o tempo para novas mudanças, pois foca-se a alteração; proporcionando assim ganho real em novos projetos, de forma a obter redução de custos em novos investimentos.

Quando uma organização pode visualizar através de um modelo de análise de investimentos em AMT, onde apresenta informações precisas aos investidores, e ganhando assim importância comparada com vários projetos de investimentos; é um fator relevante tanto para gestores quanto para a sociedade, pois proporciona não só redução em investimentos empresariais, mas menor impacto ao meio ambiente.

Agradecimentos: ao ITEGAM - Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia pela oportunidade do convênio com a Universidade Federal do Pará - UFPA através do Programa de Pós-Graduação.

Referências

CARTER, W. K. To invest in new technology or not? New tools for making the decision. **Journal of accountancy**, may, pp. 58-64, 1992.

CHAN, F.T.S. et al. Investment appraisal techniques for advanced manufacturing technology (AMT): a literature review. **Integrated Manufacturing Systems**, 12/1, pp. 35-47, 2001.

COSTA, M. Gouvêa da. **Desenvolvimento de uma abordagem estratégica para a seleção de tecnologias avançadas de manufatura – AMT**. Tese de Doutorado em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

FERREIRA, Douglas da Costa.: Dissertação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná. “**Proposta de Metodologia de Análise para Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura**”, Curitiba, 2004.

GAERTNER, Cesar Augusto. **Desenvolvimento de framework e processo para justificação econômico-financeira de tecnologias avançadas de manufatura (AMT)**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

GOLDRATT, E.; FOX, R. E. **A Corrida pela Vantagem Competitiva**. São Paulo, Ed. Educator, 1989.

<http://www.plm.automation.siemens.com> (consultado em abril 2010)

KIM, G. Identifying investment opportunities for advanced manufacturing systems with comparative-integrated performance measurement. **International Journal of Production Economics**, pp. 23-33, 1997.

_____ et al. Pricing investment and production activities for an advanced manufacturing system. **Engineering Economist**, v. 42, n. 4, pp. 303-325, 1997.

LENZ, J.; NEITZEL, R. Cost modeling: an effective means to compare alternatives. **Industrial Engineering**, Janeiro, 1995.

MARQUES, P. Villani. Soldagem: fundamentos e tecnologia. 3ª edição atualizada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. (Paulo Villani Marques, Paulo José Modenesi, Alexandre Queiroz Bracarense)

SMALL, M. H.; YASIN, M. Developing a framework for the effective planning and implementation of advanced manufacturing technology. **Internacional Journal of Operations and Production Management**, v.17, n.5, p. 468-489, 1997.