

Engenharia de Manufatura Avançada para enfrentar os Desafios da Década de 90

Carlos Frederico Bremer (*)

13836e

Prof. Dr. João Lirani (**)

Prof. Dr.-Ing. Henrique Rozenfeld (**)

(*) ILAT - IBM Brasil

(**) Apresentadores do trabalho

C.P. 71

LAMAFE - EESC- USP

13001 Campinas SP

C.P. 359

(0192) 65-7922

13560 São Carlos SP

(0162) 71-9416

RESUMO

O cenário de manufatura na década de 90 é caracterizado pela sua extrema competitividade. Isto faz com que as indústrias e seus profissionais sejam submetidos a novos desafios, principalmente na sua capacitação em novas tecnologias. O engenheiro deve possuir um novo perfil, capaz de torná-lo constantemente atualizado e qualificado em sua carreira profissional.

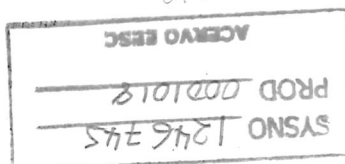
Este trabalho apresenta a proposta de criação de um curso de graduação em Engenharia na USP de São Carlos, denominado Engenharia de Manufatura Avançada. São descritos os aspectos do Campus de São Carlos relevantes para a criação deste novo curso, além de suas características e estrutura, os quais visam formar um engenheiro com conhecimentos em mecânica, computação e tecnologias avançadas de manufatura.

ABSTRACT

The manufacturing environment in the 90's is characterized by its high competitiveness. The industries and their professionals are submitted to new challenges, mainly in their qualifications in new technologies. The engineers need a new skill, able to keep them updated and qualified during his whole professional carrier.

This paper describes the proposal of a new engineering course in the University of São Paulo - São Carlos, called Advanced Manufacturing Engineering. It describes the relevant aspects of the Campus of São Carlos for creating such a course, its characteristics and structure, which aims to form an engineer with knowledges about mechanical, computation and advanced manufacturing technologies.

1246745
010202



BREMER, Carlos Frederico, LIRANI, João, ROZENFELD, Henrique. Engenharia de manufatura avançada para enfrentar os desafios da década de 90. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA - CICOMGRAF, 1992, São Paulo, SP. Anais do CICOMGRAF - 92. São Paulo, SP: 1992.

1.Introdução

O processo de modernização de empresas de manufatura caracteriza-se pela transposição de obstáculos de diversos níveis em diferentes áreas, tais como falta de recursos para novos investimentos, baixas produtividade e qualidade, defasagem tecnológica, etc. Muitas destas empresas já assumem como fundamental a adoção de técnicas avançadas de manufatura, sem contudo estarem capacitadas para a escolha das mais adequadas, para o planejamento de sua implantação e para o seu gerenciamento e operacionalização.

A maior dificuldade que tem se apresentado neste contexto, é a falta de profissionais aptos a guiar e conduzir as empresas no caminho da modernidade [1]. A dificuldade situa-se não só na qualificação dos profissionais, mas também na capacidade destes assimilarem a rápida evolução tecnológica, característica principal de manufatura nos próximos anos. A capacitação destes profissionais passa por todos os níveis de educação e treinamento implicando em novos cursos de graduação, de pós-graduação, atualização e especialização [2].

O objetivo do presente trabalho é traçar o perfil do Engenheiro de Manufatura Avançada, propondo em primeiro plano a criação de um novo curso de Engenharia na USP-São Carlos. Para tanto, diversas etapas já foram realizadas tais como a capacitação de docentes, aquisição de vários equipamentos, a construção de um Laboratório de Manufatura Avançada, o oferecimento de várias disciplinas de graduação e pós-graduação envolvendo as tecnologias de ponta, etc. A criação do curso todavia está planejada como o resultado de um esforço conjunto com outras instituições e principalmente com as empresas, que serão os clientes em potencial de profissionais saídos deste novo curso.

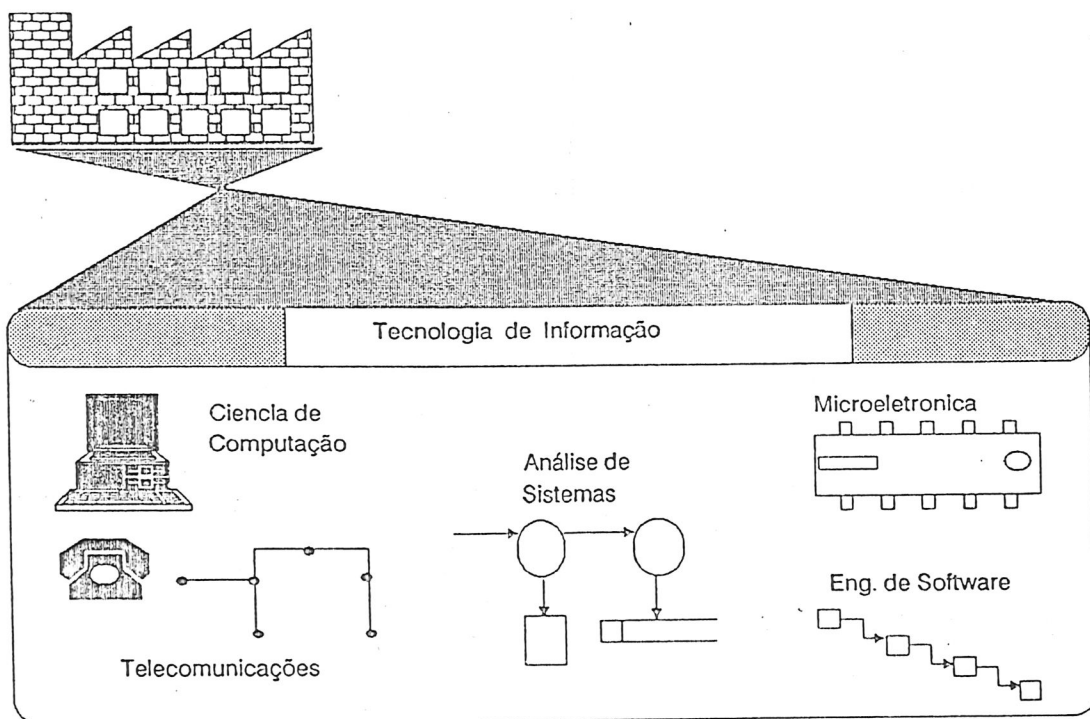
2. Empresas dos anos 90

O aumento de competitividade leva as empresas a um enorme desafio: oferecer seus produtos, conforme padrões mundiais de qualidade e de preço. Isto exige um grande investimento em ferramentas e técnicas de gerenciamento que alavanquem e constantemente aumentem sua vantagem competitiva.

Estas empresas devem ser essencialmente adaptáveis e flexíveis, possuindo uma agilidade para responder rápida e eficazmente às mudanças do mercado. Esta agilidade por sua vez deve se refletir não só na sua linha de produtos e nos seus meios de produção, como também nos seus profissionais de todos os níveis.

Certamente, o campo de maior transformação e evolução no ambiente de manufatura, é a crescente aplicação da Tecnologia de Informações (TI), como mostrado na Figura 1. Como Tecnologia de Informação entende-se a "convergência de diversas correntes de desenvolvimento tecnológico, incluindo microeletrônico, ciência de computação, telecomunicações, engenharia de software e análise de sistemas" (Zuboff, citado por Yong [3]).

Figura 1 - A aplicação de TI na manufatura



O projeto AMICE do programa ESPRIT, considera o Computer Integrated Manufacturing (CIM) como a convergência entre a Tecnologia de Manufatura e de Informação. O CIM pode ser interpretado como um conceito, onde muitas das técnicas de manufatura avançada são aplicadas de maneira integrada.

A TI tem possibilitado a visão e aplicação de teorias de sistemas no ambiente de manufatura. A transformação do enfoque moderno de uma empresa em relação à visão tradicional é tão acentuado, que atualmente alguns trabalhos interpretam o ambiente de manufatura como um sistema complexo, onde o estudo do interrelacionamento de suas partes permite uma forte analogia com o trabalho de um arquiteto [4]. Daí o surgimento do termo arquitetura de Integração da Manufatura [5, 6].

Todavia, não se deve esquecer que a função básica de uma empresa é produzir, e que todas estas novas ferramentas e técnicas objetivam produzir melhor (com qualidade e produtividade).

Portanto, o que as empresas necessitam são de profissionais que entendam e conheçam seus produtos e produção e estejam capacitados a aprender, desenvolver e aplicar as técnicas de manufatura avançada.

3. Novo Perfil de Engenharia

Com as mudanças no ambiente de manufatura nas empresas, o papel do Engenheiro sofre muitas transformações. Estas transformações devem ser passadas para a formação de novos engenheiros, assim como nos já formados [7].

Logicamente, a Engenharia continuará sendo baseada nos fundamentos das ciências exatas básicas, porém com um enfoque igualmente importante no desenvolvimento de sistemas e na utilização do computador como uma ferramenta básica, assim como a calculadora o foi nos anos 70. Como desenvolvimento de sistemas não se entende somente a criação de software, mas também de sistemas de manufatura, compostos por diferentes recursos, tais como, material, máquinas, homens, etc. Para ORR [8], "o computador é a ferramenta mais poderosa jamais feita e que se encontra disponível para o engenheiro".

Assim, o engenheiro deve continuar possuindo um forte embasamento teórico nas ciências básicas, pois elas são o fundamento no trabalho de engenharia. As ciências básicas devem ser associadas conhecimentos de abstração e entendimento da realidade. Eles são essenciais para que o engenheiro conheça rapidamente o processo de toda a manufatura a que este estiver associado.

Na área de conhecimentos aplicados, o engenheiro deve conhecer a área de manufatura. O termo manufatura aqui usado engloba tanto o projeto como a fabricação tradicionais passando também pelo planejamento e controle de ambos.

A outra linha de conhecimentos aplicados do engenheiro é de técnicas de desenvolvimento de sistemas em seu sentido mais amplo, se levado em consideração o ciclo em cascata de desenvolvimento de sistemas: análise-projeto-codificação-implementação. O engenheiro deve dominar as duas primeiras fases. Isto permite ao engenheiro não só especificar e auxiliar no projeto de sistemas de computação, como também analisar e projetar sistemas e sub-sistemas de manufatura.

O desenvolvimento por parte de engenheiros, como vem acontecendo até hoje na programação de software, tem trazido ao mercado produtos rígidos e de má qualidade. Por outro lado, analistas de sistemas não são capazes de desenvolver sozinho sistemas que satisfaçam as necessidades das indústrias.

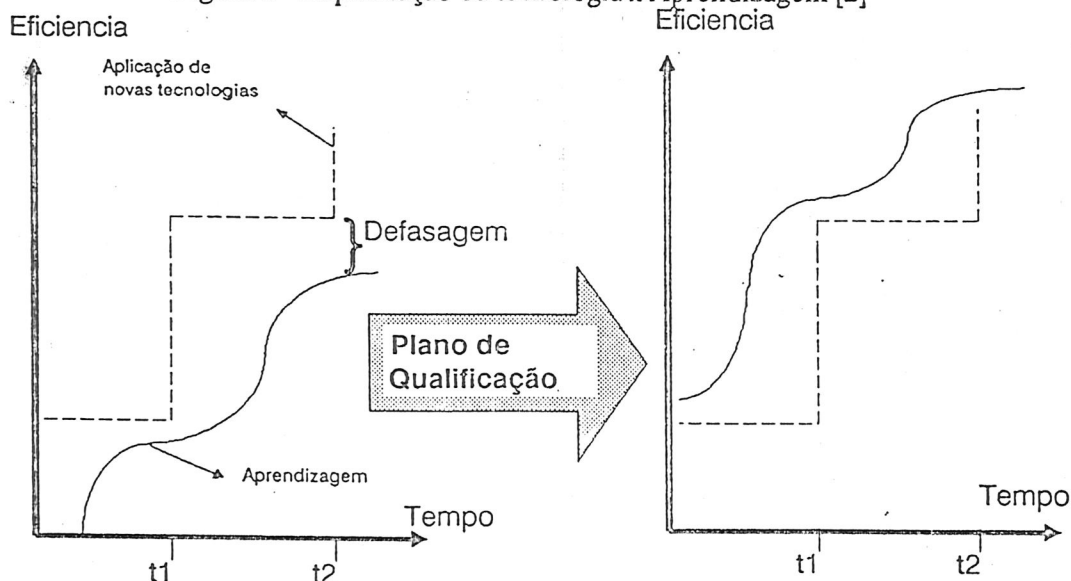
O novo engenheiro deve possuir um perfil generalista, apto a compreender a realidade de uma indústria tanto do aspecto de projeto como de processos e passar adequadamente a um analista ou desenvolvedor de sistemas as especificações necessárias à solução. Este engenheiro é o de Manufatura Avançada.

Numa situação onde os softwares aplicativos já estejam disponíveis no mercado, é o Engenheiro de Manufatura Avançada que irá liderar uma equipe responsável por escolher e implantar estes aplicativos.

4.A Qualificação na carreira profissional do Engenheiro

Com a rápida evolução tecnológica e sua aplicação no ambiente industrial, as empresas possuem um problema como mostrado na Figura 2 [2]. A curva pontilhada apresenta o comportamento da implementação de novas tecnologias, enquanto, que a curva contínua apresenta o comportamento de aprendizagem do pessoal da empresa. Nota-se uma defasagem entre a curva tecnológica e a de qualificação. Isto se deve à falta de um plano de qualificação junto ao planejamento de implantação de novas tecnologias.

Figura 2 - Implantação da tecnologia x Aprendizagem [2]



Na realidade, os investimentos em qualificação devem ser iniciados antes da implantação de alguma nova ferramenta ou método, evitando-se a defasagem. Esta defasagem implica em uma queda de produtividade, prejudicando a implantação das novas tecnologias e também na sua aceitação dentro da empresa.

Duas situações são apresentadas para um plano de qualificação de pessoal. Uma leva em consideração a capacitação do engenheiro para assimilar uma tecnologia a ser aplicada, ou seja, está incorporado no plano de implantação da tecnologia. A outra, leva em consideração o engenheiro individualmente, ou seja a constante atualização do profissional ao longo de sua carreira.

Por um lado tem-se os conhecimentos formais de um engenheiro, fornecidos no início de sua carreira principalmente por cursos de graduação, pós-graduação e extensão. Os conhecimentos práticos são obtidos em parte nos cursos de graduação e pós, assim como de especialização, mas principalmente em cursos de treinamento, workshops, troca de experiência. Cursos de "update" profissional permitem ao engenheiro adquirir conhecimentos voltados à área formal depois de um tempo de atuação profissional.

O investimento individualizado na qualificação do engenheiro, permite que este seja um veículo para a implantação ou introdução de novas tecnologias na empresa, além de possuir um fator altamente motivacional ao engenheiro.

5. Engenharia de Manufatura Avançada na USP - São Carlos

O Departamento de Engenharia Mecânica da USP São Carlos tem a proposta de criação de um curso de Engenharia de Manufatura Avançada, utilizando os recursos já existentes e os projetos em ensino e pesquisa concluídos e em desenvolvimento.

5.1. Aspectos do Campus da USP de São Carlos

O curso de engenharia mecânica da USP - São Carlos tem atuado na vanguarda do país na área de Projeto e Fabricação. No início dos anos 80 foi criada uma política no Laboratório de Máquinas Ferramentas (LAMAPE) para atender às necessidades modernas do projeto e fabricação mecânica. O primeiro passo era enviar seu pessoal para o exterior. Este caminho está praticamente consolidado. O segundo era montar disciplinas de pós-graduação. Hoje são oferecidas 15 disciplinas nas áreas de projeto e fabricação avançadas. Além disso, aproximadamente 60 pós-graduandos atuam na área de manufatura, formando-se em média 10 alunos por ano. A área de manufatura contribui para que os cursos de mestrado e doutorado da EESC recebessem o nível A da CAPES.

Como próximo passo desta política, alguns conceitos básicos dessas disciplinas deveriam migrar para a graduação. Isto deveria acontecer nos cursos existentes e em novas disciplinas. São oferecidas hoje 5 disciplinas optativas na área de manufatura avançada e as existentes começam agora a utilizar os novos conceitos.

Graças a essa política existe hoje o potencial para se formar o Curso de Engenharia de Manufatura Avançada. Outros setores da EESC também evoluíram, como o grupo de Engenharia de Produção do Departamento de Mecânica, o grupo de Mecatrônica e o de Ciências da Computação, aumentando assim o número e qualificação dos docentes, que podem trabalhar de forma interdisciplinar.

5.2. Características do novo curso

A proposta de novo curso surgiu das necessidades do setor industrial nacional de um profissional de engenharia, capaz de entender os processos de sua fábrica e aplicar a estes conceitos e técnicas modernas de manufatura, baseados principalmente na TI.

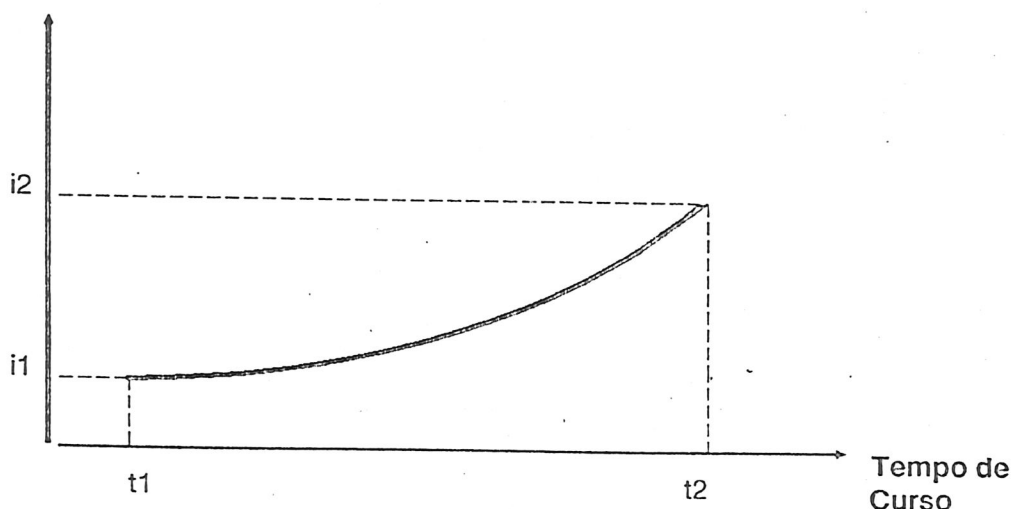
Como principal aspecto deve-se observar a relação entre a inovação tecnológica na área industrial e a formulação dos currículos, como mostra a Figura 3. Certamente um currículo definido em tempo t_1 , baseado nas inovações tecnológicas i_1 , estará defasado em t_2 , já que neste tempo, as inovações já chegaram a uma situação i_2 .

Como exemplo prático pode-se tomar a aplicação de redes locais, surgidas praticamente há 7 anos. Tomando um currículo de 5 anos, as disciplinas definidas em seu primeiro ano dificilmente considerariam redes locais.

Figura 3 - Inovação tecnológica x Capacitação

Para se resolver esta questão, duas possibilidades podem ser apresentadas.

Inovações
Tecnológicas



A primeira seria que ao momento t_1 se definir um currículo com base nas projeções de curso das inovações em i_2 . A segunda é a criação de disciplinas fortes em formação básica de modo que permitam ao engenheiro assimilar melhor as mudanças ocorridas, com ou sem cursos de aperfeiçoamento.

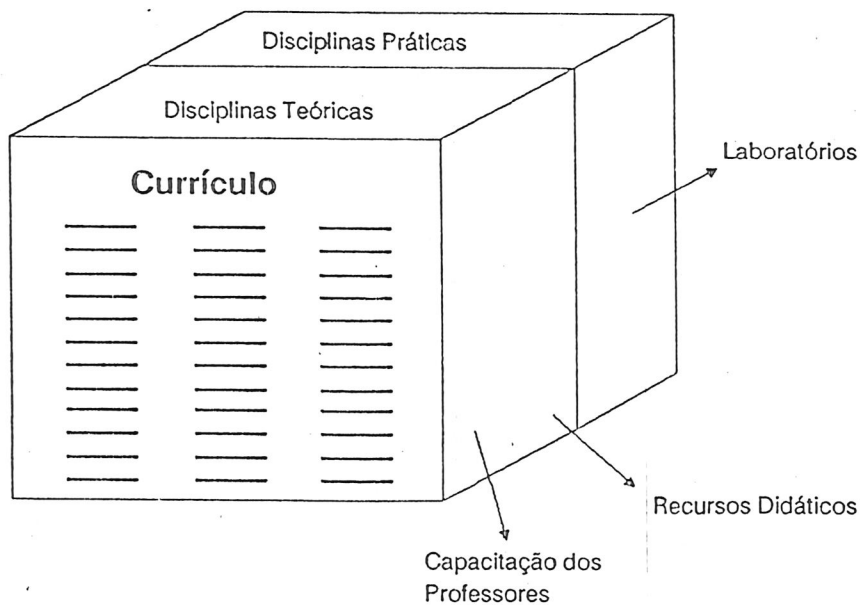
Outro aspecto fundamental é a necessidade de laboratórios para matérias práticas, como o mostrado na [Figura 4](#).

No currículo são contidas tanto disciplinas teóricas, práticas e teóricas com parte prática. A qualidade das matérias teóricas depende basicamente da capacitação dos professores e da instituição e dos possíveis recursos didáticos disponíveis e utilizados por este. Já o nível de matérias práticas dependem da qualidade e quantidade dos equipamentos existentes nos laboratórios. É inviável oferecer-se cursos, por exemplo, de projetos com o auxílio de sistemas CAD sem o correspondente suporte de micros e estações gráficas.

Além disto, é necessário um laboratório onde possa se emular e simular cenários produtivos, onde os alunos possam testar equipamentos, máquinas, robôs, e a sua integração. Portanto, o curso proposto depende fortemente de um laboratório, que hoje já existe parcialmente dentro da USP São Carlos. Os equipamentos (máquinas, computadores, etc) tem necessariamente de estar na instituição, já que estes são praticamente inacessíveis em termos de custo aos alunos.

Figura 4 -Necessidades de um currículo

5.3. Estrutura Geral do novo Curso



Para cumprir os objetivos citados está sendo proposta uma estrutura de curso de carácter bastante multidisciplinar. Se o novo curso tiver que ser definido em poucas palavras, pode-se dizer que se trata de um engenheiro mecânico voltado à Manufatura (projeto + processos + planejamento + controle) com forte embasamento em informática, o que lhe permite dominar as novas ferramentas auxiliadas por computador. Tal perfil não pode ser conseguido com uma simples ênfase do curso de Engenharia Mecânica por dois motivos : a) é um perfil muito específico , b) a carga horária necessária ultrapassaria o limite razoável .

A seguir é apresentada a estrutura geral do curso :

Parte Básica

- Desenho
- Matemática
- Cálculo
- Geometria Analítica
- Algebra Linear
- Equações Diferenciais
- Estatística
- Química Geral e Tecnológica
- Física
- Mecânica Geral
- Introdução à Ciência da Computação
- Linguagens e técnicas de programação
- Métodos Numéricos
- Eletricidade

Resistência dos Materiais
Humanidades
Fenômenos de Transporte
Economia
Administração
Planejamento e Controle da Produção

Parte Específica

- **Computação**

Redes de Computadores
Gerenciadores de Base de Dados
Inteligência Artificial
Sistemas de Informação
Softwares Aplicativos
Automação de Escritório
Automação de Chão de Fábrica
Computação Gráfica
Programação Científica

- **Engenharia Mecânica**

Metrologia
Gerenciamento da Qualidade
Usinagem
Processos de Usinagem
Processos de Conformação
Planejamento e Controle da Produção
Desenho Técnico
Elementos de Máquina
Projeto Mecânico
Máquinas de Elevação e Transporte
Mecânica Aplicada
Dinâmica das Máquinas
Termodinâmica
Máquinas Térmicas
Materiais de Construção Mecânica

- **Manufatura Avançada**

- CAD
- CAE
- CAM
- CIM
- CAT
- CAQC (CEP)
- Elementos Finitos
- Modelagem Sólida
- T.G.
- Integração de Chão de Fábrica
- Programação CN
- FMS
- CAPP
- Montagem
- Robótica Industrial
- Projeto para Montagem / Manufatura

6. Metas Futuras

Visando a criação do novo curso de Engenharia, faz-se necessário o desenvolvimento de atividades complementares. É necessário um contato maior com as indústrias, visando detalhar necessidades reais das empresas brasileiras, não se distanciando do perfil anteriormente descrito.

Para que o curso possa ser ministrado com qualidade, é fundamental um número maior de equipamentos, ou seja, computadores, redes, aplicativos, robôs, etc. Equipamentos de multimídia, o acesso à informações atualizadas, a criação de uma biblioteca, e consultas a bases de dados internacionais são igualmente essenciais.

A constante capacitação e atualização dos professores é outro aspecto básico para que o curso atinja seus objetivos. Para tanto, é necessário o intercâmbio com instituições nacionais e internacionais, a participação de especialistas na área de educação e qualificação e o desenvolvimento de novas linhas de pesquisa. A integração entre os departamentos do Campus, através da criação de um núcleo, é outro passo fundamental.

Todas as atividades citadas, exigem um investimento nos recursos já existentes. Estes investimentos devem prover tanto da USP, como também de outras instituições e de empresas. Além disso, está sendo estudada a associação através de um

projeto, com a área de educação de uma empresa desenvolvedora de sistemas visando a colaboração no desenvolvimento e criação do curso, e na expansão deste para outras instituições de ensino do país e América Latina.

7. Consequências

Como consequência do trabalho de criação do novo curso espera-se que este seja aplicado na criação de:

- um curso de pós-graduação;
- cursos de atualização e extensão;
- workshops e
- cursos técnicos,

baseados nas experiências obtidas no curso de graduação. Ou seja, como resultado espera-se atingir o ciclo de capacitação profissional do engenheiro ao longo de sua carreira. A criação de cursos semelhantes em outras instituições é também planejado segundo suas especializações e características regionais [9].

8. Conclusão

A criação de cursos com o perfil descrito neste trabalho é de grande importância à modernização industrial do país. A capacitação e qualificação dos engenheiros e também de todo o corpo das empresas, é muitas vezes relegada a um segundo plano, colocando-se os gastos em qualificação como despesas. Na realidade, cursos e formação de pessoal devem ser interpretados e tratados como investimentos.

A questão de atualização profissional e de formação dos novos engenheiros é crucial, se levado em consideração o crescimento não linear de inovações tecnológicas aplicadas em todo os níveis das empresas. A capacitação tecnológica em termos de pessoal é a mais onerosa em termos de tempo, já que a capacidade de assimilação do homem é gradual, ou seja, não ocorre rapidamente.

O curso proposto no presente trabalho, é um passo no caminho da capacitação nacional em novas tecnologias na área de manufatura. Sua concepção foi baseada nas experiências já adquiridas no ensino de graduação e pós-graduação dos cursos na USP de São Carlos.

Para a implantação do curso, com a qualidade requerida muitos objetivos já foram atingidos. Os professores hoje já atuantes, principalmente no Departamento de Engenharia Mecânica, possuem a capacitação necessária para as aulas teóricas. Já a Fábrica Integrada Modelo [10], é um cenário inicial igualmente existente de um laboratório de manufatura avançada, sendo necessário um investimento maior em equipamentos e sistemas.

Os engenheiros formados no curso de graduação de Manufatura Avançada terão um perfil adequado às necessidades das indústrias nacionais, contribuindo fortemente no aumento de sua competitividade a nível global.

9. Bibliografia

9.1. Citada

[1] TONSHOFF, H.K. & HARBIG, R. Heute ausbilden fuer die Fabrik vom Morgen. *CIM-Management*, 1:70-75, Feb 1988.

[2] HOFMAIER, Richard. Neue Technologien, neue, Ausbildungskonzepten", *CIM-Management*, 1:21-24, Feb 1988.

[3] YONG, Chu Shao. Tecnologia de Informação. *Revista de Administração de Empresas*, 32(1):78-87, Jan/Mar 1992.

[4] BOWLESS, Adrian. System Design Lessons from Architecture. *Object Magazin*, (3):18-21, Sept/Oct 91.

[5] N.N. CIM-OSA AD 1.0 Architecture Description. ESPRIT- Project Description 688, AMICE, Bruxelas, 1991, 186p.

[6] N.N. IBM offers CIM Architecture. *Integrated Manufacturing Systems*, 1:15-17, January 1990.

[7] KOPPE, Dietmar & LEUTNER, Detlev. Neue Anforderungen an die Ingenieurausbildung. *CIM-Management*, 1:76-89, Feb 1988.

[8] ORR, Joel N. Computers in Engineering Education. *Computer Aided Engineering*, 2:60, February 1991.

[9] KON, Anita. A modernização Tecnológica Brasileira e o Ajustamento de Recursos Humanos. *Revista de Administração de Empresas*, 31(4): 5-15, Out/Dez 1991.

[10] ROZENFELD, H. & BREMER, C.F. A Fábrica Modelo na Engenharia para o Ensino de CIM. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, São Paulo, :197-200, Dezembro 1991.

9.2. Consultada

CHERNG, John G. Integration of CAD/CAM in the Engineering Curriculum.

CROOKAL, J.R. Education for CIM. *Annals of the CIRP*, 36:479-494, 1987.

KARL, Bernhard. CIM-eine Qualifizierungsherausforderung. *CIM-Management*, (1):48-51, Feb 1988.

KRALLMANN, Hermann & SCHOLZ, Bernd. CIM-Ausbildung in Rahmen der Systemanalyse. *CIM-Management*, 1:88-89, Feb 1988.

SCHUMACHER, Barbara. Mit CIM in die Zukunft. *CIM-Management*, 1: 52-55, Feb 1988.