



CAPP - Computer Aided Process Planning

Considerações sobre Planejamento Processo Aplicações CAPP na Indústria de Manufatura - Um Estudo de Caso

**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento Engenharia Mecânica - Projeto e Fabricação**

Trabalho de Formatura 1997

7.0 Adriano Fassina.
5.0 Alexandre Salfatis

*Aprovado
São Paulo, 11 de dezembro de 1997
João Paulo R. Mariano*

Índice

Parte A – Considerações sobre o Projeto de Implantação CAPP na Indústria de Manufatura – Um Estudo de Caso.

I - Estudo de Caso

Metodologia de Análise.....	4
Razões das Mudanças	4
Etapas do Projeto	5

II - Análise do Caso

Apresentação da Empresa em Estudo.....	8
Produtos	8
Unidades de Negócio.....	10
Política de Qualidade.....	14
Quadro de Funcionários	15
Setores Produtivos.....	17
Gerenciamento do Produto/Processo	19
Processo de Manufatura.....	21
Resultado da Pesquisa	24

Parte B – Apresentação e Detalhamento do Sistema CAPPE

Apresentação do Sistema CAPPE	33
Detalhamento dos Módulos do Sistema CAPPE	
GRP – Gerenciador de Recursos de Planejamento	35
ToolCal – Cálculo de Ferramentas.....	42
EstPro – Estrutura do Produto	44
EditPro – Editor de Processos	49
ClassCom – Classificação Componentes (TG)	57
GerForm – Gerenciador de Fórmulas	63
Orçamentos (FlexCost)	69
Qualidade (FMEA)	73
Gerenciador de Conexões	75
Especificações Técnicas CAPPE	77

Parte C – Aplicação Prática no Sistema CAPPE

Aplicação Prática	78
-------------------------	----

Apêndice A – Fundamentos Teóricos CAPP – Estudo de Viabilidade

Fundamentos Teóricos CAPP

Computer Aided Process Planning	80
Principais Benefícios do Sistema CAPPE	84
Justificativas	85
Aumento da Produtividade de Planejamento	85
Aumento da Qualidade no Planejamento Processo	93
Integração com outros Sistemas	98

Anexo A – Questionário Avaliação sobre Projeto de Implantação CAPPE

Resumo

A globalização da economia impõem cada vez mais às empresas uma busca contínua a novas e modernas soluções tecnológicas que permitam redução de custos e desperdícios, além de alternativas que representem aumento de produtividade e qualidade. A crescente competitividade e integração dos mercados internos e externos é, na atualidade, uma das grandes preocupações das indústrias em geral.

Dentro deste contexto, as empresas de manufatura vêm dedicando atenção especial aos seus processos de fabricação com o objetivo de produzir com qualidade, tecnologia e baixo custo.

Particularmente no âmbito da produção de peças pelo processo de usinagem, estes fatores são fortemente influenciados pelo planejamento do processo de fabricação e a vantagem competitiva nestes mercados advém do desenvolvimento de sistemas computacionais especialistas, destinados a otimizar o controle e fluxo de informações.

Procurando evidenciar os fatores que, de certa forma, influenciaram os resultados das etapas de conceituação, desenvolvimento das alternativas técnicas e aprovação do projeto, será apresentado neste trabalho um **Estudo de Caso** em uma indústria de auto-peças, onde se implantou o **CAPP** com o propósito implementar melhorias contínuas nos sistemas de produção através de um eficiente planejamento e gerenciamento do processo de fabricação.

A seguir será apresentado o sistema **CAPP** e suas características, cujo objetivo será trazer informações que demonstrem a importância e viabilidade do planejamento e gerenciamento através do emprego de um *software* dedicado.

Por fim mostraremos uma aplicação do *softer* através de uma simulação prática para elaboração do plano de fabricação, utilizando os recursos disponíveis no sistema.

Abstract

The economical globalization forces all companies, more and more, to search for new and modern technological solutions which permit reduction of costs and wastes, as well as alternatives which will represent rise of productivity and quality. The increasing competitiveness and integration of domestic and international markets is, nowadays, one of the deep concerns of industries in general.

In this context, manufacturing factories have given special attention to their manufacturing procedures with the intention of producing with quality, technology and low cost.

Specifically in the field of production of parts by the process of mills, these elements are strongly influenced by the planning of the process of manufacturing and the competitive advantage in these markets come from the development of specialist computational systems, meant to optimize the control and abundance of information.

Trying to make evident the factors that, in one way or another, influenced the results of the stages of conception and development of the technical alternatives for approval of the project, a study case of an industry of auto-parts will be presented in this work, where **CAPP** was adopted with the purpose of introducing continuous improvements in the systems of production through an efficient planning and management of manufacturing process.

Next, the **CAPP** system and its characteristics will be presented. The purpose will be to bring information that demonstrates the importance and viability of the planning and management through the use of dedicated software.

Finally, we will show the use of the software through a practical simulation to elaborate a manufacturing plan, making use of the available skills of the system.

Agradecimentos

Parece um milagre que um trabalho como *Considerações sobre Planejamento do Processo – Aplicações CAPP na Indústria de Manufatura - Um Estudo de Caso*, possa ter ficado pronto em tão pouco tempo. Mas isso foi o resultado de um esforço envolvendo muitas pessoas trabalhando juntas. Como prova de gratidão, dedicamos esta seção a todos que, direta ou indiretamente, tiveram participação em nosso trabalho.

Em especial, desde já manifestamos nossos sinceros agradecimentos a todos os funcionários da Empresa em Estudo, entre eles Marcos Foratto e Walter Beraldo, processistas que há anos demostram competência e capacidade no assunto.

À KSR Consultoria e Sistemas p/ Engenharia que, através do Eng^o Ricardo C. Pires, pudemos esclarecer as principais dúvidas e questões sobre o sistema analisado (*CAPP Environment*), além do suporte técnico prestado sobre a versão DEMO do programa.

À Clarice Cristiane André, assistente bibliotecária do Departamento de Engenharia Mecânica da USP, através de sua competência e disposição em sempre nos ajudar.

Enfim, ao orientador Prof. João Paulo Marcicano, pelas informações e orientações sempre úteis para o desenvolvimento do trabalho.

Parte A

Considerações sobre o Projeto de Implantação CAPP na Indústria de Manufatura - Um Estudo de Caso -

**Por :
Alexandre Salfatis**

Introdução

Neste final de século as empresas passam a ter novos desafios, onde mudanças profundas na economia provocam uma maior velocidade nas mudanças tecnológicas. O tempo de adequação e inovação das características de manufatura passam a ter uma importância fundamental : deve tender a zero!

No âmbito nacional, entretanto, pesquisas revelam que menos de 10% das empresas operam segundo níveis de classe mundial (World Class). Todas entendem que é urgente um esforço de modernização industrial sob pena de uma severa deterioração do comércio externo e mesmo do desenvolvimento interno. Embora este seja um fato aceito e comprovado, muitas delas ainda se apóiam nas tradicionais vantagens de custos, como :

- a) Baixos salários e más condições de trabalho.
- b) Incentivos estatais.
- c) Acesso rápido e barato a matérias-primas.

Na medida em que esses recursos tornam-se escassos, a indústria nacional se vê ameaçada e até impossibilitada de responder a novos padrões de qualidade, além de não oferecer aos consumidores, hoje mais exigentes, produtos diferenciados e com ciclo de vida menor.

Uma saída emergente para tal problemática está na adoção de novas tecnologias de manufatura através da elaboração de planos de investimentos e programas de melhorias contínuas, visando com isso atingir os objetivos de curto, médio e longo prazo: ser competente e competitivo.

As mudanças na manufatura, no entanto, não devem limitar-se apenas às inovações tecnológicas e mudanças técnicas necessárias para adequar-se às características de demanda determinadas pelo mercado. Os potenciais nesse campo são relevantes e assumem um papel importante, pois possibilitam o envolvimento e o comprometimento dos profissionais de áreas diretamente e indiretamente focadas no processo de fabricação.

Neste capítulo, apresentamos uma metodologia para efeito de análise sobre as principais considerações que resultaram na adoção do *CAPP* como uma nova tecnologia de fabricação voltada ao planejamento da cadeia produtiva de uma determinada empresa de manufatura.

No que toca à metodologia, algumas questões serão levantadas, visando obter informações relevantes sobre:

- a) Razões das mudanças técnicas no processo de fabricação
- b) Desenvolvimento das soluções que resultaram na introdução de uma nova tecnologia.
- c) Tempo decorrido entre a etapa de concepção e a etapa de implantação do projeto.
- d) Tipos de controle da empresa e decisão de implantação.
- e) Fatores de aprovação e tomada de decisão.

A definição do objeto de estudo é decorrente da necessidade de identificar e constatar os fatos da realidade atual que têm impactos positivos e negativos nas empresas que buscam continuamente o desenvolvimento técnico para atingir resultados.

Desde já, definimos como objetivo central deste capítulo obter informações e constatações da análise dos aspectos que efetivamente são os condicionantes e decisivos na realização de mudanças técnicas no campo da indústria de manufatura, tomando por base a implantação do *CAPP*.

I - Estudo de Caso

I.1 - Metodologia de Análise

Neste tópico foi abordado um estudo de caso, considerando as etapas que antecederam a implantação do projeto (sistema **CAPP**) bem como seus desmembramentos, especificando as principais questões e variáveis existentes.

Lembramos inicialmente que o estudo ocorreu num ambiente onde as condições preexistentes estabeleceram de alguma forma condições iniciais, as quais devem ser ponderadas, como cultura organizacional, tecnologias de fabricação adquiridas pelo menos nos últimos 20 anos, a participação da empresa no mercado e seu respectivo nível de qualidade, prazo e preços competitivos.

A análise será feita em cima dos critérios que definem o projeto por completo.

São eles:

- a) Razões das mudanças na manufatura
- b) Etapas do projeto que resultaram tais mudanças

Cada um desses dois critérios será especificado a seguir.

I.1.1 – Razões das Mudanças

As razões que levam uma determinada empresa a decidir por mudanças técnicas são nada mais que os objetivos qualitativos e quantitativos pretendidos com a implantação de um novo sistema. Muitas vezes uma decisão como essa é reflexo de uma deficiência particular da empresa.

É nessa fase que o corpo executivo da empresa se empenha num esforço contínuo para apresentar os problemas e soluções corporativistas.

1.1.2 – Etapas do Projeto

Decidido pela implantação de um programa de melhorias através da substituição de um modelo atual por um outro a ser implementado, sucedem as etapas de apresentação e avaliação das propostas a serem estudadas no projeto. Definimos a seguir o procedimento usual para o desenvolvimento do trabalho.

1ª Etapa

Estabelecer as premissas que serão adotadas para o desenvolvimento dos trabalhos posteriores, identificando o que permanece e o que muda das características atuais, como instalações, níveis hierárquicos, metodologia de trabalho, tecnologia de fabricação, estabelecendo desta forma condições mínimas que o projeto deve satisfazer.

Normalmente, esta etapa é definida pelos recursos financeiros disponíveis pela empresa e cultura organizacional da mesma. Outro fator importante é o nível intelectual dos funcionários diretamente e indiretamente ligados ao setor onde as maiores mudanças irão ocorrer, pois um avanço tecnológico requer a especialização dos profissionais envolvidos.

2ª Etapa

Caracterizar a tecnologia a ser implantada e definir detalhadamente o processo de fabricação ligado à introdução dessa nova tecnologia. Considerar-se-á o

processo atual praticado e, a partir desse ponto, projetar-se-ão as mudanças a serem introduzidas.

3ª Etapa

Elaborar o projeto completo a partir das necessidades identificadas, considerando a introdução da nova tecnologia.

Ainda nesse momento, não se trata do projeto executivo que permitirá a realização das mudanças necessárias à implantação do novo sistema. Tem-se, portanto, nesta fase: análise simulada do processo, previsão de melhorias no setor através de *benchmarking*, visão geral das atividades a serem praticadas, um orçamento preliminar e orientativo do valor do investimento, estimativa dos benefícios e retorno proporcionado.

4ª Etapa

Submeter as alternativas levantadas na etapa anterior à aprovação de um "Comitê" formado pelo corpo executivo, ao qual deverão se juntar os técnicos e especialistas das áreas diretamente ligadas ao projeto e também técnicos de áreas adjacentes.

Esta etapa tem um caráter predominantemente iterativo, podendo através de um *feedback* real identificar novos estudos para melhorar e/ou adequar a alternativa final dentro do objetivo de todos.

5ª Etapa

Disponer os recursos financeiros necessários e iniciar a fase de detalhamento de engenharia da alternativa escolhida, especificando os equipamentos e treinamentos necessários para colocação dos pedidos de compra.

6ª Etapa

Monitorar, após a implantação do projeto, os resultados obtidos, compará-los com os objetivos pretendidos e através dos índices de performance estruturar um sistema de retroalimentação para novas adequações.

Normalmente, nessa fase ainda se pode buscar uma solução mais refinada para atender todos os requisitos esperado com o projeto.

II – Análise do Caso

II.1- Apresentação da Empresa em Estudo

O Estudo de Caso apresentado realizou-se em uma empresa do setor automotivo com participação relevante no mercado interno, mas principalmente presente no mercado externo através de vendas diretas ou via "*tradings*".

Assim como em outras empresas do mesmo setor, que atravessaram uma fase em que o mercado interno protegido, não se exigia uma condição de competitividade internacional, sua tecnologia de fabricação passou a ficar ultrapassada e ameaçada pela ascensão de novos concorrentes.

Recentemente incorporada a um grupo estrangeiro, através da aquisição de ações junto à bolsa de Nova York, uma nova empresa ressurgiu no mercado com o propósito de conquistar os espaços ainda inexplorados e principalmente retomar os negócios perdidos pela antiga corporação.

Exatamente a partir deste ponto, inúmeras mudanças passaram a determinar um novo ritmo de trabalho e desenvolvimento do potencial dos funcionários que permaneceram na empresa. Entre outras considerações, deve-se ressaltar uma reestruturação e adequação ao novo modelo imposto pela nova corporação.

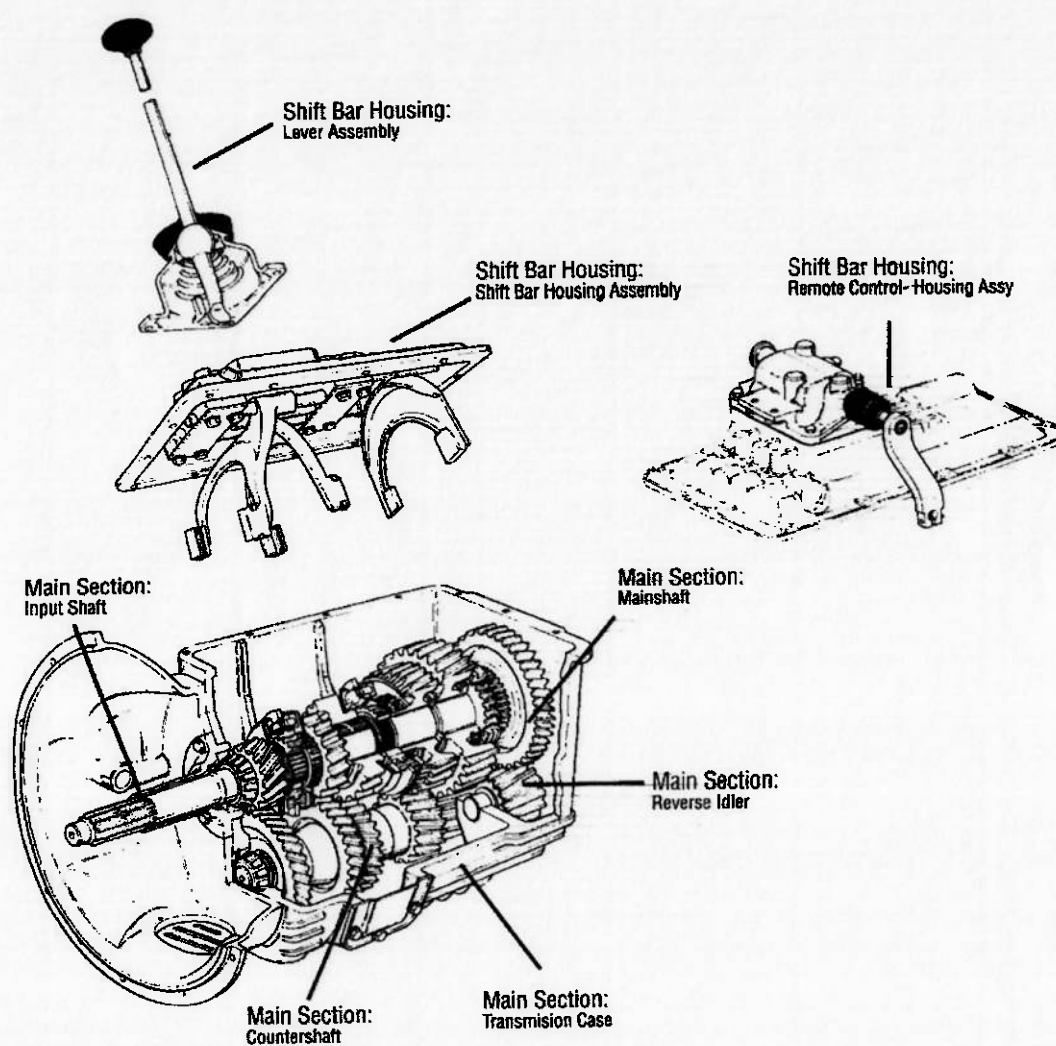
Produtos

A empresa em estudo produz Transmissões Manuais de alta qualidade, além de peças de reposição para veículos dos mais variados. Sua participação está presente em todos os segmentos da produção, incluindo projeto do produto, desenvolvimento de tecnologia, forjaria e manufatura .

Os produtos são destináveis a dois grupos de veículos :

- a) veículos de estrada (*on highway*)
- b) veículos fora de estradas (*off highway*)

Veículos *off highway* são aqueles presentes no campo e construções civis e fabris, como tratores agrícolas, guindastes e empilhadeiras. Já os veículos *on highway* são representados pelos carros de passeio e de carga/passageiro.



00600 4/93 Medium Duty Trans

Fig. 1 – Produto Fabricado - Transmissão Mecânica

Unidades de Negócio

Dentro dessa linha de produtos, a planta é composta por 4 unidades de negócios¹ independentes, subdivididas de acordo com o mercado a que se dedica. A seguir apresenta-se cada uma delas e sua participação em vendas.

Veículos On- Highway	% Vendas
Unidade Leves Pick-ups, Caminhões Leves ...	21
Unidade Médias Caminhões Médios, Ônibus..	54
Unidade Passageiro Carros Populares	05
Veículos Off- Highway	% Vendas
Unidade Pesadas Cam. Pesados Tratores, Guindastes	10

Tabela 1 – % em Vendas por unidade de negócio

Clientes

Sua participação na América do Sul corresponde à 70% do total produzido por empresas do mesmo setor, estando presente também nos EUA, Canadá, México e Alemanha. Seus principais clientes são listados a seguir:

¹ Neste estudo, desconsideramos a participação da Unidade Power Shift, uma vez que as transmissões deste setor deixarão de ser fabricadas a partir de 1998.

Transmissões On- Highway
General Motors
Ford
Volkswagen
Mercedes Benz
Transmissões Off- Highway
Iveco
Agco (Atlante George Co., sucessor da Maxion-Massey Ferguson)
New Holland Latino Americana
Valtra do Brasil S.A. (Valmet)
Fiatalis Latino Americana S.A.
J.I. Case
Volvo Equipamentos de Construção Ltda.

Tabela 2 – Lista de Clientes

O objetivo da empresa é, através de um método sistemático, suprir as necessidades do mercado e de seus clientes, proporcionando aos mesmos uma satisfação através da excelência de seus produtos e serviços.

Os clientes têm uma participação importante na avaliação da empresa por intermédio das inúmeras auditorias prestadas pelos mesmos ao longo do ano.

A seguir são apresentados os resultados da última avaliação.

Cliente	Nota ²
New Holland	94
Eaton Corporation	90
GM	89
Autolatina	97
VW	91
Ford	97

Tabela 3 – Avaliação Global da Empresa por Unidade de Negócio

Categoria	Média ³
Comitê Gerenciamento	96
Sistema Qualidade	91
Métodos de Controle	90
Eng ^a Produto	95
Performance Produto	100

Tabela 4 – Avaliação por Categoria da Empresa

² : Escala 0 – 100

³ : Refere-se à média das avaliações feitas pelos clientes citados na tabela anterior

Estrutura Organizacional da Empresa

A seguir destaca-se a estrutura hierárquica da empresa, representada apenas pelo nível de diretoria. Abaixo da diretoria, encontram-se gerentes de departamentos, engenheiros de setores, técnicos supervisores e processistas.

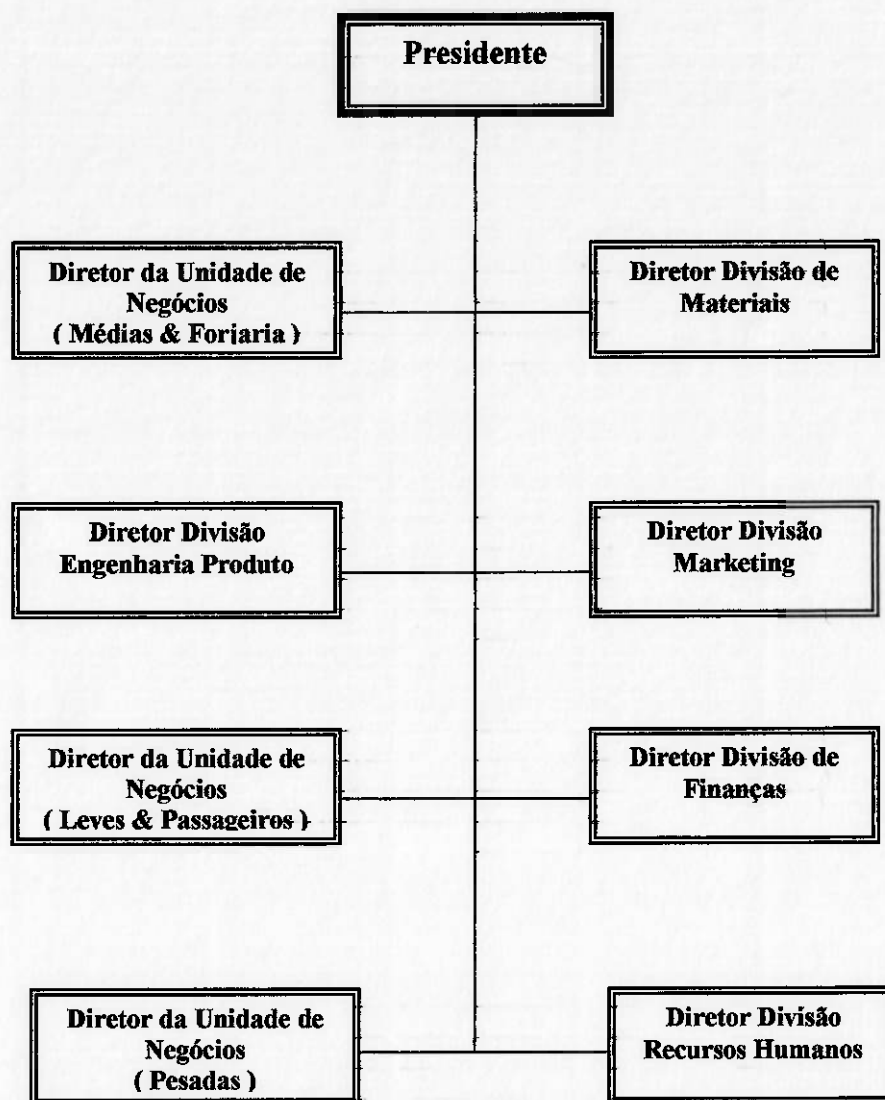


Fig. 2 – Estrutura Organizacional da Empresa

Política de Qualidade

Dentre outras atribuições destacáveis à empresa em estudo, pode-se citar a certificação ISO 9001 pela SGS International Certification Service , reconhecida nos EUA pela RAB – Accredited Registrar, United Kingdom e NACCB – National Accreditation of Certification Bodies, além da iminente certificação QS 9000¹, previsto para dez/1997.

O Sistema de Qualidade foi desenvolvido para abranger todas as áreas da empresa e foi dividido em seis sub-sistemas listados abaixo:

- I. Gerenciamento do Sistema da Qualidade Assegurada
- II. Planejamento da Qualidade em Negócios
- III. Projeto e Alterações do Produto e Processo
- IV. Qualidade Assegurada da Produção
- V. Qualidade Assegurada dos Produtos Comercializados
- VI. Qualidade Assegurada dos Serviços Pós-Vendas

Outros certificados de excelência, prêmios oferecidos pelos principais clientes:

- 1. Certificado de Mérito GMB.
- 2. Fornecedor Preferencial AutoLatina (Ford e Volks).
- 3. Q-1 Quality Award – New Holland Latino Americana.

Quadro de Funcionários

Atualmente a empresa conta com 2.161 funcionários distribuídos pelas unidades de negócios conforme quadro a seguir :

Veículos On- Highway	% Empregados
Unidade Leves	
Pick-ups, Caminhões Leves ...	14.7
Unidade Médias	
Caminhões Médios, Ônibus..	8.3
Unidade Passageiro	
Carros Populares	12.3
Veículos Off- Highway	% Empregados
Unidade Pesadas	
Tratores, Guindastes	8.9
Serviços	% Empregados
Setores	
RH, Pesquisas,Finanças, Jurídico	45.8

Tabela 5 – % Empregados por unidade de negócio

O nível intelectual dos empregados deve ser considerado, e reflete o grau de capacitação dos mesmos a estarem aptos a responder frente às inovações tecnológicas do mercado industrial. A seguir é apresentado um quadro com a distribuição da população empregadora com seu respectivo grau de escolaridade.

Grau Escolaridade	Completo	Incompleto	Ingressante
Doutorado	03	-	1
Pós-Graduação	29	6	22
Universitário	201	40	49
2º Grau	701	31	317
1º Grau	257	324	180
Total	1191	401	569

Tabela 6 – Número de Funcionários por Grau de Escolaridade

Vale destacar que a empresa possui um programa de incentivo a seus funcionários, promovendo cursos complementares ou básicos, tais como supletivos, profissionalizantes e administrativos, entendendo que o sucesso atual é extremamente dependente da capacitação técnica e intelectual de seus profissionais

Setores Produtivos

Na indústria de manufatura, onde o objetivo é sempre produzir um determinado produto para o mercado consumidor, podemos identificar pelo menos três setores produtivos, cada qual com suas funções específicas.

Neste trabalho ficaremos restritos apenas às áreas de fabricação e controle da produção, principais alvos do *Estudo de Caso*. Setores como RH, Finanças e Jurídico serão desconsiderados.

Esfera de Projeto/Processo

É neste setor da empresa onde surge a definição do produto a ser comercializado, bem como a exploração de novos processos de fabricação. Além disso, as atividades vão desde uma avaliação preliminar do produto, através do desenho e de suas especificações, até a fase de testes com o protótipo. Na esfera de processo, vários estudos e simulações são necessárias para aumentar a produtividade da empresa.

Hoje, os recursos disponíveis para tais estudos e análises são os seguintes:

- a) *CAD – Computer Aided Design*
- b) *CAM – Computer Aided Manufacturing*
- c) *CAE – Computer Aided Engineering*
- d) *PROMODEL – Simulação de Fluxo da Produção e LAY-OUT*
- e) *NASTRAN – Análise de Estruturas por Elementos Finitos*
- f) *CAPP – Computer Aided Process Planning*

Esfera de Fabricação

É nesta esfera produtiva que se situa o processamento da matéria-prima, as operações de usinagem, montagem e controle de qualidade da manufatura, além da estocagem da produção.

Os recursos avaliáveis neste setor vão desde equipamentos de produção, entre eles máquinas-ferramentas CNC, dispositivos eletrônicos de medição, controladores de processo, a robots e AGVs.

Dos profissionais atuantes nessa área podemos citar os operadores de máquinas, inspetores, engenheiros industriais e técnicos de manutenção.

O objetivo básico seria a transformação de informações em tarefas executadas pelo homem ou máquinas automáticas.

Esferas de Planejamento (Schedule) e Suprimentos

As atividades relacionadas a esta área em particular correspondem às funções administrativas e comercial, representando o elo de ligação entre o cliente e o fabricante do produto.

É importante ressaltar que, longe de ser generalizável, a importância de cada esfera produtiva, bem como as atividades e profissionais envolvidos, irá depender do tipo de empresa e da dinâmica particular do mercado em que atua.

Gerenciamento do Produto/Processo

Baseada numa filosofia de Engenharia Simultânea com os clientes e fornecedores, uma metodologia de concepção é utilizada pela empresa, quando do lançamento de um novo projeto e/ou processo de fabricação. Isso permite ao cliente participar ativamente do processo produtivo a partir dos requisitos desejáveis pelo mesmo. Segue o fluxograma a seguir:

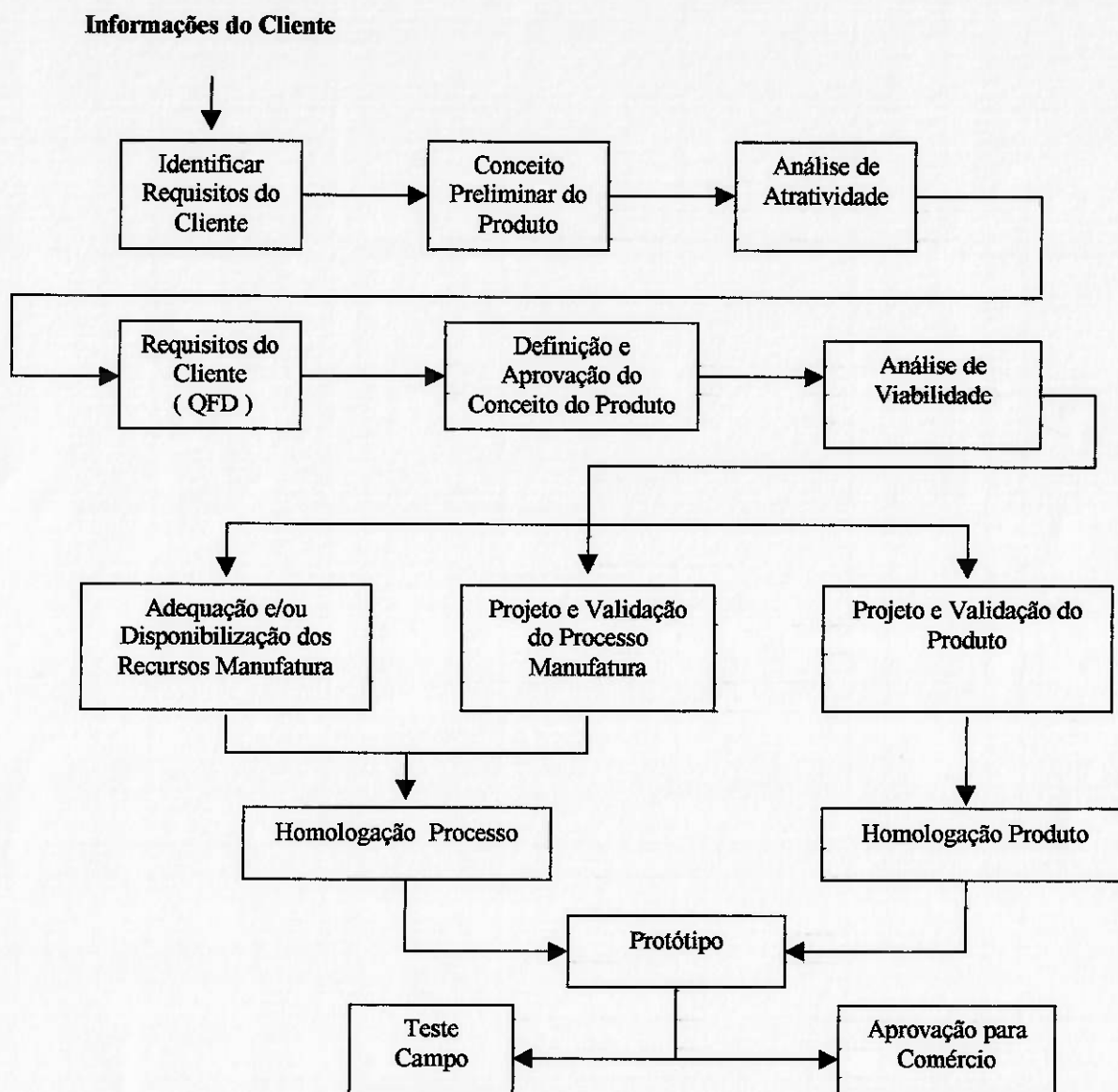


Fig. 03 – Fluxograma Processo de um novo Produto

O processo de fabricação dos componentes do produto pode ser considerado complexo, na medida em que a grande variedade de peças e modelos de transmissões existentes exige uma alta flexibilidade da linha produtiva. Além disso, o compromisso de oferecer produtos de alta qualidade determina à busca incessante de novos investimentos que representem aumento de produtividade e qualidade, ao mesmo tempo, a redução do custo unitário do produto final.

Para garantir todas as características de fabricação citadas acima, inúmeras atividades são desenvolvidas pelos *teams* da Engenharia Simultânea. Dentre essas atividades citam-se:

- a) Definição do tempo padrão de usinagem
- b) Definição do processo de fabricação em si
- c) Análise de Modo e Defeitos (*FMEA*)
- d) Estudo de Capabilidade do Processo (*Cp & Cpk*)
- e) Estudo de Capabilidade dos Instrumentos de Medição (*R&R*)
- f) Estudo de Distorção Tratamento Térmico
- g) Estudo para aprovação de uma peça nova (*RIAI*)
- h) Investimentos/Compras de equipamentos modernos
- i) Desenvolvimento de Fornecedores (*DIF*)
- j) Homologação do Processo

Também podemos mencionar outras atividades que permitem alcançar níveis de qualidade compatíveis com a de concorrentes estrangeiros. São elas:

- a) *SOL* – Segurança, Ordem e Limpeza
- b) *GEC's* – Grupos de Excelência Contínua
- c) *Kaizen*²

Processo de Manufatura

O processo de fabricação das peças que compõem o produto final pode ser considerado completo, desde a chegada da matéria prima, até a linha de montagem e expedição. A seguir apresentamos o processo simplificado:

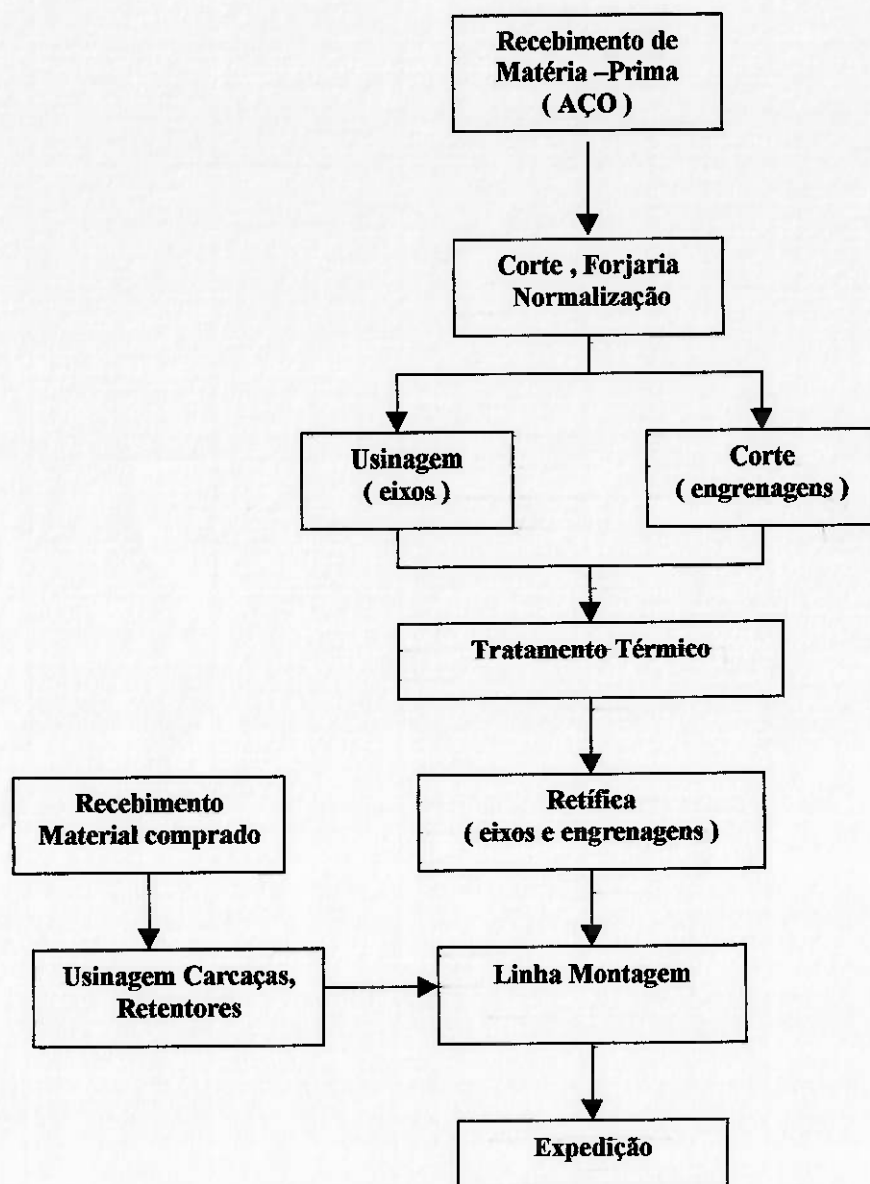


Fig. 4 – Esquema Processo Fabricação

III – Análise do Caso

Procuramos, na seção anterior, apresentar de forma simplificada o perfil da empresa em estudo, pois entendemos ser de extrema importância para a análise seguinte. De imediato é possível identificar uma preocupação constante da empresa : a busca pela excelência através da satisfação do cliente.

Detalharemos nesta seção as etapas que se sucederam até a implantação do **CAPPE** bem como as razões que levaram às mudanças de ordem técnica na manufatura.

Com o objetivo de analisar alguns fatores presentes nas etapas de conceituação, desenvolvimento e aprovação de uma mudança ou inovação tecnológica, como aquela que resultou na adoção do sistema **CAPPE**, foi elaborado um breve questionário com algumas considerações sobre o assunto (vide anexo A).

Razões das Mudanças

Dentre os fatores que levam uma empresa a introduzir mudanças técnicas, o principal é a necessidade de manter-se no mercado global operando de forma competitiva.

Mais especificamente, a complexidade do processo de fabricação, aliada à grande quantidade de produtos, embora similares, faz aumentar ainda mais a necessidade de otimização do processo e controle da produção. Podemos listar uma série de problemas observados na empresa antes da implantação do **CAPPE**.

São eles:

- Falta de conhecimento dos recursos de fabricação realmente disponíveis na fábrica.
- Dificuldade na obtenção de informações técnicas e administrativas.
- Permanência em estoque de ferramentas e instrumentos já obsoletos.
- Ausência de critérios eficientes de controle e armazenamento de informações de planejamento.
- Ineficácia no acompanhamento das alterações de desenho e especificações técnicas de engenharia.
- Falta de critérios na padronização das operações de processo.

Realmente todos os problemas apontados acima indicavam a necessidade de mudanças e, para efetivá-las, optou-se pela adoção de um sistema que gerenciasse e auxiliasse o processista na elaboração de um planejamento mais eficiente e seguro. Longe de ser uma solução única, esta se faz presente principalmente na esfera de fabricação, embora viabilize todas as demais áreas da empresa.

Uma das características verificadas durante o desenvolvimento desse projeto foi o domínio que a empresa demonstrou possuir no que se refere à tecnologia de fabricação de seus produtos, permitindo assim atuar sobre as variáveis associadas aos processos de fabricação, tais como a operacionalização de equipamentos eletrônicos e informatizados.

Os fatores que influenciaram as etapas do projeto de implantação serão explicitadas através das questões analisadas nas entrevistas realizadas ao longo do trabalho.

Resultado da Pesquisa

Participaram desta entrevista **15** profissionais de diferentes áreas de produção, com o predomínio de profissionais ligados à engenharia de manufatura, com atuação no mercado automobilístico.

Seguindo a classificação, conforme quadro abaixo, foi desenvolvida uma análise das respostas e comentários.

<i>Fatores Levantados</i>	<i>Questão (ões)</i>
Razões das mudanças técnicas e inovações tecnológicas	1, 2, e 3
Desenvolvimento das soluções tecnológicas	4
<i>Tempo entre as etapas de concepção e de implantação</i>	5
<i>Tipos de controle da empresas e decisão de implantação</i>	6, 7, e 8
<i>Fatores da aprovação e tomada de decisões</i>	9, 10 e 11

Tabela. 07 – Questões avaliadas na Análise do Caso

I.1 Razões das Mudanças Técnicas na Manufatura

A maioria dos entrevistados respondeu que uma empresa globalizada visa preço, custo, qualidade e prazo competitivo. Verificou-se, porém, que os fatores determinantes das mudanças técnicas estão intimamente relacionados com as definições do planejamento estratégico e este indica qual o estágio que a empresa pretende alcançar e em que prazo isso deverá ocorrer.

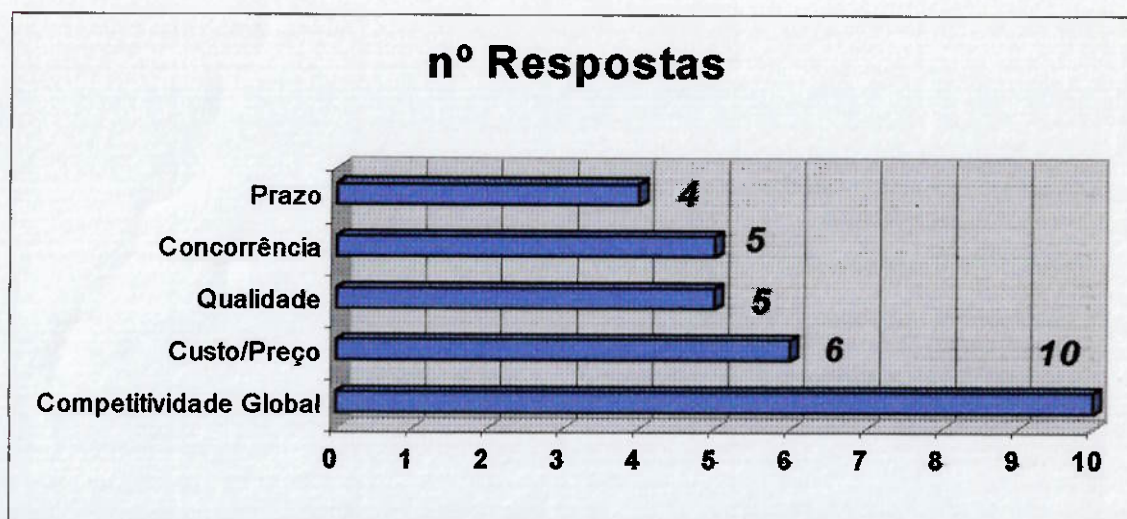


Fig. 5 Fatores que levam uma empresa a decidir-se pela modernização

O que se nota é que as empresas são geralmente reativas, e por isso realizam investimentos para diminuir o *gap* que as separam das empresas líderes do seu segmento. Tal fato é mais acirrado porque os clientes têm hoje mais opções de atendimento das suas necessidades.

A figura 6 mostra que 80% dos entrevistados acreditam que a concorrência procura identificar em seus segmentos os *benchmarks* e as suas causas das diferenças para determinar o plano de ação.

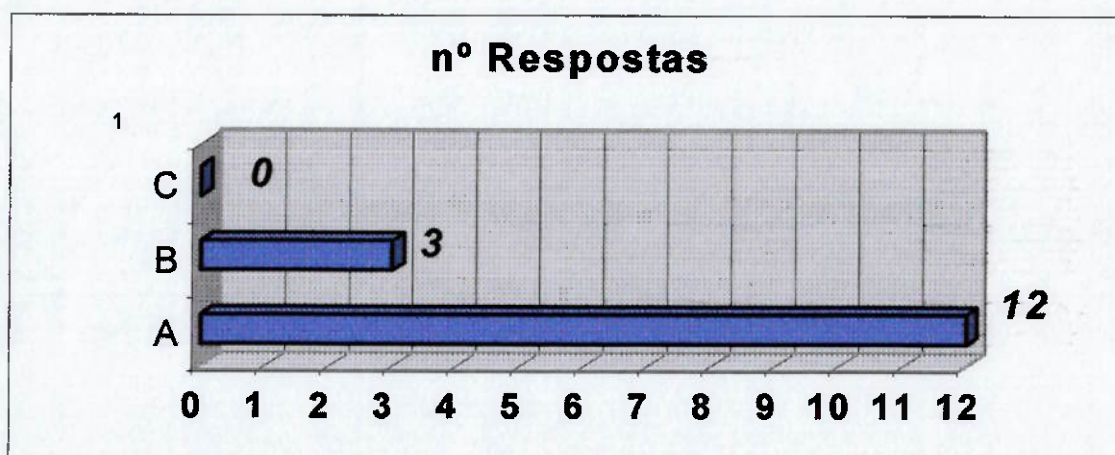


Fig. 6 Como a concorrência analisa as empresas que apresentam atuação contínua em desenvolvimento tecnológico?

¹ A – Como modelo, levando-as a buscar também a mudança

B – Como líderes ou empresas a caminho da liderança

C – Não afetam as decisões da concorrência, que segue as diretrizes definidas em seu plano estratégico

Segundo 65% dos entrevistados, as mudanças técnicas na manufatura são consideradas importantes para os clientes (Fig.7), mesmo quando condições relevantes como prazo, preço e qualidade são satisfatórias.

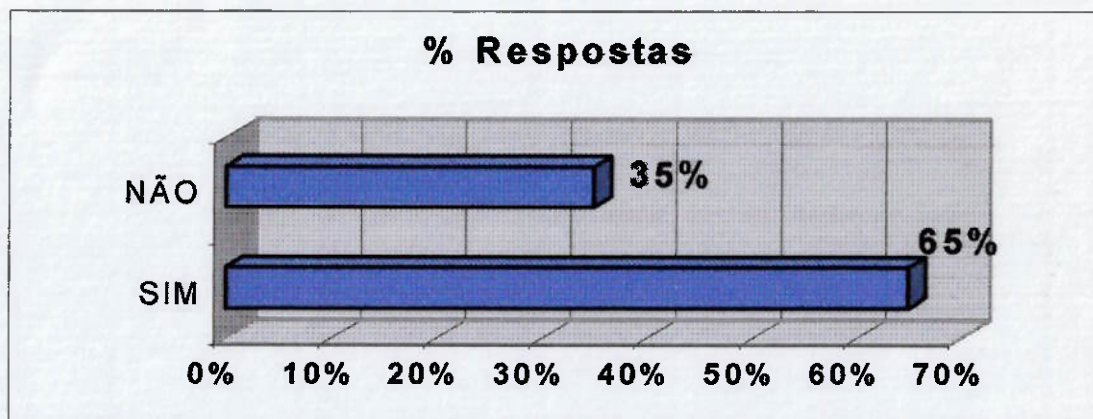


Fig. 7 Para os clientes a atuação contínua em desenvolvimento tecnológico, pode ser uma fator de menor importância, desde que prazo, qualidade e preço não sejam afetados?

Os clientes têm perspectiva de redução de preço e nível de qualidade crescente, podendo ser obtida através do desenvolvimento tecnológico; sendo assim estão pressionando os seus fornecedores com o objetivo de obter vantagens competitivas.

I.2 Desenvolvimento das Soluções Técnicas

Foi apontado por 28% dos entrevistados que o sucesso no desenvolvimento da solução técnica está ligado à caracterização da situação anterior à implantação da mudança.

O envolvimento dos usuários e dos tomadores de decisões no processo de desenvolvimento da solução é igualmente importante (28% das respostas), e a solução deverá ser desenvolvida a partir do conhecimento dos objetivos traçados pela empresa para atender o seu plano estratégico (20% das respostas).

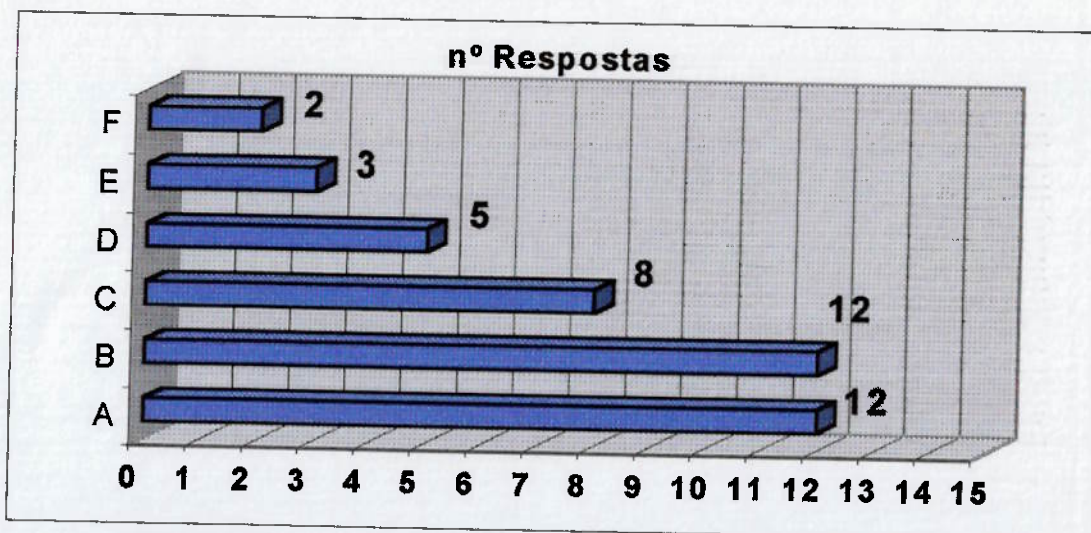


Fig. 8 Principais recomendações para obtenção de resultados positivos nas mudanças técnicas e inovações tecnológicas

- A – Caracterizar a situação atual utilizando parâmetros mensuráveis.
- B – Ter o conhecimento dos objetivos da empresa e da sua visão.
- C – Obter o envolvimento dos usuários e dos profissionais que participam do processo decisório.
- D – Acreditar no alcance dos resultados.
- E – Ter um plano de incentivo para os proponentes de melhorias.
- F – Existência de uma política nos resultados da empresa

1.3 Tempo entre as etapas de concepção e de implantação

O tempo para desenvolver todas as etapas até a implantação das mudanças é muito importante, pois no futuro a competitividade estará ligada à velocidade das adaptações e mudanças.

Os projetos com taxas de retorno atrativas deveriam ser implantados em prazos estreitos, porém ocorrem casos onde o tempo gasto é excessivo, o que prejudica a implantação dos mesmos. Para 40% dos entrevistados, a causa principal dessa duração possível é a falta de planejamento estratégico e da sua aplicação efetiva, e para 20%, as causas são a falta de coordenação e caracterização objetiva das tarefas necessárias.

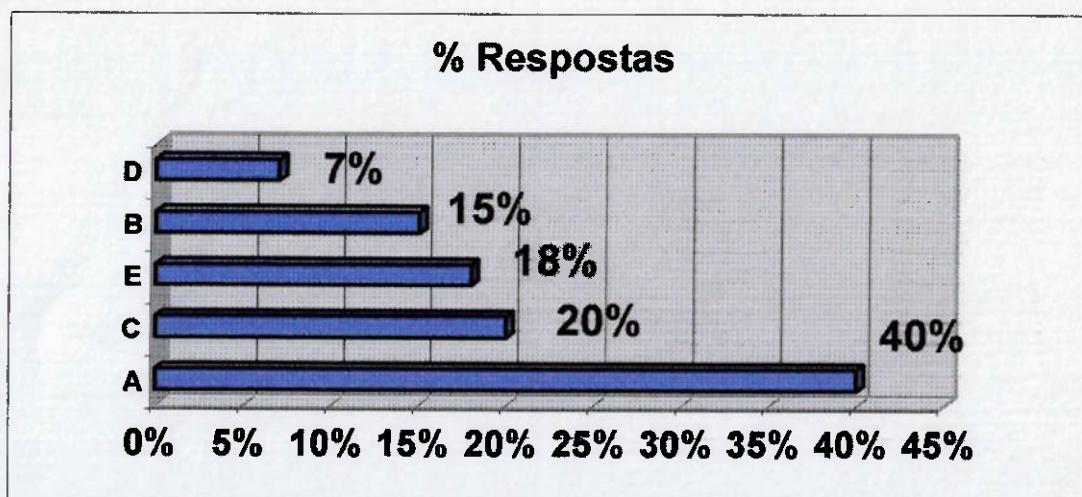


Fig. 9 Por que os projetos que trazem benefícios financeiros podem levar muito tempo para serem aprovados e implantados?

- A – Falta de um planejamento estratégico
- B – São analisados por várias áreas da empresa, que se posicionam diferentemente em relação ao projeto.
- C – Falta de coordenação.
- D – Falta de alinhamento das pessoas com os propósitos da empresa.
- E – Falta de recursos financeiros.

1.4 Tipos de controle da empresas e decisão de implantação

Um programa de melhorias estruturado e divulgado, que facilite a conceituação, a análise e o cálculo dos benefícios, abrindo oportunidade a todos os colaboradores da empresa para realizar melhorias contínuas, e também um plano estratégico de manufatura, com metodologia de monitoramento e avaliação sistemática dos resultados, possibilitam agilidade na implantação das mudanças através de decisões objetivas e, portanto, distanciadas de qualquer influência que possa afastar a empresa de seus objetivos. Para 40% dos entrevistados, a necessidade de uma mudança técnica ou simplesmente de uma melhoria pode não ser visualizada pelas pessoas que tomam decisões porque não há um programa de melhoria divulgado e estruturado. Para 30%, a idéia é eliminada por razões pessoais ou políticas.

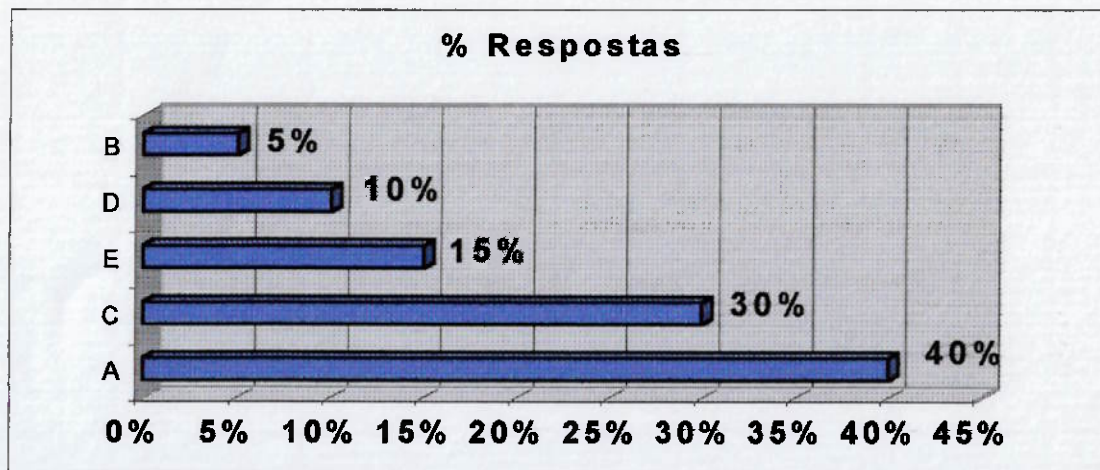


Fig. 10 Por que a necessidade de uma mudança técnica ou simplesmente de uma melhoria pode não ser visualizada pelas pessoas que tomam decisão?

- A – Não há um programa de melhoria divulgado e estruturado.
- B – A idéia é eliminada por falta de preparo técnico.
- C – A idéia é eliminada por razões pessoais ou políticas.
- D – Adotam-se suposições que nem sempre são verdadeiras ou ocorre o predomínio da subjetividade.
- E – Perfil ou estilo de administração do profissional.

Os investimentos em mudanças técnicas quando ocorrem como uma opção para minimizar perdas na lucratividade das empresas, têm sua implantação viabilizada segundo a análise dos acionistas. Para 40% dos entrevistados, se tais investimentos contribuírem para o aumento do valor da empresa ou para a atratividade do negócio sempre haverá a aprovação para implantação do projeto. Já 35%, responderam que os acionistas os aprovam se estiverem dentro do plano estratégico da empresa (*Capital Plan*). A forma de apresentação dos investimentos aos tomadores de decisões foi citado por 15% como um dos fatores de sucesso, devendo ser, portanto, estruturada com clareza a fim de atender melhor aos objetivos e de propiciar o entendimento total dos dados qualificados.

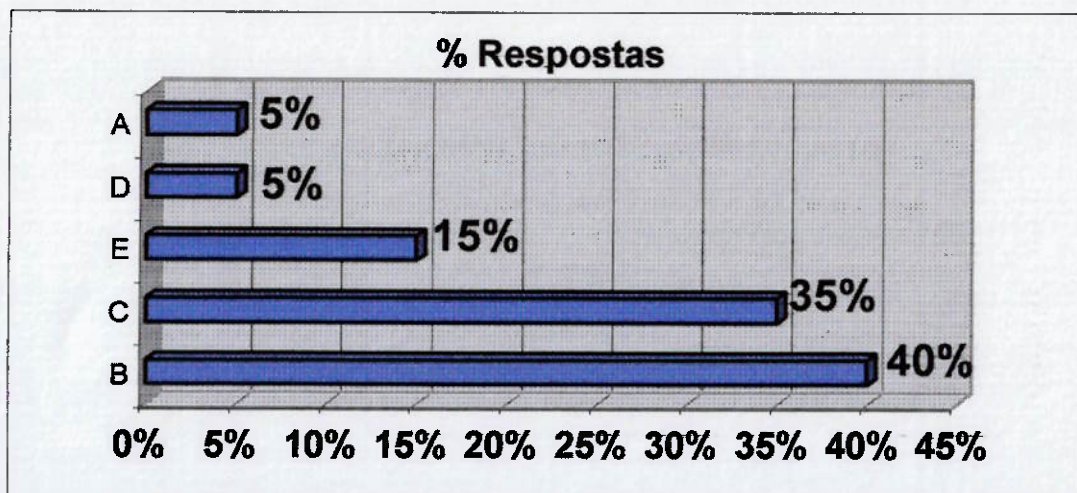


Fig. 11 Se para determinadas situações as mudanças técnicas minimizam as perdas de lucratividade, beneficiando a competitividade, como os acionistas avaliam a sua implantação?

- A – Sempre aprovam a implantação.
- B – Dependerá do impacto nos resultados da empresa, ou quanto aumentará o valor da empresa.
- C – Deve estar dentro da visão estratégica da empresa.
- D – A aprovação está condicionada ao resultado atual da empresa.
- E – Depende exclusivamente da disponibilidade de recursos financeiros.

Para 40% dos entrevistados, há influências pessoais na escolha da solução aprovada; segundo 30%, adota-se a solução mais econômica em função da disponibilidade de recursos financeiros.

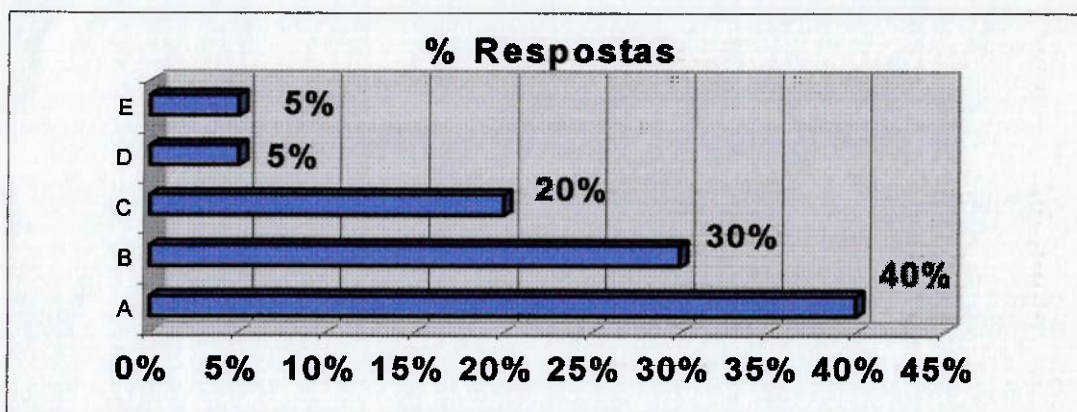


Fig. 12 Por que dentre as várias propostas para uma mudança técnica, a aprovada nem sempre é a melhor para a empresa?

- A – Há a influência pessoais na escolha da solução.
- B – Adota-se a solução mais econômica.
- C – Há falta de preparo técnico do pessoal que irá decidir a proposta.
- D – O tomador de decisão não possui conhecimentos do foco da empresa ou da sua estratégia.
- E – Há outros interesses envolvidos.

1.5 - Fatores da aprovação e tomada de decisões

A tomada de decisões deve ser fortemente direcionada para atender ao mercado, razão de ser empresas. A concorrência estimula as mudanças, segundo 50% dos entrevistados, na medida em que possui a capacidade de criar uma tensão positiva para reduzir a inércia e o conservadorismo de quem acha que já tirou suas vantagens.

A obtenção de resultados positivos, que aumente o valor do negócio, é um dos objetivos também importante, apontado por 30% dos entrevistados.

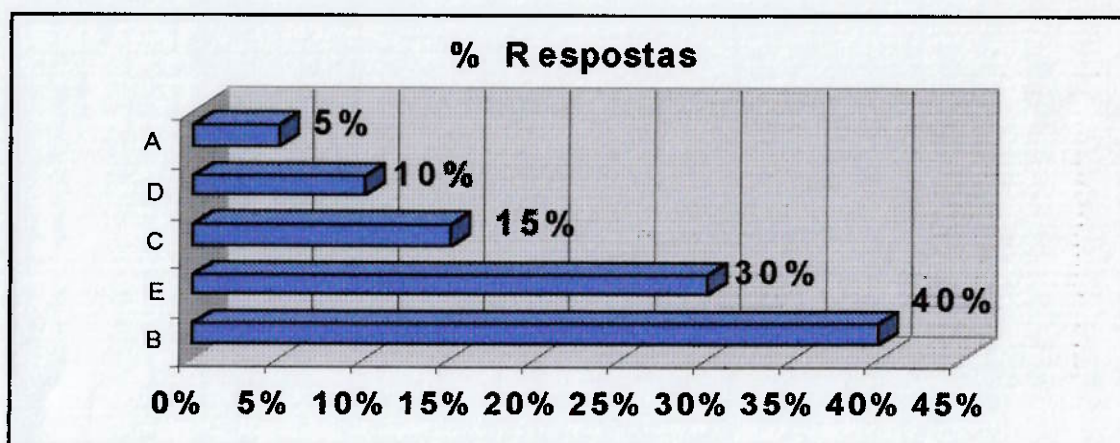


Fig. 13 - Quais são os principais fatores que influenciam a tomada de decisão para realizar uma melhoria ou modernização?

- A – Cultura interna da empresa
- B – Relação empresa x mercado/concorrência
- C – Disponibilidade financeira.
- D – Tipo de controle da empresa.
- E – Impacto nos resultados da empresa.

Para 75% dos entrevistados, a qualidade da decisão tomada por empresas controladas por vários grupos é melhor e tem maior probabilidade de sucesso, sendo que os aspectos políticos tendem a ficar de fora, fazendo com que as decisões se tornem mais profissionais.

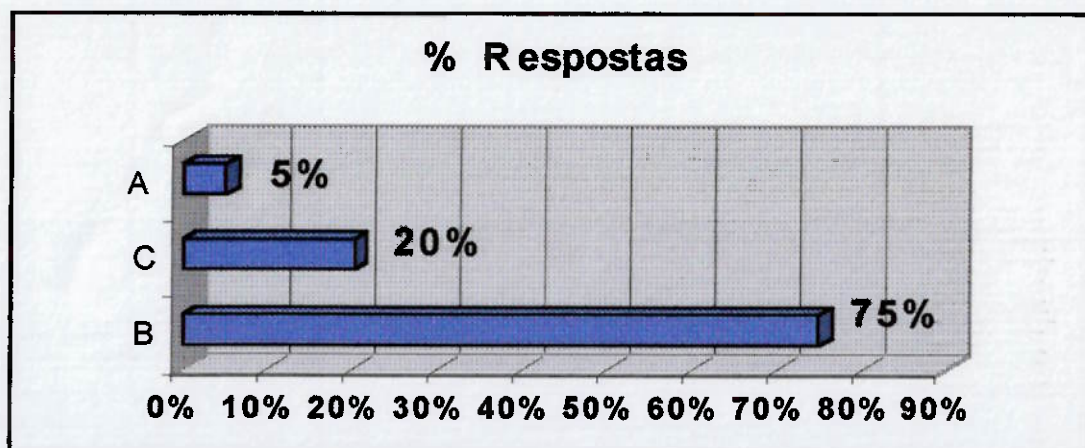


Fig. 14 - O fato de as empresas estarem se associando ou serem controladas por vários grupos contribui para :

- A – A aprovação dos investimentos seja mais rápida.
- B – A decisão tomada tenha maior probabilidade de sucesso.
- C – A aprovação seja mais demorada e mais analisada.

Um fato que se verifica em muitas empresas é a não realização de alguns projetos, muitas vezes considerados “simples”. O gráfico a seguir ilustra que, para os entrevistados, as razões mais fortes nestes casos são: a falta de envolvimento ou compromisso (35% das respostas), a falta de metas claras por parte das empresas (30% das respostas).

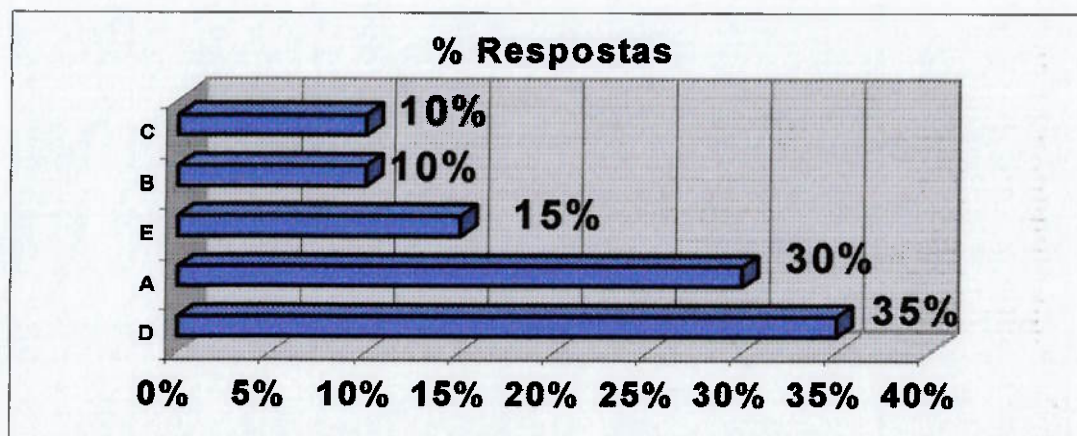


Fig.15 - Fatores que contribuem para que muitos projetos simples não sejam efetivados.

- A – Falta de metas claras por parte da empresa.
- B – Falta de domínio do tomador de decisão sobre o seu setor.
- C – Falta de conhecimento dos resultados da empresa.
- D – Falta de envolvimento das pessoas (*accountability*) ou compromisso
- E – Falta de capacidade e conhecimento técnico para sustentar a idéia de tal projeto e convencer da sua importância.

Parte B

Apresentação e Detalhamento do Sistema

CAPPE

Por :
Adriano Fassina

Apresentação do Sistema CAPPE

O ambiente integrado **CAPPE** oferece uma série de recursos voltados à conceituação do produto, seleção dos recursos de manufatura e confecção dos planos de fabricação necessários ao chão de fábrica.

Trata-se de um sistema sobre o qual funcionam diversos módulos independentes, os quais executam funções específicas na área de planejamento do processo, tais como : cadastramento de operações padrão, cadastro de ferramentas, equipamentos e dispositivos de fabricação e controle, edição de fórmulas e tabelas, variáveis e unidades, editor de processos, orçamentos industriais e uma variedade de recursos para garantir um nível de detalhamento desejável.

Cada um dos módulos do sistema **CAPPE** é um programa totalmente independente, podendo ser agrupado em uma pasta de trabalho do programa *Windows*. Essa arquitetura garante a flexibilidade da solução para cada empresa, permitindo agregar novos módulos ao sistema ou desativar funções dispensáveis.

O sistema permite ainda interfacear com aplicativos de engenharia, tais como **AutoCad**, **AutoManagem**, **AutoLisp**, entre outros. Isso possibilita ao processista acessar sempre que necessário as informações de desenho para prosseguir no detalhamento das operações de usinagem.

Todos os módulos comunicam-se entre si através de uma base de dados relacional única (*RDBMS—Relacional Data Base Management System*).

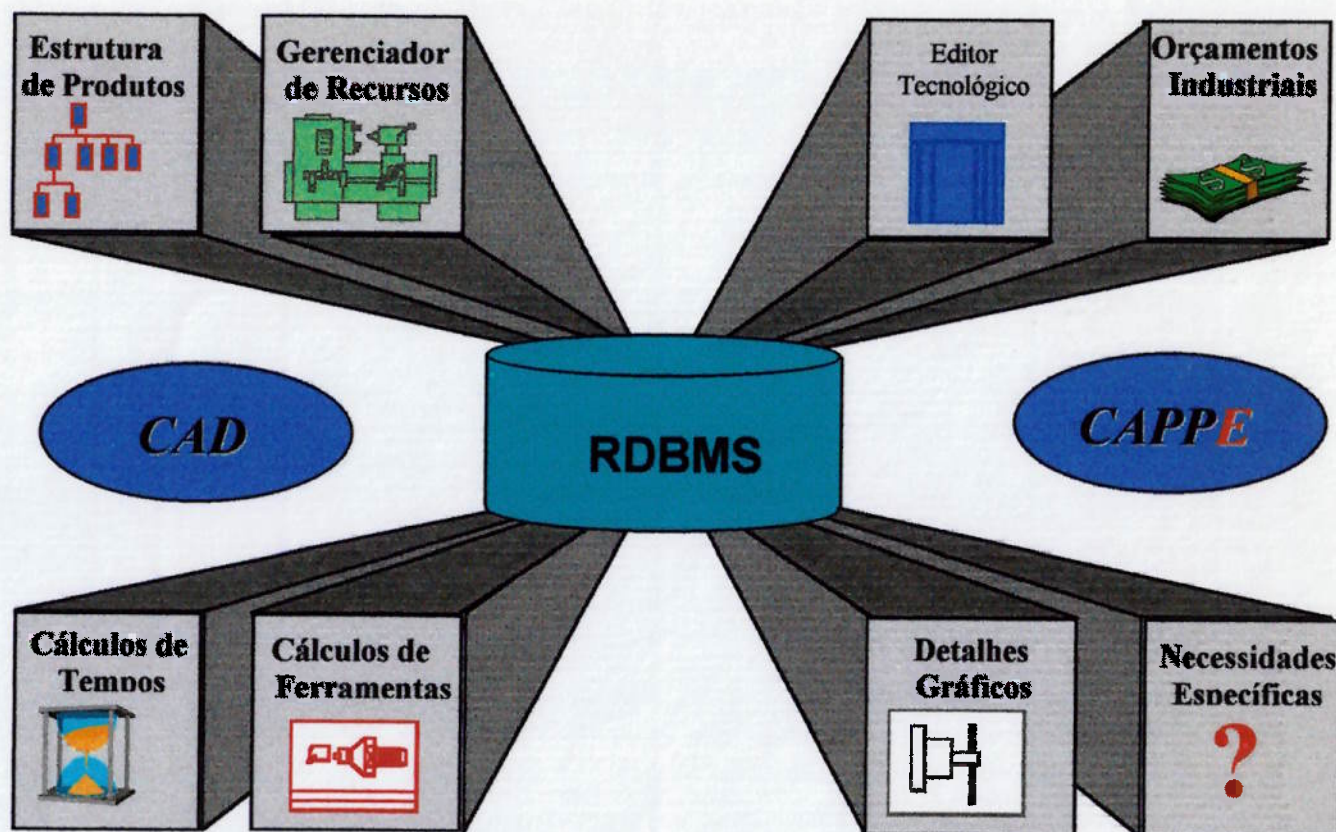


Fig. 16 - Arquitetura do sistema CAPPE

SISTEMAS DO AMBIENTE CAPPE 5.0

TECEDIT - Editor Tecnológico
OPERPLAN - Detalhamento de Operações
INTCAD - Integração Gráfica
RESMAN - Gerenciador de Recursos
TIMECAL - Cálculos de Tempos
TOOLCAL - Cálculos de Ferramentas
INTBOM - Estrutura de Produto
PARPROD - Parametrização de Produtos
FLEXCOST - Gerador de Orçamentos

SISTEMAS DE APOIO

DataEx - Exportação e Importação de Dados
USERMan - Cadastro de Senhas e Usuários
WhereUsed - Pesquisa de Recursos nos Processos

SISTEMAS ESPECÍFICOS

CAWP - Editor Tecnológico para Processos de Soldagem segundo ASME v. DOS
CACAP - Editor Tecnológico para Processos de Montagem de Placas de Circuito Eletrônico

Detalhamento dos Módulos do Sistema CAPPE

GRP – Gerenciador de Recursos de Planejamento

O GRP é um sistema multi-usuário responsável pelo gerenciamento da informação referente aos recursos utilizados no Planejamento do Processo de uma empresa.

O sistema trabalha com recursos pré-cadastrados, visando a diminuição dos tempos de digitação e recuperação de informações, bem como a garantia da integridade dos dados contidos no Plano de Processo.

Os principais tipos de recursos de planejamento são as operações, as máquinas e o ferramental. Pode haver vários tipos diferentes de recursos, tais como operações macro, de qualidade, set-up ou de detalhamento, equipamentos de usinagem ou montagem, fixação e de inspeção, dentre outros.

Para simplificar o acesso aos recursos, estes são classificados em forma de **árvores**. Cada item de cada nível é chamado de elemento de classificação, e a composição destes elementos é chamada de classificação.

Estes recursos representam o conjunto de dados necessários para se efetuar um plano de processo, passíveis de serem parametrizados. Para mantê-los organizados, é necessário classificá-los !

A classificação de um tipo de recurso é equivalente a um conjunto de elementos de classificação hierarquicamente associados, podendo-se dizer que um

“caminho na árvore” de um menu de classificação define a classificação do tipo específico de recurso.

Associados a cada recurso, sistemas auxiliares de detalhamentos, como *AutoManager*, *AutoVue*, *MicroStation* e *AutoCad*, podem ser ativados permitindo sua visualização e edição gráfica.

Para a criação de croquis e desenhos de fabricação/conjunto o sistema pode interfacear com o **AUTOCAD** customizado, mantendo a consistência entre arquivos de desenho e operações padrão de usinagem. Ao ser acionado, o **AUTOCAD** é instruído a montar uma folha de croquis padrão, com informações sobre a peça e operação.

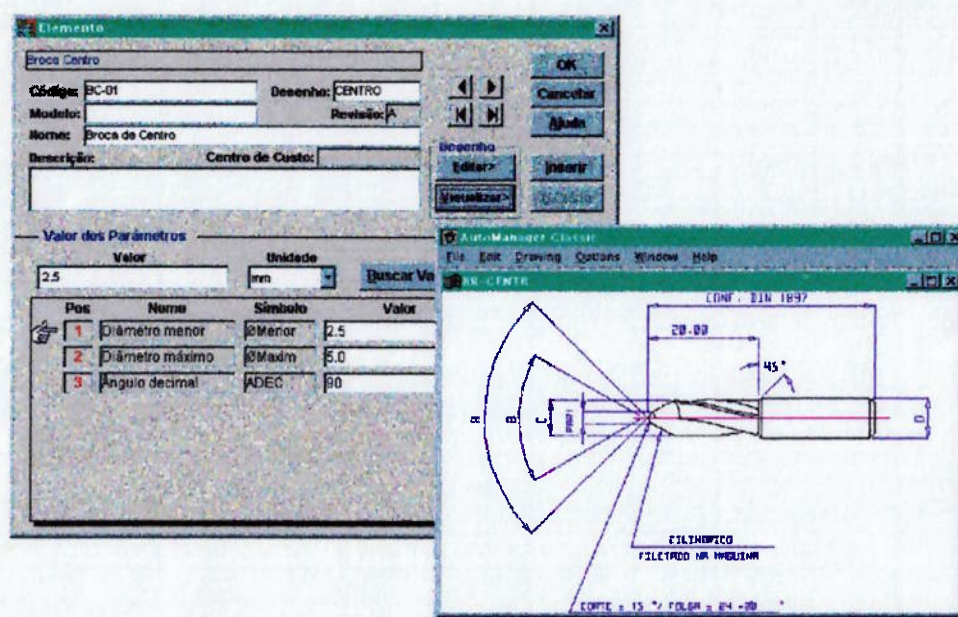


Fig. 17 - Detalhamento de um Elemento de Classificação – Interface **CAPPE / Automanager**

Todo tipo de busca e recuperação de informações existentes no sistema acontecem baseados em critérios pré-defenidos pelo usuário, podendo também ser de forma automática.

O cálculo de tempos padrão de usinagem e montagem ou deslocamentos pode ser realizado com base em fórmulas e tabelas programáveis, possibilitando ainda o automatismo na seleção de recursos de planejamento.

Outra função que merece destaque é o cálculo de orçamentos industriais, como custos de fabricação, o que permite alterar os processos de manufatura e analisar as conseqüências diretas no custo instantaneamente.

Funções do Módulo GRP

Dentre as funções disponíveis no módulo **GRP** destacamos :

- a) Seleção dos Recursos de Planejamento
- b) Inserção de um nível no Menu de Classificação
- c) Remoção de um nível do Menu de Classificação
- d) Alteração de um nível do Menu de Classificação
- e) Parametrização dos Recursos de Planejamento

Seleção de um Recurso de Planejamento

Possibilita a seleção dos Recursos de Planejamento com os quais o processista deseja trabalhar.

Esses recursos podem ser :

- 1 – Dispositivos de Fabricação
- 2 – Ferramentas
- 3 – Instrumentos de Medição
- 4 – Máquinas
- 5 – Operação Macro
- 6 – Qualidade
- 7 – Set-Up
- 8 – Sub-Operação

Inserção de um nível no Menu de Classificação

A cada Recurso de Planejamento, existe uma primeira classificação, denominada Classe de Recursos. É uma classificação mais genérica, iniciais dos elementos de classificação.

Por exemplo, para o *RP Máquinas*, teríamos uma Classe de Recursos composta pelos elementos Tornos, Fresadoras, Furadeiras, Plainas e Prensas. Dentro dessas Classes de Classificação, poderíamos ter como variantes, ou famílias, Tornos CNC, Tornos Automáticos, Tornos Copiadores, Tornos Revólver...

Essa variante das Classes de Classificação é definida pela inserção de um nível de Classificação apropriado, determinando um elemento de Classificação.

Remoção de um nível no Menu de Classificação

Esta função é similar à função de inserção de um nível, agora utilizada para remover um nível de Classificação. Sua importância advém da necessidade de manter sempre atualizado seu banco de dados, quando da alteração dos padrões dos recursos de planejamento. Por exemplo, a aquisição de Tornos CNC, em substituição a todos os Tornos Copiadores dispensa o cadastramento desses no banco de dados do sistema.

Alteração de um nível do Menu de Classificação

Esta função permite alterar, quando necessário, um determinado nível ou elemento de Classificação.

O Menu principal de classificação é formado por quatro campos que podem ser preenchidos e editados para a seleção do elemento dentro de uma determinada Classe de Classificação. Se ao longo do tempo houver a necessidade de atribuir características diferenciais adicionais superiores às quatro permitidas pelo sistema (uma em cada campo), é possível alterar o conteúdo de cada nível, permitindo especificar com mais detalhes cada elemento.

Parametrização dos Recursos de Planejamento

Após montar a **árvore** de classificação de cada elemento, é necessário definir os parâmetros ou características técnicas de cada elemento que compõem as Classes de cada *RP*.

Por exemplo, dentro do *RP Máquinas*, definida a Classe *Tornos* e Elemento *CNC* teríamos como parâmetros definidos Diâm. Placa, Diâm. Adm. Barramento, Dist. Pontas, Cone Morse dentre outros. Esses parâmetros são indispensáveis no Planejamento do Processo, permitindo uma seleção instantânea através de critérios definidos pelo usuário sobre os mesmos.

Detalhes Adicionais

Associando Desenho a um RP

A todo *RP* é possível associar um desenho para cada Elemento de Classificação definido. Esta função está associada aos sistemas **AUTOCAD**, utilizado na edição do desenho, e **AUTOVUE**, utilizado somente na visualização do mesmo.

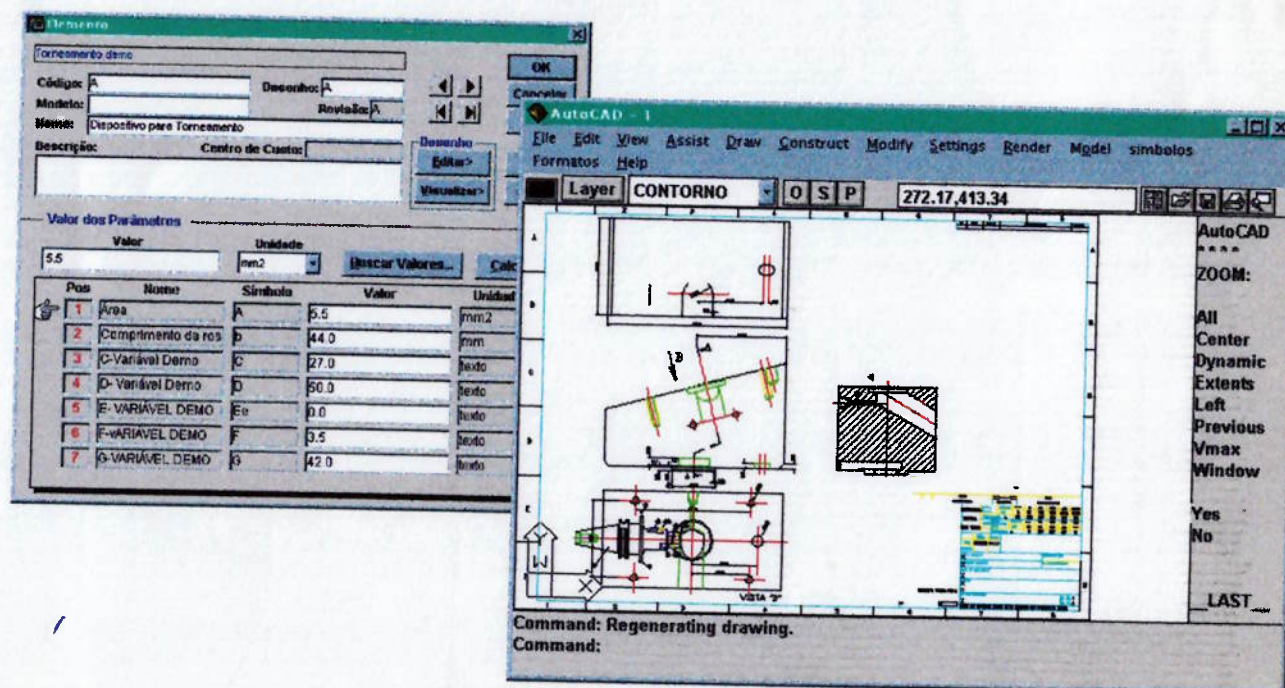


Fig. 18 – Detalhamento Gráfico de um *RP* - Interface **CAPPE** / **AutoCad**

Desenho Paramétrico

Através da associação dos módulos Gerenciador Recursos, Gerenciador de Fórmulas e programas em AUTOLISP, uma determinada família pode estar associada a uma fórmula e a um programa para gerar automaticamente o desenho do elemento.

Padronização e Flexibilidade do Sistema

Para cada Elemento de Classificação é possível associar um texto-padrão. Isso se torna extremamente útil quando se utiliza com *RP* uma **Operação Macro**. Este texto-padrão fará parte do *Roteiro Principal de Fabricação* e será utilizado como padrão para determinada operação de usinagem, por exemplo. Este texto-padrão é formado pela descrição da operação e pelos parâmetro que especificam particularidades da mesma.

Tomando como exemplo uma Classe **Tornear**, Elemento **Cilíndrico** (1º nível) e **Externo** (2º nível), podemos definir como texto-padrão: Tornear diâmetro externo com especificação final $\phi [1] \{1\}$. O código $\phi [1] \{1\}$ é o parâmetro pré-definido pelo usuário para este Elemento de Classificação. Pode-se notar que para diferentes tipos-peças é possível utilizar a mesma operação padrão, diferindo apenas nas características dimensionais.

ToolCal – Cálculo de Ferramentas

O **TOOLCAL** permite que expressões matemáticas possam ser usadas para cálculos de cotas ou parâmetros de ferramentas e dispositivos. Assim, o usuário pode calcular ferramentas específicas para produtos e verificar se a respectiva ferramenta existe na empresa. Outro recurso importante é fazer, através de regras matemáticas, relações entre ferramentas montadas, localizando-as de maneira ágil e precisa.

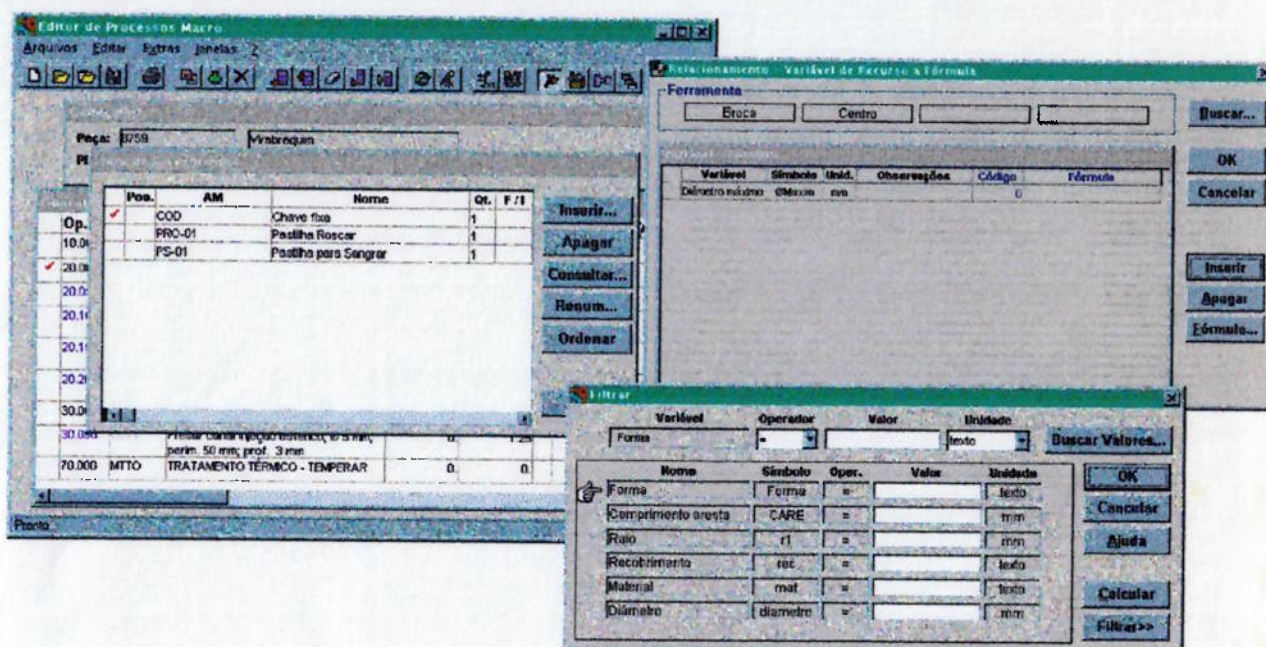


Fig. 19 - Cálculo de Ferramentas - TOOLCAL

Uma possibilidade, ao se utilizar o sistema de cálculos de tempos em conjunto com o **INTCAD**, é fazer a simulação do cálculo de ferramental para diferentes máquinas e produtos e obter a construção instantânea do seu desenho de produto. O sistema **TOOLCAL** permite que sejam calculadas as ferramentas comerciais ideais para se realizar uma operação específica. Em seguida, pode-se definir quais montagens de ferramentas são possíveis para a respectiva ferramenta. Como o sistema é flexível, pode-se colocar instruções de cálculos tanto para as ferramentas de montagem quanto para as de usinagem. Os cálculos serão tão precisos quanto a qualidade das informações de entrada para solucionar as regras de cálculos. Neste sentido, o sistema calcula ferramentas em todos os níveis de detalhamento realizados pelo sistema **OPERPLAN**.

Relacionando Recurso

O sistema permite que o usuário relacione um recurso de planejamento com outro. Por exemplo, pode-se relacionar **Operação Macro** com **Máquinas**, de forma que, ao selecionar um determinado Elemento, apenas um determinado conjunto de máquinas esteja disponível durante o planejamento.

Um relacionamento pode ser feito entre qualquer nível de Classificação com quaisquer níveis de outros recursos, ou seja, pode-se relacionar o recurso **Operação Macro**, Classe **Tornear**, Elemento **Cilíndrico** (1º nível), **Externo** (2º nível), "dizendo" ao sistema que **Tornear Cilíndrico Externo** estará sempre associado às máquinas **Tornos Universais e Tornos Revólver**, e assim por diante.

Esta função tem o objetivo de aumentar a produtividade do processista e evitar erros grosseiros na edição do plano de processo, uma vez que limita a seleção de determinados recursos que estejam relacionados a outros recursos.

RELACIONAMENTO E PESQUISAS EM PROCESSOS

Após a definição dos recursos, o sistema permite que o usuário relacione-os, minimizando os erros de inconsistência. Desta forma, é possível relacionar determinados grupos de ferramentas a um grupo de máquinas e estas a um grupo de operações.

Através do sistema **WHERE USED**, o usuário pesquisa um determinado recurso (máquina, operação, ferramenta etc.) em todos os planos de processos. O sistema apresenta em detalhes onde este recurso foi utilizado. Além disto, permite a troca de recursos, documentando automaticamente esta modificação nos processos de fabricação.

O GRP trabalha apoiado num dicionário de variáveis capaz de gerenciar todas as variáveis, unidades de medida e fatores de conversão entre unidades.

CADASTRO DE MÁQUINAS E FERRAMENTAS

Após a definição dos recursos, o sistema permite que o usuário relacione-os, minimizando os erros de inconsistência. Desta forma, é possível relacionar determinados grupos de ferramentas a um grupo de máquinas e estas a um grupo de operações.

Através do sistema **WHERE USED**, o usuário pesquisa um determinado recurso (máquina, operação, ferramenta etc.) em todos os planos de processos. O sistema apresenta em detalhes onde este recurso foi utilizado. Além disto, permite a troca de recursos, documentando automaticamente esta modificação nos processos de fabricação.

O RESMAN trabalha apoiado num dicionário de variáveis capaz de gerenciar todas as variáveis, unidades de medida e fatores de conversão entre unidades.

EstPro – Estrutura do Produto

Todo Plano de Processo no sistema **CAPPE** está relacionado com uma matéria-prima, peça, sub-conjunto ou conjunto, que serão chamados genericamente de componente. Todos os componentes devem estar cadastrados na base de dados do sistema. Esse cadastro e toda manipulação de dados relacionados a esses elementos são generalados pelo módulo **Estrutura do Produto**.

O sistema organiza os componentes agrupando-os em forma de *árvore*, a qual recebe o nome de **Estrutura do Produto**. Através dela, pode-se visualizar o nível de relacionamento entre os componentes de um produto.

No módulo **Estrutura do Produto** existem duas formas básicas para a classificação de um elemento: **Lista de Componentes** e **Lista de Produto**.

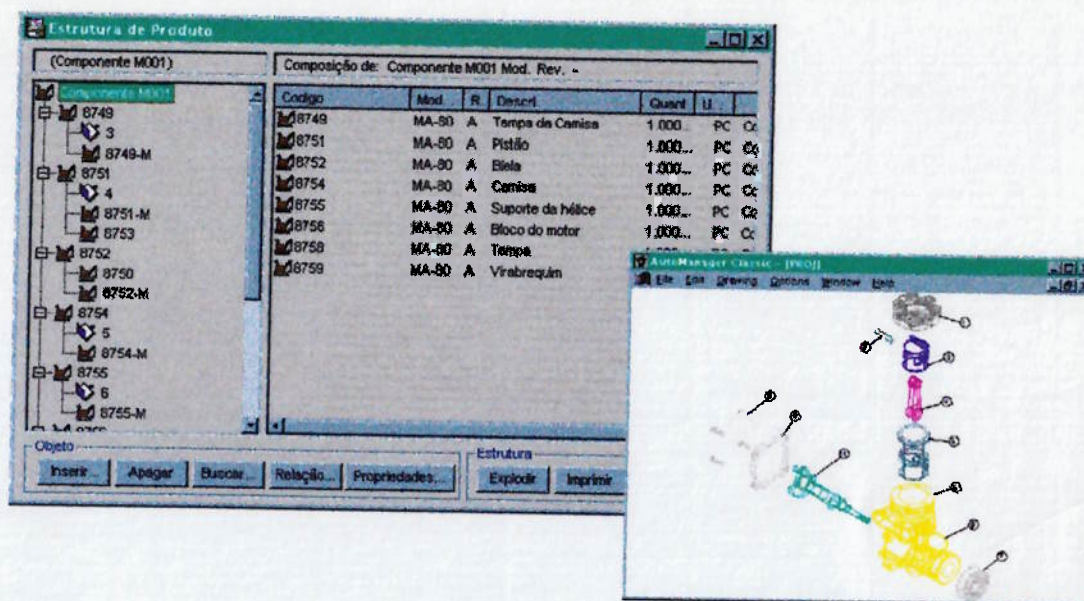


Fig 19 - Detalhe de uma Estrutura de Produto

Lista de Produtos

A Lista de Produto é usada para agrupar um conjunto especial de componentes, visando facilitar de alguma forma a organização do Planejamento do Processo da empresa. Suponha, por exemplo, uma possível Estrutura de Produto para um carro; o motor, ao mesmo tempo que é um componente do produto carro, pode ser apresentado também como um produto, por ter abaixo de sua estrutura muitos componentes.

Lista de Componentes

A Lista de Componentes contém todos os componentes comprados ou fabricados pela empresa, compondo o produto final.

Para cada componente cadastrado no sistema, cria-se uma ficha-padrão única, trazendo informações técnicas de desenho (*código, modelo e revisão*) e outros dados adicionais como custo, perda, etc...

Funções do Módulo EstPro

Principais funções do módulo:

- a) Exportação Estrutura do Produto
- b) Importação Estrutura do Produto
- c) Copiar Estrutura do Produto
- d) Alterar Estrutura do Produto
- e) Visualizar Estrutura do Produto

Importação/Exportação Estrutura do Produto

A partir das informações contidas no módulo ***EstPro*** do sistema **CAPPE**, pode-se alimentar um outro sistema qualquer, através de um arquivo contendo a estrutura de produto de um determinado elemento.

No caso de algumas empresas possuírem Estruturas de Produtos organizadas de maneira semelhante a do sistema **CAPPE**, existe a possibilidade de importação de dados, agilizando a implantação do sistema.

Copiar Estrutura do Produto

Para agilizar a montagem de Estruturas de Produto que possuam componentes semelhantes, o sistema permite cópias de Estruturas.

Suponha por exemplo, a aplicação real deste recurso na empresa em estudo. Para transmissões que se utilizam de subconjuntos semelhantes, como eixo principal, é possível aumentar a produtividade do usuário evitando atividades repetitivas. Esse elemento ou subconjunto seria gerado uma única vez!

Alterar Estrutura do Produto

Para a correta manutenção das informações referentes a um determinado produto, o sistema permite alterar a estrutura do mesmo através das seguintes ações :

- a) remover elemento ou componente
- b) inserir elemento ou componente

Indiretamente, é possível alterar algum componente, através da remoção e inserção do novo componente.

Para manter a consistência das informações de cada componente, o sistema impede que se apague um elemento se este estiver vinculado a algum processo de fabricação, devendo inicialmente apagar o plano de fabricação do mesmo.

A eliminação de um componente representa a eliminação automática de todos os seus subníveis, ou seja, dos elementos que estavam ligados ao produto "pai" através do componente selecionado.

Visualizar Estrutura do Produto

Para visualizar um produto através de sua estrutura, o sistema permite uma visualização explodida de todos os componentes da estrutura, organizados conforme seus níveis de relacionamento com o produto "pai".

Detalhes Adicionais

Where Used

O comando tem a função de localizar e listar todos os produtos e componentes que tenham sua Estrutura o componente selecionado. Ele é usado quando se deseja ter uma idéia da frequência ou importância de um determinado componente, ou seja, em quantas e quais Estruturas ele está associado.

Outra utilização para esse comando é quando se deseja apagar da base de dados um componente que esteja sendo usado em várias Estruturas. Ele localiza todas as ocorrências, para depois ser apagado de todas essas Estruturas.

Status do Componente

O Status do componente é um código que identifica onde o componente se encontra dentro do nível hierárquico estabelecido para o mesmo.

Cada mudança de status do componente é registrada no histórico de status, indicando todas as modificações, datas em que ocorreram e responsáveis pelas alterações.

Histórico de Status

O *Histórico de Status* é feito para que se tenha controle das alterações sofridas por cada componente de um produto. Para este controle, o sistema cria uma ficha das trocas de status, feitas desde o cadastro do componente até sua situação atual.

Revisão de um Componente

A revisão de um componente informa o número de alterações significativas que ele sofreu para o processo de fabricação. Por exemplo, um produto que antes era fabricado a partir de barras, passa a ser fabricado a partir de forjado. Isso representaria uma troca na revisão do produto, ou seja da revisão "1" o produto passaria para a revisão "2".

Esse número de revisão é gerado automaticamente pelo sistema em todos os componentes das Estruturas em que ele se encontra. Com esta troca de revisão, o *status* do componente volta para o início da malha de *status* definida pela empresa.

EditPro – Editor de Processos

O *Editor de Processos* é o módulo principal do *Ambiente de Planejamento do Processo* (**CAPPE**), responsável pela criação, edição e gerenciamento dos Planos de Processo.

A edição de um Plano de Processo está sempre associada a uma peça ou componente, normalmente definido no módulo *Estrutura do Produto*. Primeiramente

edita-se o Plano Macro, onde é definida a sequência de operações, máquinas e tempos padrão de usinagem e um detalhamento de operação, como planos de qualidade, set up, ilustrações de set up, gráficos de controle do processo, etc.

A edição do plano e do detalhamento de operação acontece de forma iterativa, aumentando a produtividade do processista. Trabalha-se com a seleção de recursos de planejamento, definidos pelo ***Gerenciador de Recursos de Planejamento***.

Antes de iniciar a edição de um novo plano, pode-se aproveitar planos antigos, aumentando ainda mais a produtividade do processista.

A obtenção de certas informações de um plano macro ou detalhamento pode ocorrer através do acionamento de funções automáticas.

Funções do Módulo EditPro

Principais funções disponíveis no módulo:

- a) Editar Plano Macro de Processo
- b) Exportar Plano de Processo
- c) Importar Plano de Processo
- d) Calcular Tempos
- e) Selecionar Recursos automaticamente

Editar Planos de Processo

O Editor de Processos utiliza os recursos previamente cadastrados através dos outros módulos do **CAPPE**, com a finalidade de gerar os processos de fabricação e gerenciar estas informações.

Um plano de processo está sempre associado a uma determinada peça ou componente, então o primeiro passo no planejamento consiste na criação de um novo plano ou na abertura de um plano já existente, possibilitando inserir algumas modificações necessárias.

Criando Novo Plano de Processo

Deve inicialmente selecionar uma peça ou componente para a geração de um novo plano. Para agilizar o trabalho do processista na elaboração de um novo plano, o sistema permite que informações já existentes na base de dados sejam reaproveitadas. Pode-se utilizar, por exemplo, a cópia (*copy and paste*) de um bloco de sequência de operações de um componente com características semelhantes. O sistema permite que o plano de um determinado componente seja salvo para outro de mesmas características.

Após a seleção do componente para o qual será criado este novo plano, o sistema retorna ao modo de edição, criando seu cabeçalho.

O código do Plano de Processo é independente do código do componente, sendo fornecido automaticamente pelo sistema. Assim, pode-se obter mais de um Plano de Processo para uma peça/componente. Um determinado parafuso, por exemplo, pode ter um plano de processo de fabricação para a célula A e outro para a célula B.

Abrindo Plano de Processo

Este recurso é utilizado para a consulta ou edição de um Plano de Processo já existente, associado a um determinado componente. No entanto, pode ocorrer a seleção de um componente que ainda não tenha um plano de processo associado. Nesse caso, o sistema informa ao usuário e pede confirmação para criar um plano novo para o componente.

Exportar/Importar Plano de Processo

Da mesma forma que utilizada no módulo ***Estrutura do Produto*** é permitido ao usuário exportar/importar planos de processo e gerar arquivos com formato específico (*dbf, asc ou sql*), com os dados do plano para ser utilizado em algum outro aplicativo.

Além desses recursos, o sistema permite ainda enviar correspondência, o que facilita a comunicação interna entre os usuários do sistema **CAPPE**. Ele utiliza os recursos de correio eletrônico para integrar o trabalho nos diversos setores da empresa.

DETALHAMENTO COM MULTIMÍDIA

O TECEDIT atua também nos detalhes de uma operação, contribuindo para que as especificações cheguem aos operadores de máquinas da maneira mais clara possível. O sistema conta com grande flexibilidade para visualização e integração de dados, de quaisquer tipos, para detalhamento de operações, o que permite que o usuário escolha qual a melhor forma de documentação do processo e quais usuários podem ter acesso a estas informações.

Para detalhar uma operação, o sistema pode utilizar seqüências de vídeo (som e imagem), fotos, editores de sub-operações, qualidade e set-up de máquinas. Para o caso de montagens, o sistema manipula listas de peças por operação e seus respectivos croquis ou desenhos.

O sistema procura atuar de maneira bastante pragmática na manipulação de croquis de fabricação (usinagem e montagem), contando com cerca de 10 modelos de documento previamente definidos para serem utilizados ou servirem de base na criação de outros pela própria empresa.

Abzir por Componente

Peça: 8759 Vinheta: 1
Plano: 8 Revisão: 3 Status: FR

Op.	B.P.	Descrição da Operação	T.Prepar.	T.Oper.	Alternativa (A)
✓ 10.000	B13	INSPECIONAR RECEBIMENTO	1.	0	T.M
20.000	TU-01	TORNEAR	0.	11.705	
20.050		Executar 1 furo(s) de centro de Ø 5 mm	0.	0.5	
20.100		Tornear externo Ø 15 mm x 30 mm, com sobre metal 0.5 mm	0.	2.83	
20.150		Tornear externo Ø 12 mm x 20 mm, com sobre metal 0.5 mm	0.	3.786	
20.200		Tornear externo Ø 14 mm x 30 mm em acabamento	0.	2.188	
30.000	CU-01	FRESAR	0.	0.	
30.050		Fresar canal injeção estéril; Ø 5 mm; perfil. 50 mm; prof. 3 mm	0.	1.25	
70.000	MITO	TRATAMENTO TÉRMICO - TEMPERAR	0.	0.	

Abzir plano de processo através da Lista de Componentes

Fig. 20 - Roteiro de Fabricação – **Plano Macro CAPPE**

Calcular Tempos

O sistema **CAPPE** possui um módulo para Cálculo Automático de Tempos de um plano de processo. Esse comando está disponível nos quatro editores do **CAPPE** (Macro, Sub-Operações, Set-Up e Qualidade). Dentre os tipos de tempos calculáveis que fazem parte da configuração padrão estão:

- Tempo de preparação ou SET-UP
- Tempo de execução ou usinagem
- Tempo de movimentação ou transporte

Obs: Além desses campos, é possível declarar como calculáveis até 10 campos FlexiFields (dados adicionais) da operação padrão do Plano Macro ou até 5 campos FlexiFields das operações de detalhamentos.

O cálculo automático de tempos é feito com base nos parâmetros da operação (avanço, RPM,...) e os parâmetros da máquina ou equipamento onde se está executando a mesma (gama de avanços, gama de RPM, potência ...). Para calcular tempos no sistema **CAPPE** é necessário cadastrar fórmulas ou tabelas de tempos no módulo **Gerenciador de Fórmulas**, onde as variáveis dessa fórmula ou tabela são relacionadas com os parâmetros da operação e da máquina.

O cálculo de tempos pode ser feito em uma única operação ou em um bloco de operações.

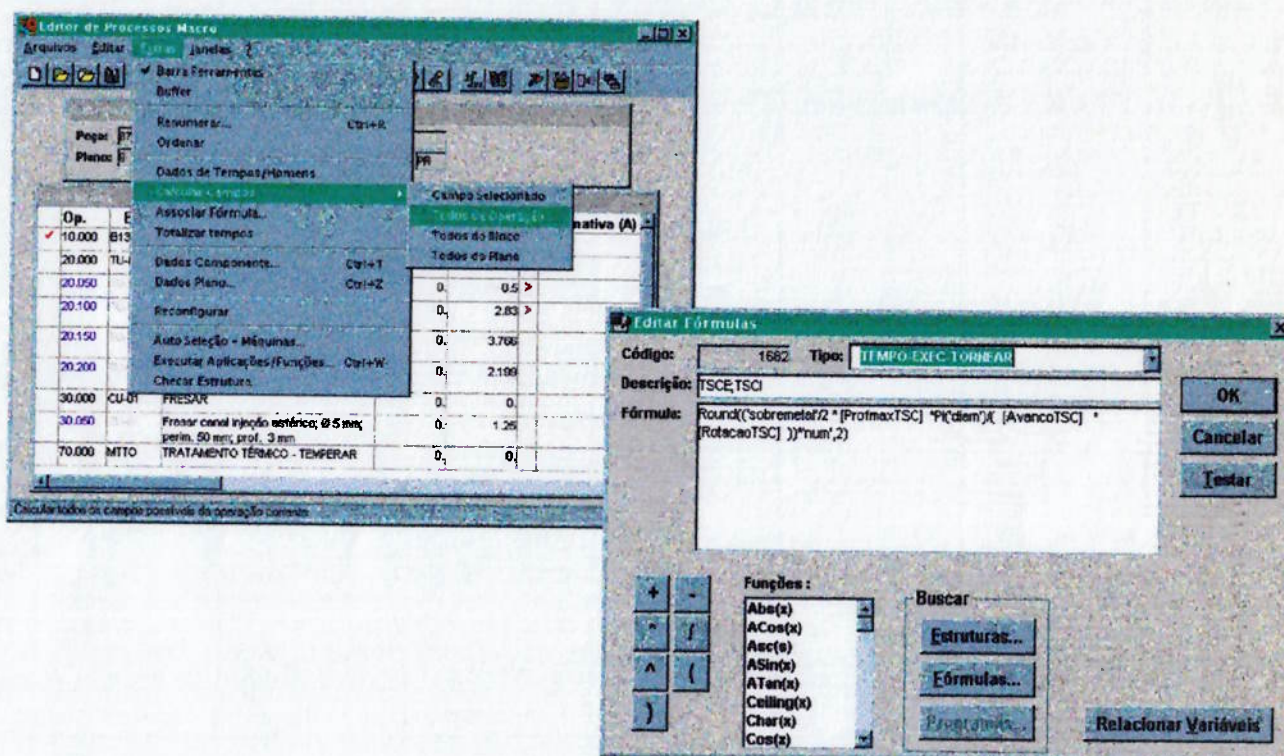


Fig. 21 - Cálculo de Tempo de uma Operação Padrão de Usinagem

Aliado ao *Cálculo Automático de Tempos*, o sistema **CAPPE** possui um módulo para *Cálculo Automático de Condições de Usinagem* de um plano de processo. Este comando está disponível nos quatro editores do **CAPPE** (Operações Macro, Sub-Operações, Set-Up e Qualidade). O sistema permite que se faça o calculo automático dos tempos com base nas condições de usinagem preestabelecidas.

É possível também totalizar os tempos de um de um detalhamento de operação e retornar com o resultado no campo correspondente do Plano Macro. Levando-se em conta as conversões necessárias entre unidades de tempo cadastradas no módulo *Dicionário de Variáveis*, pode-se trabalhar com os tempos de um detalhamento em minutos e os tempos do Plano Macro em horas.

Selecionando Máquinas Automaticamente

Toda operação deve estar relacionada a uma determinada máquina. Através do módulo *Gerenciador de Recursos de Planejamento* é possível não só cadastrar as máquinas como também relacionar as mesmas com as Operações Macro e as Sub-Operações. Este comando “varre” a lista e automaticamente insere as máquinas possíveis nas operações correspondentes.

Arquitetura do Módulo EditPro

Apresentamos uma arquitetura simplificada do módulo *EditPro*. Pelo que já foi mostrado, este módulo permite agregar informações técnicas de manufatura provenientes de outros módulos.

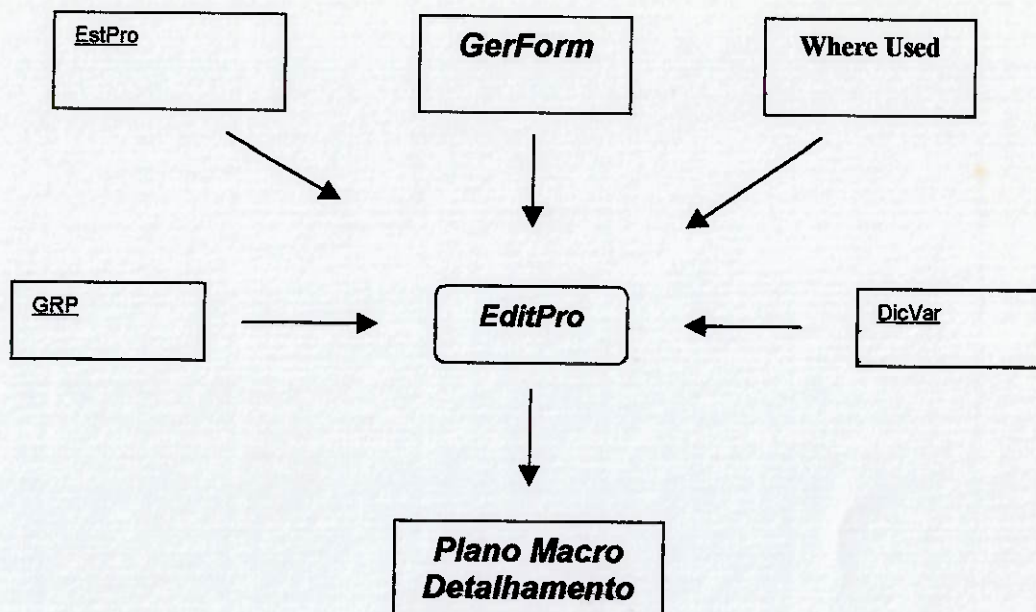


Fig 22 - Arquitetura do Editor Processos

Op.	B.P.	Descrição da Operação	T.Prepar.	T.Oper.	Alternativa (N)
10.000	013	INSERÇÃO DE BLOCO	1	5	7.4
20.000	014	TORNAR	0	11.700	
20.010		Esmerlar 1 face do centro de Ø 5 mm	0	0.5	
20.100		Tornar externo Ø 16 mm x 30 mm com perfil radial 0.5 mm	0	2.85	
20.110		Tornar externo Ø 12 mm x 20 mm com perfil radial 0.5 mm	0	3.700	
20.200		Tornar externo Ø 14 mm x 20 mm com perfil radial 0.5 mm	0	2.100	
30.000	01401	FRESAR	0	0	
30.010		Fresar com perfil externo Ø 6 mm, perfil radial 0.5 mm, 3 mm	0	1.25	
70.000	01700	RETRABALHO TÉCNICO - REPARAR	0	0	

Seq.	Operação	Rpm	B.Fe	Dimensão	Frequência
10	Controlar Ø 10 (1) mm		2 pps		V
20	Controlar a espessura em mm e dureza em (1) HRC da retificação		1 pps		V
30	Controlar o ângulo de 25° ± 15		2 pps		V
40	Controlar a espessura em mm e dureza em (1) HRC da largura		2 pps		V
50	Controlar a rugosidade 2.5 (Ra) mm (2)		2 pps		V
60	Controlar a espessura em mm e dureza em (1) HRC da concentração		2 pps		V
70	Verificar visualmente o acabamento		2 pps		V

Op.	B.P.	Código	Tipo	Resp.	Data	Hora
10.000	013	52	PPT	KSR	20/09/07	09:21:55
20.000		20	QMA	KSR	12/09/07	10:41:10
20.100		0	DET	KSR	21/09/07	11:25:05
20.190		30	SUB	KSR	21/09/07	10:00:03

Seq.	Operação	Rpm	B.Fe	Dimensão	Frequência
10	Controlar Ø 10 (1) mm		2 pps		V
20	Controlar a espessura em mm e dureza em (1) HRC da retificação		1 pps		V
30	Controlar o ângulo de 25° ± 15		2 pps		V
40	Controlar a espessura em mm e dureza em (1) HRC da largura		2 pps		V
50	Controlar a rugosidade 2.5 (Ra) mm (2)		2 pps		V
60	Controlar a espessura em mm e dureza em (1) HRC da concentração		2 pps		V
70	Verificar visualmente o acabamento		2 pps		V

Fig 23 - Operações Macro de Processo e Detalhamento

Módulo Where Used

O *Localizador de Recursos de Planejamento* é o módulo do sistema **CAPPE** que permite que sejam realizadas alterações nos planos de processo através da eliminação ou substituição de um determinado recurso. Por exemplo, na possibilidade de troca de uma máquina obsoleta por outra mais moderna e eficiente, para o processo de fabricação de alguns componentes da empresa, a atualização de todos os planos de processo que utilizam esse recurso seria demorada. Este tipo de alteração poderia ser feito através do *Localizador de Recursos* e aplicado em todos os planos de processo de maneira rápida e segura.

Módulo *ClassCom* - Classificação de Componentes **(GT-Group Technology)**

Baseado na Tecnologia de Grupo (TG), o *ClassCom* (Classificação de Componentes) prevê o agrupamento dos componentes de uma empresa em Famílias, segundo semelhanças de características técnicas/ geométricas e/ ou processos de fabricação.

Desta forma o módulo permite que sejam criadas famílias, e cada componente cadastrado no sistema pode pertencer a uma família. Cada família tem associada a ele uma série de parâmetros, os quais têm por função indicar as características principais de cada componente.

Afim de facilitar ainda mais essa classificação, determinadas características (parâmetros) de um produto podem ser agrupadas em Features. Cada feature pode conter um número ilimitado de parâmetros.

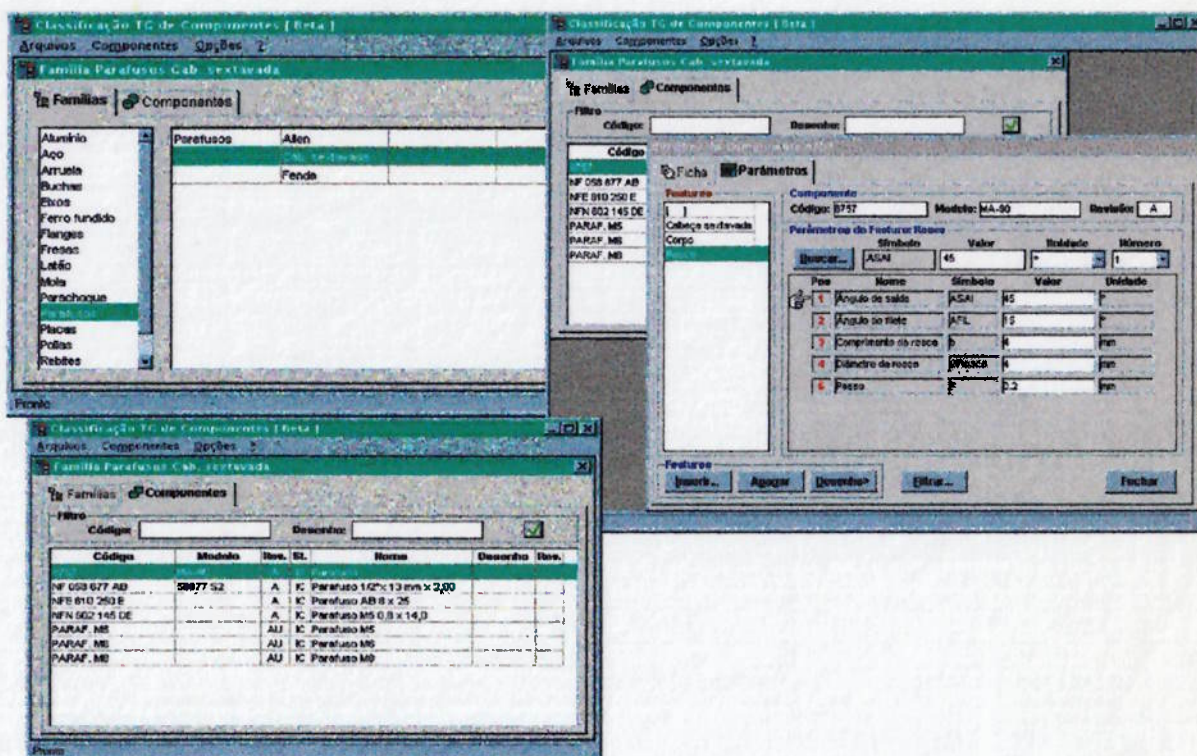


Fig. 24 - Classificação de Componentes em Famílias

Funções do Módulo ClassCom

Principais funções do módulo **ClassCom**:

- Definir Famílias de Classificação.
- Inserir Componentes na Família de Classificação.
- Remover Componentes na Família de Classificação.
- Editar Parâmetros do Componente na Família de Classificação.
- Localizar / Selecionar / Inserir / Remover / Parametrizar Features
- Gerenciar Features

Definir Famílias de Classificação

As Famílias de Classificação são criadas para agrupar componentes com características semelhantes entre si. Essas Famílias podem ser definidas de modo a armazenar todos os itens da empresa, desde produtos até matérias-primas.

Inserir Componentes na Família de Classificação

Inserir um Componente na Família é a operação básica para o cadastro no sistema. No entanto, essa operação apenas cria o Componente, sendo necessário também outro passo para cadastrar os valores de seus parâmetros.

Remover Componentes na Família de Classificação

Remover um Componente da Família consiste em desligá-lo da Família ao qual estava associado. Como essa operação torna irrecuperável o Componente, é usual apenas desligá-lo da Família, através de uma opção ***Desligar*** a partir do Menu Classificação.

Editar Parâmetros do Componente

Ao inserir um novo Componente numa Família, seus parâmetros têm todos os campos nulos. Para completar efetivamente o cadastro, é preciso preencher esses valores.

Nota : Todas estas operações descritas anteriormente são idênticas às do módulo **GRP – Gerenciador Recursos Planejamento**, dispensando por isso, maiores detalhes.

- Features -

Localizando Features

Esse recurso do sistema é importante para se ter uma idéia das Famílias de Classificação afetadas, por exemplo, quando se altera um *Feature*. Além disso, um relatório com a lista das Famílias às quais o *Feature* pertence pode ser impresso, facilitando este tipo de manutenção.

Para localizar Features no sistema, utiliza-se o recurso de filtro, através de uma expressão declarada pelo usuário. Isto porque a lista de Componentes de uma Família pode ser muito extensa, dificultando a localização de um elemento. A filtragem pode ser *exata*, *não exata*, e *por parâmetros*.

Filtragem Exata :

É a forma mais rápida de filtro. A condição de filtragem é simples e deve ser editada diretamente nos campos da caixa de *Filtro*.

Filtragem não Exata :

Filtragem não Exata é a forma de filtro que oferece maiores recursos para a seleção do(s) elemento(s), podendo existir mais de uma condição de filtragem para um mesmo campo da lista de elementos. Neste caso, a expressão de filtro teria um formato rígido e deve ser editada nos campos da própria lista.

Filtragem por Parâmetros:

Esse recurso é utilizado para selecionar na lista de Componentes de uma Família somente determinados elementos com características comuns. Essas características são exatamente os valores dos Parâmetros.

Selecionando Features

A seleção de um novo Feature é a operação básica para a definição de parâmetros de uma Classificação (ou Família). Como todos os Componentes de uma Família devem possuir os mesmos parâmetros, as alterações da classificação são propagadas não só para os novos elementos cadastrados, mas também para os componentes que já faziam parte da Família. Nestes, os novos parâmetros inseridos estarão com valores nulos.

A janela *Selecionar Feature* apresenta uma lista de Features que normalmente é extensa, dificultando a localização de um elemento. Para facilitar esta operação, essa lista pode receber uma filtragem exata nos campos da caixa *Filtro*. Para a inserção de novos *Features*, o sistema permite que todos sejam marcados simultaneamente e inseridos de uma única vez.

Os *Features* desativados do sistema não são disponibilizados para fazerem parte das novas classificações, aparecendo em cinza na lista. Para tomarem disponíveis novamente, devem ser recuperados através do ***Gerenciador de Features***, ativado pela opção ***Biblioteca de Features*** do menu ***Features***.

Parametrizar Features

Definir os parâmetros de um *Feature* é o primeiro passo depois de cadastrá-lo no sistema. Sem os parâmetros, os *Features* não têm sentido.

Na janela *Parâmetros*, os campos *Valor*, *Formato* e *Unidade* definem respectivamente o valor, o formato e a unidade default do parâmetro, para os novos componentes que forem cadastrados e possuírem esse *Feature*.

Gerenciador de Features

A opção *Gerenciador de Features* contém a lista de todos os *Features* cadastrados no sistema, controlando as operações referentes à sua manipulação.

A lista de *Features* possui 4 campos:

1 – *Ativo*: Indica se o *Feature* está ativo (S – disponível) ou inativo (N – não disponível). Um *Feature* que esteja sendo usado em alguma classificação não pode ser apagado. Assim durante a operação de *Apagar Feature* ele recebe apenas o atributo N (inativo), que indica para o sistema que o mesmo não poderá ser usado em futuras classificações.

2 – *Nome*: Utilizado para uma descrição breve do *Feature*. Esse campo identifica o *Feature* internamente para o sistema e, por esse motivo, não pode se repetir e, uma vez definido, não pode ser alterado.

3 – *Descrição*: Utilizado para uma descrição longa do *Feature*.

4 – Tipo: Utilizado para caracterizar o *Feature*.

Módulo GerForm – Gerenciador de Fórmulas

O módulo *GerForm* responde pelo cálculo de tempos dentro do ambiente *CAPPE*. Todo cálculo de tempos de fabricação (usinagem ou montagem), preparação, movimentação ou outros são efetuados segundo às características da própria empresa. Desta forma, é possível obter uma maneira precisa e rápida de fornecer tempos para os sistemas de orçamentos e para a programação de fábrica.

As regras de cálculos podem ser formadas a partir de fórmulas matemáticas, tabelas e sentenças (IF, THEN, ELSE, MAX, SEN (...),...). A combinação destas três estruturas de cálculos permitem a realização de cálculos complexos pelo *Gerenciador de Fórmulas*. O sistema permite que caracteres façam parte das fórmulas e que retornem mensagens de erro cadastradas pelo usuário durante o cálculo.

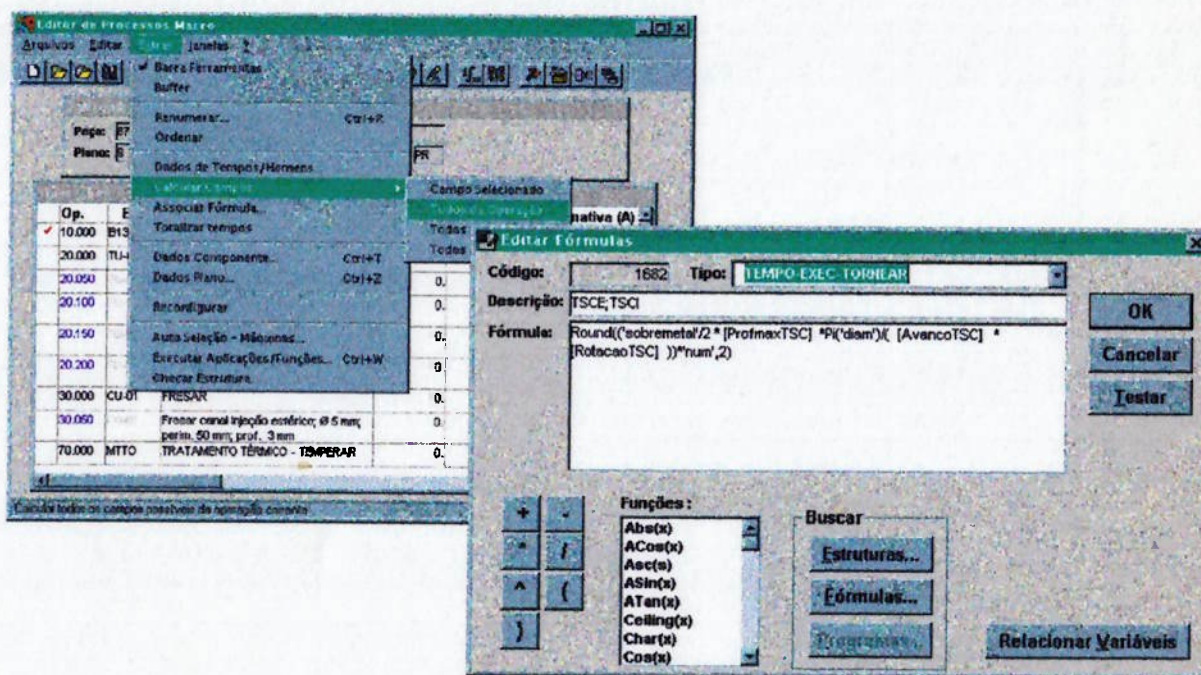


Fig. 25 - Editor de Fórmulas associado o Editor de Processos

No caso de *tabelas*, o sistema trabalha com *múltiplas tabelas* que são resolvidas e reaproveitadas em diversos cálculos. As tabelas dividem-se em ***Tabelas Discretas*** (valores cheios) e ***Tabelas de Faixa*** (margem de valores). Quando um valor não se encontra na faixa permitida, o sistema acusa erro e auxilia o usuário no caso de valores errados nos parâmetros de uma operação.

Uma possibilidade, ao se utilizar o ***Gerenciador de Fórmulas*** em conjunto com os módulos ***Gerenciador de Recursos de Planejamento*** ou a ***Classificação de Componentes***, é fazer a simulação do cálculo de ferramental para diferentes máquinas e produtos e obter a construção instantânea do seu desenho de produto e também do ferramental. A flexibilidade do sistema permite alocar *instruções de cálculos* tanto para *ferramentas de montagem* quanto as de *usinagem*.

Parâmetros de Operação também podem ser calculados pelo ***Gerenciador de Fórmulas***, como *RPM, VC, Avanço*, etc...

Essas são as vantagens do ***Gerenciador de Fórmulas*** : a empresa pode ter seus *processos, cadastro de ferramental e classificação de produtos*, totalmente *parametrizados*.

Funções do Módulo GerForm

O sistema **CAPPE** foi desenvolvido para que todos os tempos e todos os parâmetros aos componentes, ferramentas e operações possam ser calculados automaticamente. O ***Gerenciador de Fórmulas*** é composto por três editores: ***Fórmulas, Tabelas e Estruturas de Cálculo***.

Principais funções do módulo **GerForm** :

- a) Editor de Fórmulas
- b) Editor de Tabelas
- c) Editor de Estruturas de Cálculos
- d) Relacionamentos

Editor de Fórmulas

O **Editor de Fórmulas** apresenta uma lista com todas as fórmulas cadastradas no sistema e habilita os comandos para sua manipulação. A lista de fórmulas possui três campos:

- 1 – **Código** : número da fórmula gerado e controlado pelo sistema.
- 2 – **Fórmula** : campo para cadastro da expressão matemática da fórmula.
- 3 – **Descrição** : campo destinado ao cadastro de uma descrição detalhada da fórmula.

Para melhor organizar as fórmulas, as mesmas são divididas em **Tipos**. Os novos tipos são cadastrados juntamente com as fórmulas.

Relacionamento das Variáveis de uma Fórmula

Sempre que se cadastra um **fórmula** e se declara **variáveis** entre aspas simples, é necessário fazer o relacionamento dessas variáveis, ou seja, informar ao sistema como fazer para solucionar a fórmula. As variáveis se dividem em dois tipos:

1 – *Interativa*

2 – *Sistêmica*

A *variável interativa* é aquela fornecida pelo usuário no momento do cálculo, enquanto que a *variável sistêmica* é encontrada automaticamente pelo sistema no banco de dados.

No Editor de Fórmulas, existe a possibilidade do usuário declarar uma fórmula em outra, ou seja, uma vez declarada uma fórmula, ela pode ser usada em qualquer outra, sem a necessidade de se digitar toda a expressão, bastando apenas selecionar o ponto de inserção.

Editor de Tabelas

O ***Editor de Tabelas*** apresenta uma lista com todas as tabelas cadastradas no sistema e habilita os comandos para a sua manipulação. A lista de tabelas possui 4 campos:

1 – *Código*: número da tabela gerado e controlado pelo sistema.

2 – *Nome*: nome da tabela que será usado na construção de uma estrutura de cálculo.

3 – *Variável / Fórmula*: nome da variável ou número da fórmula que alimenta a tabela.

4 – *Colunas*: número de colunas que possui a tabela.

Assim como no Editor de Fórmulas, as tabelas são divididas em ***Tipos***, o que permite melhor organizá-las.

As tabelas são geralmente usadas para alimentar ou alocar resultados de algum cálculo preestabelecido pelo usuário no **Editor de Fórmulas**.

Editor de Estruturas de Cálculos

O **Editor de Estruturas de Cálculos** apresenta uma lista com todas as estruturas de cálculo cadastradas no sistema e também habilita os comandos para sua manipulação. A lista de estruturas de cálculo possui 2 campos :

1 – *Estrutura*: nome da estrutura que será usado como variável de uma fórmula.

2 – *Descrição*: campo destinado ao cadastro da descrição detalhada da estrutura.

As **Estruturas de Cálculos** são divididas também em **Tipos**.

Relacionamentos

Os **Relacionamentos** possibilitam informar ao sistema em que parte e em que campo ele deve retornar o resultado de uma fórmula. Existem três tipos de relacionamentos, listados a seguir:

1 – *Campo de Processo*: quando o resultado da fórmula for utilizado para cálculo de tempos.

2 – *Variável de Recurso*: quando o resultado da fórmula for utilizado em parâmetros de ferramental, ou parâmetros de usinagem.

3 – *Campo de Recurso*: quando o resultado da fórmula for utilizado para calcular determinado *campo de recurso*.

Relacionamento de Fórmula para Campo de Processo

O relacionamento é finalizado quando relacionamos uma determinada **fórmula** a uma determinada **operação**, que será executada numa determinada **máquina**.

Existem três tipos de se fazer este relacionamento:

1º - *Relacionando Campo de Processo por Operação*

2º - *Relacionando Campo de Processo por Máquina*

3º - *Relacionando Campo de Processo por Fórmula*

Relacionamento de Fórmula para Variável de Recurso

Neste caso o relacionamento é finalizado quando relacionamos uma determinada **fórmula** a um determinado **parâmetro** de recurso .

Relacionamento de Fórmula para Campo de Recurso

O relacionamento é finalizado quando relacionamos uma determinada **fórmula** a um determinado **campo** de um recurso.

Módulo Orçamentos (FlexCost)

O módulo de **Orçamentos** tem como objetivo automatizar o processo de elaboração de orçamentos para produtos gerenciados pelo sistema **CAPPE**, oferecendo rapidez, confiabilidade no levantamento de dados e o cadastro de todos os dados referentes à cotação, para futuras referências.

Uma *Cotação* é o cálculo do custo total de um componente, considerando desde a lista de materiais que o compõem (matérias-primas) até as *Operações Macro do Plano de Processo* envolvidas em sua fabricação. Todo esse levantamento de custos pode ser visualizado de maneira detalhada através do sistema.

O custo de ferramental também poderá ser levado em conta, bastando que o usuário o cadastre para cada cotação. Para o ferramental que é constante para uma determinada peça, poderá ser criado um padrão de ferramentas evitando digitações repetitivas.

A elaboração da cotação é baseada na **Estrutura do Produto** do sistema **CAPPE**. Ela deve conter o produto principal a ser orçado e todos o seus componentes, inclusive matérias-primas, sendo eles comprados ou fabricados. O cálculo é feito considerando-se a quantidade de cada componente contido na **Estrutura do Produto**.

Quando um cliente pede um orçamento de vários produtos, é comum agrupar as cotações de cada componente em uma única *solicitação*, visando a cotação total.

Editor cotação

Produto: MD01 Motor de Aeromodelo

Criação: 13/09/97 10:46:21 KSR Modificação: 13/09/97 11:24:16 KSR

Lote: 100 Fator: 10.00 Total Unitário: 54.78

Total Ferramental não Rateado: 0.00 Total (Lote): 5,478.02

Código	Modelo	Nome	T	Qtde	\$ Ferr. RL	\$ Material	\$ Operação	\$ TOTAL
✓ MD01	MA-80	Motor de Aeromodelo	F	100.00	0.00	5,478.02	0.00	5,478.02
8749	MA-80	Tempe da Camisa	F	100.00	0.00	225.00	0.00	225.00
8751	MA-80	Pistão	F	100.00	0.00	1,100.00	317.92	1,417.92
8752	MA-80	Bieia	F	100.00	0.00	260.00	0.00	260.00
8754	MA-80	Camisa	F	100.00	0.00	300.00	300.21	600.21
8755	MA-80	Suporte da hélice	F	100.00	0.00	80.00	418.71	498.71
8756	MA-80	Bloco do motor	F	100.00	0.00	1,200.00	59.67	1,259.67
8758	MA-80	Tempe	F	100.00	0.00	580.00	167.50	727.50
8759	MA-80	Vincosquim	F	100.00	0.00	240.00	248.02	488.02

Lote Ideal Recalcular... Imprimir... Ajuda Fechar

Fig. 26 - Gerador de Orçamentos (**FLEXCOST**)

COTAÇÃO DE UM PRODUTO

O sistema **FLEXCOST** baseia-se na estrutura de produto para estimar os custos industriais de um item. Através do cadastro da estrutura de produto realizada pelo sistema **ESTPRO**, sabe-se quais produtos são fabricados, quais serão comprados e em que quantidade e unidades de medidas eles se relacionam. Uma vez levantadas as quantidades totais necessárias para um determinado lote, o sistema considera os tempos de preparação e soma os tempos de execução para os itens fabricados. Para os itens comprados, o sistema verifica custos por unidade de medida de cada um e multiplica pelas quantidades correspondentes para o lote cotado.

O custo de ferramentas e dispositivos (consumidos ou não) pode ser levado em conta para cada item fabricado da estrutura do produto, aumentando ainda mais a precisão. O sistema apresenta detalhadamente o custo de cada plano de processo, ferramental e materiais comprados.

SIMULAÇÃO DE CUSTOS

O orçamento pode ser emitido para qualquer peça na estrutura de produto. Desta maneira, o **FLEXCOST** permite que o próprio processista tenha uma noção dos impactos causados por alterações nos processos, preços de materiais, variações nas estruturas e custos de máquinas e homens.

Ainda na etapa de estudo do processo de fabricação e produto, o sistema pode começar a orçar cada item separadamente e alternativas de terceirização para sub-conjuntos.

Para organizar as cotações, o sistema registra e armazena automaticamente a cotação gerada ou emitida para um determinado lote ou cliente. Toda simulação pode ser armazenada para consultas comparativas.

É importante notar que o sistema de orçamentos deixa disponível grande quantidade de informações para suporte a decisões gerenciais.

Funções do Módulo Orçamentos

As principais funções do **Módulo Orçamentos** é listada a seguir:

- a) Visualizar Lista de Componentes
- b) Cadastrar Custo de Componentes
- c) Cadastrar Centros de Custos
- d) Cadastrar Custo/Hora Máquina
- e) Cadastrar Custo Homem

Visualizando Lista de Componentes

A lista de Componentes do módulo de **Orçamentos** apresenta os elementos cadastrados no sistema **CAPPE** através do módulo **Estrutura do Produto**, com algumas de suas características e uma identificação indicando se o componente já possui uma ou mais cotações.

Nesta lista estão representados todos os componentes existentes no sistema, independente de serem ou não produtos pertencentes a alguma estrutura.

Cadastrando Custo de Componentes

Na criação de uma cotação para um produto são considerados, para efeito de cálculos, todos os seus componentes, inclusive matérias-primas, sendo eles fabricados ou comprados. No caso de produtos comprados, seus preços devem ser cadastrados no sistema.

Este custo deve ser definido unitariamente, pois a relação entre um componente e seu componente "pai" é declarada na montagem da **Estrutura de Produto**. Colocando o preço unitário de um componente, o sistema já estará preparado para o cálculo do custo de fabricação de um elemento que o utilize.

Cadastrando Centro de Custo

Na criação de uma cotação para um produto, são considerados para efeito de cálculo, os custos de todas as operações envolvidas no processo de fabricação do mesmo. Assim, as máquinas utilizadas nessas operações devem ter seus centros de custos/hora cadastrados no sistema.

Essa função possibilita cadastrar novos centros de custos para serem relacionados posteriormente com outras máquinas.

Cadastrando Custo/Hora Máquina

Permite relacionar as máquinas com os seus respectivos centros de custos.

Cadastrando Custo Homem

A qualidade da mão de obra envolvida no processo de fabricação pode ser diferenciada para efeito de cálculo. De acordo com o valor de suas horas de trabalho, os tipos-homens são divididos em grupos de *Custo Homem*.

Esse recurso permite definir, para cada operação do roteiro de fabricação, o número de operadores utilizados e o custo de suas horas-trabalho.

Módulo Qualidade – FMEA

(Análise de Modo de Falha e Efeito)

O **K-FMEA** é um poderoso sistema para análise de modo de falha e seus efeitos, possibilitando a montagem de FMEA para projeto e processo de acordo com as especificações da QS-9000. O **K-FMEA** pode trabalhar de forma independente ou ligada ao sistema **CAPPE**, garantindo a perfeita integração entre o FMEA, a estrutura de produto e os processos de fabricação.

The screenshot shows the CAPPE FMEA software window. The title bar reads 'CAPPE FMEA'. The menu bar includes 'Arquivo', 'Editar', 'Exibir', 'Ferramentas', and 'Janelas'. The toolbar contains various icons for file operations and analysis. The main window title is 'FMEA [projeto] - TESTE 01 Para Componente M001'. The table below represents the data entered in the software.

Seq	Características	Cl	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causas da Falha	S	O	D	RPN	Controle	Ult. Mod.
1	Rolamento	●	Desgaste da Borracha	Engripamento do Eixo Piloto	Sistema de lubrificação deficiente	2	5	5	50	CONTROLE 1	25/04/97
		●	Endentação	Ruído	Grande folga axial	3	5	2	30	Conferir sempre	07/05/97
		●	Filings	Ruído	Partículas Metálicas pelos possidorees	2	3	2	12	Dinamômetro e Veículo	23/04/97
✓ 2.00	Criando uma nova característica Testando o scroll bar	●	primeiro modo de falha	efeito para o primeiro modo de falha	causa para o primeiro modo de falha	2	4	2	16	primeiro controle	15/04/97
										terceiro controle	15/04/97
				mais um efeito do primeiro modo de falha	e uma outra causa ainda	2	1	4	8	primeiro controle também serve para este	15/04/97
					mais uma causa também	5	4	4	80	outro controle	06/05/97
3.00	VEDADOR TRASEIRO [2452332]	●	Desgaste da borracha	Vazamento de Óleo	impurezas	3	3	3	27	Inserindo novo controle	15/04/97
			Desgaste do Yoke	impurezas	Vazamento	3	3	9	72	Túnel de Ar	07/05/97
										Veículo	07/05/97
										Veículo	07/05/97
			Queima de borracha	Falta de Lubrificação	Acabamento Ruim	3	4	1	12	Mais controles	15/04/97
										controles	15/04/97
					Vazamento	3	1	1	3	Dinamômetro, Bancada e Veículo	18/03/97
					impurezas	3	2	4	24	Dinamômetro	31/03/97
			Queima do vedador	Grande vazamento de óleo	Mau acabamento da parede do cilindro	2	1	2	4	Amostragem	03/04/97

Fig. 27 - Análise de Modo de Falha e Efeito - FMEA

FMEA DE PROJETO E PROCESSO

O *K-FMEA* é um software especialmente desenvolvido para a análise do modo de falha e seus efeitos. O *K-FMEA* permite que cada componente da empresa tenha um FMEA de projeto, e que cada plano de processo utilizado tenha um FMEA de processo.

AMPLA UTILIZAÇÃO DE PADRÕES

O *K-FMEA* permite uma ampla utilização de padrões definidos pela própria empresa a fim de agilizar a elaboração de FMEAs e padronizar sua nomenclatura. Desta forma é possível cadastrar as funções, as falhas possíveis, suas causas e efeitos bem como os controles atuais e as possíveis ações recomendadas e tomadas. O cadastramento de padrões é feito de forma independente para projeto e processo..

COMPLETO GERENCIAMENTO DE AÇÕES CORRETIVAS

O *K-FMEA* permite um completo gerenciamento dos modos de falha. Para cada modo de falha é permitida a inclusão de ações recomendadas.

O Gerenciador de Ações do *K-FMEA* permite que as ações possam ser administradas de forma conjunta independentemente do FMEA a qual elas pertençam.

Alem disto uma mesma ação pode ser ligada a vários FMEAs de modo que uma vez que a ação seja tomada todos os FMEAs a qual ela esta ligada serão atualizados.

Outra característica do *K-FMEA* é um completo controle de status e revisões. O controle de status permite o bloqueio de FMEAs com severidades e ocorrencias muito altas, não permitindo sua liberação enquanto ações corretivas não tiverem sido tomadas.

Módulo Gerenciador de Conexões

Os sistemas desenvolvidos pela KSR são modulares a fim de que cada módulo possa ser adquirido em quantidades diferentes pelas empresas de acordo com suas necessidades. Para controlar o acesso de todos esses módulos e garantir a qualidade da informação é que existe o Gerenciador de Conexões do sistema.

Ele controla, por exemplo, o número de licenças adquiridas para cada módulo do sistema, impossibilitando o acesso a um módulo se o mesmo já estiver sendo usado pelo número limite de estações.

Outra finalidade deste módulo é garantir que duas estações diferentes não acessem um mesmo recurso ao mesmo tempo. Nesse caso, o acesso do segundo usuário ao recurso será bloqueado.

Módulo Cadastro de Usuários

O sistema **CAPPE** necessita controlar o acesso aos módulos e , principalmente, identificar quem está autorizado a manipular funções ou informações, gravando os responsáveis pelas alterações. O módulo **Cadastro de Usuários** cumpre esta função, fazendo com que estes se tornem conhecidos do sistema.

Para o cadastro do sistema, é necessário que se defina o nome e a senha.

Cada usuário pode ter um ou mais direitos de acesso dentro do sistema. Por exemplo, um determinado usuário pode ter direito de consultar planos e imprimi-los,

mas não alterá-los, ou mesmo apagá-los. Esses direitos garantem que apenas pessoas treinadas e aptas possam realizar operações que afetem dados do sistema.

Supervisor

O sistema deve ter no mínimo um supervisor responsável pelo cadastro e atribuição de responsabilidade aos demais usuários. O direito de *supervisor* permite acesso a todas as funções do **CAPPE** e só deve ser conferido a pessoas realmente capacitadas.

Especificações Técnicas do CAPPE

REQUISITOS DE SOFTWARE E HARDWARE

O ambiente CAPPE v5.0 necessita do Windows versão 3.x ou mais recente, um computador pessoal PC-compatível (486 DX/4 ou superior recomendado), 16 Mb Ram (mínimo, 32 Mb recomendado) e 60 Mb de espaço em disco, para uma instalação completa do sistema sem dados do cliente.

NÍVEIS DE SEGURANÇA E APOIO

O ambiente CAPPE trabalha com níveis de segurança e acessos controlados pelo sistema USERMAN.

BASE DE DADOS

O ambiente CAPPE acessa bases de dados cliente/servidor (Oracle, Sybase Anywhere, dentre outras).

INTEGRAÇÃO

Um ambiente integrado deve contemplar a integração das informações contidas no sistema CAPPE com os demais sistemas da empresa. A integração deve ser projetada caso a caso. Porém, como a base de dados é uma RDBMS (SQL) e não proprietária, o próprio usuário pode executar os programas de integração com seus sistemas. Se o sistema que está sendo integrado ao CAPPE também é SQL, existe a possibilidade técnica de conexão das bases de dados. Para complementar este trabalho, o sistema DATAEX exporta/importa (via ASCII) os dados mais solicitados para integração, como estruturas de produto, processos macros de fabricação, peças e matérias-primas, ferramentas, máquinas, dispositivos, etc.

SOFTWARE DE APOIO

Dentro do ambiente CAPPE v5.0, são necessários (para uma instalação completa), os seguintes sistemas:

- **AutoCad R12-R13-R14 for Windows** - Este sistema desempenha um papel importante dentro do sistema CAPPE. É através dele que os croquis de processos são gerados de maneira paramétrica e os ferramentais são desenhados seguindo sua linguagem de programação em AutoLisp. Este é um produto Autodesk.
- **AutoManager for Windows** - Este sistema é chamado pelo CAPPE para a visualização de desenhos nos formatos DWG e DXF de produtos, ferramentas e croquis de fabricação. Este é um produto Cyco. Outros visualizadores poderão ser usados.

IDIOMA

Permite que o usuário trabalhe em português ou inglês.

Parte C

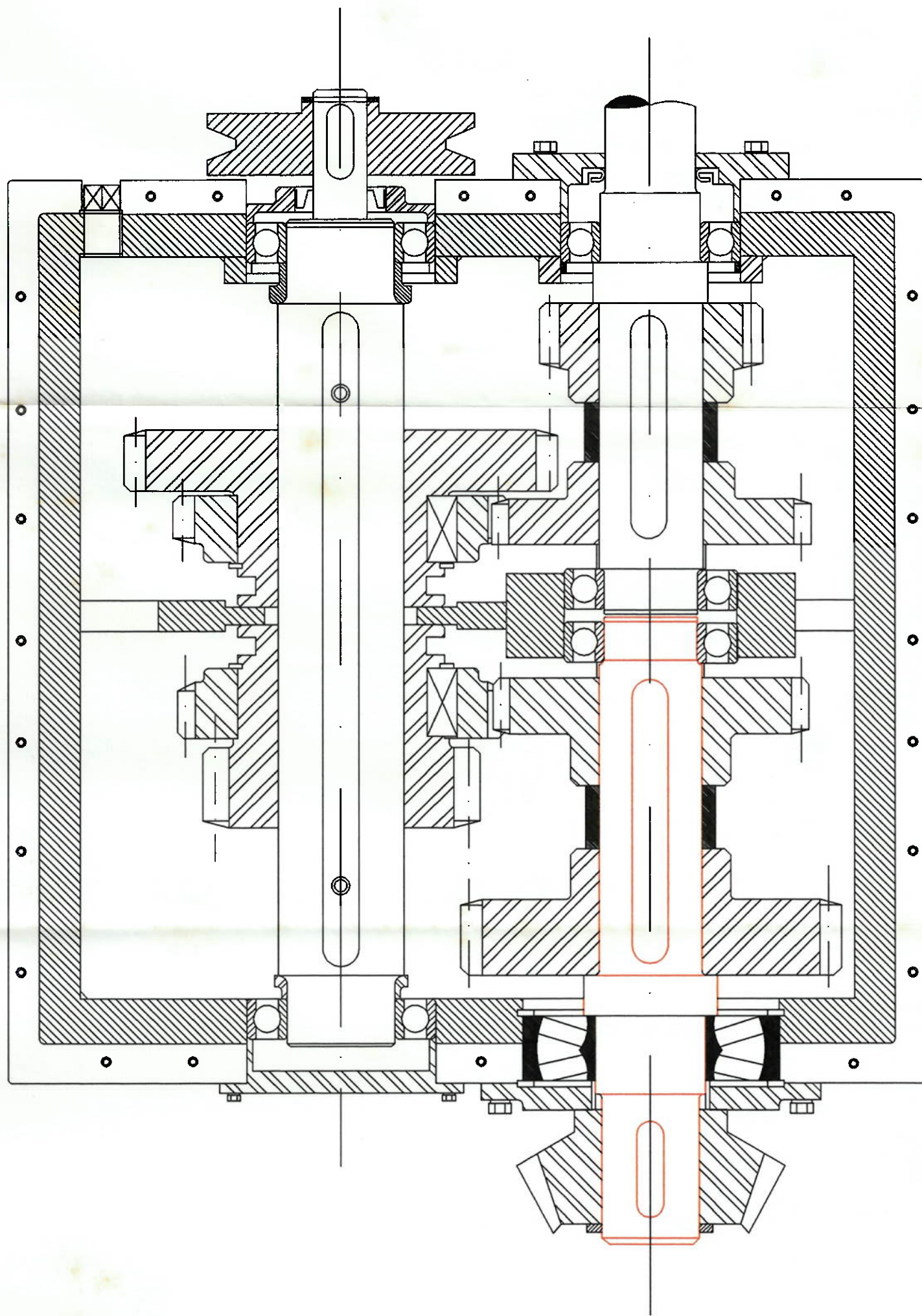
Aplicação Prática no Sistema *CAPPE*

Por :
Adriano Fassina
Alexandre Salfatis

Aplicação Prática

Procuramos nesta parte do trabalho apresentar o resultado de uma simulação prática junto ao sistema estudado (**CAPPE**), através da elaboração do plano de fabricação do componente de um produto estudado no curso de **PMC 578 – Projeto de Máquinas-Ferramenta**, ministrado pelo Sr. Prof. Marco S. Filho, junto ao *Departamento Engenharia Mecânica da USP – Projeto e Fabricação*.

Representamos o produto (Caixa de Câmbio) através do seu desenho de conjunto, embora com mínimo de detalhes possível e a partir de um componente seu (Output Shaft) alimentamos o sistema **CAPPE** para gerar o roteiro de fabricação, bem como croquis e folhas de processo por operação com as principais informações de usinagem e controle de qualidade.



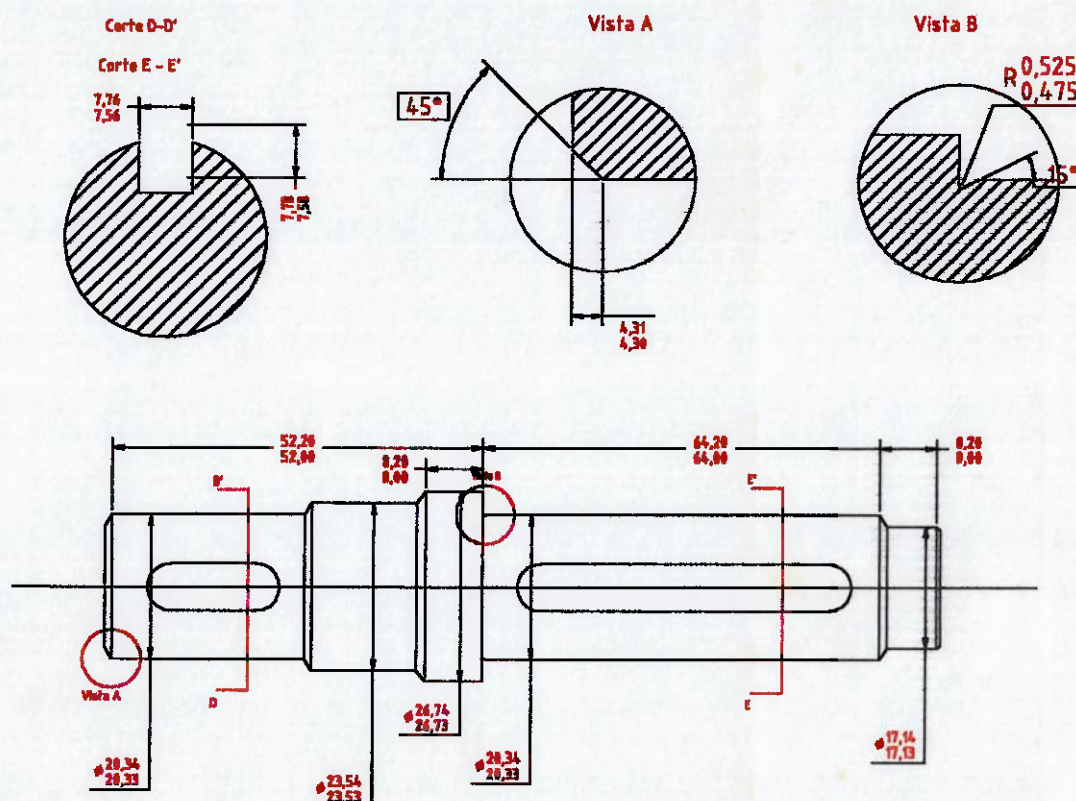
PMC 580	Escola Politécnica da Universidade São Paulo			Trabalho de Formatura	
Elaborado por A.FASSINA	Revisado por A.SALFATIS	Orientado por João P. Marciano	REF 1245 7	Data 05/12/1997	Escala
POLI Ltda.			REDUTOR DE 2 SAÍDAS - RD 5205		
T. FORM			PEÇA Nº RD 5487 - 9		Folha 1 de 1



ROTEIRO DE FABRICAÇÃO

NOME DA PEÇA EIXO		NÚMERO 4.301.654
OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO	MÁQUINA
010	FACEAR E CENTRAR	1245 9
020	TORNEAR	1245 7
030	FRESAR RASGO CHAVETA	1245 9
040	GRAVAR Nº DA PEÇA	4578 9
050	CEMENTAR, REVENIR, TEMPERAR	1245 8
060	LAPIDAR CENTROS	4532-1
070	ENDIREITAR PEÇA	1245 3
080	PLANO DE CONTROLE	—
090	RETIFICAR	1256 5

Desenho de Fabricação



ELABORADO POR:
Adriano Fassina

REVISADO POR:
Alexandre Salfatis

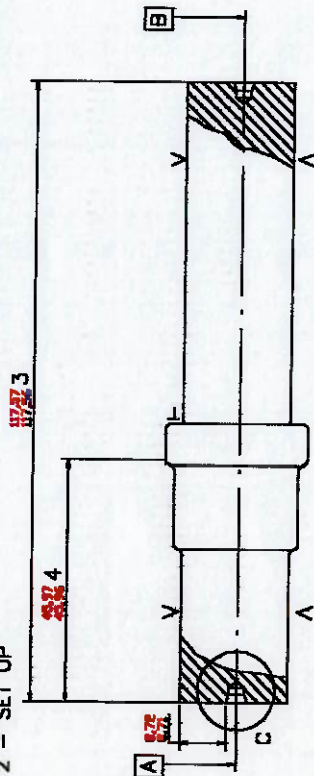
ÚLTIMA ALTERAÇÃO:
REF 1322 - 7

DATA
05/12/1997

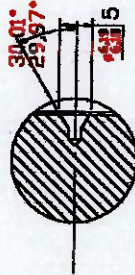
CAPPE
KSR

CROQUI DE DETALHAMENTO

1 - Op. Anterior
2 - SET UP



Obs. Não é permitido
trepidação nos furos
da centro



PLANO DE QUALIDADE

ITEM	CARACTERÍSTICA	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	AMOSTRA/FREQ.	REGISTRO
01	OP. ANTERIOR	VISUAL	100%	S/ REGISTRO
02	SET UP	CONF. PROC. 001	CADA APR.	CARTÃO APR.
03	DIMENSÃO	BASE/REL. COMP.	1 / 20	CARTA CONTR.
04	DIMENSÃO	BASE/REL. COMP.	1 / 20	CARTA CONTR.
05	DIÂMETRO	CÁLIBRE PINO	1 / 20	CARTA CONTR.

Tempo	Código	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
	01020 2114	MORDENTE	02	
	01245 1245	PASTILHA REVERSIVEL	04	
	12451 1265	LÂMINA PARA PASTILHA	04	
	12457 1245	BROCA DE CENTRO	02	
	12654 3255	CABEÇOTE FACEADOR	02	
	12457 9878	BRAÇO DE APOIO	01	
	16458 2356	QUEBRA CAVACO	01	
	12364 4565	ENTRE PONTOS HORIZ.	02	

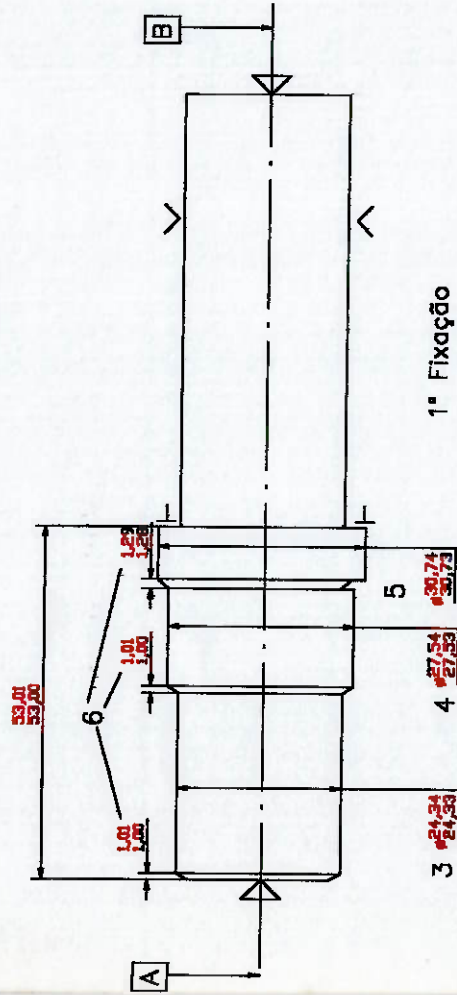
10 FACEAR E CENTRAR

KSR GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654
MÁQUINA: FACEADORA NEW BRITAIN

ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALFATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO

1-OP. ANTERIOR
2- SET UP

1ª Fixação

PLANO DE QUALIDADE

ITEM	CARACTERÍSTICA	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	AMOSTRA/FREQ.	REGISTRO
01	OP. ANTERIOR	VISUAL	100%	S/ REGISTRO
02	SET UP	CONF. PROC. 001	CADA APR.	CARTÃO APR.
03	DIÂMETRO	REL. COMPARADOR	1 / 10	S/ REGISTRO
04	DIÂMETRO	REL. COMPARADOR	1 / 10	S/ REGISTRO
05	DIÂMETRO	REL. COMPARADOR	1 / 10	S/ REGISTRO
06	CHANFRO	CÁLIBRE PINO	1 / 20	S/ REGISTRO

Seq	Tempo	Código	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
20	TORNEAR (1a. FIXAÇÃO)	01354 2114 06597 1245 12451 6549 12457 3264 12654 3266 12457 9878 16458 2356 12364 4565 12454 6598 12654 7894	PLACA PNEUMÁTICA CASTANHA DURA PONTO GIRATÓRIO PONTO FIXO P/ PLACA PASTILHA REVERSIVEL BRAÇO DE APOIO QUEBRA CAVACO ENTRE PONTOS HORIZ. RELÓGIO COMPARADOR CALIBRADOR DE PINO	01 01 01 01 02 01 01 02 03 02	

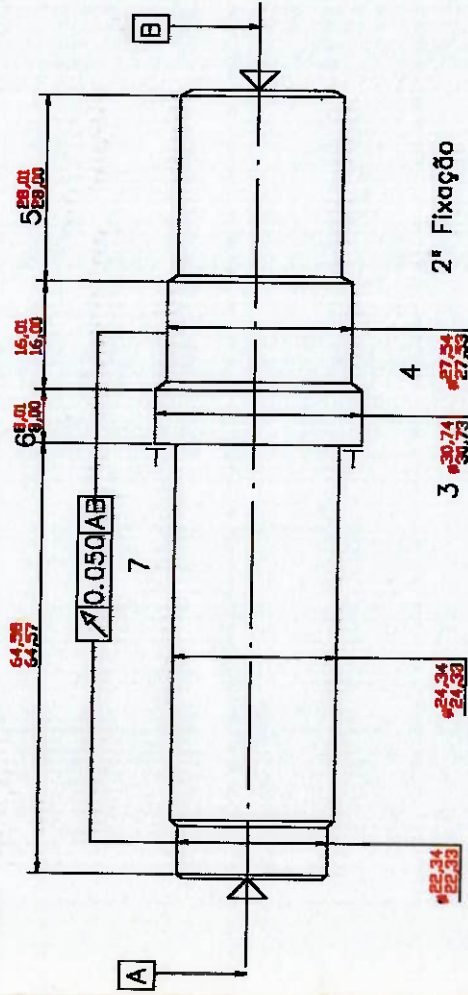
KSR

GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654
MÁQUINA: TORNO PROMECORELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALFATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO

PLANO DE QUALIDADE

1-OP. ANTERIOR
2-SET UP

Seq	Tempo	Código	Descrição da Operação	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
20		01354 2114 06597 1245 12451 6549 12457 3264 12654 3266 12457 9878 16458 2356 12364 4565 12454 6598 12654 7894	TORNEAR (2a. FIXAÇÃO)	PLACA PNEUMÁTICA CASTANHA DURA PONTO GIRATÓRIO PONTO FIXO P/ PLACA PASTILHA REVERSIVEL BRAÇO DE APOIO QUEBRA CAVACO ENTRE PONTOS HORIZ. RELÓGIO COMPARADOR CALIBRADOR DE PINO	01 01 01 01 02 01 01 02 03 02	

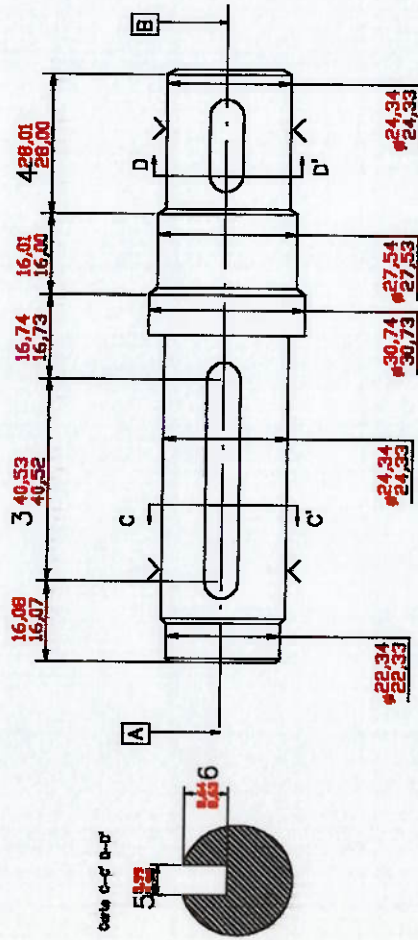
KSR

GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654
MÁQUINA: TORNO PROMECORELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALFATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO

1-OP. ANTERIOR
2-SET UP



PLANO DE QUALIDADE

ITEM	CARACTERÍSTICA	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	AMOSTRA/FREQ.	REGISTRO
01	OP. ANTERIOR	VISUAL	100%	S/ REGISTRO
02	SET UP	CONF. PROC. 001	CADA APR.	CARTÃO APR.
03	DIMENSÃO	PAQUÍMETRO	1 / 10	S/ REGISTRO
04	DIMENSÃO	PAQUÍMETRO	1 / 10	S/ REGISTRO
05	DIMENSÃO	PAQUÍMETRO	1 / 10	S/ REGISTRO
06	ALTURA	PADRÃO	1 / 20	S/ REGISTRO

Seq	Tempo	Código	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
30	FRESAR RASGO CHAVETA	02474 2114 06597 9875 12451 6549 23656 3264 12654 3266 12457 9878 45168 2356 12364 7845 12454 6598 12654 7894	PINÇA PARA PEÇA FRESA TOPO BUCHA ESPECIAL PLACA PARA PINÇA PASTILHA REVERSIVEL BRAÇO DE APOIO PAQUÍMETRO PADRÃO RELÓGIO COMPARADOR CALIBRADOR DE PINO	01 01 01 01 02 01 01 02 03 02	

KSR

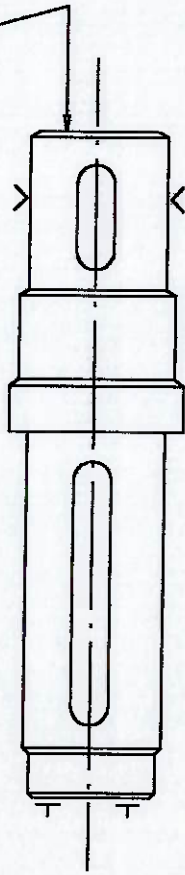
GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654

MÁQUINA: FRESADORA PFAUTER

ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALFATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO

1-OP.ANTERIOR
2-SET UP3
Gravar sequência conforme
TES-002
n° Peça
Fabricante
País de Origem
Cód. Ano/Mês fabricação

PLANO DE QUALIDADE

ITEM	CARACTERÍSTICA	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	AMOSTRA/FREQ.	REGISTRO
01	OP. ANTERIOR	VISUAL	100%	S/ REGISTRO
02	SET UP	CONF. PROC. 001	CADA APR.	CARTÃO APR.
03	GRAVAÇÃO	VISUAL	100%	S/ REGISTRO

Seq	Descrição da Operação	Código	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
40	GRAVAR PEÇA CONF. TES-002	03221 5465 23659 1245 12654 2314	MÁQUINA PARA GRAVAR JOGO DE TIPOS JOGO DE TIPOS 4301654	01 01 01	

KSR

GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654

MÁQUINA: GRAVADORA HAMMER

ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALFATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO

PLANO DE QUALIDADE

Seq	Descrição da Operação	Tempo	Código	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
50	CEMENTAR – TEMPERAR – REVENIR CARACTERÍSTICAS T. TÉRMICO CICLO PADRÃO : 30 MIN. INSTRUÇÃO CONF. IT-001-023 CARACTERÍSTICAS METALÚRGICAS PEÇA PROFUNDIDADE CAMADA (MM) : 65 – 82 DUREZA SUPERFICIAL : 58 – 63 RC DUREZA NÚCLEO : DIÂMETRO MAIOR – 18 RC MIN. A 3/4 RAIO MICROESTRUTURA CAMADA: MARTENSITA REVENIDA C/ AUSTENITA RETIDA (10-30%) NÚCLEO: MARTENSITA REVENIDA		01354 9865 06597 1245	FORNO CONTÍNUO 1 BANDEJA DE FIXAÇÃO DE PEÇAS	01 01	

KSR

GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654

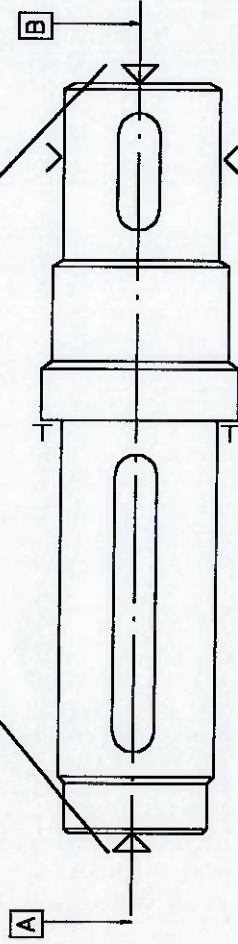
MÁQUINA: FORNO CONTÍNUO

ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALTATIS
DATA : 05/12/1997

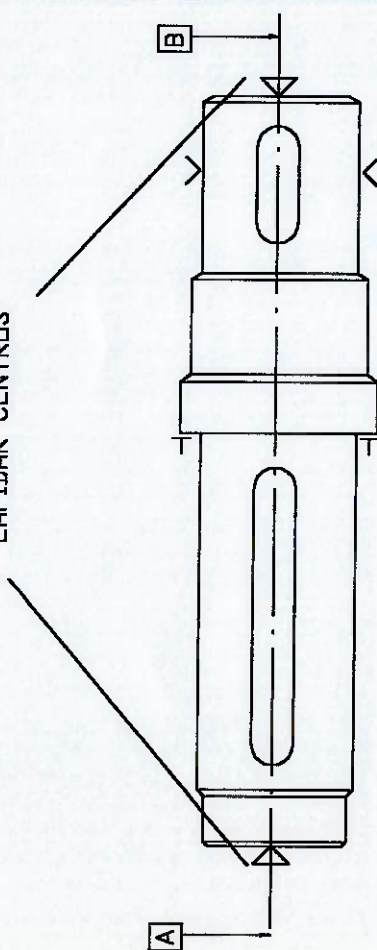
CROQUI DE DETALHAMENTO

1-OP.ANTERIOR

LAPIDAR CENTROS



PLANO DE QUALIDADE

1-OP.ANTERIOR				
				
ITEM	CARACTERÍSTICA	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	AMOSTRA/FREQ.	REGISTRO
01	OP. ANTERIOR	VISUAL	100%	S/ REGISTRO

Seq	Descrição da Operação	Tempo	Código	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
60	LAPIDAR CENTROS		99656 2114 36564 1245 12451 7412	PONTO FIXO LAPIDADOR MANDRIL REB./FRESA	01 01 01	

KSR

GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654

MÁQUINA: LAPIDADORA DE CENTRO

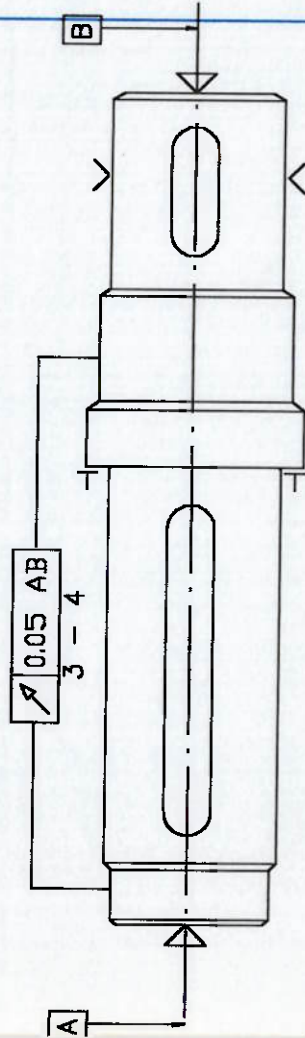
ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALTATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO

PLANO DE QUALIDADE

1-OP.ANTERIOR
2-SET UP

ENDIREITAR PEÇA



Seq

Descrição da Operação

Tempo

Código

Descrição da Ferramenta

Qtde.

Qt/Lt

70

ENDIREITAR PEÇA

89545 2114
45879 1245
12451 6121
12457 3264
00111 3266
12457 9878
12454 2356PONTO FIXO (Padrão)
CALÇO INFERIOR
CALÇO SUPERIOR
BLOCO PARA MESA
PINOS
BASE MAGNÉTICA
RELÓGIO COMPARADOR02
02
02
01
03
01
01

KSR

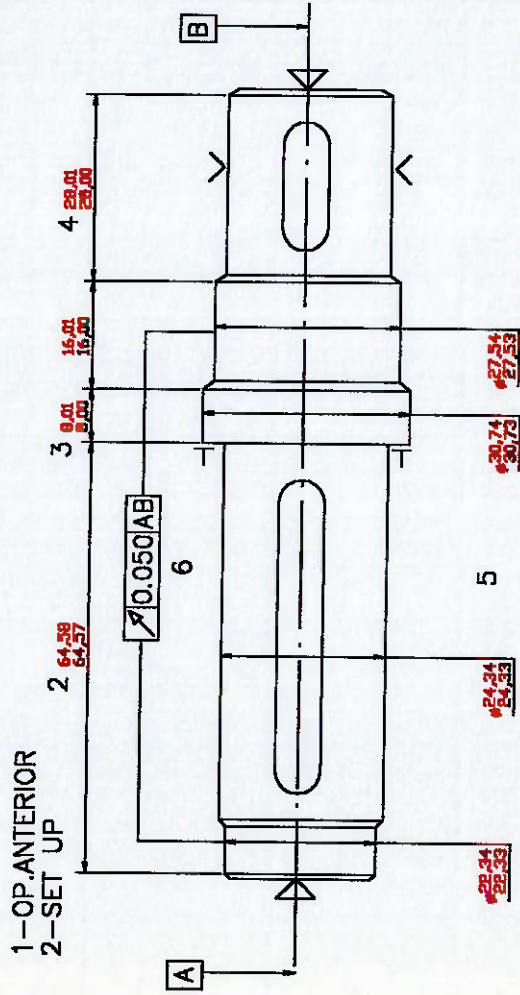
GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654

MÁQUINA: PRENSA HIDRÁULICA

ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALTATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO



PLANO DE QUALIDADE

ITEM	CARACTERÍSTICA	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	AMOSTRA/FREQ.	REGISTRO
01	OP. ANTERIOR	VISUAL	100%	S/ REGISTRO
02	DIMENSÃO	DISP. ELETRÔNICO	1 / 10	CARTA CONTR.
03	DIMENSÃO	DISP. ELETRÔNICO	1 / 10	CARTA CONTR.
04	DIMENSÃO	DISP. ELETRÔNICO	1 / 10	CARTA CONTR.
05	DIÂMETROS	MICRÔMETROS	1 / 10	CARTA CONTR.
06	BATIMENTO	REL. COMPARADOR	1 / 10	CARTA CONTR.

Seq	Tempo	Código	Descrição da Ferramenta	Qtde.	Qt/Lt
80		01354 9865	MICRÔMETRO	01	
		06597 6548	REL. COMPARADORES	02	
		12451 2154	DISP. MEDIÇÃO ELETRÔNICO	01	
		12457 5416	ESTAÇÃO COLETA E ANÁLISE CEP	01	

KSR

GRÁFICO DE PROCESSO

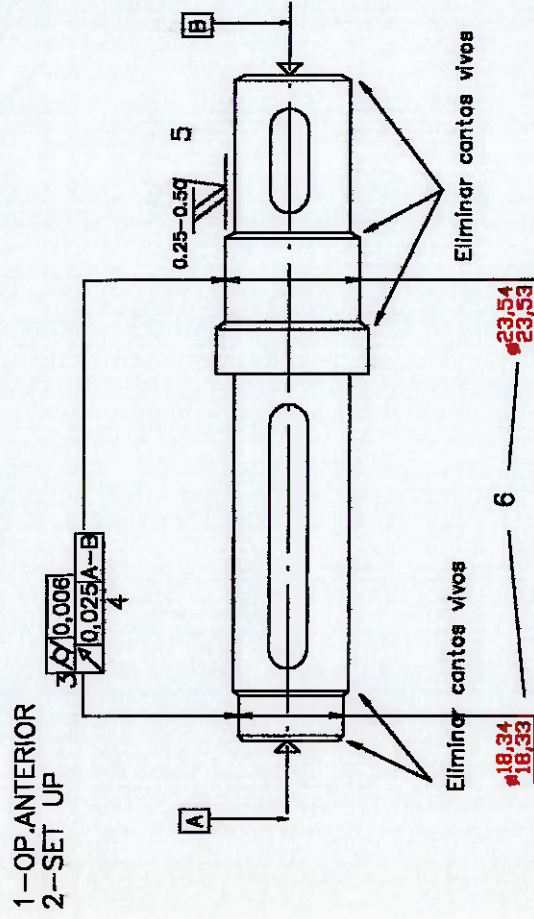
PEÇA: 4.301.654

MÁQUINA: INSTRUMENTOS MEDIÇÃO

ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALFATIS
DATA : 05/12/1997

CROQUI DE DETALHAMENTO

PLANO DE QUALIDADE



Seq. Descrição da Operação

Tempo Código Descrição da Ferramenta Qtde. Qt/Lt

90 RETIFICAR PEÇA

01354 2114 PONTO FIXO
06597 1245 REBOLO
12451 6549 ARRASTADOR
12457 3264 RELÓGIO COMPARADOR
12654 3266 DISPOS. ELETRÔNICO
12457 9878 DRESSADOR
16458 2356 SUPORTE P/ DRESSADOR
12364 4565 ENTRE PONTOS HORIZ.

02
01
01
01
02
01
01
02

KSR

GRÁFICO DE PROCESSO

PEÇA: 4.301.654
MÁQUINA: RETÍFICA NORTON

ELABORADO POR : A. FASSINA
REVISADO POR : A. SALFATIS
DATA : 05/12/1997

Comentários e Conclusões

Este trabalho abordou um assunto que é de extrema importância aos Engenheiros Mecânicos com especialização em Projeto e Fabricação, pois envolve a abordagem de uma tecnologia ainda pouco explorada no país com um potencial de extrema aplicação.

Infelizmente, não pudemos explorar o sistema em sua totalidade, muito embora tenha cumprido as recomendações e abrangência de um trabalho de graduação. Aos que se interessarem no assunto, propomos a continuidade do tema, mais especificamente, no que se refere a aplicação direta do softer **CAPPE** através da utilização a nível acadêmico da versão **DEMO**, autorizada pela *KSR Consultoria e Sistemas p/ Engenharia*.

Apêndice A

Fundamentos Teóricos CAPP

Estudo de Viabilidade

Fundamentos Teóricos CAPP

Computer Aided Process Planning

Veremos a seguir um pouco dos conceitos envolvidos em **CAPP** descritos em um artigo apresentado no congresso da SAE de 1997 e na literatura atual.

O principal objetivo do planejamento do processo é selecionar e definir, em detalhes, as etapas de fabricação de um produto. Deste modo, as especificações do produto (resultantes das atividades de projeto) são transformadas em informações de processo de manufatura com os tempos e locais de trabalho. Resumidamente pode-se dizer que o planejamento do processo de fabricação é o elo de ligação entre o projeto e a fabricação, gerando informações que podem ser aproveitadas por vários setores da empresas.

O plano de processo influencia diretamente uma série de atividades da empresa. Ele é dividido em 2 níveis: plano macro (que contém a sequência de operações, com especificação das máquinas/equipamentos e com os tempos de fabricação) e cada operação pode ser detalhada em vários documentos.

Dentre os detalhamentos encontram-se:

- Instrução de operação;
- Lista de Ferramental;
- Plano de Controle;
- Fluxo de processo;
- Setup de Ferramental;
- Setup de máquinas;
- Pré-set de ferramentas;
- Procedimentos de operação;

- Documentos com fotografias;
- Folha de registro de controle;
- Folha de qualificação de operador.

O plano macro é utilizado para apoiar a área de *PCP* (Planejamento e Controle da Produção) de uma empresa. Um exemplo é a determinação da carga-máquina, que utiliza a seqüência de operações e seus tempos. A seqüência de operações é essencial para os sistemas de *PCP* que trabalham com ordens de produção, tais como sistemas *MRP* (*Material Requirement Planning*) ou sistemas de sincronia da produção.

Os detalhamentos são normalmente utilizados pela produção, pelos operadores dos equipamentos. No chão-de-fábrica o plano de processo instrui o operador qual o melhor método de confecção de um produto. Isso influencia na qualidade, pois fornece informações precisas sobre os operadores e os métodos de inspeção ou controle. Nos detalhamentos podem também ser encontradas informações sobre a montagem de um equipamento, ferramental, etc.. Este conjunto de informações normalmente é impresso ou manuscrito em documentos enviados aos operadores de máquinas, informando-os como fabricar o produto de forma eficiente.

Além disto, com os planos de processo, pode-se estudar os fluxos de peças fabricadas, escolher novos *Lay-Outs*, ou montar células de fabricação através da análise do fluxo de produção. Finalmente, o plano de processo influi também no planejamento estratégico, simulação de futuras demandas baseadas na previsão de vendas, necessidade de contratação de pessoal, compra de material e equipamentos e até ampliação de instalações.

A denominação plano de processo varia de acordo com a indústria ou finalidade, dentre elas encontram-se: plano de fabricação de inspeção, folha de

operações, folha de processo, plano de trabalho, folha de seqüência, roteiro de fabricação, dentre outros.

As atividades desempenhadas no planejamento do processo sofrem uma variação enorme de empresa para empresa, pois cada uma possui um padrão de documentação. Logo, as funções desempenhadas pelos técnicos de processos de uma empresa variam bastante. As principais atividades de planejamento do processo são :

- Determinação das operações e sua seqüência;
- Determinação de máquinas e equipamentos;
- Determinação de sub-operações, que detalham as operações;
- Determinações de instruções de qualidade;
- Determinação do ferramental;
- Determinação da qualificação de operadores;
- Determinação de condições de trabalho;
- Cálculos de tempos de fabricação.

Dentre os sistemas **CAPP** existentes, existem três tipos que são :

Interativo - O **CAPP** Interativo confecciona um plano a partir do zero, ou seja, implementa-o a partir de uma "folha em branco". Este tipo de sistema **CAPP** é bastante utilizado onde os planos de processo não possuem dados semelhantes, não permitindo reaproveitamentos de informações. O sistema **CAPP** Interativo possui uma característica de permitir a geração de qualquer plano de processo, porém o tempo de sua confecção não é muito satisfatório. Um aumento da produtividade e qualidade deste tipo de sistema **CAPP** acontece através da utilização de padrões de planejamento, tais como: operações padrão e cadastro de recursos padrão.

Variante - Um sistema Variante permite encontrar e copiar um plano semelhante, para servir de base para o novo plano de processo. Este plano pode ser obtido a partir de um produto com geometria próxima à do produto original ou através da parametrização de planos de produtos semelhantes em famílias. Com isso, consegue-se uma padronização maior dos planos de processos e uma elevada velocidade de geração de planos de processo. As alterações ou ajustes nos planos de processos podem ser realizados utilizando o sistema **CAPP** Interativo. Neste ponto é importante ressaltar a necessidade de se atualizar os planos através de padrões de planejamento, pois assim a consistência da sequência de operações é mantida para apoiar futuras reutilizações dos planos.

Automático - O sistema **CAPP** automático gera um plano de processo a partir do reconhecimento de features e do processamento de regras ou algoritmos baseados nos features. Os features, de maneira simplificada, podem ser considerados como a descrição técnica e geométrica de regiões de um produto, normalmente provinda de um sistema **CAD**. Este tipo de sistema pode gerar informações de alta precisão numa velocidade bastante elevada. Entretanto, tais sistemas são difíceis de serem abrangentes. Sua aplicação é mais viável em indústrias com itens muito semelhantes e normalmente de baixa complexidade (bem comportados).

Um grande problema desta solução é o seu tempo de implantação elevado e a dificuldade de se levantar a "Inteligência" (regras) do sistema automático. Além disso, essa "Inteligência" deve ser flexível para se ajustar às constantes alterações de ferramentas, projetos e materiais dos produtos, novas máquinas e técnicas de produção.

Principais benefícios do sistema CAPPE

I. Introdução

Este documento apresenta justificativas para a implantação do **CAPPE**, com base em experiências e depoimentos obtidos junto a especialistas em **CAPP** através da KSR e seus clientes. Os casos práticos foram neutralizados, para não comprometer os clientes. No entanto, algum deles estão abertos para mostrar seus resultados.

Existem retornos quantitativos e qualitativos da aplicação do **CAPPE**. Em seguida apresentam-se resultados de uma forma qualitativa, que podem ser todavia quantificados. Essa quantificação está apresentada ao final deste documento deverá ser formada pelo cliente, baseados nas justificativas apresentadas.

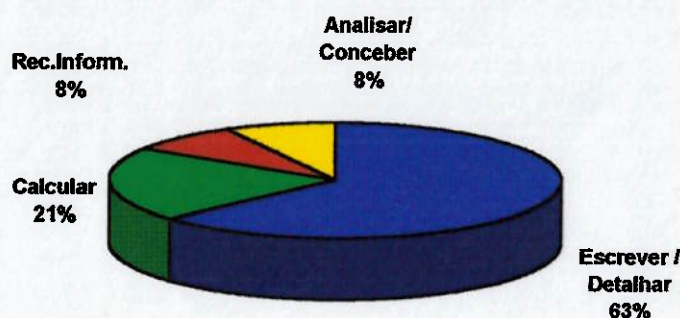
Não se pode esquecer no entanto do ganho qualitativo de diminuição do *time-to-market* que se obtém com a utilização do **CAPPE**, que é sem dúvida um dos maiores ganhos de competitividade, mas difícil de ser quantificados em termos financeiros.

II. Justificativas

1. Aumento da Produtividade de Planejamento

Normalmente o perfil de utilização do tempo de um processista é:

- 63 % escrevendo, documentando o plano de processo;
- 21 % efetuando cálculos;
- 8 % recuperando informações e
- 8 % analisando, propondo soluções.



A filosofia do **CAPPE** é otimizar primeiramente as atividades repetitivas, que normalmente não agregam valor, criando padrões que servem de base para o planejamento. Existe aí um grande potencial de utilização. Somente após é que se pode trazer algum automatismo ao planejamento, pois a base já está formada.

1.1 - Planejando da forma atual

Os ganhos aqui estão principalmente associados a uma maior velocidade de planejamento. A redução do tempo de planejamento registrada foi em média de 65%.

Em casos particulares chegou a 80%. Algumas empresas esperam diminuir o número de processistas graças a essa maior produtividade. No entanto, consideramos que esse ganho é marginal diante dos outros benefícios que o **CAPPE** traz, pois normalmente o setor de processos das empresas de manufatura é subdimensionado para a quantidade de serviços que devem ser realizados. Continuar a planejar da forma como vinham fazendo não proporciona os ganhos de competitividade que o potencial de uma solução como o **CAPPE** possui.

Na maior parte das empresas, com as quais a KSR prestou serviços, o nível da documentação de processo e sua qualidade estavam aquém daquela necessária. O potencial de aumento de produtividade apresentado foi então utilizado para se conseguir os ganhos listados nos itens subsequentes deste documento.

1.2 - Criando um maior número de soluções

Com a necessidade de um aumento de diversificação, aumenta a frequência de lançamento de produtos, fazendo com que as empresas precisem obter uma maior quantidade de planos de processo. Para os produtos já existentes é necessário também que sejam criadas rotas alternativas. Tudo isso demanda um número maior de processistas.

Pode-se aproveitar o potencial de aumento de produtividade do **CAPPE**, a fim de se obter um maior número de soluções com os processistas existentes, eliminando-se as tarefas do planejamento tradicional que não agregam valor.

1.3 - Planejando com maior qualidade e detalhe

Os ganhos obtidos com essa atividade influenciam diretamente a produtividade no chão-de-fábrica. Constantemente tem que se estar realizando a manutenção dos planos existentes devido a sua falta de qualidade. Um planejamento com maior qualidade compreende dados mais precisos de operações (com textos padrão independentes da habilidade de cada processista); tempos especificados calculados com base em tabelas e fórmulas, garantindo sua repetibilidade; lista de ferramental também padronizado e com especificação completa; croquis e/ou foto e/ou vídeo especificando procedimentos de montagem e inspeção (que em certas empresas faz parte de um plano de inspeção desconectado com o plano de processo, o que pode causar uma inconsistência entre os documentos); instruções detalhadas; controle de status e versões; etc.. Para se atingir esse nível de planejamento de classe mundial, uma empresa normalmente contrata mais processistas e/ou digitadores que precisam ainda ser treinados. Eles demoram um grande tempo para conhecer as características específicas da empresa e criar um plano com qualidade

As características listadas já fazem parte do pacote padrão do **CAPPE**, permitindo assim que os processistas existentes possam ser utilizados na criação de planos de processo com maior qualidade e nível de detalhamento. O aumento de produtividade aqui também é relativo a não necessidade de contratação de novos processistas para poder aumentar o nível de qualidade do processo. Pode-se quantificá-lo, de 65 a 80%. Além disso a maior qualidade do plano diminui em 80% a necessidade de se efetuar manutenções, que só ocorrem então, quando o processo de fabricação é alterado.

1.4 - Recuperando/Atualizando/Alterando Planos de Processo

Normalmente no planejamento convencional é difícil recuperar planos já existentes para serem reutilizados em peças semelhantes, pois falta um armazenamento sistemático como o apresentado anteriormente.

Além disso, quando se consegue encontrar um plano a ser alterado para servir de base a um novo plano, ou mesmo quando simplesmente se atualiza/altera um plano devido a erros encontrados, não existe no planejamento tradicional um procedimento eficaz. O processista precisa nesses casos reescrever todo o novo plano enviando para uma redigitação. Em algumas empresas se faz uso extensivo de cópias, que são então cortadas e coladas para que se documente um novo plano.

São nessas empresas que a utilização do **CAPPE** traz um maior retorno. Nele a atualização e/ou alteração de planos é extremamente eficaz, possibilitando um aumento de produtividade de 60% em planos simples e até 40% em planos complexos.

1.5 - Otimizando a busca de informações

Normalmente um processista passa grande parte do seu tempo recuperando informações (8% em média, mas pode chegar a 25% em planos de processo com um nível de detalhamento elevado). São informações sobre capacidade de equipamento; parâmetros de ferramentas de fabricação e de inspeção, onde uma infinidade de catálogos é consultada (e muitas vezes uma nova ferramenta é especificada sem que se verifique a disponibilidade em estoque de ferramentas semelhantes); o mesmo pode ser dito sobre dispositivos; etc...

Existe um sistema dentro do **CAPPE** que possibilita que se armazene informações sobre qualquer elemento que possa constar em um plano de processo. Esse armazenamento toma como base uma classificação desses elementos em família, quando possível, com a possibilidade de se definir parâmetros específicos e até padrões para as famílias. Quando se recupera informações utilizam-se a classificação e a busca por parâmetros, facilitando em muito esse trabalho e praticamente eliminando os tempos improdutivos de busca acima citados.

1.6 - Gerenciando a documentação

Em empresas onde o fluxo de informação é relativamente complexo e existe uma grande quantidade de planos de processo é oneroso gerenciar as versões e controlar o status de um plano de processo em desenvolvimento. Muitas vezes trabalha-se com versões desatualizadas, causando um desperdício do tempo de planejamento. Esse desperdício é potencializado quando um plano desatualizado é liberado para a produção.

O sistema de controle de status e versões existente no **CAPPE** evita que tais problemas aconteçam, pois só determinadas pessoas com as suas funções especificadas durante o *set-up* do sistema pode trabalhar com um plano em um determinado status. Uma mudança de versão também causa uma desatualização automática, evitando assim que esse erro se propague. Em uma empresa, que possua a característica acima colocada, gasta-se de 5 a 10 % do tempo de um processista no gerenciamento da documentação.

1.7 - Dando suporte ao chão-de-fábrica

Um processista experiente e de qualidade precisa investir parte do seu tempo dando suporte ao pessoal de chão-de-fábrica no esclarecimento e às vezes mesmo nas correções das especificações dos planos de processo por ele produzidos. Porém é normal que esses processistas não priorizem essa atividade, pois "nunca têm tempo". Seria ideal que o processista dedicasse em torno de 10% do seu tempo nessa atividade.

O aumento de produtividade que se obtém com o **CAPPE** faz com que ele então encontre tempo para se dedicar a essa atividade. Além disso, se o **CAPPE** estiver distribuído pela fábrica, ele pode realizar pequenas alterações no próprio chão-de-fábrica.

Nas empresas que trabalham com a filosofia de células autônomas de produção ou mesmo algum tipo de unidades fabris separadas, podem existir processistas alocados diretamente no chão-de-fábrica, que dão manutenção aos planos criados utilizando o **CAPPE**. Através da rede ele pode estar em contato direto com um outro processista de desenvolvimento, ou mesmo um projetista, que se encontre em um escritório distante compartilhando o **CAPPE**. Cada um pertenceria a um grupo de usuários. O **CAPPE** pode nesse caso controlar as versões do plano de processo, de maneira que aconteça um aprimoramento da qualidade da informação, utilizando-se o *feed-back* do chão-de-fábrica. Dessa forma consegue-se otimizar o trabalho conjunto dessas pessoas. Em alguns casos o próprio operador de máquina pode ter acesso a algumas funções do sistema e atualizar certos detalhes do plano de processo, como por exemplo as condições de usinagem especificadas.

1.8 - Agilizando a obtenção de orçamentos

Algumas empresas dependem crucialmente de uma obtenção ágil e precisa de orçamentos. Essa atividade todavia acontece de forma não sistemática no planejamento tradicional, devido a dificuldade em se recuperar informações, alterar planos semelhantes e também efetuar os cálculos diferenciando os componentes de custos, tais como ferramentas, dispositivos de fixação, de inspeção, etc. Em casos práticos a aplicação do **CAPPE** já possibilitou um aumento de 85 % da produtividade na obtenção de orçamentos, além de um aumento na precisão. Antes da aplicação do sistema, essa empresa perdia aproximadamente 60% das cotações solicitadas, provavelmente porque as margens eram majoradas, a fim de encobrir as imprecisões de planejamento. Depois do uso do **CAPPE** esse valor abaixou para 45%.

1.9 - Automatizando o planejamento

Esse talvez seja o maior ganho da aplicação de sistemas **CAPP**. A literatura preconiza essa como sendo a principal vantagem do **CAPP**. No entanto, esses trabalhos são em sua maioria acadêmicos. Automatização só é viável tecnicamente para funções de planejamento gerais e para problemas específicos. Nela um sistema **CAPP** obtém o plano de processo automaticamente a partir da descrição de uma peça.

O **CAPPE** já automatizou as funções de planejamento mais gerais de cálculo, eliminando aqueles 21% do tempo do processista gasto nessas atividades.

Em uma empresa foi montada uma solução para uma família de peças específicas, onde a partir da descrição dos parâmetros da peça, o plano de processo é

obtido de forma completamente automática, incluindo até o desenho das ferramentas de estampo. Neste caso consegue-se obter um roteiro em 10% do tempo, comparando-se com o planejamento convencional. Isso representa um aumento de produtividade de 900% para essas peças, ou seja consegue-se produzir 10 vezes mais planos durante o mesmo período.

1.10 - Otimizando o fluxo de informação

Certas empresas criam os planos de processo através de uma equipe. Principalmente quando o plano é bem detalhado. Em um cliente da KSR o plano de inspeção é incorporado ao próprio plano de processo, onde acrescentam-se operações de inspeção entre aquelas de fabricação. Isso é feito por um pessoal de garantia de qualidade, que se encontra em um outro prédio. Após a inclusão das operações de inspeção, esse plano volta para os processistas para ser aprovado. Esse fluxo demora aproximadamente 7 dias úteis, sendo que três dias são gastos com o correio interno. Com o **CAPPE** elimina-se esse tempo de correio, pois o pessoal de qualidade pode trabalhar com o plano imediatamente após a sua liberação. Consegue-se então uma diminuição de aproximadamente 45% do tempo de fluxo.

Nas empresas que trabalham com Engenharia Simultânea esse fluxo é mais complexo, pois o plano de processo já é distribuído quando apenas está definido o plano macro. A partir deste ponto são realizados os detalhamentos por diversas pessoas simultaneamente. Neste caso, o controle do fluxo torna-se impossível sem um apoio computacional. Aqui trabalha-se também com aquele sistema de controle de status e versões já citado.

2. Aumento da qualidade do Planejamento de Processo

Aqui são listados os ganhos de produtividade em outras áreas das empresas, além daqueles diretamente relacionados com o setor de processo (vide item 1.3). Talvez estejam aí os ganhos mais significativos do uso da tecnologia **CAPP**, que normalmente não são contabilizados, devido a dificuldade em fazê-lo.

2.1 - Auxiliando o Planejamento da Produção (PCP)

Essa é uma das atividades empresariais que traz o maior retorno, pois manipula os recursos financeiros da empresa em termos de inventário e é a responsável pelo atendimento do prazo de entrega dos produtos. Para o PCP é imprescindível que as informações dos planos de processo estejam corretas, pois elas são a base da obtenção do plano mestre (quando são realizadas simulações), do planejamento de produção (definição dos prazos das necessidades de material e análise da capacidade), assim como da programação da produção.

Normalmente os tempos especificados da forma tradicional estão cerca de 20% majorados. Isso causa um aumento do inventário em torno do mesmo índice, pois o material estará a disposição ao longo do processo produtivo antes da data necessária. Além disso são necessárias diversas reprogramações em nível de chão-de-fábrica para ajustar a programação errônea baseada em tempos imprecisos.

Com o sistema de cálculo automático dos tempos de fabricação do **CAPPE**, pode-se estimar com maior precisão os *lead-times* para cálculo das necessidades e principalmente viabilizar que se programe a produção com uma maior precisão, através por exemplo de sistemas de programação finita e sincronizada.

Além disso existe no **CAPPE** uma função que mostra a frequência com que cada tipo de equipamento já foi especificado nos diversos planos de processo existentes na base de dados. Com isso pode-se planejar de forma mais coordenada evitando-se que certos equipamentos tornem-se gargalos de produção, devido a sua constante especificação durante o planejamento de processo.

2.2 - Aumentando a produtividade do chão-de-fábrica

Existem vários casos em que uma maior qualidade do plano de processo aumenta a produtividade do trabalho no chão-de-fábrica.

2.2.1 - Melhorando o entendimento e manipulação da documentação

Devido a falta de padronização, cada processista escreve o termo que estiver mais acostumado e que faça com que ele perca menos tempo ao documentar uma operação no plano de processo. Isso torna difícil compreender o que está especificado no Plano de Processo. O desperdício de tempo na produção, quando um operador procura entender o plano de processo, é de 2 a 7%.

Outra dificuldade está na manipulação dos documentos, quando o Plano de Processo é mais detalhado. Comumente a lista de ferramentas está resumida para muitos processo; planos de soldagem feitos com base no desenho não estão especificados para a operação em questão; as informações estão dispersas em várias listagens e arquivos; etc.. O desperdício aqui fica em torno de 2 a 6%.

Os planos resultantes do planejamento com o **CAPPE** são sempre padronizados e os textos podem ser longos o suficiente para melhorar o entendimento, pois são simplesmente escolhidos e não digitados. Os documentos enviados ao chão-

de-fábrica podem sofrer qualquer tipo de ajuste. Diversos tipos já foram aplicados com sucesso em clientes do **CAPPE**. Assim consegue-se diminuir os desperdícios acima listados em até 30% do seu valor original.

2.2.2 - Otimizando o SET UP dos equipamentos

Na produção enxuta o tempo de *set-up* deve ser o menor possível, apesar da constante troca de produtos e os lotes cada vez menores. Nas empresas que trabalham com lotes médios e com uma troca de até 3 produtos por dia, gasta-se de 30 a 80 minutos por dia montando-se os equipamentos.

A aplicação do **CAPPE** já causou 17% de diminuição do tempo de *set-up*, fornecendo ilustrações gráficas (existe a possibilidade de se incorporar fotos e até vídeo como ilustração) para facilitar o trabalho (fator de diminuição: 0,8 a 0,95).

2.2.3 - Facilitando a busca de ferramental

Grande parte das empresas somente especifica o tipo de ferramental a ser utilizado em uma operação, deixando para o operador de máquina a tarefa de providenciar tal ferramenta. Com isso ele perde em média de 5 a 10% do tempo de fabricação.

Como com o **CAPPE** pode-se especificar um ferramental através da consulta de seu "catálogo eletrônico", que também pode estar associado ao almoxarifado de ferramentas, consegue-se diminuir esse tempo possibilitando até que essas ferramentas sejam reservadas antes da programação da operação.

2.2.4 - Especificando as operações de inspeção

Operações de inspeção especificadas somente através de textos são complicadas de serem realizadas pelos operadores de máquina, dentro da filosofia de auto-controle adotada pela maioria das empresas modernas. No começo da aplicação desta filosofia a produtividade cai em média 15%.

A facilidade de detalhamento de operações através de ilustrações gráficas oferecidas pelo **CAPPE** já elevou a produtividade em alguns clientes em 80%.

2.2.5 - Evitando paradas por especificações errôneas ou faltantes

Já vivenciamos um caso de uma empresa em que especificações errôneas do Plano de Processo (ou mesmo faltantes) causavam paradas comprometendo 6% do tempo total de produção das linhas de montagem. Principalmente no início do ciclo de vida do produto.

Com o trabalho sistemático baseado nos padrões do **CAPPE**, introduzindo com facilidade ilustrações gráficas no processo e fazendo com que o processista tenha mais tempo para trocar idéias com o chão-de-fábrica, conseguimos praticamente eliminar essas paradas até hoje.

2.2.6 - Evitando desperdícios por utilização de planos desatualizados

Nas empresas que não possuem uma sistemática própria (e onerosa) de controle da liberação de planos para a produção, 2 a 10% dos planos, que sofreram

alguma modificação no escritório, não correspondem aos existentes no chão-de-fábrica. Isto acontece devido à dificuldade de se gerenciar planos complexos.

A aplicação do sistema de controle de status e versões do **CAPPE** contribui para eliminar esse problema.

2.3 - Diminuindo o inventário em ferramental

A seleção não sistemática de ferramentas pelos processistas que trabalham com o método tradicional faz com que compras desnecessárias sejam efetuadas. Já ocorreu um caso em que uma pequena empresa mecânica (250 funcionários) possuía em torno de 1200 tipos de brocas no almoxarifado. Além de desperdício, elas necessitavam de um local adicional de armazenamento, constituíam de mais um item de inventário, possuíam uma política de estoques de ponto de reposição, com lotes mínimos variando de 2 até 6.

Nos vários casos de aplicação do **CAPPE** aconteceu uma redução de 30% do número de ferramentas convencionais e 20% de especiais, graças ao "catálogo eletrônico" existente no **CAPPE**, que as classificava e durante a preparação da implantação mostrava essas inconsistências. A função *where-used* do **CAPPE** garante ainda que aconteça uma manutenção constante do nível de inventário em ferramental, pois podem ser realizadas análises do nível de utilização do ferramental "vivo" no almoxarifado.

2.4 - Garantindo a rastreabilidade dos Planos de Processo

Em algumas empresas os processos antigos não são guardados, tornando-se impossível rastrear com precisão o processo que uma determinada peça de um

produto utilizou. Com a introdução da ISO 9000 normalmente é criada uma burocracia difícil de ser mantida, pois a manipulação de muitos documentos, croquis, etc... é trabalhosa.

O **CAPPE** já nasceu com o gerenciamento dos Planos de Processo embutido dentro da filosofia da ISO 9000, garantindo a rastreabilidade e eliminando o custo de gerenciamento de R\$ 4,50 por plano.

3. Integração com outros sistemas

Um dos maiores ganhos da aplicação da tecnologia **CAPP** está na possibilidade de integração com outros sistemas, pois as informações do plano de processo são utilizadas por diversos setores que já utilizam sistemas computacionais.

3.1 - Evitando digitação duplicada

Sistemas de Planejamento e Controle da Produção (tais como MRPII) necessitam das informações dos plano macro (sequência de operações, tempos e recursos utilizados).

O **CAPPE** pode fornecer essas informações através de diversos formatos e a KSR oferece um serviço de integração já comprovado em diversos clientes. Com isso elimina-se a digitação que pode ser de 3 minutos por plano simples em sistemas PCP que também trabalham com padrões pré-definidos. Pode chegar até 20 minutos por plano complexo, onde a descrição da operação é longa e em sistemas PCP que não trabalham com padrões.

3.2 - Eliminando erros de digitação

Quando as informações de processo têm que ser digitadas, deve haver uma conferência posterior e mesmo assim inconsistências podem permanecer.

Com a aplicação integrada do **CAPPE**, a necessidade de conferência também é eliminada, pois não existe mais nenhum tipo de digitação. Economiza-se assim de 5 a 15 minutos por plano de processo, além de se evitar que 5% dos planos macros devam ser corrigidos (custando uma média de 15 minutos por correção).

3.3 - Garantindo um custeio mais preciso

A maior parte das empresas está adotando o custeio padrão para apropriação de custos ao produto. Nesses casos é importante que as informações do plano macro sejam confiáveis. Não existe ainda um direcionador de custo que indique o quanto a aplicação do sistema **CAPPE** contribuiu para a melhoria do custeio.

3.4 - Reutilizando informações gráficas

O aumento do grau de detalhamento do Plano de Processo é na sua maioria associado a introdução de uma ilustração gráfica. Essa ilustração existe na maioria das vezes nos departamentos de projeto que utilizam sistemas **CAD**.

O **CAPPE** utiliza de forma transparente muitos dos sistemas **CAD** comerciais disponíveis no mercado, eliminando praticamente a necessidade de se redesenhar o produto para cada etapa do processo. Fica para o processista somente o trabalho de posicionar os elementos gráficos adicionais (croquis de ferramenta, dispositivos, etc..)

já existentes em bibliotecas. Com isso o aumento da produtividade no caso de planos detalhados pode chegar em até 80%.

3.5 - Apoiando a compra de ferramental

Para empresas que não trabalham com Planos de Processo que contém uma especificação de ferramental, pode acontecer que seja necessário efetuar pedidos de compra urgentes na hora da produção, devido a falta de previsão. Uma solução seria manter um inventário elevado de todas as possíveis ferramentas a serem utilizadas.

O **CAPPE** pode ser integrado a um sistema de compras, para fornecer as informações sobre ferramental, antes que ele seja necessário.

4. Garantia de certificação pela ISO 9000

Apesar da dificuldade de ser quantificada, os depoimentos de empresas usuárias do **CAPPE**, de que "graças ao **CAPPE** pudemos eliminar o nosso maior problema de controle de processos", fazem com que estimemos os custos de uma não conformidade em torno de R\$ 100.000,00 (considerados os custos de uma auditoria sem sucesso; perda de clientes por um período de 6 meses e mais 6 meses investidos na preparação para uma nova auditoria).

Anexo A

Questionário Avaliação sobre Projeto de Implantação CAPPE

1 – Quais são os fatores que levam uma empresa a decidir-se pela modernização? Existindo mais de um fator, enumerá-las na sequência de importância.

- a) Qualidade
- b) Custo/Preço
- c) Prazo
- d) Concorrência
- e) Operar com competitividade global

2 – Como a concorrência analisa as empresas que apresentam atuação contínua em desenvolvimento tecnológico?

- a) Como modelo, levando-as a buscar também a mudança.
- b) Como líderes ou empresas a caminho da liderança.
- c) Não afetam as decisões da concorrência, que segue as diretrizes definidas em seu plano estratégico.

3 – Para os clientes, a atuação contínua em desenvolvimento tecnológico pode ser um fator de menor importância, desde que prazo, qualidade e preço não sejam afetados?

- a) Sim
- b) Não

4 – Qual(is) a(s) principal(is) recomendação(ões) para a obtenção de resultados positivos nas mudanças técnicas e nas inovações tecnológicas?

- a) Caracterizar a situação atual da área estudada e da empresa, utilizando parâmetros mensuráveis.
- b) Ter o conhecimento dos objetivos da empresa e da sua visão.
- c) Obter o envolvimento dos usuários e profissionais que participam do processo decisório.
- d) Acreditar no alcance dos resultados.
- e) Ter um plano de incentivo para os proponentes de melhorias.
- f) Existência de uma política de participação nos lucros da empresa.

5 – Na sua opinião, por que os projetos que trazem benefícios financeiros de longo prazo levam muito tempo para serem aprovados e implantados?

- a) Falta de um planejamento estratégico.
- b) Falta de coordenação e divulgação do mesmo.
- c) Falta de alinhamento das pessoas com o propósito das empresa.
- d) Falta de recursos financeiros.

6 – Por que a necessidade de uma mudança técnica ou simplesmente de uma melhoria pode não ser visualizada pelas pessoas que tomam decisões?

- a) Não há um programa de melhorias divulgado e estruturado.
- b) A idéia é ignorada por falta de conhecimento técnico.
- c) A idéia é ignorada por razões pessoais ou políticas.
- d) Adotam-se suposições que nem sempre são verdadeiras ou ocorre o predomínio da subjetividade.
- e) Perfil ou estilo de administração do profissional.

7 – É de conhecimento de todos que custos altos geram perda de lucratividade, o que afeta a competitividade no mercado globalizado. Se para determinadas situações, as mudanças técnicas e inovações tecnológicas na manufatura minimizam este problema, como os acionistas avaliam a sua implantação?

- a) Sempre aprovam a implantação.
- b) Dependerá do impacto nos resultados da empresa, ou quanto aumentará o valor da empresa.
- c) Deve estar dentro da visão estratégica da empresa.
- d) A aprovação está condicionada ao resultado atual da empresa.
- e) Depende exclusivamente da disponibilidade de recursos da empresa.

8 – Uma mudança técnica pode ter várias propostas. Por que a solução escolhida e que será implantada nem sempre é a melhor para a empresa?

- a) Há influências pessoais na escolha da solução.
- b) Adota-se a solução mais econômica por falta de recursos financeiros.
- c) Há falta de preparo técnico do pessoal que irá decidir a proposta.
- d) O tomador de decisão não possui conhecimento do foco da empresa ou da sua estratégia.
- e) Há outros interesses envolvidos.

9 – Qual(is) o(s) principal(is) fator(es) que influencia(m) na tomada de decisão para realizar uma melhoria ou modernização?

- a) Cultura interna da empresa.
- b) Relação empresa x mercado/concorrência.
- c) Disponibilidade financeira.
- d) Tipo de controle da empresa.
- e) Impacto nos resultados da empresa.

10 – O fato de inúmeras empresas, especialmente do setor automotivo, estarem se associando ou serem controladas por vários grupos, contribui para :

- a) A aprovação de investimentos de forma mais rápida.
- b) Que a decisão tomada tenha maior probabilidade de sucesso.
- c) A aprovação seja mais demorada e analisada.

11 – Qual (is) são os principal (is) fator (es) que contribui (em) para que muitos projetos simples não sejam efetivados?

- a) Falta de metas claras por parte da empresa.
- b) Falta de domínio do responsável por decisões sobre o seu setor.
- c) Falta de conhecimento dos resultados da empresa.
- d) Falta de envolvimento das pessoas (*accountability*) ou compromisso.
- e) Falta de capacidade e conhecimento técnico para sustentar a idéia de tal projeto.

Referências Bibliográficas

Groover, M; Zimmers, E *Computer Aided Design and Manufacturing*, Prentice Hall, 1984

Lino de Almeida, Alexandre; Ribeiro, Carlos; Manfredi, Gilmar; Rozenfeld, Henrique *Planejamento do processo de fabricação no conceito de consórcio modular Volkswagen - Um Caso Prático*, SAE, 1997

Almeida, Henrique S. Um Estudo do Vínculo Tecnológico entre: Pesquisas, Engenharia, Fabricação e Consumo. São Paulo, 1981 mimeo (Tese Dout. Escola Politécnica da USP).

Marx, Roberto. Automação e Sistemas Produtivos – Um Estudo de Casos. São Paulo, 1987 (Tese Mest. Escola Politécnica da USP.)

Gunn Thomas G. Manufacturing for Competitive Advantage Becomming a World Class Manufacturer, 1987 Cambridge – Massachusetts.

Jasthi, S R K, Rao, P N and Tewari, N K Studies on Process Plan Representation in CAPP Systems – 1985 – Department of Mechanical Engineering, New Delhi – Indian.

Thomas, Kurian K – Integrating CAD/CAM Software for Process Planning Applications – 1996 – Department of Industrial Engineering – The University of Iowa City, IA