

Engenharia concorrente

PERSPECTIVAS E ÁREAS DE ACTUAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A evolução económica mundial que teve lugar nos últimos anos conduziu a mudanças significativas no espectro industrial. O clima de recessão que atravessou o mundo inteiro, e que persiste em permanecer na Europa, e a feroz competitividade das novas potências asiáticas levaram a uma reflexão profunda sobre as economias dos países ocidentais. A isso juntaram-se factores políticos que introduziram mais algum distúrbio na fragilizada economia mundial.

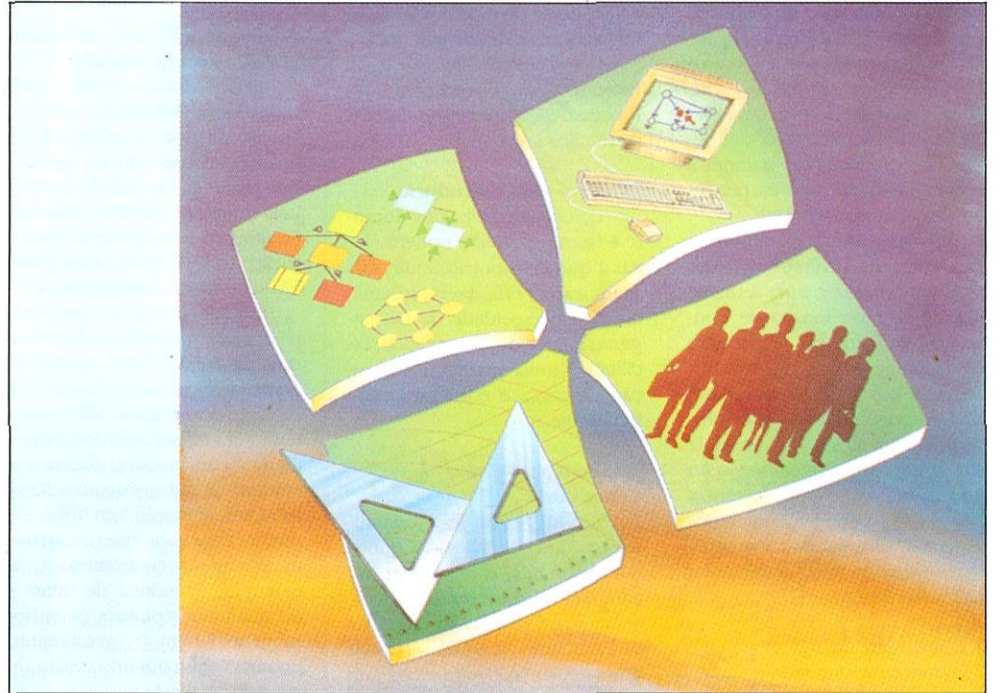
A nova realidade levou a que em média as empresas do sector industrial apresentassem avultados prejuízos, nomeadamente as de grande dimensão. Quando a máxima "vender tudo o que se produz" foi confrontada com o cada vez menor número de encomendas (e de menor dimensão), muitas empresas tiveram que repensar as suas linhas directrizes. De facto, o panorama industrial é hoje muito mais complexo e competitivo que anteriormente. A um consumidor que tudo comprava sucedeu um consumidor mais exigente, que não se contenta com o produto padrão, que quer um produto mais personalizado, mais ao seu gosto. Por seu turno a evolução tecnológica e organizacional permitiu uma significativa redução nos ciclos de vida dos produtos graças à redução do tempo que medeia entre a concepção e colocação do produto no mercado e ao aparecimento constante de novas tecnologias.

Produzir a baixo custo e com qualidade, porque o mercado é mais competitivo, e responder rapidamente às tendências do consumidor passaram a ser as ideias chave que as empresas passaram a adoptar.

Toda a evolução apontada anteriormente realçou a importância de novos conceitos como a Flexibilidade, Agilidade e Engenharia Concorrente. Neste artigo iremos tentar explicar os conceitos inerentes à Engenharia Concorrente.

2. ENGENHARIA CONCORRENTE

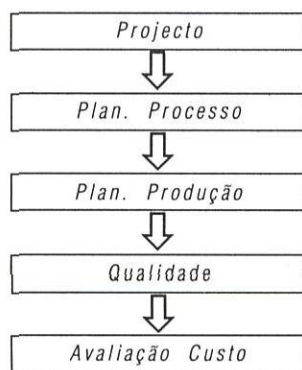
A Engenharia Concorrente é a unidade de conceitos, méto-



dos, organização e ferramentas que permitem o acesso simultâneo à informação por parte de todos os actores principais (os que adquirem, os que desenvolvem, os que fabricam, os que usam, ...) de modo a tomar decisões acertadas e a otimizar as várias fases envolvidas ao longo do ciclo de vida de um produto desde a concepção até à retirada de serviço (projecto, processo, produção, custo, qualidade, ...) [1].

Esta definição resultou da iniciativa CALS (*Computer Aided Acquisition and Logistics Support*) lançada pelo DoD (*Department of Defense*) nos EUA em 1985.

Figura 1



A abordagem tradicional ao ciclo de concepção e fabrico de um produto pode ser visualizada na figura 1.

Esta figura dá apenas uma ideia geral de como todo o ciclo decorria. Algumas mudanças ocorriam em casos particulares (por exemplo, o controlo da qualidade durante o fabrico, a avaliação do custo após o plano de fabrico, etc.).

Figura 2



O paradigma da Engenharia Concorrente aponta para que ao invés de dispormos as várias fases (projecto, planeamento do processo, planeamento da produção, ...) se-

quencialmente possamos, na medida do possível, dispôr as várias fases do ciclo em paralelo de modo a facilitar uma maior interacção entre essas fases. Tal é ilustrado na figura 2.

A Engenharia Concorrente deve ser vista segundo duas perspectivas: a perspectiva dos recursos humanos e a perspectiva da automatização.

2.1. A Engenharia Concorrente segundo a Perspectiva dos Recursos Humanos

Segundo esta perspectiva, os recursos humanos deverão agir de modo a facilitar a implementação da Engenharia Concorrente.

Logo, o que está em jogo é a Estrutura Organizacional da Empresa.

Segundo o novo paradigma os recursos humanos devem agir de um modo concorrente. Quer isso dizer que um elemento de um sector não deve pensar exclusivamente no seu sector, devendo, pelo contrário, dedicar alguma atenção à integração e tráfego de informação entre o seu sector e os outros sectores da Empresa.

Os encontros entre elementos de sectores diferentes e a constituição de equipas multidisciplinares são fundamentais tendo em atenção o fim em vista. Desse modo haverá um trânsito muito maior de informação entre sectores, originando uma mais rápida identificação de possíveis problemas (por exemplo, o novo produto que está a ser projectado ter uma forma que dificulta o seu fabrico; o processo de fabrico a ser adoptado ser demasiado oneroso para garantir a competitividade com os produtos da concorrência, etc.).

O maior trânsito de informação entre os diversos sectores também conduz a uma redução significativa no tempo de concepção do produto. A situação ideal atinge-se quando a informação está acessível por parte de qualquer sector, sendo produzida uma única vez. A ideia chave é produzir a informação uma única vez e usá-la tantas vezes quanto necessário. Esses aspectos são visados em projectos como o MEI (*Meta-Data Exchange Initiative* [2]).

2.2. A Engenharia Concorrente segundo a Perspectiva da Automatização

A automatização segundo a abordagem da Engenharia Concorrente implica que os métodos a aplicar, o *hardware* e o *software* usados nos diversos sectores estejam preparados para o funcionamento em concorrência. Vejamos alguns exemplos do que pode ser feito nos diversos sectores (ou fases).

2.2.1. Fase de Projecto

Esta é exactamente a fase que mais interacções necessita com as outras fases do ciclo de produção. Por estar associada à concepção do produto esta fase virá a ter uma importância fulcral visto que irá ditar o bom ou mau desempenho do sistema no seu todo. A ferramenta de CAD a utilizar deverá ser enriquecida permitindo a recepção e reacção à informação vinda de outros sectores. Aqui realçamos os seguintes exemplos:

Projecto para Fabrico e Projecto para Montagem

Aqui é pretendido que o produto a projectar tenha em atenção o modo como esse mesmo produto irá ser fabricado ou montado. Por exemplo, considerando o tradicional problema do *peg in hole* que visa inserir a parte A num orifício da parte B, ao mudarmos a forma das sec-

ções de A e do buraco de B de circular para rectangular temos que ter em atenção o facto de o robô que efectua a tarefa poder não ter os graus de liberdade suficientes para suportar essa mudança. Além disso poderá ser necessário ter que considerar a necessidade de mudar o formato de fixadores e da garra do robô.

Como vimos, as fases de Projecto e de Planeamento do Processo têm que estar estritamente ligadas.

Projecto para a Produção

Certas considerações durante a fase de projecto poderão levar a que a produção fique mais optimizada. Por exemplo, evitando a necessidade de montagens ou fabricos demorados, facilitando uma melhor distribuição da carga e equilíbrio entre linhas, etc...

Projecto para Custo e Qualidade

Esta deve ser uma preocupação fundamental visto que o novo produto a conceber irá competir com outros já existentes no mercado pelo que nas diversas fases se deverá garantir que o custo não ultrapasse um valor pré-definido e que a qualidade do produto esteja na faixa adequada.

2.2.2. Fase de Planeamento do Processo

Admitindo que o produto já foi projectado e que esse projecto foi resultado de uma interacção entre a fase de Projecto e de Planeamento do Processo deveremos ter em atenção, também, quer o Planeamento da Produção quer o Custo e Qualidade. Vejamos alguns exemplos:

Planeamento do Processo para a Produção

O mesmo produto pode ser montado ou fabricado de modos muito diferentes, alguns dos quais serão mais rápidos que os outros quer devido às restrições impostas pelo processo (por exemplo, as restrições geométricas num processo de montagem) quer devido a possibilidade de se obter um melhor escalonamento seguindo certos planos de processo. Estas considerações são importantes, nomeadamente quando se trabalha com prazos de entrega. Além disso, certos modos de realizar o processo facilitam a distribuição de cargas e o equilíbrio entre linhas. Sendo assim, é fundamental a existência de um *software* de apoio que tenha, por exem-

plo, a capacidade de contabilizar o tempo necessário para produzir cada unidade mediante a sequência de fabrico e o processo utilizado. Se possível, esse *software* deverá escolher, ou facilitar a escolha, do plano do processo.

Planeamento do Processo para Custo e Qualidade

O processo de fabrico utilizado é fundamental na contabilização do custo e sobretudo da qualidade. Esta última, sempre que possível, deverá ser controlada durante o próprio processo de fabrico, pelo que a monitorização, teste e verificação deverão ser também considerados.

Definir um dado processo para garantir um dado custo ou uma dada qualidade implica escolher as técnicas de fabrico e os equipamentos mais adequados tendo em vista esses dois objectivos. Quando esteja incluída a compra de equipamento adicional (por exemplo um robô de pintura) teremos que comparar as vantagens económicas (por exemplo, economia de tinta) e de qualidade (pintura mais homogénea) com o investimento no novo equipamento (custo do robô de pintura).

2.2.3. Fase de Planeamento da Produção e Produção

O Planeamento da Produção e a produção propriamente dita seguem políticas de alto nível (JIT, MRP-II) e políticas de nível mais detalhado (Escalação Operacional). A optimização do Planeamento da Produção conduzirá a um menor custo de produção. Convém realçar a importância de restrições como por exemplo o cumprimento de prazos de entrega.

Aqui é conveniente dispor de ferramentas que por um lado facilitem o escalonamento das operações (quer por métodos analíticos, quer por métodos de simulação) e que por outro consigam extrapolar os custos que a produção virá a acarretar.

2.2.4. A Engenharia Concorrente no Estabelecimento de Orçamentos e Recepção de Encomendas

Os pedidos de orçamento para a execução de uma dada tarefa podem ter associadas restrições (como por exemplo os prazos de entrega). Para que os orçamentos de novas tarefas sejam realistas e as obrigações sejam asseguradas é importante que durante esta fase se possa prever o seguinte:

- qual o custo real da encomenda
- que prazos de entrega poderão ser garantidos
- que qualidade terá a encomenda

Isso implica uma boa avaliação e uma grande interacção com as fases de Projecto, Planeamento do Processo e Produção.

3. ALGUNS PROJECTOS DE APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA ENGENHARIA CONCORRENTE

Nesta secção iremos descrever os objectivos de alguns trabalhos que estão em curso no ISEP/IPP e que têm por finalidade desenvolver investigação pontualmente em algumas das áreas descritas anteriormente. Estes trabalhos estão inseridos no Projecto "Sistemas Flexíveis de Fabrico" suportado pelo FLAD. Uma descrição mais detalhada dos trabalhos poderá ser obtida por consulta das referências indicadas.

Planeamento de Tarefas para Sistemas de Fabrico

Este trabalho começou a ser desenvolvido há cerca de 6 meses no âmbito de uma Tese de Doutoramento e tem duas finalidades gerais:

- proceder à geração de planos de fabrico constituídos por sequências de operações simbólicas a alto nível efectuar uma avaliação de custo temporal da execução desses planos. Actualmente a geração de planos baseia-se no tratamento de um grafo de restrições associadas ao processo [3,4].
- proceder à conversão das operações simbólicas a alto nível em comandos ou programas de controlo dos recursos de um sistema de fabrico. Neste aspecto, conseguiu-se anteriormente, no âmbito de uma Tese de Doutoramento já concluída [5], algum sucesso no comando de um robô para tarefas de manipulação. Agora o que se pretende é a extensão para outras operações de um Sistema de Fabrico.

Observe-se que neste trabalho há uma grande preocupação de ligação entre a fase de Pla-

de ligação entre a fase de Planeamento do Processo e a fase de Planeamento da Produção e Produção.

Arquitetura e Protocolo de Negociação para um Sistema de Fabrico Distribuído

Foi definida uma arquitectura adequada aos Sistemas de Fabrico Distribuídos e especificado o Protocolo de Negociação de Tarefas que permita a atribuição de operações de fabrico aos diversos recursos do sistema. Foi ainda especificado um Protocolo de Renegociação a ser activado quando da ocorrência de situações de excepção (atrasos, falhas nas máquinas, tarefas mais urgentes, etc...) [6,7]. Os protocolos de negociação e renegociação tomam uma descrição da tarefa idêntica àquela produzida pelo sistema de Planeamento de Tarefas descrito anteriormente.

Escalonamento Dinâmico considerando Prazos de Entrega

Encontra-se em fase de estudo um novo algoritmo para o Escalonamento Dinâmico apropriado para os sistemas que tenham que atender a prazos de entrega. Em breve arrancará uma Tese de Mestrado nesta área. Serão desenvolvidos esforços no sentido da integração entre o Planeamento da Tarefa e o Escalonamento da mesma.

4. CONCLUSÕES

Este artigo mostrou a importância da aplicação de conceitos da Engenharia Concorrente nos Sistemas de Fabrico. A Engenharia Concorrente deve ser entendida como uma filosofia geral que permite a optimização das várias fases do ciclo de vida de um produto. Esta ideia directriz deve estar presente quer na Estrutura Organizacional dos diversos sectores de uma empresa quer na escolha e no desenvolvimento das ferramentas a serem utilizadas por esses sectores. Foram apontadas algumas áreas de trabalho onde se desenvolve investigação que tem interesse pontual para a Engenharia Concorrente.

REFERÊNCIAS

- [1] Technical Report R338. Institute for Defense Analysis, 1988.
- [2] Marc Pallot. Enabling Interaction using Meta-Data within a Concurrent Engineering Environment. Second Int. Conference on Integrated Logistics and Concurrent Engineering, Montpellier. pp. 79-86, 1994.
- [3] João Rocha, Carlos Ramos. Generating and Converting Plans for Intelligent Manufacturing Systems. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Santiago (Chile), 1994.
- [4] João Rocha, Carlos Ramos. Task Planning for Flexible and Agile Manufacturing Systems. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, Munich (Alemanha), 1994.
- [5] Carlos Ramos. Planeamento e Execução de Tarefas em Robótica de Montagem e Manipulação: uma abordagem integrada incluindo a componente sensorial. Tese de Doutoramento DEEC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1993.
- [6] Carlos Ramos. An Architecture and a Negotiation Protocol for the Dynamic Scheduling of Manufacturing Systems. IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Diego (California-USA), 1994.
- [7] Carlos Ramos. Contracting Resources for Manufacturing Tasks. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Santiago (Chile), 1994.

* Carlos Ramos
Equip. Prof. Coordenador do Dept. de Eng.ª Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP-IPP).
Prof. Auxiliar do Depto. de Eng.ª Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Just-in-time



13ª Feira Internacional da Tecnologia para Trabalhar Metal em Chapa

18 a 22 de Outubro de 1994 Hanôver

A data escolhida para a Euro-BLECH 94, o mercado mundial para trabalhos em chapa de metal em Hanôver, Alemanha é perfeita para novos investimentos. Continuam a poder ser alcançados vultosos ganhos na produtividade e a Euro-BLECH aponta o caminho. Se trabalha com metal em chapa, nesse caso a Euro-BLECH 94 é a exposição especializada para si.

Metal em chapa/produtos semi-acabados • Movimentação • Corte • Enformação • Trabalho em chapa de metal flexível • Trabalho em tubo/secções • Elementos de máquinas • Formação de juntas/fixação • Tecnologia de superfícies • Ferramentas • Controlo do processo/garantia da qualidade • Tratamento de dados/CAD/CAM • Equipamento de fábricas e armazens • Segurança no trabalho • Reciclagem • Protecção do ambiente.



Para obter informações para visitantes queira contactar, por favor:

Euro-BLECH 94

MACK-BROOKS EXHIBITIONS LTD

Forum Place, Hatfield, Herts. AL10 0RN, Inglaterra.
Tel: +44 707 275641 Fax: +44 707 275544