



**BRUNO MIGUEL DE
CASTRO RIBEIRO**

**Projecto de desenvolvimento de um Sistema de
Planeamento de Produção- o caso da Pecol 2**



**BRUNO MIGUEL DE
CASTRO RIBEIRO**

**Projecto de desenvolvimento de um Sistema de
Planeamento de Produção- o caso da Pecol 2**

Relatório de Projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial , realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Ferreira, Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedicado a família e amigos

o júri

presidente

Prof. Doutora Maria João Machado Pires de Rosa
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da
Universidade de Aveiro

vogal – Arguente Principal

Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da
Universidade de Aveiro

vogal- Orientador

Prof. Doutor Carlos Manuel Santos Ferreira
Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia
Industrial da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço ao Doutor Carlos Ferreira pelo apoio na realização do Projecto ao qual o presente relatório se refere. Agradeço também à Pecol pela forma como me receberam e trataram.

palavras-chave

Sistema de Planeamento de Produção, promessa de data de entrega, heurísticas compositas, Fazer ou Comprar

resumo

O Projecto enquadrou-se numa reestruturação empresarial à empresa Pecol. Devido às deficiências do sistema de planeamento de produção, a empresa decidiu fazer o desenvolvimento de um sistema de planeamento de produção baseado em Tecnologias de Informação. Esse desenvolvimento podia ser feito internamente ou externamente.

No projecto foi feita a decisão sobre o desenvolvimento interno ou externo. Optando-se pelo desenvolvimento interno foi incluído no projecto a criação de procedimentos e interfaces para o sistema de informação de apoio ao planeamento de produção,

keywords

Production Planning System, delivery date promise, composite heuristics, Make or Buy

abstract

The Project fits into a restructuring taken over on Pecol company, In regard to de deficiências in the production planning system, it was decided to make a desenvolvimento of a new system. This system based on Information Technologies.

This desenvolvimento could be made internally or externally.

In the Project the decision of internal versus externally was made. Since it was chosen to make the information system to support the planning, internally, it was included in the project the creation of the procedures and interfaces.

Índice

1. Introdução:	6
1.1. Apresentação da empresa	6
1.1.1. Missão	7
1.1.2. Estrutura no Planeamento de Produção	7
1.1.3. Responsabilidades no Planeamento de Produção	8
1.1.4. Outras Informações	9
1.2. Objectivos e estrutura do trabalho	9
2. Enquadramento teórico:	12
2.1. Planeamento de Produção:	12
2.1.1. Introdução ao Planeamento de Produção	12
2.1.2. Planeamento de Produção na Prática	12
2.1.3. Tarefas/Actividades ligadas ao acto de planeamento	13
2.1.4. Decomposição do problema Planeamento de Produção	14
2.1.5. Controlo de Produção	17
2.1.6. Formas de Serviço ao Mercado no planeamento de produção, e suas influências	17
2.2. Planeamento de Produção e os Sistemas de Informação	18
2.2.1. Introdução	18
2.2.2. MRP	19
2.2.3. ERP	19
2.2.4. APS	20
2.2.5. Gráficos de Gantt	21
2.2.6. Tipos de Sistemas de Produção	22
2.2.7.2. Regra Heurística Compósita	23
2.3. Sistemas de Informação	24
2.3.1. Tipos de sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão	24
2.3.2. Processo de Desenvolvimento de Sistemas de Informação	25
2.3.2.1. Processo geral de desenvolvimento	25
2.3.2.2. Perguntas a efectuar no levantamento de requisitos para desenvolvimento de um Sistema de Planeamento	26
2.3.4. A decisão de compra de Software	26
2.3.5. Decisão Multiatributo Modelo Aditivo de Valor	28
3. Projecto- Fazer ou Comprar/ Desenvolvimento de procedimentos e interface:	32
3.1. Objectivos e Metodologia	32
3.2. Identificação das opções de software	32
3.2.1. Enquadramento	32
3.2.2. Levantamento de Requisitos	33
3.2.3. Diminuição das alternativas a uma lista reduzida	34
3.2.4. Comparação das alternativas da lista reduzida e elaboração da decisão final	34
3.3. Projecto de Software:	36
3.3.1. Divisão de problema	36
3.3.2. Planeamento/Acompanhamento das Encomendas:	36
3.3.2.1. Procedimentos	36
3.3.2.1.1. Promessa de Data de entrega	36
3.3.2.1.2. Delimitação de Responsabilidades	37
3.3.2.1.3. Acompanhamento das encomendas	38
5.2.2. Interface de utilizador	38
3.3.3. Procedimentos do planeamento fino integrado	39
3.3.3.1. Algoritmo	39
3.3.3.2. Método de cálculo de d_i (data de entrega do produto na secção i) para cada produto para uma dada secção:	42
3.3.4. Dinamismo do planeamento de produção	43
3.3.5. Período de Congelamento	43
3.3.6. Responsabilidades/Facilidades ao planeador de cada secção	43
5.3.2. Interface do utilizador	44

3.3.6. Condicionantes da implementação do algoritmo	45
4. Conclusão:.....	46
ANEXO 1	Erro! Marcador não definido.

Lista de Figuras	paginas
Figura 1- Estrutura hierárquica Pecol 2	6
Figura 2-Layout Pecol 2	7
Figura 3-Rotina de Scheduling	12
Figura 4-Planeamento Hierárquico Produção	13
Figura 5- Enterprise Resource Planning	18
Figura 6- Advanced Planning Systems	19
Figura 7- Gráfico de Gantt	20
Figura 8- Interface controlo de produção 1	34
Figura 9- Interface controlo de produção 2	35
Figura 10- Calculo de datas de entrega secção	38
Figura 11- Interface de utilizador Mapa carga vs capacidade	40
Figura 12- Interface de utilizador inserção de pesos	40
Figura 13- Interfaces de utilizador mudança de capacidades/calendarização de manutenção	41

Glossário:

ACTS: Apparent Tardiness Cost with Setups

APS: Advanced Planning Systems

ERP: Enterprise Resource Planning

MES: Manufacturing Execution Systems

MRP: Material Requirements Planning

PLC: Programmable Logic Controller

Introdução

1. Introdução:

No âmbito de um projecto de Reengenharia da empresa Pecol 2 , foi criado um projecto especificamente para o Planeamento e Controlo de Produção da mesma empresa. O projecto tendo como objectivo a melhoria do planeamento e controlo da produção da Pecol 2 foi feito com o apoio da empresa Sisconsult.

O projecto para o Planeamento e Controlo de Produção ficou sobre a ficou sobre minha responsabilidade.

A primeira decisão que se teve de tomar quanto ao projecto de Planeamento e Controlo de Produção foi a decisão de compra do software externamente ou de desenvolvimento interno.

Depois de ter sido tomada esta decisão e de se ter optado pelo desenvolvimento interno foi necessário o projecto de procedimentos e interfaces para o software

No relatório apresentasse o método de decisão para a decisão entre aquisição externa ou desenvolvimento interno, e apresentam-se os procedimentos e interfaces desenvolvidos para o software de Planeamento de Produção para a Pecol 2.

O Relatório encontra-se estruturado da seguinte forma: primeiro um enquadramento teórico, e por último apresenta-se o trabalho efectivamente realizado no projecto.

Nos pontos seguintes faz-se uma apresentação da empresa onde foi realizado o projecto.

1.1. Apresentação da empresa

A Pecol, empresa fundada em Águeda em 1983 tem tido um crescimento impar na indústria Portuguesa. Nos seus primeiros anos a Pecol dedicou-se ao fabrico de parafusos para a indústria de ferragens de madeira.

Com a entrada de Portugal na CEE a Pecol reforçou a sua capacidade e passou a disputar o mercado Europeu no fabrico de peças estampadas a frio de parafusos, porcas, anilhas e outras peças especiais.

Em 1997 depois de um período de 14 anos de crescimento sustentado adquire a maior empresa de fabrico de parafusos da Península Ibérica A.Herza. Com esta aquisição a Pecol dotou-se de uma capacidade produtiva que lhe permitiu competir com os maiores fabricantes Europeus.

Em seguida a Pecol iniciou uma estratégia de diversificação. Reforçou e alargou a oferta de produtos aos clientes, com a venda de silicones, buchas, ferramentas, material de segurança, entre outros.

Dá-se em seguida uma reestruturação da empresa com a divisão da Pecol em três empresas: A Pecol sistemas de fixação, Retsacoat e Pecol 2 Componentes Industriais.

Pecol Sistemas de Fixação: Com vocação estritamente comercial, responsável pela venda de produtos do grupo e outros complementares em parceria com reconhecidos fabricantes de nível mundial.

Pecol 2 : Responsável pela estampagem/deformação a frio, roscagem de peças em aço

Retsacoat: Empresa especialista em tratamentos térmicos e de superfície

1.1.1.Missão

- “Promover a máxima eficiência operacional, em todas as áreas da empresa, otimizando recursos financeiros, operacionais e humanos para melhor satisfazer os clientes.”
- “Assegurar a máxima satisfação das necessidades dos clientes, promovendo parcerias sólidas, tendo como pilares a confiança mútua, transparência e seriedade Promover elevados padrões de conduta e responsabilidade social, estabelecendo relações sólidas, consistentes e de benefício comum, com todos os parceiros de negocio, clientes, fornecedores e colaboradores.”
- “Criar uma dinâmica de inovação e melhoria constante nos produtos e no nível de serviço prestado aos clientes.”(Pecol, 2009)

1.1.2.Estrutura no Planeamento de Produção

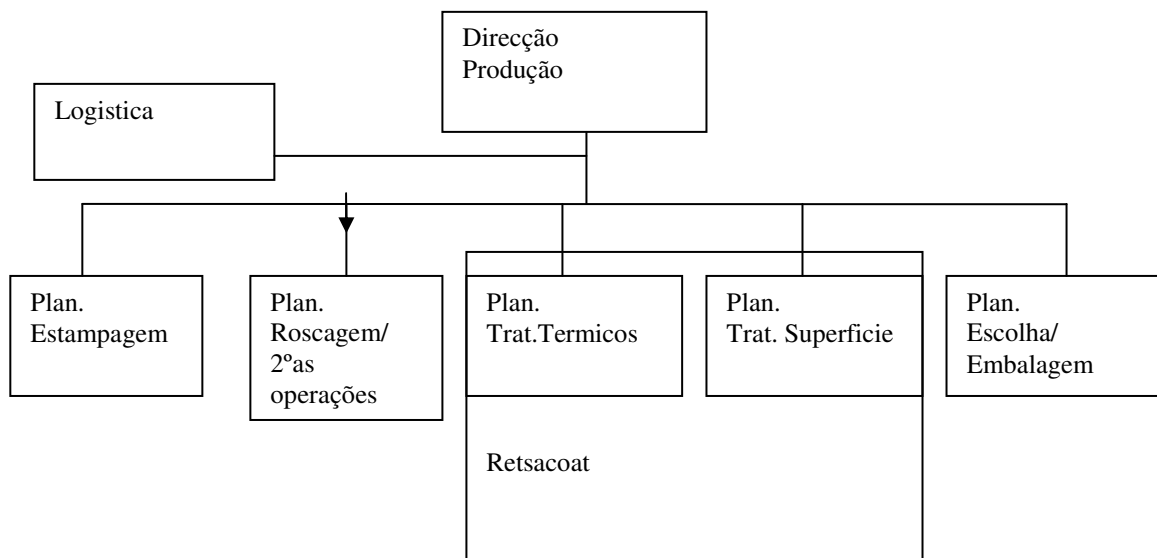


Figura 1 – Estrutura Hierárquica Pecol 2

O seguimento normal das ordens de fabrico é o seguinte: Primeiro as ordens chegam à estampagem, onde são planeadas pelo planeador dessa secção, em seguida passam para a roscagem onde se dá o planeamento dessa secção por uma pessoa diferente, e assim sucessivamente até se chegar à Escolha e Embalagem. Observando a estrutura hierárquica atrás apresentada o fluxo parte da esquerda para a direita, e seguindo a lógica de planeamento descrita para as secções de estampagem e roscagem.

1.1.3. Responsabilidades no Planeamento de Produção

Da Logística:

- Recepção de encomendas de clientes;
- Proposta de data de entrega;
- Acompanhamento do andamento das encomendas.

Das diferentes secções:

- Planear a produção na sua secção, garantindo:
 1. Cumprimento das datas de entrega;
 2. Rentabilização do equipamento da secção.

Ver figura 2

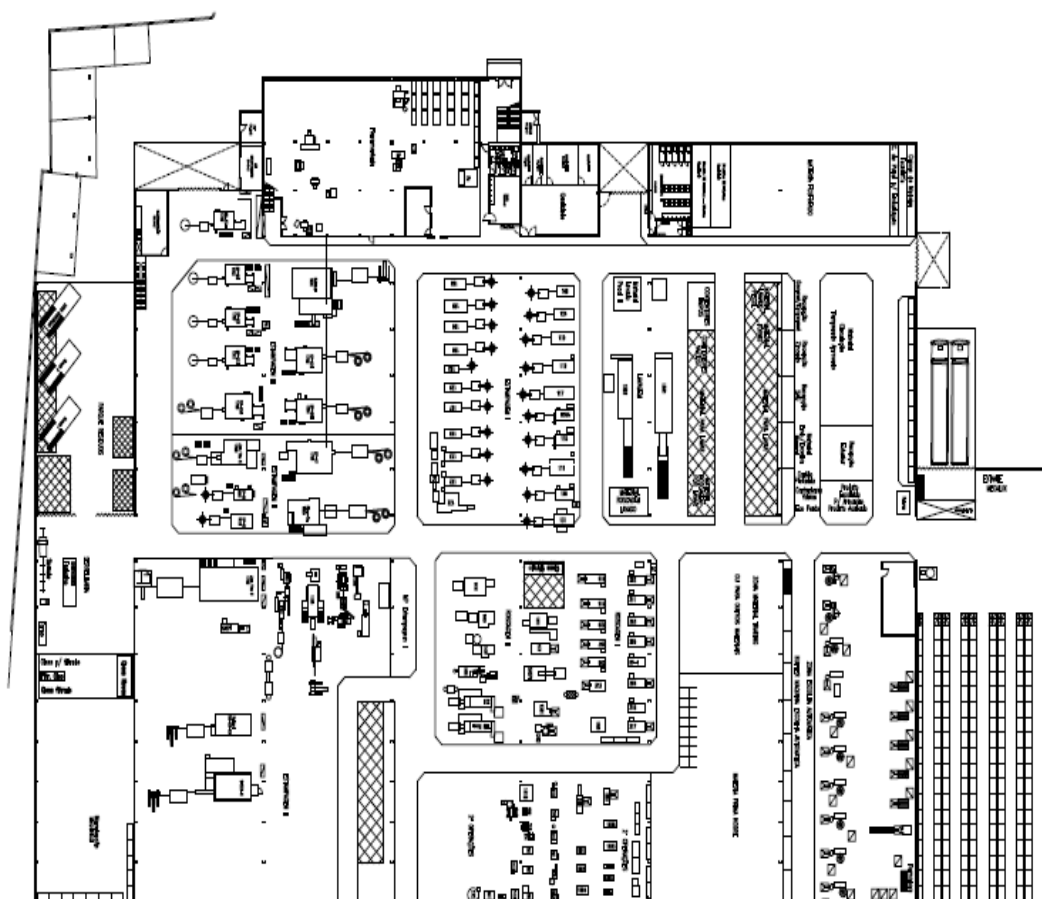


Figura 2 - Layout de Pecol 2 (Pecol, 2009)

1.1.4.Outras Informações

A Pecol possui um departamento de informática com boas capacidades de programação. O departamento possui uma equipa de 6 elementos.

A Pecol possui um ERP(*Enterprise Resource Planning*) dedicado. O ERP da Pecol foi desenvolvido internamente, posteriormente à aquisição de uma empresa de informática que comercializava esse ERP.

1.2 Objectivos e estrutura do trabalho

O objectivo do presente trabalho consiste em elaboração de decisão sobre a compra ou desenvolvimento interno de um software de planeamento de produção, e o desenvolvimento de interfaces e procedimentos para um software de planeamento de produção, uma vez que da primeira parte do trabalho teve com resultado a opção pelo desenvolvimento interno. Para apresentar o presente projecto estruturou-se o trabalho em torno de 4 capítulos: 1) Introdução; 2) Enquadramento teórico; 3) Projecto – Fazer ou Comprar/Desenvolvimento de procedimentos e interfaces; 4) Conclusões.

Enquadramento Teórico

2. Enquadramento teórico

2.1. Planeamento de Produção

2.1.1. Introdução ao Planeamento de Produção

Não sendo um plano a garantia de sucesso, dado que o futuro é imprevisível, não planear poderá ser bem pior. Existe a necessidade de nos prepararmos o melhor possível para o futuro, e embora este seja imprevisível, é possível a formação de expectativas quanto a ele. Ou seja, embora a informação quanto ao futuro não seja completa, hipóteses bastante razoáveis quanto a ele, podem ser formadas (Proud, 2007). Deve-se assim planear contando com hipóteses, quanto ao estado futuro das variáveis com influência na actividade que se deseja planear.

A necessidade de planear numa organização surge da necessidade de reunião de recursos e de criação de uma estrutura adequada.

A necessidade de planeamento está presente num amplo conjunto de situações e para com diferentes entidades sociais (pessoas individuais, Estado, empresas privadas). No presente trabalho estamos preocupados com a empresa industrial e desta forma com o planeamento das suas actividades. Estamos também preocupados apenas com o planeamento da produção, contudo com consciência que o planeamento da produção está interligado com o planeamento das restantes funções da empresa industrial (Mckay & Wiers, 2004).

Só se pode ter um adequado sistema de planeamento de produção quando a fábrica atingiu um certo nível de maturidade (Mckay & Wiers, 2004).

2.1.2. Planeamento de Produção na Prática

O trabalho de um planeador de produção não é um trabalho de secretaria. É necessário que o planeador esteja atento a tudo o que se passa no chão de fábrica. Tem de estar atento a avarias de máquinas, problemas de qualidade, faltas de componentes (Mckay & Wiers, 2004).

O Planeador tem de estar completamente envolvido em tudo o que se passa no chão de fábrica.

É também um trabalho de decisão. Para isso o planeador de produção tem de possuir um amplo conjunto de informação: gamas operatórias de cada produto, tempos de processamento, tempos de setup. Esta informação deve ser fornecida por um sistema de informação. Necessita ainda dar atenção a informação do tipo informal ou não integrada num processo de obtenção formal, de modo a poder antecipar problemas (exemplo: conversa entre dois operários sobre um problema com uma dada ferramenta).

Só é possível um adequado planeamento de produção quando a fábrica já atingiu um certo grau de maturidade, pois é necessário alguma previsibilidade para se poder planear. Falámos até aqui de planeamento fino.

Quanto a planeamento de um nível mais alto é necessário que os dados por ele usados sejam constantemente actualizados pelos dados reais e pelos planeamentos de menor nível.

O planeamento de produção seja qual for o nível procura fazer a integração das diversas funções empresarias. É importante assim que exista uma forte colaboração entre o departamento de produção, o comercial e das compras (Mckay & Wiers, 2004).

Exemplo: Um cliente importante pede para que seja entregue a sua encomenda um pouco mais cedo. A comercial fala com o departamento de produção, e a produção avisa que não tem capacidade suficiente para adiantar o pedido. Diz no entanto que se a comercial estiver disposta a falar com um outro cliente o cliente aceitar atrasar a sua encomenda, poderá ser criada capacidade. A comercial faz o sugerido e o cliente mais importante é servido.

O Planeamento de Produção envolve decisões com *trade-offs* entre tempo e custo, sendo assim necessário quantificar em valor monetário o serviço ao cliente em termos de tempo. Na prática não se quantifica cada nível desse tipo de serviço ao cliente, fixando-se uma política de entrega baseada na intuição.

2.1.3. Tarefas/Actividades ligadas ao acto de planeamento

Segundo(Mckay & Wiers, 2004),os responsáveis pelo planeamento e *Scheduling* necessitam de fazer dia a dia o seguinte conjunto de tarefas:

- Verificação da situação actual;
- Identificação de crises;
- Resequenciar/Replanear;
- Levantamento de cenários para o futuro;
- Relaxamento de constrangimentos e resolução de problemas futuros;
- Fazer escalonamento/ planeamento.

Acontecendo um problema o planear deverá procurar resposta às seguintes questões:

- O que foi afectado?
- O que é arbitrario?
- O que pode ser atrasado sem problema?
- É possível a produção de outra quantidade ou de um produto substituto?
- É possível o uso de outro recurso?
- Pode ser feito de outra maneira? Existe algum processo ou método diferente?
- Pode se usar um material diferente?

Um sistema de informação para planeamento deve então ajudar os responsáveis pelo planeamento a fazer estas tarefas da maneira mais eficiente e eficaz possível.

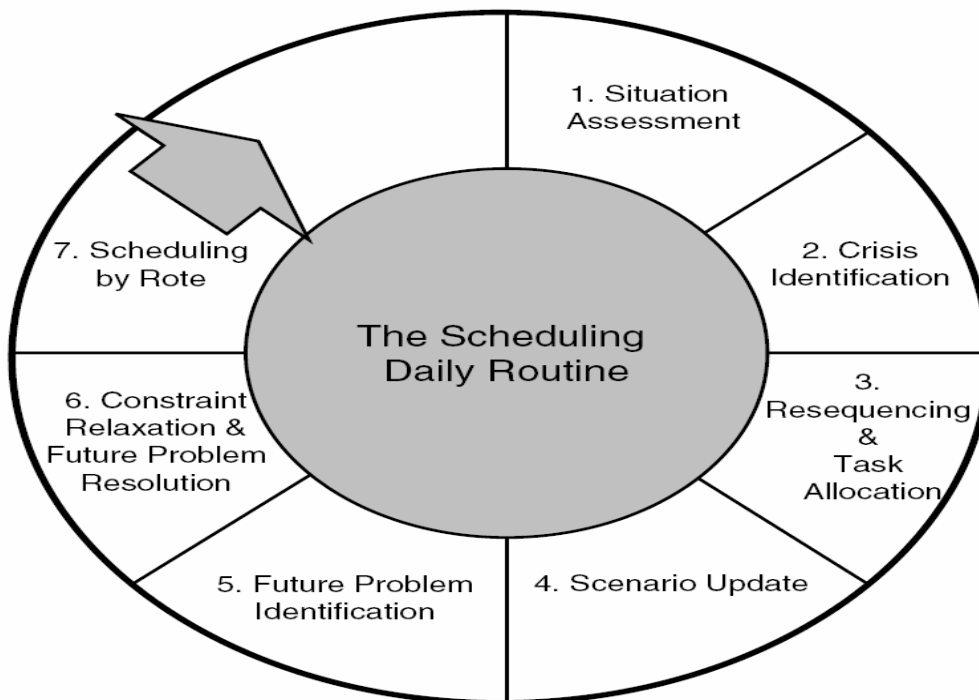


Figura 3- Rotina do Scheduling
(Mckay & Wiers, 2004)

2.1.4. Decomposição do problema Planeamento de Produção

O planeamento de produção é algo muito complexo para ser realizado por um sistema de decisão apenas. Assim o problema é decomposto. Ele pode ser decomposto de acordo com duas metodologias decomposição hierárquica e a decomposição focalizada (Mckay & Wiers, 2004).

A decomposição hierárquica divide o problema por níveis de abstracção (ver figura 4). Cada nível planeia diferentes variáveis das Operações.

Assim a um nível mais elevado o plano surge devido à necessidade de consideração de investimentos em infra-estruturas (por exemplo a aquisição de uma maquina). A um nível inferior poderá ser a necessidade de contratação ou não de mão-de-obra, ou a de formação de inventários, que levem ao planeamento.

Note-se a diferente mobilidade entre a alteração de uma infra-estrutura e a de contratação de mão-de-obra. Desta diferente mobilidade de recursos, e ainda da necessidade de se considerar um tempo maior de necessidades de produção (vendas previstas) provem o facto de o plano de maior nível ter em consideração um horizonte temporal mais alargado. Note-se também o facto das infra-estruturas poderem normalmente ser usadas na produção de mais que um produto para se compreender que os planos de maior nível usem um diferente nível de detalhe.

Os níveis apresentados normalmente pela literatura, (Stevenson, 2005) para o planeamento hierárquico são:

- Plano Estratégico das Operações;

- Plano Agregado;
- Plano Mestre;
- Plano fino(*Scheduling/JIT(Just in Time/etc)*).

O planeamento hierárquico segue a estrutura normal (hierárquica) das organizações. Ver figura

O planeamento focalizado divide o problema por tipos de produtos e em seguida desenvolve planos de produção e de escalonamento para cada tipo. Através desta metodologia uma pequena equipa pode ficar responsável por um dado tipo de produtos.

O tipo de planeamento usado varia de indústria para industria e de empresa para empresa, uma vez que cada empresa tem de ter em conta as suas contingências próprias(Mckay & Wiers, 2004).

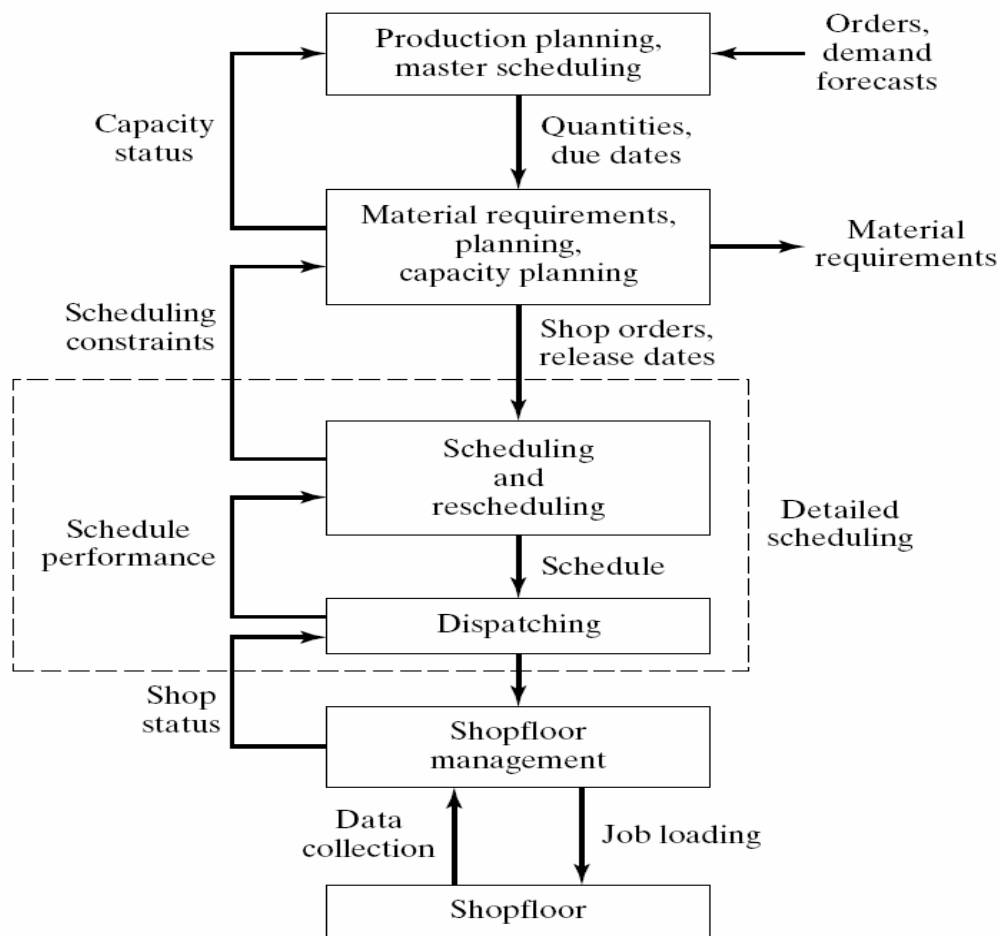


Figura 4 - Planeamento Hierárquico Produção(Mckay & Wiers, 2004)

Planeamento Agregado

No planeamento agregado, são fixadas as grandes políticas para a produção. É neste nível que se tomam as grandes decisões sobre capacidade e onde são estabelecidas as políticas para cada família de produtos. É objectivo do planeamento agregado balancear a procura e a oferta de modo a não criar excesso de capacidade, embora este balanceamento seja feito

ao nível de família de produtos e a um maior nível de abstracção que o planeamento de nível inferior, nomeadamente do que é feito no Plano Mestre.

O planeamento agregado está subordinado ao plano estratégico, logo está limitado pelas restrições que o mesmo lhe colocar.

Este planeamento é denominado planeamento agregado uma vez que o plano é elaborado para as famílias de produtos (Courtois, Pillet, & Martin- Bounnefous, 2003).

Planeamento Mestre

O planeamento mestre é um plano de produção de nível intermédio. Nele procura-se fazer um balanceamento entre a procura e a oferta (produção). Procura-se assim que não haja nem sobre, nem sub produção. O planeador que trabalha com o plano mestre tem de estar informado e actuar de acordo com as políticas estabelecidas no plano estratégico das operações e no plano agregado (Proud, 2007).

No plano mestre decide-se quanto, quando, o que produzir e o que criar de inventario. A elaboração deste plano pode ser feita com ajuda da ferramenta MRP (*Material Requirements Planning*) pois esta vai informar o planeador do Plano Mestre quanto a problemas de capacidade e de disponibilidade de matérias-primas (Ver figura 4). O responsável pelo Plano Mestre necessita por exemplo de estar informado e de actuar, dando resposta a problemas como a sazonalidade da procura de modo a fazer a criação de inventário em épocas baixas não criando assim excesso de capacidade à empresa.

O plano é alimentado com as previsões da procura e encomendas dos clientes.

Acções que podem ser feitas em caso de sobrecarga:

- Realização de horas extraordinárias;
- Cedência de pessoal de outras secções;
- Transferência de actividades para outras secções;
- Subcontratação;
- Trabalho durante fins de semana.

Acções que podem ser tomadas em caso de sub-carga:

- Redução de horas extra;
- Cedência de pessoal a outras secções;
- Anulação de eventuais contratos de trabalho;
- Redução da sucontratação.

(Bastos & Guedes, 2000)

Planeamento Fino/ Scheduling

“Sequenciação e *Scheduling* preocupam-se com a afectação óptima de recursos limitados a actividades no tempo “(Lawler, Lenstra, Rinnooy Kan, & Shmoys, 1989)

O Planeamento da Produção distingue-se do *Scheduling* na medida em que o seu problema essencial é decidir os níveis de recursos de produção necessários e num horizonte temporal mais alargado (Reis, 1996). Na fase de escalonamento os níveis de recursos existentes encontram-se fixos, e o objectivo é utilizá-los da forma mais eficiente possível.

A elaboração do escalonamento das operações é normalmente feita com ajuda de programas informáticos. Estes programas vêm equipados com algoritmos matemáticos que procuram calcular a forma de escalonar as operações.

2.1.5. Controlo de Produção

O controlo de produção é o acompanhamento dos desvios que vão ocorrendo em relação ao planeado. Detectada alguma irregularidade podem ser tomadas as seguintes medidas:

- Alterar a data de término de uma ordem;
- Replanear;
- Alterar as quantidades encomendadas;
- Dar prioridade às mais importantes;
- Anular a encomenda e avaliar o fornecimento por terceiros.

(Bastos & Guedes, 2000)

Os *Manufacturing Execution Systems* (MES) são um sistema de controlo do chão de fábrica. Através de dispositivos electrónicos de inserção de dados, de recolha de dados automáticos através de sensores e de *PLC's* (*Programmable Logic Controller*) consegue-se fazer um eficaz controlo da produção e uma boa alimentação do sistema de planeamento (Mckay & Wiers, 2004). Consegue-se assim informação quanto ao tempo de fabrico de cada artigo e onde ele se encontra localizado. Os MES são bastante importantes para um adequado controlo e planeamento da produção.

2.1.6. Formas de Serviço ao Mercado no planeamento de produção, e suas influencias

As formas de serviço ao mercado podem ser as seguintes:

Make-to-Stock (Fabrico para Stock): As empresas adoptam esta estratégia de serviço ao Mercado, quando o Mercado lhe exige que os produtos estejam disponíveis para compra imediata. A empresa forma stocks de produtos acabados. Em produção para stock a empresa adopta uma óptica *pull* criando inventários de produtos acabados. Este tipo de resposta ao cliente permite à empresa ganhar rendimentos nas operações (redução de numero de setups), mas também cria custos e riscos à empresa. Entre os custos tem-se o custo financeiro dos produtos acabados em stock. Entre os riscos temos, entre outros o de obsolescência, deterioração e de furto

Make-to-Order (Fabrico para Encomenda): As empresas que adoptam esta estratégia fabricam à medida que as encomendas surgem. Empresas que produzem produtos muito customizados às necessidades do cliente adoptam geralmente esta estratégia. Os benefícios deste tipo de sistema são os custos não incorridos se adoptado o sistema produção para stock. E os seus custos são um tempo de resposta ao cliente mais longo e piores rendimentos da produção. Aqui a tecnologia melhor para o planeamento de produção é o APS. Contudo se a procura for bastante estável poderá ser melhor se adoptar pelo sistema *Kanban* (Courtois et al., 2003).

Engineer-to-order(Engenharia à ordem): A empresa que adota esta estratégia quando recebe uma ordem ainda tem de proceder à engenharia do produto. As empresas que adoptam esta estratégia fabricam produtos grandes, complexos e bastante caros.

Make-to-Contract(Fabrico a contrato): Semelhante a *Make-to-Order* e *Engineer-to-Order*, embora o que despoleta o fabrico seja um contrato. Estratégia adoptada por os contratantes do governo.

Uma empresa pode adoptar e geralmente adopta estratégias mistas(Proud, 2007) .

Como se disse anteriormente cada empresa tem que adaptar as suas actividades, e assim a forma de planeamento de produção, às suas contingências próprias.

O tipo e o estilo de planeamento a usar é dependente das estratégias de serviço ao mercado (Proud, 2007): *Make-to-Stock*, *Make-to- Order*, *Engineer-to-Order*. Outras variáveis importantes para o tipo de planeamento a usar são: o custo das matérias-primas, o tipo de tecnologia usada.

Uma empresa que fabrique para encomenda de forma pura, ou seja que quando a encomenda chega, o produto tenha de ser completamente fabricado irá dar pouca importância ao uso do MRP. Irá dar mais importância ao uso de um bom sistema de *Scheduling* de modo a conseguir entregar as encomendas ao cliente nos melhores tempos possíveis.

Os tipos de planeamento e ferramentas usadas irão assim variar muito de empresa para empresa (Bolander & Taylor, 2000). No entanto todas as empresas precisam de realizar os planeamentos dos níveis referidos em 2.2. *Decomposição do problema de planeamento*.

2.2.Planeamento de Produção e os Sistemas de Informação

2.2.1. Introdução

Os sistemas de informação revolucionaram o mundo e assim a forma com se fazem e conduzem os negócios. Também no planeamento de produção eles estão presentes. A necessidade dos sistemas de informação no planeamento e controlo de produção surge do seu benefício na simplificação e automatização de recolha de dados, simplificação dos processos relacionados com o planeamento (exemplo: facilidade de circulação de uma ordem de fabrico), da capacidade dos computadores de fazerem cálculos que seriam muito laboriosos para ser feitos manualmente e da sua capacidade de apresentação de informação (exemplo:gráficos) (Mckay & Wiers, 2004). Muito conhecidos entre os sistemas de informação que estão ligados ao planeamento de produção são os MRP e os ERP . Falamos melhor deles nos pontos seguintes. Existe ainda um novo tipo de sistema de informação ligado ao planeamento de produção que são o APS(*Advanced Planning Systems*), que elabora planeamento fino das operações. Em alguns tipos de empresas existe apenas a necessidade de APS, não sendo necessário os MRP, devido ao tipo de indústria e de produtos produzidos (Proud, 2007).

2.2.2. MRP

O MRP é uma técnica que é usada através de um Computador. O MRP permite às empresas que o aplicam, diminuir o inventario relativamente ao uso das técnicas tradicionais de controlo de inventario [Courtois pag 205]. Através do MRP as empresas só criam inventario onde e quando for necessário [Stevenson pag 577]. Funciona a partir das gamas operatórias que são inseridas no SI, onde se diz quais as tarefas pelas quais o produto tem de passar e a duração de cada actividade. O Planeamento de cada actividade é feito através *backward scheduling*. Parte-se da data de entrega e vão-se retirando os tempos de cada tarefa, descobrindo-se assim os tempos de inicio e fim de cada actividade. No MRP as unidades de tempo costumam ser dias ou semanas. Isto faz com que seja necessário um planeamento mais detalhado (*Schedulling/Dispatching*) feito depois pelo planeador, com ou sem ajuda de um novo SI. A partir das datas de inicio e fim de cada actividade é desencadeado o calculo das necessidades de recursos. Ou seja o planeamento é infinito desencadeando-se em seguida o cálculo das necessidades. Falámos até aqui de MRP 1.

Em MRP 2 já se considera a limitação de recursos da empresa para além dos materiais onde através de um mecanismo de prioridades se faz escalonamento [Courtois et al pag 190]. Os últimos softwares MRP 2 já fazem planeamento máquina a máquina. Um exemplo de software MRP 2 é o Manufactor, o qual foi apresentado à Pecol 2.

O MRP é uma ferramenta para a cooperação entre as diversas funções da empresa (Courtois et al., 2003).

2.2.3.ERP

O ERP é uma evolução dos MRP e considerando as necessidades de integração das varias funções organizacionais. Tornando possível a existência de um sistema de informação que interligue todas as funções empresarias, desde a comercial, às compras e ao planeamento de produção (O'Brian & Marakas, 2007).



Figura 5 - Enterprise Resource Planning(GenxSystems, 2009)

2.2.4.APS

Os APS são software de planeamento fino da produção. Fazem uso de vários tipos de algoritmos como as heurísticas de índices, busca local, algoritmos genéticos. Normalmente fazem uso de simulação e da capacidade de colocar questões ao sistema, verificando as implicações de uma dada decisão (Questões *What-if*). Tal como nos outros sistemas e uma vez que o planeamento de produção é uma actividade amplamente dinâmica, o planeamento é feito através de uma colaboração entre o sistema e o operador(Mckay & Wiers, 2004). Ver figura 6.

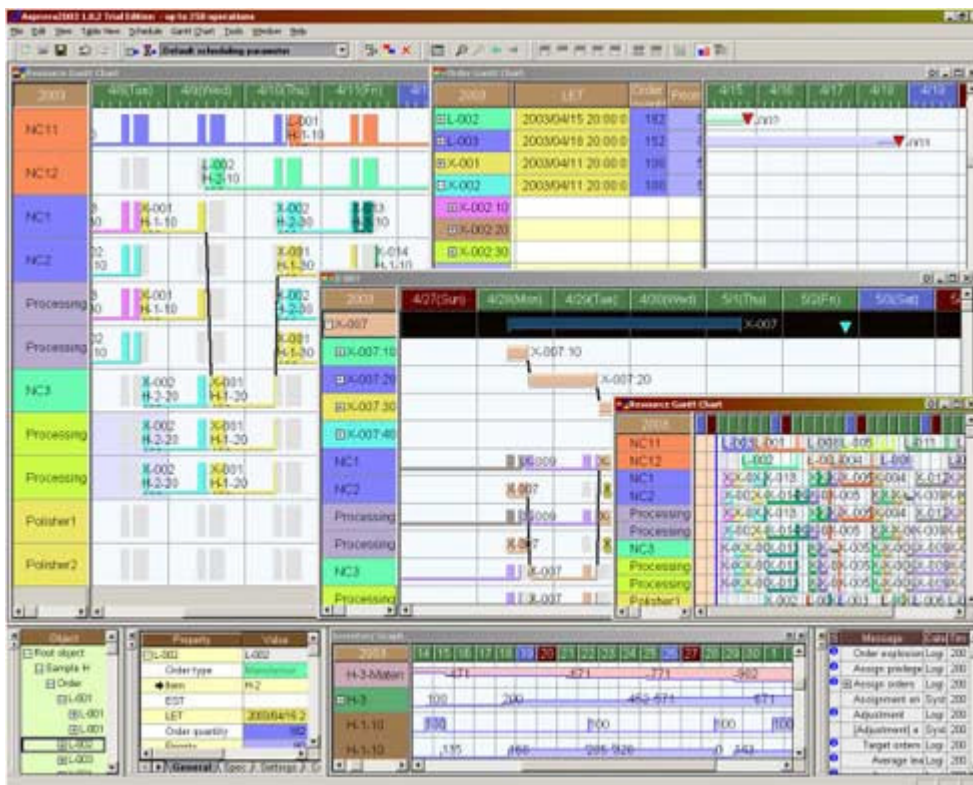


Figura 6- Advanced Planning Systems(Innova, 2009)

2.2.5. Gráficos de Gantt

Os gráficos de Gantt são a ferramenta mais usada para criação e visualização de um escalonamento. Os gráficos de Gantt mostram para cada máquina o que está planejado ao longo do tempo, mostrando: o tempo de duração de cada actividade, os tempos mortos os tempos de setup.

Os gráficos de Gantt permitem uma visualização rápida do planeamento e ajudam a tomada de decisões pois facilitam a identificação de *trade-offs*. Ver figura 7.

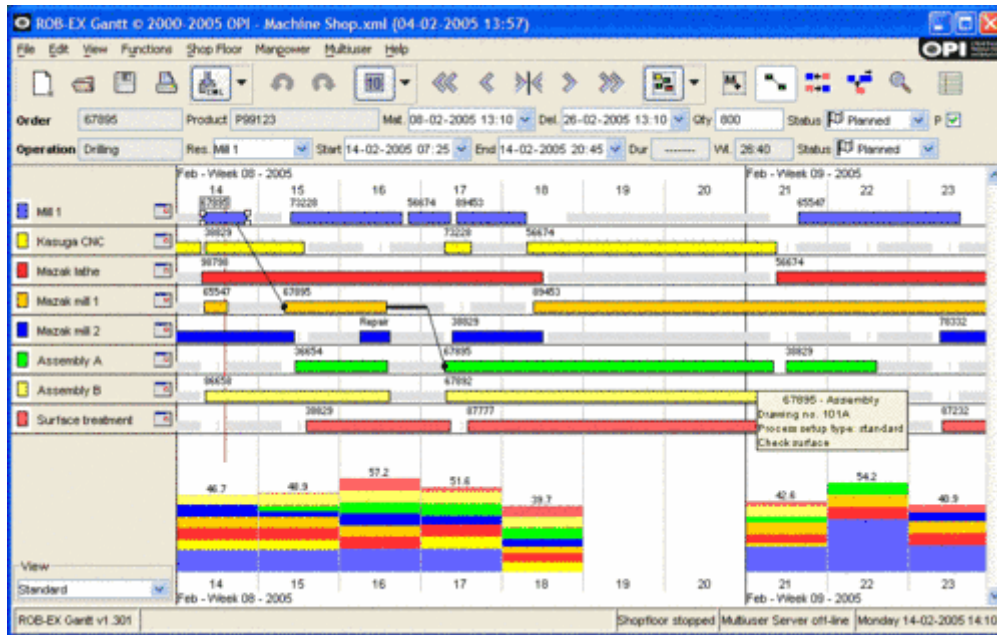


Figura 7- Grafico de Gantt(RO-EX,2009)

2.2.6. Tipos de Sistemas de Produção

Cada fábrica possui um tipo de sistema de produção. O sistema de produção depende da quantidade de produtos diferentes que a empresa faz e da tecnologia usada.

Os diferentes tipos de sistemas de produção são:

- *Flow Shop*: Fabrica composta por um dado número de máquinas. Cada ordem tem de percorrer todas as máquinas, e todas as ordens tem a mesma rota.
- *Job Shop*: Fabrica composta por um dado número de máquinas. Cada ordem tem a sua rota própria.
- *Flexible Flow Shop*: A *flexible Flow Shop* é uma generalização da *flow shop*, mas onde existem um dado número de secções e cada secção contém um dado número de máquinas idênticas. Cada ordem tem de passar nas secções que a fábrica possui.
- *Flexible Job Shop*: É uma generalização da *Job Shop* mas onde existe um dado número de secções. Cada ordem tem a sua rota própria por entre essas secções.

Existem numerosos algoritmos de escalonamento fino da produção e o tipo de algoritmo a utilizar irá variar de acordo com o tipo de sistema de produção. Desde heurísticas que estabelecem prioridades através de índices, até ao uso de programação linear, programação dinâmica, a técnica *Branch and Bound*, algoritmos de busca local, algoritmos genéticos e outros. Muitos algoritmos que aparecem na literatura sofrem por serem demasiado simplificados para o chão de fábrica, outros pecam pelas necessidades de processamento que suscitam aos computadores. Os problemas de escalonamento encontram-se entre os problemas matemáticos NP-Difícil. Significa isto que um algoritmo ótimo que funcione em tempo

polinomial não pode ser encontrado. Tem de se optar assim por heurísticas e por simulação (Reis, 1996).

2.2.7. Regras Heurísticas para *Scheduling*

2.2.7.1. Regras Heurísticas Simples

Uma técnica usada para fazer o sequenciamento das operações é o uso das chamadas regras heurísticas (Roldão, 1996). Estas regras estabelecem prioridades a partir do cálculo de um índice. As operações com um maior valor para o índice são colocadas primeiro. Estas regras, à excepção de casos muito simples, não dão resultados óptimos. Varia de problema para problema qual a melhor regra a usar. Exemplos dessas regras são dados a seguir:

EDD(*earliest due date*/Data de entrega mais cedo): A partir desta regra as ordens com a data de entrega mais cedo recebem prioridade

SPT(*short processing time*/Tempo de processamento mais curto): A ordem com o tempo de processamento mais curto recebe prioridade.

FIFO(*First in First Out*/Primeiro a entrar primeiro a sair): A ordem que entrou primeiro é a primeira a sair

LIFO(*Last in First Out*/Primeiro a entrar ultimo a sair): As encomendas que chegam mais tarde são as primeiras a entrar para processamento.

2.2.7.2. Regra Heurística Compósita

Visto que as regras heurísticas simples são melhores umas que as outras variando o tipo de problema em questão, uma solução é usar uma regra que reúna mais que uma regra simples. Estas regras são as chamadas regras heurísticas compósitas.

Uma regra de *dispatching* compósita é uma combinação de regras elementares. Faz essa combinação através do uso da multiplicação dos índices de cada regra. Não é considerado que cada regra tenha a mesma importância, e para isso usa-se pesos para cada regra. (Pinedo, 2008).

Uma regra que pode ser usada para o escalonamento de *flexible flow shop*, onde existem setups dependentes da sequencia operatória é a regra compósita ACTS(*apparent tardiness cost with setups*)(Pinedo, 2008). O índice é o que se apresenta a seguir:

$$I_j(t, l) = \frac{w_j}{p_j} \exp \left(- \frac{\max(d_j - p_j - t, 0)}{K_1 \bar{p}} \right) \exp \left(- \frac{s_{lj}}{K_2 \bar{s}} \right)$$

Onde w_j é a importância da ordem, p_j é o tempo de processamento da ordem, d_j é a data de entrega, t é o tempo, \bar{p} é o tempo médio de processamento, s_{lj} é o tempo de setup de mudança de ordem l para a j , \bar{s} é o médio de setup da ordens e K_1 e K_2 os parâmetros de importância de cada regra elementar(Mckay & Wiers, 2004).

Pinedo indica que uma regra superior à ACTS pode ser criada para as *Flexible flow shop*.

Devido à função exponencial ter segunda derivada positiva os pesos dados a cada parte do índice vão ter impactos diferentes.

Essa regra poderia incluir os seguintes factores:

- 1) Tempo de setup;
- 2) Data de entrega ;
- 3) Flexibilidade (numero de maquinas em que uma dada operação pode ser feita);
- 4) Tempo de processamento da ordem;

Ou seja poderia ser incluído um factor para a flexibilidade.

Indica ainda Pinedo uma estrutura algorítmica para o escalonamento de Flexile flow shop recorrendo a heurísticas compósitas. Essa estrutura é a que se apresenta a seguir:

- 1) Identificação do *Bottleneck*;
- 2) Calculo de janelas temporais para o *Bottleneck*;
- 3) Calculo das capacidades das maquinas do *Bottleneck*;
- 4) Escalonamento do *Bottleneck*;
- 5) Repetição de passos 2, 3, 4 para secções não *Bottleneck*.

2.3. Sistemas de Informação

2.3.1. Tipos de sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão

Existe um conjunto bastante vasto de tipos de sistemas de informação. Indica-se em seguida sem descrição alguns deles:

1. Sistemas de Apoio à Decisão
2. Sistemas Especialistas
3. Sistemas de Simulação
4. Sistemas de Informação Geográfica
5. Sistemas de *Business Intelligence*
6. ...

Os diferentes tipos de sistemas de informação encontram-se na literatura da especialidade divididos entre sistemas de suporte às operações e sistemas de apoio à gestão.

Os sistemas de suporte às operações visam produzir informação sem que ela possa ser posteriormente trabalhada. Ou seja não produzindo resultados específicos de informação.

Os sistemas de apoio à gestão visam fornecer e apoiar os gestores na tomada de decisão.

Dois tipos de sistemas de informação são mais importantes para o planeamento e controlo de produção. Esses tipos são os sistemas de controlo de processo incluídos no grupo de sistemas de suporte às operações e os sistemas de apoio à decisão incluídos nos sistemas de apoio à gestão (O'Brian & Marakas, 2007). Os primeiros permitem fazer o controlo das operações e os segundos permitem a elaboração do planeamento.

Um sistema de apoio à decisão, tal como o nome sugere ajuda a tomada de decisões. Componentes ou capacidades típicas de um sistema de apoio à decisão são:

- Análise *what-if* :através da alteração de variáveis ou de relações entre variáveis o utilizador verifica as implicações da mudança nos valores de outras variáveis.

- **Análise de sensibilidade:** é um tipo diferente de análise *what-if*, em que são alteradas varias vezes o valor de um variável e é verificado o impacto no valor das outras variáveis.
- **Análise de optimização:** O objectivo da análise de optimização é encontrar um valor ideal de uma ou mais variáveis – alvo, dado um conjunto de restrições.

Um sistema de apoio à decisão envolve um processo de modelagem analítica. O sistema de apoio à decisão pode produzir também diversas visualizações em resposta a mudanças nas alternativas de hipóteses feitas por um gestor (O'Brian & Marakas, 2007).

2.3.2. Processo de Desenvolvimento de Sistemas de Informação

2.3.2.1. Processo geral de desenvolvimento

O desenvolvimento de um sistema de informação necessita de uma abordagem estruturada. O desenvolvimento de um sistema de informação envolve as seguintes etapas de acordo O'Brian & Marakas:

- Reconhecer e definir um problema ou oportunidade;
- Desenvolver e avaliar as alternativas de soluções de sistemas;
- Seleccionar a solução de sistema que melhor responda às suas necessidades;
- Projectar a solução do sistema escolhida;
- Implementar e avaliar o êxito do sistema projectado.

A abordagem denominada por ciclo de desenvolvimento de sistemas considera que o desenvolvimento de um sistema de informação é composto por múltiplas etapas. São elas (O'Brian & Marakas, 2007):

1. Investigação

Na fase de investigação são procuradas as oportunidades de melhoria da organização através de Sistemas de Informação. Nesta fase são feitos estudos de viabilidade de cada oportunidade descoberta, ainda que para pequenos projectos tal possa não ser feito.

2. Análise

Nesta fase procura-se saber detalhadamente quais são as necessidades funcionais. A análise de sistemas procura ganhar conhecimento sobre:

1. As necessidades da empresa e dos usuários finais.
2. Os sistemas de informação que estejam em uso.
3. As capacidades requeridas do sistema de informação.

Nas necessidades funcionais inclui-se o tipo de informação que cada actividade necessita, o formato da informação, tipo de meio de recepção e transferência de informação e o tempo de resposta.

3. Projecto

Nesta fase procura-se dar resposta aos requisitos encontrados na fase de análise. Para tal é considerado o modo como esses requisitos podem ser satisfeitos. Pensa-se entre outros assunto no tipo de Hardware e software a usar.

Da fase do projecto deve resultar:

- a. Especificações de métodos de interface.
- b. Estruturas de bancos de dados.
- c. Procedimentos de processamento e controle.

4.Implementação

A fase de implementação envolve a decisão de aquisição ou desenvolvimento de software, compra de hardware, teste de programas e procedimentos e conversão de recursos de dados (O'Brian & Marakas, 2007).

2.3.2.2.Perguntas a efectuar no levantamento de requisitos para desenvolvimento de um Sistema de Planeamento

Mckay sugere que se façam as seguintes questões para o levantamento de requisitos de um sistema de planeamento de produção:

- Qual informação é usada para fazer decisões de escalonamento e planeamento? Na secretaria do planeador e em reuniões?
- De onde vem a informação, como é recolhida, como é usada, como é validada, como muda ao longo do tempo?
- Para onde segue a decisão? Relatórios, outra forma de disseminação?
- Quais são as decisões mecânicas? Quando são feitas? Qual a frequência da tomada de decisão? Quem usa o resultado da decisão?
- Quais são as funções de manipulação dos dados? Que informação precisa de ser levantada com regularidade?
- Quais são as decisões excepcionais que são feitas?
- Qual informação é necessária para representar a fabrica?
- De quanto em quanto tempo é a informação sobre máquinas, rotas de produtos é recolhida?
- Quais são os relatórios e seus formatos? Como são calculado cada valor do relatório?
- Como é que as decisões são modificadas? Quais são os requisitos para o replaneamento? Que modificações manuais são feitas ao planeamento?
- O que é feito agora? Pode ser alterado? Pode ser melhorado?
- Que funções serão necessárias no futuro? Quais funções são precisas agora?
- Quais são os problemas detectados com o planeamento e controlo de produção? Porque é que é necessário apoio adicional?

2.3.4. A decisão de compra de Software

A compra de um software para satisfazer uma necessidade empresarial é uma tarefa bastante complicada. É necessário chegar a acordo entre todas as partes internas afectadas pelo o uso do software, e conseguir descobrir um software que satisfaça plenamente as necessidades da empresa.

A compra de um software errado pode trazer muitos prejuízos para a empresa. Por exemplo pode obstruir a fluidez dos processos organizacionais, criar barreiras ao desenvolvimento dos processos e provocar a necessidade de uma nova aquisição de software por causa da escolha ter sido incorrecta.

Capterra uma empresa que presta serviços na aquisição e implementação de software indica os seguintes passos a serem tomados na aquisição de um software:

- Articular as necessidades de software com base nos objectivos do negócio;
Articulação clara dos objectivos para o software e assegurar que eles estão alinhados com os objectivos empresariais. A partir deste ponto pode-se fazer a prioritização dos requisitos do software. Envolver todos os *stakeholders* neste processo: utilizadores, departamento de informática e departamento financeiro.
- Optimização dos processos de negocio antes da implementação do software;
Verificar quais os processos organizacionais em que o software terá impacto.
Optimizar os processos organizacionais utilizando benchmarking caso seja necessário.
- Identificação de todas as opções de software.
Ver todas as opções de software disponíveis e considerar o Desenvolvimento interno do software. Ao considerar o desenvolvimento interno realizar as seguintes questões:
A equipe de informática tem experiência necessária para realizar o software?
 1. Quanto tempo irá demorar a desenvolver?
 2. É esse tempo melhor gasto noutras actividades?
 3. As actividades internas são muito customizadas?
 4. Existem soluções externas viáveis?
Criação de uma lista completa de soluções de softwares que podem potencialmente satisfazer as necessidades da empresa.
- Diminuição das alternativas a uma lista reduzida.
Diminuir a lista fazendo as seguintes questões:
 1. A solução satisfaz os meus requisitos mais importantes?
 2. A solução satisfaz os requisitos menos importantes?
 3. Quão simples/complexa é a solução?
 4. A solução é *user-friendly*?
 5. Quão customizavel é a solução?
 6. A solução provoca necessidade de alteração dos processos organizacionais?
 7. O vendedor tem clientes parecidos comigo?
 8. Quão completos são os testemunhos do vendedor?
 9. A solução é inovadora?
- Comparação das alternativas da lista reduzida e elaboração da decisão final
Contactar os vendedores da lista reduzida e pedir preços, ver demonstrações do produto e materiais de treino.[Capterra]

De acordo com Harris: “Decision making is the study of identifying and choosing alternatives based on the values and preferences of the decision maker. Making a decision implies that there are alternative choices to be considered, and in such a case we want not only to identify as many of these alternatives as possible but to choose the one that best fits with our goals, objectives, desires, values, and so on.”

A tarefa de decisão pode ser dividida nas seguintes etapas:

1. Definição do problema
2. Determinar requerimentos
3. Estabelecer objectivos
4. Identificação de Alternativas
5. Definição de critérios
6. Selecção de uma ferramenta de decisão
7. Avaliação de alternativas contra os critérios
8. Validação de soluções

2.3.5 . Decisão Multiatributo Modelo Aditivo de Valor

Os modelos Aditivos usam uma função para fazer a selecção de alternativas (acções). No modelo aditivo a função é aditiva e cada critério entra com um peso (coeficiente de escala). A função é do seguinte modo (Dias, 2002):

$$V(ai) = K1*V1(ai) + K2*V2(ai) + \dots + ki*Vj(ai) + \dots + Kn*Vn(ai)$$

$V(ai)$ = valor global opção i

Ki = coeficiente de escala (peso)

$Vi(ai)$ = valor da opção ai na função valor para o critério j

Para calcular os pesos usou-se a técnica dos swings (Dias, 2002):

A técnica dos swings permite detectar as preferências dos clientes da decisão quanto ao valor de cada critério através do questionamento ao cliente de quantos pontos avalia a passagem da pior situação num dado para a melhor noutra critério, dado que o critério preferido vale 100 pontos.

Projecto

3. Projecto- Fazer ou Comprar/ Desenvolvimento de procedimentos e interface

3.1. Objectivos e Metodologia

Os objectivos deste projecto foram: chegar primeiramente a uma conclusão sobre se deveria adquirir um software de planeamento de produção externamente ou optar-se pelo desenvolvimento interno do mesmo. Tendo se chegado à conclusão que seria melhor o desenvolvimento interno o projecto passou a ter como objectivos a criação de procedimentos e interfaces para o referido software de planeamento de produção. Para tal seguiu-se a seguinte metodologia.

Seguiu-se na realização deste trabalho para a decisão de compra ou não de software a metodologia de aquisição de software, para a decisão de qual solução escolher foi usada a metodologia de decisão multiatributo Modelo Aditivo de Valor, e para o desenvolvimento interno do software foi utilizado a metodologia de análise de sistema e de ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas de informação

As etapas tomadas foram as seguintes:

- Articulação das necessidades de software com base nos objectivos do negocio;
- Optimização dos processos de negocio antes da implementação do software;
- Identificação de todas as opções de software;*
- Diminuição das alternativas a uma lista reduzida;*
- Comparação das alternativas da lista reduzida e elaboração da decisão final*;

Estas etapas não foram realizadas* todas pelo autor, mas sim apenas as que se indicam com *.

As duas primeiras etapas foram realizadas pela empresa de consultoria SisConsult. Optou-se por elaborar a decisão Fazer ou Comprar mais tarde devido ao desconhecimento da empresa quanto a Software de Planeamento/ *Scheduling*.

3.2. Identificação das opções de software

3.2.1. Enquadramento

Foram detectadas deficiências no planeamento de produção da Pecol 2. Essas deficiências projectavam-se no número elevado de entregas entregues fora de prazo. Pensou-se também que era possível melhorar o tempo de entrega ao cliente.

A Pecol tem o seu planeamento de produção (*Scheduling*) dividido por secções. Tal faz sentido, uma vez que devido aos factores dinâmicos é necessária a divisão do trabalho de planeamento. Essa necessidade surge também da exigência de conhecimentos elevados por secção.

O planeamento fino segue os seguintes passos:

- 1) Logística recebe encomendas e emite uma ordem à produção que é recebida pela secção de estampagem.
- 2) Secção de estampagem cria uma ordem de fabrico e planeia a sua execução.
- 3) Secções seguintes verificam no chão de fábrica ordens completas de secção anterior e fazem o seu planeamento. Segue-se uma lógica de fluxo de produção *pull*.

Existem reuniões em que se estabelecem prioridades quanto ao que se deve produzir. Nessas reuniões estão presentes os responsáveis pelo planeamento de cada secção e o departamento comercial. O Responsável da Logística (responsável pelo recebimento e acompanhamento das encomendas) estabelece ainda pressão junto dos responsáveis das diversas secções sobre que ordens devem receber prioridade.

O Planeamento da Produção total é guiado pelo planeamento da secção de estampagem uma vez que é essa a primeira secção a ser planeada. Tal faz também sentido, uma vez que a secção de estampagem é o maior gargalo do sistema produtivo e é também a primeira secção com problemas de capacidade, da cadeia de valor da empresa.

O Planeamento é feito de uma forma subjectiva e baseado nas intuições dos responsáveis pelo planeamento quanto a algumas variáveis (exemplo: tempos de setup). Como é natural, daqui advém a existência de um risco para o bom funcionamento da produção (exemplo: o risco que um dos responsáveis do planeamento adoeça).

O planeamento das capacidades é realizado também de forma intuitiva. Não existe nenhuma ferramenta informática específica para suportar o acompanhamento de encomendas, a promessa de data de entrega.

3.2.2. Levantamento de Requisitos

O levantamento de requisitos foi feito através de Reuniões com a Sisconsult e com os responsáveis pelo planeamento. Foi também acompanhado o trabalho de todos os responsáveis pelo planeamento de produção, verificadas as suas dificuldades e anotadas as oportunidades de melhoria por eles sugerida. Neste trabalho de acompanhamento foram procuradas respostas para o tipo de questões indicadas em ponto.

Nas reuniões foi também elaborado a melhoria dos processos organizacionais.

Requerimentos para o Software:

- 1) Planeamento de produção até a entrega de produto acabado.
- 2) Planeamento por máquina.
- 3) Planeamento fino integrado.
- 4) Planeamento capaz de lidar com necessidades de manutenção.
- 5) Necessidade de o planeamento não restringir a possibilidade de o planeador alterar o planeamento.
- 6) Devido à necessidade de diminuir o risco e tornar o planeamento de produção mais objectivo pretende-se criar um sistema de produção automático com o uso de um sistema de informação.
- 7) A necessidade de colocar maior exigência ao sistema de produção, o facto de haver decisões interdependentes, e de haver necessidade de planeamento por secções, coloca a necessidade de um sistema de delimitação de responsabilidades.
- 8) Melhoramento do planeamento de capacidades.
- 9) Possibilidade de proposta de datas de entrega fiáveis.
- 10) Acompanhamento das encomendas.

Para além destes requisitos é necessário que o sistema facilite a resposta às dificuldades normais do planeamento (ver ponto 2.12).

A identificação das opções de software foi feita através da Internet. Foram vistos fornecedores Internacionais e Nacionais. Foi elaborada uma lista para cada Software visto,

onde se indicou quais as capacidades de cada um (ver anexo 1). Foram vistos os clientes para quais as empresas fornecedoras de software já tinham vendido.

Em estudo efectuado o autor descobriu as seguintes características que os softwares de planeamento de produção podiam ou não ter. O estudo foi efectuado através da Internet verificando as características de cada software de planeamento de produção.

- Mapa de acompanhamento de encomendas;
- Possibilidade de se observar vários horizontes temporais;
- Planeamento de capacidades;
- Mapa de carga vs capacidade;
- Planeamento hierárquico;
- Gráfico de Gantt;
- Drag and Drop (ferramenta para o ajuste manual pelo planeador);
- Algoritmo multicritério;
- Uso de KPI(Key performance indicators);
- Relatório Planeado vs Real;
- Uso de avisos;
- Simulação.

3.2.3. Diminuição das alternativas a uma lista reduzida

Através do uso da tabela em *avaliação ponto 4.5* e da elaboração das seguintes questões que se apresentam em seguida diminui-se a lista a 3 empresas. As questões foram as seguintes:

- A solução satisfaz os meus requisitos mais importantes?
- A solução satisfaz os requisitos menos importantes?
- Quão simples/complexa é a solução?
- A solução é *user-friendly*?
- Quão customizável é a solução?
- A solução provoca necessidade de alteração dos processos organizacionais?
- O vendedor tem clientes parecidos comigo?
- Quão completos são os testemunhos do vendedor?
- A solução é inovadora?

As empresas escolhidas foram GPAC, Soft i9 e Manufactor.

3.2.4. Comparação das alternativas da lista reduzida e elaboração da decisão final

Foram convidadas as empresas escolhidas a fazer uma apresentação das suas soluções e foram pedidas propostas a cada uma delas. Nas reuniões de apresentação estiveram os usuários finais, o Departamento de Informática e um responsável da SisConsult.

De modo a se poder fazer a avaliação final de cada empresa foram feitas questões a cada empresa, sobre o modo como respondiam aos critérios/ requisitos estabelecidos.

Para a decisão a tomar o problema de decisão é um problema de escolha multiatributo, os requisitos e objectivos, os requerimentos são os indicados em 4.2.2, os objectivos/critérios são os que se indicam em seguida, e a ferramenta de decisão escolhida foi o modelo aditivo de valor.

Critérios / objectivos

- Simplicidade na Satisfação dos Requerimentos (importância = 0,4)
- User-Friendly (importância =0,2)
- Preço (importância 0,1)
- Manutenção/Desenvolvimento (importância=0,1)
- Perspectivas do Relacionamento com Vendedor de Software (importância =0,2)

Avaliação

	Simplicidade Satisfação Requerimentos	User-friendly	Preço	Manutenção/Desenvolvimento	Relacionamento	Score
Softi9	0,8	1	0,5	0,333	0,5	0,7033
Manufactor	0,4	0,6	1	0,333	0,25	0,4633
GPAC	0,4	0,4	1	0,333	0,25	Dominada
PECOL	0,8	0,8	0,8	1	1	0,7933

Optou-se assim pelo desenvolvimento interno.

3.3.Projecto de Software

3.3.1.Divisão de problema

Foi decidido pela SisConsult que o problema devia ser dividido em duas partes, em duas ferramentas diferentes. Uma ferramenta de planeamento de encomendas que daria resposta aos requisitos 7, 9 e 10, e um planeamento fino que daria resposta aos restantes requisitos.

Esta divisão deve-se a ao facto da divisão do problema em duas partes ser um bom encaixe com os procedimentos e a estrutura da empresa(A Logística e restantes secções).

3.3.2.Planeamento/Acompanhamento das Encomendas

O Planeamento de encomendas seria uma ferramenta para a Logística, de forma poder indicar datas de entrega mais fiáveis aos clientes e de forma a poder acompanhar o andamento das encomendas. A delimitação de responsabilidade de cada secção é um serviço para a Produção como um todo, embora por clareza de exposição inserimos a satisfação desse requisito neste ponto.

3.3.2.1.Procedimentos

3.3.2.1.1.Promessa de Data de entrega

Antes

O Responsável pela Logística ao indicar datas de entrega aos clientes usava tempos padrão para cada secção e não calculados de uma forma rigorosa. Estes tempos surgem da experiência desse responsável na sua função. Estes tempos não estavam também documentados. Embora o tempo (tempo em fila de espera + tempo de processamento) que cada produto demora em cada secção varie de produto para produto havia pouca discriminação nos tempos usados. Para se poder prometer datas de entrega teria de haver um maior rigor nos tempos usados e o responsável pela promessa de datas de entrega teria que ter o apoio de uma ferramenta informática.

Existe diferença entre produtos no tempo que se passa em cada secção devido a:

- Numero de maquinas que dado produto pode ser feito
- Volume de produção para aquele tipo de produto.

Proposta

Dado que cada produto demora um tempo diferente pelas razões acima apontadas, e dado também que existem produtos bastante semelhantes optou-se por calcular tempos por família de produtos.

Foi elaborado pela produção a divisão das máquinas por grupos, de acordo com o tipo de produtos que se fazem maioritariamente em cada máquina. Cada secção com o seu próprio grupo de maquinas. Cada produto ficou afecto a um dado grupo de máquinas por secção e

assim foram criadas famílias de produtos por secção. Os produtos no mesmo grupo de máquinas numa secção pertencem à mesma família de produtos nessa secção.

Para cada família e em cada secção foi criada uma função de tempos padrão com variável independente o volume de produção dessa família.

Esta solução fornece tempos melhores pelas seguintes razões:

- Com a formação das famílias através de grupos de máquinas e indicando um tempo para cada família, se tem em conta o número de máquinas em que o produto pode ser feito.
- Fazendo com que o tempo varie com o volume de produção tem-se em consideração a carga existente em cada secção.

Com estes dados o responsável pela Logística pode garantir melhores datas de entrega.

Foram criados 3 tipos de volumes diferentes de volumes de produção para cada família:

- Baixo;
- Médio;
- Elevado.

Ou seja, existem 3 tempos padrão diferentes para cada produto e em cada secção. Note-se em cada secção existem grupos diferentes, e logo de famílias.

Assim para um dado produto tem-se para cada secção:

- Tempo padrão quando volume de produção é alto
- Tempo padrão quando volume de produção é médio
- Tempo padrão quando volume de produção é baixo

Podem existir para um produto uma diversidade de combinações possíveis. Isto devido ao facto de cada secção ter o seu próprio conjunto de famílias. O grupo de famílias de produtos numa secção não é o mesmo que o grupo de famílias numa secção diferente. Isto deve-se ao facto de mudando secção os grupos de máquinas variarem.

3.3.2.1.2. Delimitação de Responsabilidades

Antes

Não existia nenhum tempo fixado quanto ao tempo que cada produto podia passar numa dada secção. Não havia assim nenhum guia com que os planeadores se pudessem guiar, para fazer o *trade-off* entre tempo e rentabilidade das máquinas. Não era possível também responsabilizar as pessoas pelos atrasos ocorridos.

Solução

A solução é o uso dos tempos indicados no ponto anterior para a fixação de datas de chegada e de entrada em cada secção. Foi criado assim um mecanismo para os planeadores serem avaliados

3.3.2.1.3.Acompanhamento das encomendas

Antes

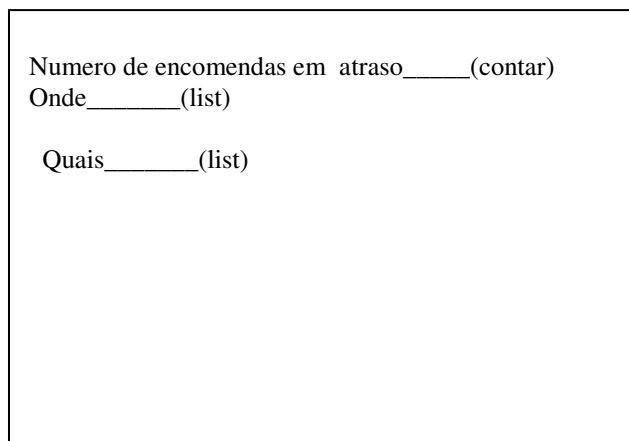
O responsável pela Logística acompanhava as encomendas através de relatórios onde não era possível ver duma só vez todas as encomendas. Nem lhe permitia o delinear de estratégias sobre o que produzir uma vez que não permitia, ou não facilitava a captação dos *trade-offs* envolvidos.

Solução

Criação de um gráfico de Gantt de maneira a ser possível o adequado acompanhamento de encomendas. Ver figura 4.

5.2.2.Interface de utilizador

Os seguintes interfaces são para ser usados pelo responsável do planeamento e acompanhamento de encomendas.



Numero de encomendas em atraso_____(contar)
Onde_____(list)
Quais_____(list)

Figura 8- Interface controlo de produção 1

Tabela de Resultados onde o Responsável da Logística acompanhar as encomendas em forma de Relatório.

Permite/Facilita assim:

- Verificar a qualidade de um dado escalonamento efectuado. Permitindo assim através da realização de simulações o melhoramento do planeamento.
- Verificar onde se estão a dar os atrasos de modo a permitir a tomada de medidas, como por exemplo:
 1. Alterar a data de término de uma ordem;
 2. Replanear;
 3. Alterar as quantidades encomendadas;
 4. Dar prioridade às encomendas mais importantes.
 5. Anular a encomenda e avaliar o fornecimento por terceiros

Ordens	
-antes do tempo:___	(lista)
- Depois do tempo:___	(lista)

Figura 9- Interface controlo de produção 2

Tabela onde o Responsável pelo global pelo planeamento pode encontrar as ordens com desvios em relação ao planeado.

Gráfico de Gantt de encomendas

(Ver figura 4)

Permite:

- Verificação da situação.
- Identificação de problemas.
- Verificar o que deve receber prioridade.
- Projectar as datas de término depois de um problema acontecer.

Acontecendo um problema permite facilita a resposta às seguintes questões:

- O que foi afectado?
- O que é arbitrario?
- O que pode ser atrasado sem problema?
- É possível a produção de outra quantidade ou de um produto substituto?
- É possível o uso de outro recurso?
- Pode ser feito de outra maneira? Existe algum processo ou método diferente?
- Pode se usar um material diferente?

3.3.3.Procedimentos do planeamento fino integrado

3.3.3.1.Algoritmo

A Pecol 2 é uma *Flexible Flow shop* com setups dependentes de sequência operatória e com máquinas relacionadas e não relacionadas. Com máquinas iguais e máquinas diferentes que podem realizar a mesma operação.

O algoritmo proposto segue a estrutura indicada por Pinedo para o escalonamento de *flow shop* através do uso de regras heurísticas compósitas. A regra heurística usada é uma regra compósita do tipo da ATCS , com a inclusão de um factor para a flexibilidade.

Recorde-se que Pinedo sugere a inclusão de um factor para a flexibilidade no escalonamento da *Flexible flow shop*.

O factor acrescentado para a flexibilidade é:

$$e^{(F_{ij}/K_3 F_j)}$$

em que F_{ij} é o numero de maquinas onde a ordem i pode ser produzida, e F_j é o numero médio de maquinas onde as ordens que podem ir para a maquina j podem ser produzidas.

O Índice completo é assim:

$$I_{ij} = W_i/p_{ij} \cdot \exp(-(d_i - p_{ij} - t + tt)/K_1 p) \exp(-s_{ijk}/K_2 s) \exp(F_{ij}/K_3 F_j)$$

Descrição extensiva do algoritmo:

Dados de entrada:

- Datas de entrega de encomenda para cada secção;
- Tempos de processamento de cada tipo de produto em cada máquina;
- Tempos de setup com dependência de sequência operativa;

As datas de entrega de encomenda para cada secção são calculadas de acordo com o procedimento descrito em 4.5.1.2.

O escalonamento é iniciado na secção de estampagem

1. Verificar estado de cada máquina (exemplo: avaria, manutenção).
2. Se maquina activa calcular o valor de índice para essa máquina para cada ordem.
3. Se existir alguma ordem em que data de entrega menos tempo de processamento seja menor ou igual a zero colocar essa ordem. Esta regra serve para reforçar as possibilidades de cumprimento das datas de entrega ao cliente.
4. Colocar em cada máquina a ordem com maior valor de índice para essa máquina.
5. Verificar se a ordem se sobrepõe a alguma restrição e tomada de medidas em caso afirmativo.
6. Seguir passos de 1 a 6 para a próxima secção.
7. Se não existirem mais secções escalonamento para.

Dados de saída:

- Planeamento de ordens maquina a maquina

ALGORITMO

DADOS DE ENTRADA:

- Datas de entrega de encomenda para cada secção;
- Tempos de processamento de cada tipo de produto em cada máquina;
- Tempos de setup com dependência de sequência operatória;

Data fim secção anterior de encomenda $i = tt + t_i - p_{ij}$

1. Calcular datas início secção

Se Secção=Estampagem \rightarrow Data inicio = Data entrega i – Somatório 0 a j de G_{ij}

Se outra secção – segue normalmente

2. Calcular valor do índice para cada ordem em cada máquina através da fórmula:

$$lij = W_i / p_{ij} * \exp(-(d_i - p_{ij} - t + tt) / K_1 p) \exp(-s_{ijk} / K_2 s) \exp(F_{ij} / K_3 F_j)$$

3.1. É tempo de manutenção/paragem em alguma máquina?

3.1.1. Se sim, não usa valores de índice para essa máquina

3.2.2. Se não, seguir em frente com os valores índice completos

4. Verificar existência de ferramenta e matéria-prima para produto em máquina j .

Apenas calcular lij , p e s , se máquina j possuir ferramenta e matéria-prima para produto i .

5. Calcular p, s para cada máquina e F_j para cada produto.

6. Se existe algum lij , tal que $d_j - p_{ij} \leq 0$ colocar produto em máquina j .

7. Colocar para cada máquina a ordem com maior lij na máquina j . (colocar uma ordem por máquina) (uma mesma ordem não pode ser colocada em diferentes máquinas)

8. A sua operação sobrepõe-se a uma restrição?

8.1. Se sim tentar as 3 ordens seguintes com maior lij nessa máquina.

8.2. Se não colocar no fim da restrição a ordem com maior lij

9. Eliminar lij restantes da ordem i

10. Actualizar tempo. (t) (actualizar os índices de acordo com aumentos)

11. Voltar a 2 até não existir lij

12. Voltar a 1 até não existir secções.

DADOS DE SAIDA:

- Datas início e datas fim para cada secção e para cada ordem e em cada máquina

Adaptações feitas ao algoritmo ATCS

No sentido de adequar o algoritmo standard à realidade da Pecol, procedeu-se a algumas adaptações ao índice da Heurística compósita indicada por Pinedo (para além da inclusão do factor flexibilidade):

- Foi colocada uma exigência suplementar para a minimização de entregas tardias. Essa exigência traduz-se no seguinte: se houver alguma ordem em que o seu prazo de entrega seja menor que a soma de tempo de processamento em determinada secção, mais os tempos médios das outras secções, essa ordem é imediatamente lançada.
- Criação de tempos restrição, para que se possa ter em conta a manutenção e outros tipos de paragens.
- Tempo de processamento variar de máquina para máquina (p_{ij} - tempo de processamento de ordem i na maquina j).
- Tempo de setup variar de máquina para máquina (s_{ijk} - tempo de setup ao colocar ordem i na maquina k dado que se encontrava a ordem j na maquina).

Optou-se por este algoritmo pela relação simplicidade, facilidade de implementação e grau de optimização

3.3.3.2.Método de calculo de d_i (data de entrega do produto na secção i) para cada produto para uma dada secção:

As datas de entrega d_i são calculadas através dos tempos padrão definidos para a promessa de datas de entrega. Assim para se calcular a data de entrega de dado produto para a estampagem tem de se proceder do modo indicado na figura que a seguir se apresenta.

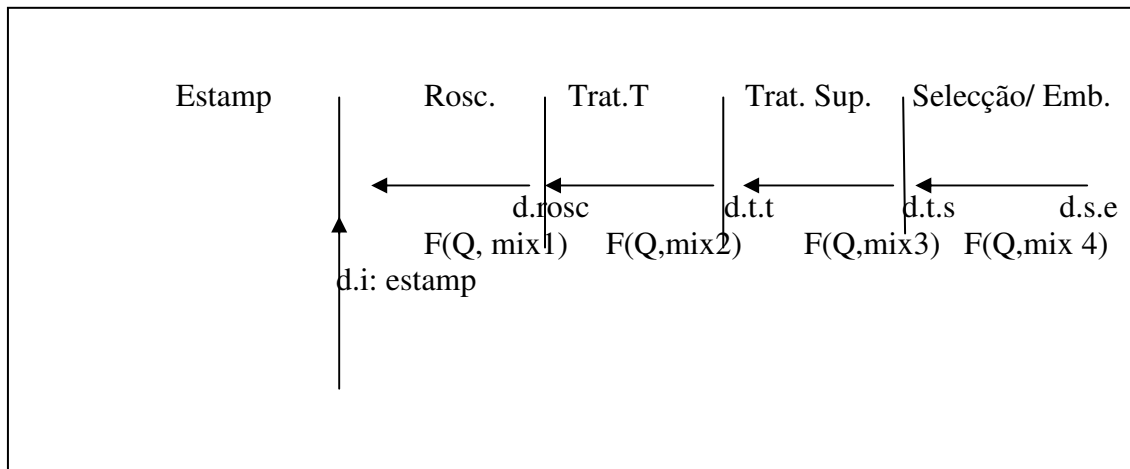


Figura 10- Calculo de datas de entrega secção

Abreviaturas

- W_i**- importância encomenda/e ou cliente.
- d_i**- data de entrega critica.
- p_{ij}**- tempo de processamento de produto i em maquina j .
- t**- tempo: relógio de computador.
- K_i**- factor/ Peso de factor i .

s_{ijk} - tempo de setup de da encomenda i na maquina j dado que esta o produto K na maquina.
 p - média das encomendas que ainda estão por planear (de encomendas que ainda estão por planear).
 s -tempo de setups médios numa dada maquina.
 F_{ij} - flexibilidade de produto i . Numero de maquinas em que produto da encomenda i pode ser feito.
 F : flexibilidade média.
 Estamp.: Estampagem.
 Rosc: Roscagem.
 Trat.Term.: Tratamento Térmico.
 Trat. Sup.: Tratamento Superfície.
 Selecção/Emb: Selecção e Embalagem.
 D_i :estamp/d.estampagem: data critica de entrega de estampagem.
 d .rosc.data critica de entrega roscagem.
 $d.t.t$:data critica de entrega tratamento térmico.
 $d.t.s$:data critica de entrega tratamento superficial.
 $d.s.e$: data critica de entrega selecção e embalagem.
 $F(Q, Mixi)$: Função tempo médio de produção de acordo com volume de produção e familia do produto.
 $l_{ij} = W_i \cdot \exp(-(\frac{d_i - p_{ij} - t + tt}{K1p})) \exp(-\frac{s_{ijk}}{K2s}) \exp(\frac{r_i}{K3r})$, índice de ordem i em maquina j .

3.3.4. Dinamismo do planeamento de produção

Para além de ter a possibilidade de arraste por parte dos planeadores, existe a possibilidade de quando algo acontecer (ex: avaria) se faça uma reprogramação através da colocação da restrição em causa.

3.3.5. Período de Congelamento

O período de congelamento é de duas semanas devido a questões logísticas e comerciais. A partir deste período apenas é possível a alteração manual do planeamento

3.3.6. Responsabilidades/Facilidades ao planeador de cada secção

- Ajustar pesos a cada factor
- Analisar mapa de carga vs capacidade
- Fazer ajuste manual de operações
- Aumentar/ Diminuir Capacidade

5.3.2.Interface do utilizador

Os seguintes interfaces são para ser usados pelos responsáveis de cada secção da produção. O gráfico de Gantt de uma dada secção pode ser visualizado mas não alterado por outras secções.

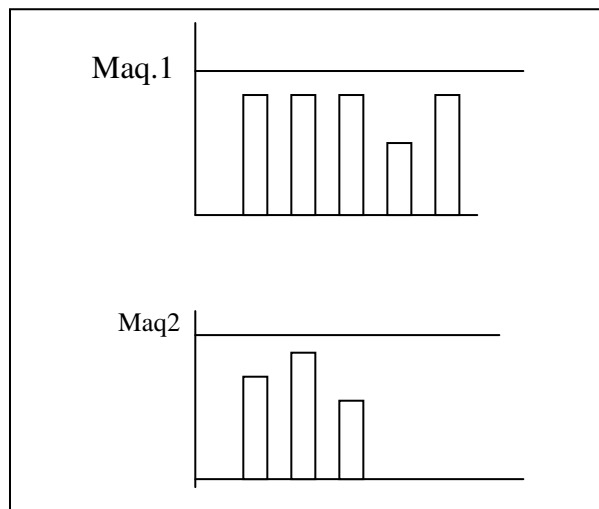


Figura 11-Mapa de carga vs Capacidade.

Permite/Facilita:

- Identificação de problemas.

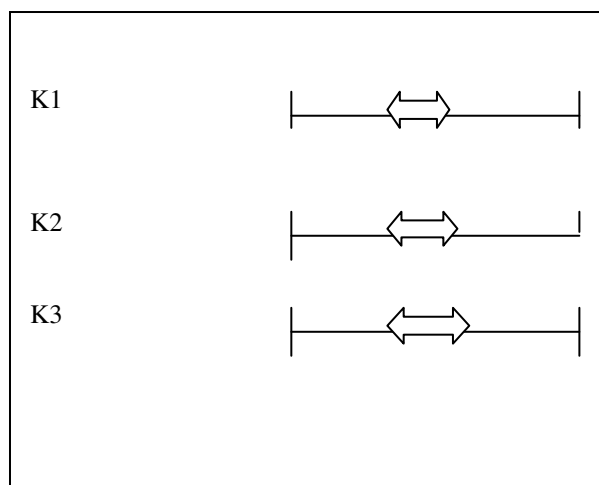


Figura 12-Interface para inserção de pesos de cada factor do índice

Horas de trabalho : Inserir_____	Maquina	Aumentar Diminuir	△ ▽
Manutenção			
	Calendario		

Figura 13- Interface para mudança de capacidades e definição de calendário de manutenção

3.3.6. Condicionantes da implementação do algoritmo

- 1- Levantamento de tempos de setups de acordo com sequência operatória
- 2- Levantamento de tempos de processamento de cada produto em cada máquina
- 3- Dados históricos para captar os tempos padrão para cada família de produtos

4. Conclusão:

Foi grande a experiência ganha pelo autor na realização deste projecto. Permitiu-lhe através da observação de uma empresa e de um departamento de produção por dentro, perceber como funcionam as empresas na realidade.

Em relação ao projecto de melhoria do Planeamento e Controlo de Produção da Pecol existe a necessidade de:

- Levantamento de dados para se poder fazer a implementação dos procedimentos descritos no projecto.
- Realizar a programação informática do software
- Realização de testes ao algoritmo e interfaces

O levantamento de dados ficou decidido que se vai realizar através da implementação de controladores automáticos nas máquinas e instalação de dispositivos de inserção de dados no chão de fábrica. Estes dados recolhidos, para além de irem alimentar o planeamento, iram permitir o controlo de produção.

Em relação ao processo de decisão Fazer ou comprar, o autor retira as seguintes conclusões:

- No caso da Pecol o Modelo Multiatributo de valor serviu como forma de estruturação da decisão.
- Foi sentida a necessidade de uma abordagem organizada e sistematizada no processo de aquisição de software.
- A decisão de aquisição de software é uma decisão que tem de ser formada de forma cuidadosa devido ao elevados custos de uma má decisão.
- Existe a necessidade de trabalho de equipa envolvendo todos os stakeholders para a tomada de decisão na compra de um software de planeamento de produção

Em relação ao projecto dos procedimentos e interface, o autor retira as seguintes conclusões:

- Embora o algoritmo descrito no presente relatório não esteja completamente desenvolvido, verifica o autor que se trata de uma tarefa bastante difícil o desenvolvimento de um algoritmo pronto a implementar.
- O algoritmo vai ser amadurecido quando for feita a realização de testes. Terá que ser através da realização de testes e tentativa e erro que o algoritmo pode evoluir.
- O software para Planeamento/Acompanhamento das encomendas quando foi redigido este relatório em programação.
- Embora não seja possível fazer um levantamento de dados para verificar a eficácia do algoritmo, pois o software não estava ainda desenvolvido quando foi escrito o relatório, pensa-se que menos se acrescentou conhecimento ao modo como o software de planeamento de produção para a Pecol 2 pode ser realizado.

Em relação ao projecto na sua globalidade tirou-se as seguintes conclusões:

- É necessária capacidade de liderança, boas capacidades de relacionamento interpessoal para se realizar este tipo de projecto.
- É necessário pró-actividade de modo a fazer com o projecto avance, e um grande sentido de responsabilidade.

O autor teve de se enfrentar com todos estes desafios, que embora apareçam sobre a forma de problemas, são a base do desenvolvimento pessoal e profissional.

Bibliografia:

- Bastos, J. A., & Guedes, J. M. (2000). *Planeamento e Controlo de Produção*: PRONACI AEP. (PRONACI & AEP)
- Bolander, S. F., & Taylor, S. G. (2000). *Scheduling Techniques: A comparison of logic*,
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin- Bounnefous, C. (2003). *Gestão da Produção* (5º ed.): Lidel.
- Dias, L. (2002). *Apontamentos de Analise de Decisão: Como considerar multiplos critérios*: FEUC.
- GenxSystems. (2009). ERP.; www.genxsystems.co.in/images/ERP.jpg
- Innova. (2009). APS. ; www.innova.co.th/innova/pics/aps.jpg
- Lawler, E. L., Lenstra, J. K., Rinnooy Kan, A. H. G., & Shmoys, D. B. (1989). *Sequencing and Scheduling : Algorithms and Complexity*: Dep. of Oper. Research, Statistics and System Theory. (S. a. S. T. Dep. of Oper. Research)
- Mckay, K. N., & Wiers, V. C. S. (2004). *Practical Production Control: A survival guide for Planners and Schedulers* (1º ed.): J. Ross publishing, APICS.
- O'Brian, J. A., & Marakas, G. M. (2007). *Administração de Sistemas de Informação: Uma introdução* (13º ed.): McGraw Hill.
- Pecol. (2009). Missão Pecol.; www.pecol.pt
- Pinedo, M. L. (2008). *Scheduling Theory, Algorithms and Systems* (3º ed.): Springer.
- Proud, J. F. (2007). *Master Scheduling: A practical guide to competitive manufacturing* (3º ed.): John Wiley & Sons inc.
- Reis, J. (1996). *Uma introdução ao Scheduling*: ISCTE- DCTI. (I.-. DCTI)
- Ro-Ex. (2009). Gantt Chart ; www.ro-ex.com
- Roldão, V. S. (1996). *Planeamento e Programação da Produção*: Monitor INDEG/ISCTEo.)
- Stevenson, W. J. (2005). *Operations Management* (8º ed.): McGraw Hill.

Relatórios de usos da capacidade (comparação capacidade/carga)	Planificar com diferentes datas	Planificar a varios niveles	Gestão de bottleneck's	Definição de criterios de optimização	Drag and Drop	Dinamismo- (reoptimizao?)	Questão-Consegue-se prometer uma data de entrega ao cliente?	What if?
	x		x			x	x	
x	x		x	x		x		
x	x				x	x	x	
	x					x	x	
				x		x		
	x					x		
						x	x	
x					x	x	x	
						x		
						x		

Drag and Drop com informação sobre a solução ao nível de varios indicadores	Integrar com Manutenção	On-line	É possível a ligação ao SIG?	Relação planeamento com as compras?	Informação sobre inventario intermédio	Relatórios elaborados por que critério(maquina/centro de trabalho/...)
	X					X
X	X	X				X
X	X		X	X	X	X
X	X		X		X	
			X			
			X			
	X					X
			X			
X	X		X			