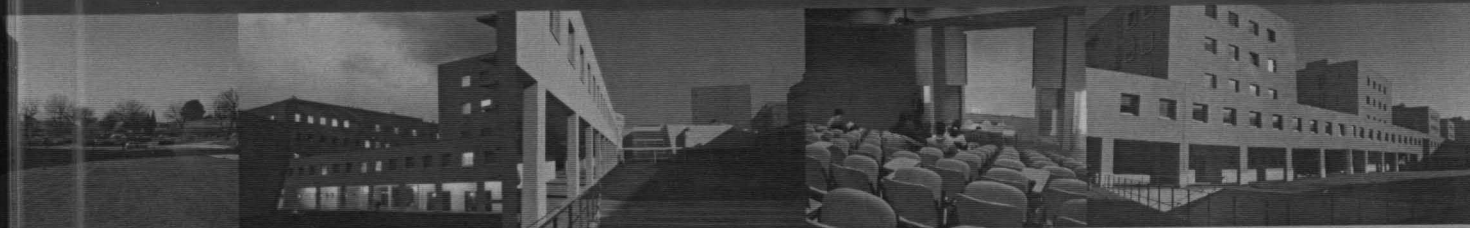




Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

FEUP



Olga Maria Neto Dias Constante Pinheiro

Sistema de Apoio à Decisão no Planeamento da Produção de Produtos Complexos- Identificação e Especificação de Requisitos

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO NO PLANEAMENTO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS COMPLEXOS - IDENTIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

OLGA MARIA NETO DIAS CONSTANTE PINHEIRO

LICENCIADA EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES
PELO INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA PARA SATISFAÇÃO PARCIAL DOS REQUISITOS DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES
(ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO DE INFORMÁTICA INDUSTRIAL)

DISSERTAÇÃO REALIZADA SOB A SUPERVISÃO DE

PROFESSOR DOUTOR AMÉRICO LOPES DE AZEVEDO

DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES
DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

PORTO, NOVEMBRO DE 2003

621.3(043)/Pino/sis

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA M
N.º <u>78335</u>
CDU <u>621.3(043)</u>
<u>20.12.2004</u>

*Dedico esta dissertação
ao meu marido Rui.*

Resumo

Para acompanhar e satisfazer a evolução das necessidades de mercado, a indústria tem vindo a sofrer modificações ao nível não só dos produtos e dos processos de produção, como também ao nível dos processos de planeamento. Actualmente o objectivo principal de qualquer organização é satisfazer o cliente final com qualidade, flexibilidade, variedade, rapidez e baixo custo. Perante esta realidade, as novas formas de organização pressupõem a existência de um conjunto de ferramentas de gestão para que de forma eficiente e em tempo útil possam apoiar o processo de planeamento com a avaliação real da capacidade produtiva.

Tradicionalmente, as empresas industriais recorrem a metodologias de planeamento baseados no MRP-II (*Manufacturing Resource Planning*). Os sistemas de informação que os suportam nem sempre satisfazem cabalmente os requisitos dos seus utilizadores. Na verdade, os sistemas baseados no MRP-II apresentam diversas limitações que condicionam na prática a sua efectiva utilização em pequenas empresas com ambientes de produção orientados ao fabrico de produtos complexos. Com base no estudo efectuado no âmbito deste trabalho, identificaram-se um conjunto de requisitos para um sistema de apoio à decisão no processo de planeamento de produção.

Neste contexto, é apresentada nesta tese de dissertação a especificação de um sistema de apoio à decisão para apoiar o agente de decisão em actividades de planeamento da produção em empresas cuja produção seja orientada a produtos complexos. Este sistema resultou da necessidade de diminuir o número de problemas existentes neste tipo de produção, decorrentes fundamentalmente da complexidade da estrutura de produto, ao nível de flexibilidade e avaliação da capacidade produtiva dado o elevado número de componentes que envolvem um produto e naturalmente, as inúmeras operações a que estão sujeitos.

Abstract

To meet and satisfy the evolution of market needs, industry has been suffering several modifications not only at a products and production processes level, but also at a process planning level. Nowadays the main purpose of any organization is the total satisfaction of the final customer in terms of quality, flexibility, variety, time and low cost. Before this reality, the new forms of organization suppose the existence of a set of managing tools in order to support in an efficient and fast way the process planning with real capacity evaluation.

Traditionally, industrial companies use planning methodologies based on MRP-II (Manufacturing Resource Planning). The information systems that support them, not always fully satisfy their users requirements. In fact, MRP-II based systems present several constraints that condition its effective installation in small companies with a production environment oriented to complex products production. Based on a study made in this work, a set of requirements were identified for a decision support system in production planning.

In this context, in this dissertation the specification of a decision support system is presented, to support the decision agent in planning activities in companies whose production is oriented to complex products. This system resulted from the needs to reduce the number of existing problems in this type of production, mainly resulting from the complexity of the product structure, the flexibility level and capacity evaluation given the high number of components that involve a product and naturally, the several operations he is submitted to.

Résumé

Pour accompagner et satisfaire l'évolution des demandes du marché, l'industrie a connu des modifications au niveau des produits et process de production, mais également au niveau des processus de planification. Actuellement, les moyens dont dispose une entreprise pour satisfaire le client final sont les suivants: qualité, flexibilité, offre de produits variés, rapidité et baisse des coûts. Face à cette réalité, les nouvelles formes d'organisation présupposent l'existence d'un ensemble d'outils de gestion permettant d'appuyer de manière efficiente et immédiate le processus de planification par une évaluation réelle des capacités de production.

Traditionnellement, les entreprises industrielles ont recours à des méthodologies de planification basées sur MPR-II (Manufacturing Resource Planning). Les systèmes d'information qui les supportent ne satisfont pas toujours complètement les exigences de leurs utilisateurs. En réalité, les systèmes basés sur MRP-II présentent certaines contraintes qui limitent dans la pratique son utilisation effective aux petites entreprises avec des environnements de production orientés vers la fabrication de produits complexes. En se basant sur l'étude effectuée dans le cadre de ce devoir, nous identifierons un ensemble de pré-requis pour un système d'aide à la décision dans le processus de planification de la production.

Dans cette perspective, cette thèse présente un système d'aide à la décision au service de l'agent décisionnel dans des activités de planification de la production au sein d'entreprises orientées vers la production de produits complexes. Ce système résulte de la nécessité de diminuer le nombre de problèmes existants dans ce type de production, qui proviennent essentiellement de la complexité de la structure du produit, au niveau de la flexibilité et de l'évaluation de la capacité de production étant donnée le nombre élevé de composants nécessités par un produit et naturellement les très nombreuses opérations qui en découlent.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Professor Doutor Américo Lopes de Azevedo, na qualidade de orientador desta dissertação, pelo apoio e paciência dispensados ao longo deste trabalho, quer na orientação científica, quer em diversos aspectos da sua execução.

Aos meus amigos, por estarem sempre prontos para dar a “pequena ajuda” que se torna tão importante nos momentos mais difíceis.

Agradeço também a toda a minha família e em especial aos meus pais e irmã pela força e pelo apoio que me deram.

Por último ao meu marido, pelo apoio que me deu, principalmente em alguns momentos de desânimo e de dificuldade, pelas noitadas a ajudar-me e por todo o seu amor e carinho.

Sumário

Lista de Figuras

Capítulo 1 - Introdução.....11

- 1.1 Enquadramento e relevância do problema considerado 11
- 1.2 Objectivos do trabalho 12
- 1.3 Organização da dissertação..... 13

Capítulo 2 - Sistemas de Produção e Metodologias / Processos de

Gestão.....17

- 2.1 Sistemas de produção..... 17
 - 2.1.1 Classificação dos sistemas de produção 18
 - 2.1.1.1 Classificação quanto à quantidade de produto obtido na saída do sistema produtivo 18
 - 2.1.1.2 Classificação quanto à implantação do sistema produtivo 19
 - 2.1.1.3 Classificação quanto ao grau de continuidade do processo 20
 - 2.1.1.4 Classificação quanto ao tipo de relacionamento com o cliente 22
 - 2.1.2 Evolução dos sistemas de produção..... 23
 - 2.1.3 Produção de produtos complexos 25
- 2.2 Gestão da produção: planeamento e controlo 26
 - 2.2.1 Planeamento da Produção 27
 - 2.2.2 Planeamento Agregado 29
 - 2.2.3 Planeamento director da produção..... 30
 - 2.2.4 Planeamento das necessidades globais de capacidades 31

2.2.5	Gestão de materiais e de stocks	31
2.2.6	Informações necessárias ao planeamento da produção.....	32
2.2.6.1	Estruturas de Produtos	33
2.2.6.2	Rotas de Produção	34
2.2.7	Planeamento das necessidades de materiais - MRP.....	34
2.2.8	MRP-II	35
2.2.8.1	Planeamento das necessidades de capacidades.....	38
2.2.9	Benefícios e limitações dos sistemas MRP-II.....	40
2.2.10	Outros sistemas de gestão da produção	45
2.2.10.1	O método JIT / KANBAN.....	45
2.2.10.2	MRP-II versus JIT	46
2.2.10.3	O método OPT	46
2.2.10.4	O método OPT , JIT e os sistemas MRP-II	47

Capítulo 3 - Identificação e Especificação de Requisitos.....51

3.1	Engenharia de Requisitos.....	51
3.2	Produção de produtos complexos - análise do problema.....	52
3.3	Identificação de requisitos	57
3.4	Sistema de apoio à decisão	62
3.4.1	Os processos de tomada de decisões e o SAD.....	62
3.4.2	Interacção entre SAD e SIB	63
3.4.3	Arquitectura lógica do SAD desenvolvido	65
3.4.4	Principais cenários de utilização do sistema.....	67

Capítulo 4 - Modelação de um SGP Orientado à Produção de

Produtos Complexos.....71

4.1	Desenvolvimento do modelo proposto	71
4.1.1	Arquitectura geral do SAD	74
4.1.2	Algoritmo proposto para a identificação de recursos críticos.....	78
4.2	Modelação do novo Sistema.....	80
4.2.1	Casos de uso de configuração do sistema	80
4.2.1.1	Caso de uso configuração da lista de produtos	81

4.2.1.2	Caso de uso configuração do centro de produção.....	83
4.2.1.3	Caso de uso configuração do processo produtivo.....	90
4.2.1.4	Caso de uso da lista de encomendas	96
4.2.2	Casos de uso de avaliação e planeamento	100
4.2.2.1	Caso de uso “criar cenários de planeamento”	100
4.2.2.2	Caso de uso composição do centro de produção para cenário.....	106
4.2.2.3	Caso de uso para a composição da lista de encomendas para cenário 107	
4.2.2.4	Caso de uso desenvolvimento de plano	108
4.2.2.5	Caso de uso obtenção de proposta de plano	115
4.2.2.6	Caso de uso avaliação do plano	116
4.2.3	Diagramas de classes do “novo” modelo.....	117
4.2.3.1	Diagrama de classes de configuração do sistema	117
4.2.3.2	Diagrama de classes de cenários de planeamento	119
4.2.3.3	Diagrama de classes de planos.....	120
4.2.3.4	Diagrama de classes de avaliação de planos.....	121

Capítulo 5 - Utilização do Sistema125

5.1	Interface gráfica	125
5.1.1	Barra de Atalhos	126
5.1.2	Barra de Tempo	127
5.1.3	Área das Encomendas.....	128
5.1.3.1	Visualização de Planos	128
5.1.3.2	Avaliação de Planos.....	134
5.1.4	Área dos Recursos	135
5.1.4.1	Visualização da Carga/Capacidade dos Recursos	136
5.1.4.2	Modificação das Capacidades Associadas aos Recursos.....	138
5.1.5	Edição de Planos.....	139
5.1.6	Outras Funções	140

Capítulo 6 - Conclusões	145
6.1 Conclusões do trabalho	145
6.2 Desenvolvimentos futuros	146
Anexo A.....	149
Anexo B.....	157
Anexo C.....	14561
Referências Bibliográficas	163

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Fluxo contínuo.....	21
Figura 2. 2 – Modelos de Negocio.....	23
Figura 2. 3 - Evolução do Processo Produtivo.....	24
Figura 2. 4 – Comparação da produção em massa e flexível	24
Figura 2. 5 – Níveis do planeamento da produção	28
Figura 2. 6 – Planeamento Agregado.....	30
Figura 2. 7 – Fluxo de informação do planeamento da produção.....	32
Figura 2. 8 – Estrutura de produto multinível.....	33
Figura 2. 9 – Fluxograma do Closed Loop MRP.....	35
Figura 2. 10 – Abrangência do MRP e do MRP-II.....	36
Figura 2. 11 – Escalonamento para trás	39
Figura 2. 12 – Escalonamento para a frente.....	39
Figura 2. 13 – Atitude dos operários antes da implementação do MRP-II.....	43
Figura 2. 14 – Atitude dos operários após implementação do MRP-II	43
Figura 2. 15 – Deficiências associadas com a implementação do sistema MRP-II...	44
Figura 3.1 – Diagrama de casos de uso do sistema de informação	61
Figura 3.2 – Interação do SAD com o sistema legado (MRP-II).....	63
Figura 3.3 – Ligações existentes entre o SAD e o SIB.....	64
Figura 3.4 – Arquitectura lógica do sistema	65
Figura 3.5 – Módulos funcionais do sistema	66
Figura 4.1 – Diagrama de caso de uso do sistema MRP-II.....	71
Figura 4.2 – Diagrama de classes do sistema MRP-II (modelo de dados)	72
Figura 4.3 – Modelo do planeamento da produção	73
Figura 4.4 – Modelo simplificado da estrutura de produtos	74
Figura 4.5 – Fluxo de Informações do SAD.....	75
Figura 4.6 – Fluxograma do SAD.....	76
Figura 4.7 – Arquitectura geral do sistema.....	78
Figura 4.8 – Casos de uso do Novo SGP	80
Figura 4.9 – Diagrama de caso de uso da configuração do sistema	81
Figura 4.10 – Descrição estruturada do caso de uso “ Criação de novos produtos”	82

Figura 4.11 – Descrição estruturada do caso de uso “ Manutenção dos produtos” ...	82
Figura 4.12 – Diagrama de actividades do caso de uso configuração da lista de produtos	83
Figura 4.13 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de unidades de produção”	84
Figura 4.14 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção das Unidades de produção”	85
Figura 4.15 – Descrição estruturada do caso de uso “ Configuração da capacidade das unidades de produção”	86
Figura 4.16 – Descrição estruturada do caso de uso “ Associar macro-operação” ...	87
Figura 4.17 – Diagrama de actividades do caso de uso configuração do centro de produção.....	88
Figura 4.18 – Diagrama de actividades da configuração da capacidade	89
Figura 4.19 – Diagrama de actividades para a associação de macro-operações.....	89
Figura 4.20 – Diagrama de actividades para a configuração do calendário de capacidade.....	90
Figura 4.21 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de macro-operações”	91
Figura 4.22 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção das macro- operações”	91
Figura 4.23 – descrição estruturada do caso de uso “Configurar entradas/saídas” ...	92
Figura 4.24 – Descrição estruturada do caso de uso “Associar Unidades de produção”	93
Figura 4.25 – Diagrama de actividades da configuração do processo produtivo	94
Figura 4.26 - Diagrama de actividades da configuração de entradas e saídas.....	95
Figura 4.27 - Diagrama de actividades da associação de centros de produção	95
Figura 4.28 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de encomendas”	96
Figura 4.29 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção de encomendas”	97
Figura 4.30 – Descrição estruturada do caso de uso “Caracterização das condições de entrega”	98
Figura 4.31 – Diagrama de actividades da configuração da lista de encomendas.....	99
Figura 4.32 – Diagrama de actividades da configuração das condições de entrega..	99
Figura 4.33 – Casos de uso de avaliação e planeamento	100

Figura 4.34 – Descrição estruturada do caso de uso “criação de cenários de planeamento”	101
Figura 4.35 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção de cenários”	102
Figura 4.36 – Descrição estruturada do caso de uso “ Composição do centro de produção”	103
Figura 4.37 – Descrição estruturada do caso de uso “Composição da lista de encomendas para cenário”	104
Figura 4.38 – Descrição estruturada do caso de uso “Composição de recursos críticos para cenário”	105
Figura 4.39 – Diagrama de actividade da configuração de cenários de planeamento	106
Figura 4.40 – Diagrama de actividade da composição de centro de produção.....	107
Figura 4.41 – Diagrama de actividade da composição da lista de encomendas para cenário.....	108
Figura 4.42 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de plano”	109
Figura 4.43 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção de plano”	109
Figura 4.44 – Descrição estruturada do caso de uso “Planeamento de execução de macro-operações	110
Figura 4.45 – Descrição estruturada do caso de uso “Planeamento de movimentações de produtos”	111
Figura 4.46 – Diagrama de actividades para o desenvolvimento de planos	113
Figura 4.47 – Diagrama de actividades para o planeamento de execução de macro-operações	114
Figura 4.48 – Diagrama de actividades para o planeamento de movimentações de produtos	114
Figura 4.49 – Diagrama de actividades para a obtenção de proposta de plano	115
Figura 4.50 – Diagrama de actividade para avaliação de plano	116
Figura 4.51 – Diagramas de classes do novo modelo.....	117
Figura 4.52 – Diagrama de classes da configuração do sistema.....	119
Figura 4.53 – Diagrama de classes de cenários de planeamento	120
Figura 4.54 – Diagrama de classes de plano.....	121
Figura 4.55 – Diagrama de classes de avaliação de planos	122

Figura 5.1 – Componentes da Interface Gráfica	126
Figura 5.2 – Barra de Atalhos.....	126
Figura 5.3 – Barra de Tempo	128
Figura 5.4 – Plano Sem Visualização de Precedências	128
Figura 5.5 – Plano Com Visualização de Precedências.....	129
Figura 5.6 – Visualização por Operação.....	129
Figura 5.7 – Visualização por Recurso.....	129
Figura 5.8 – Janela de informação Geral de uma operação	130
Figura 5.9 – Janela de informação das operações Anteriores de uma operação.....	131
Figura 5.10 – Janela de informação das operações Seguintes de uma operação	131
Figura 5.11 – Janela de informação dos recursos utilizados por uma operação	132
Figura 5.12 – Expandir/Comprimir Encomendas	133
Figura 5.13 – Filtro de Encomendas a Visualizar.....	133
Figura 5.14 – Avaliação do Plano.....	134
Figura 5.15 – Plano com Visualização das operações e recursos	135
Figura 5.16 – Visualização da Carga, Sobrecarga e Capacidade dos Recursos	136
Figura 5.17 – Informação sobre carga e capacidade de um recurso	136
Figura 5.18 – Informação sobre as operações que contribuem para a carga de um recurso em determinado período de tempo.....	137
Figura 5.19 – Modificação das Capacidades associadas aos Recursos	139
Figura 5.20 – Plano antes de proceder ao movimento da operação.....	140
Figura 5.21 – Plano após movimento da operação	140
Figura 5.22 – Janela de Configuração da Interface	141

Capítulo 1

Introdução

- 1.1 Enquadramento e relevância do problema considerado
- 1.2 Objectivos do trabalho
- 1.3 Organização da dissertação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e relevância do problema considerado

Devido ao aumento crescente da competitividade dos mercados, verificado durante os últimos anos, as empresas industriais têm sido forçadas a profundas reorganizações internas e a revisões dos seus procedimentos e processos operatórios. Estas medidas permitem que as empresas se tornem mais flexíveis de modo a responderem, de forma conveniente, sem perderem capacidade produtiva e satisfazendo inúmeros requisitos, às solicitações do mercado e dos clientes.

Actualmente, o mais importante não é produzir em quantidade mas antes com maior qualidade, flexibilidade, rapidez e baixo custo. A produção orientada ao cliente, é cada vez mais, neste contexto, uma questão de primordial importância nas empresas industriais. Neste sentido, e cada vez mais, as actividades de planeamento da produção são baseadas nas encomendas dos clientes e menos em previsões.

A utilização de sistemas de informação orientados ao planeamento dos sistemas de produção permite às empresas planear e gerir os seus recursos de modo a atingirem os objectivos definidos. No entanto, os sistemas actuais de planeamento, como por exemplo os baseados na metodologia MRP-II (Manufacturing Resources Planning) e no sentido mais lato os ERP (Enterprise Resources Planning), não se adequam, com a eficácia desejada, a esta realidade [Azevedo, Américo (1999)].

Estes sistemas não admitem cenários de funcionamento comuns na prática, como por exemplo, o de refazerem o planeamento devido a necessidades de planear novas encomendas em tempo real, e não fazem uma avaliação real da capacidade. Todas estas situações são agravadas, naturalmente, quando a produção é orientado a produtos complexos, isto é, produtos que envolvem inúmeros conjuntos, subconjuntos e componentes, normalizados ou de produção própria e simultaneamente sujeitos a inúmeras operações, em virtude das variadas tecnologias utilizadas (por exemplo, tecnologia de fundição, maquinaria etc.).

1.2 Objectivos do trabalho

No contexto apresentado, o trabalho de investigação, documentado nesta dissertação, resultou da necessidade de satisfazer os requisitos de flexibilidade e de avaliação da capacidade produtiva, no âmbito das actividades de planeamento da produção, de uma forma o mais real possível, em empresas¹ cuja produção seja orientada a produtos complexos.

O objectivo principal do trabalho realizado, consistiu no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão (SAD) para apoiar o agente de decisão, no processo de planeamento da produção de produtos complexos. Uma vez que o sistema desenvolvido teve como base os sistemas de planeamento baseados na metodologia MRP-II, foi necessário proceder-se à análise destes sistemas, de modo a identificar as suas principais funcionalidades, os benefícios decorrentes da sua utilização e as suas limitações. A interacção verificada com utilizadores destes sistemas MRP-II, enriqueceu naturalmente, a análise efectuada.

Igualmente importante foi o estudo das características inerentes aos sistemas de produção orientados a produtos complexos. O elevado número de *artigos* diferentes envolvidos neste tipo de produção, e incorporados em diferentes níveis na estrutura do produto, originam inúmeros problemas ao nível da avaliação da capacidade produtiva sendo por este motivo igualmente objecto de estudo.

¹ Empresas industriais da classe PME – Pequenas e Médias Empresas

1.3 Organização da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em seis capítulos: Introdução, Sistemas de Produção e Metodologias de Gestão, Identificação e Análise de Requisitos, Modelação de um SGP Orientado à Produção de Produtos Complexos, Cenários de Utilização e Conclusões.

Neste primeiro capítulo, que agora se encerra, é feita uma apresentação do enquadramento e relevância do tema tratado. São apresentados os principais objectivos da investigação realizada e a organização da dissertação.

No capítulo 2 introduzem-se alguns conceitos gerais associados ao planeamento da produção e à gestão de produção. É caracterizada a produção de produtos complexos e é analisado com algum pormenor os sistemas de gestão da produção baseados no MRP-II² descrevendo-se o seu modo de funcionamento, os seus benefícios e as suas principais limitações.

Após se descrever e caracterizar a produção de produtos complexos e os sistemas MRP-II, identificam-se no capítulo 3 os requisitos funcionais e não funcionais para o sistema de informação de suporte à produção de produtos complexos. São também apresentadas neste capítulo, as arquitectura lógica e física do SAD proposto nesta dissertação.

É no capítulo 4 que é feita a modelação do sistema proposto. Através da utilização da linguagem de modelação UML são apresentados diagramas de casos de uso, de classes e de actividades, procurando satisfazer os requisitos propostos para o sistema a desenvolver. É também neste capítulo que é apresentada a arquitectura geral do SAD com os vários componentes que o constituem e o algoritmo proposto para a avaliação da capacidade.

² MRP é um acrónimo da designação anglo-saxónica *Materials Requirements Planning*. A evolução do MRP deu origem ao comumente designado sistema MRP-II acrónimo da designação *Manufacturing Resources Planning*.

No capítulo 5 é apresentado o interface gráfico do SAD, para definição/alteração de objectivos, operações, recursos, restrições e planos.

Finalmente, o capítulo 6, apresenta as principais conclusões sobre o trabalho desenvolvido.

Capítulo 2

Sistemas de Produção e Metodologias / Processos de Gestão

2.1 Sistemas de Produção

2.2 Gestão da Produção: Planeamento e Controlo

2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO E METODOLOGIAS / PROCESSOS DE GESTÃO

Este capítulo encontra-se estruturado em duas partes principais. Na primeira parte começa-se por fazer uma apresentação sucinta dos sistemas de produção. Faz-se uma introdução aos vários tipos de sistemas de produção assim como, de forma breve, são referidas as suas evoluções e tendências futuras. A primeira parte do capítulo termina com uma referência aos sistemas de produção orientados a produtos complexos, temática de importância central no trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação. Na segunda parte do capítulo é feito um estudo genérico à gestão da produção. É feita uma descrição, de uma forma sucinta, de alguns tipos de sistemas e metodologias de gestão sendo dada uma especial atenção aos sistemas de gestão da produção designados por MRP-II (*Manufacturing Resources Planning*).

2.1 Sistemas de produção

Em termos gerais, os sistemas de produção são conjuntos de processos que transformam entradas (matéria prima, componentes, etc.) em saídas (produtos e serviços) recorrendo a variados recursos, nomeadamente, instalações, recursos humanos, máquinas, ferramentas, informação, etc.

A concepção dos sistemas de produção é determinada principalmente por dois grupos de factores: as tecnologias utilizadas nos processos de produção e o tipo de produtos produzidos ou transformados. Neste contexto, a configuração dos sistemas produtivos varia significativamente de acordo com as tecnologias empregues, de acordo com os produtos produzidos ao longo dos processos de produção e igualmente de acordo com os próprios processos utilizados. Neste âmbito, podem-se inferir diferentes classificações para os sistemas produtivos apresentados de forma sucinta nas secções seguintes.

Em termos gerais, a gestão dos sistemas produtivos procura satisfazer dois objectivos principais: a satisfação dos requisitos dos clientes, em termos de

qualidade, quantidade, prazo e custo, e por outro lado procura a maximização dos níveis de eficiência no uso dos recursos utilizados e simultaneamente a maximização da eficácia no nível da execução dos planos de produção desenvolvidos.

2.1.1 Classificação dos sistemas de produção

Em termos genéricos, a classificação dos sistemas produtivos pode ser feita segundo várias perspectivas, nomeadamente:

- Quantidade produzida do produto obtido na saída do sistema de produção;
- Implantação ou configuração física do sistema produtivo;
- Continuidade dos processo de produção implementados;
- Relação do sistema produtivo com os clientes dos produtos e/ou serviços produzidos.

2.1.1.1 Classificação quanto à quantidade de produto obtido na saída do sistema produtivo

Em termos agregados e de acordo com as quantidades lançadas em produção as empresas podem ter no limite um sistema de produção orientado à produção unitária, ou um sistema de produção orientado à produção em massa. Entre estes dois extremos poder-se-iam considerar variadas tipologias.

A produção unitária é orientada para a produção de uma significativa variedade de produtos sendo cada um deles produzido em pequenas quantidades (no limite apenas uma unidade). Em oposição, a produção em massa caracteriza-se por uma reduzida variedade de produtos sendo cada produto produzido em quantidades elevadas.

Entre estes dois extremos é habitual ser considerada a produção em lotes onde se produz diversos produtos em quantidades relativamente pequenas.

2.1.1.2 Classificação quanto à implantação do sistema produtivo

A implantação ou *layout* de um sistema produtivo é a forma como esse sistema produtivo se encontra organizado no espaço físico que ocupa, ou seja, é a forma como estão dispostas as máquinas, os armazéns, os sistemas de transporte e de movimentação, etc. Em termos genéricos a relação entre as quantidades produzidas e a variedade de produtos distintos condiciona as diferentes disposições de implantação dos sistemas produtivos (*layout*).

Distinguem-se fundamentalmente dois tipos principais de tipologias de implantação: *layouts* funcionais e *layouts* em linha ou orientados ao produto. Inúmeras variantes podem ser identificadas entre estas duas tipologias.

No caso da relação existente entre a quantidade produzida e o número de produtos diferentes produzidos ser elevada, é habitual os sistemas de produção apresentarem um *layout* em linha. Nesta situação os equipamentos produtivos são dispostos em consonância com a sequência das operações existentes na gama de fabrico¹. Por outro lado, quando a relação existente é baixa, é habitual uma implantação orientado ao processo tecnológico (*layout* funcional), onde se agrupam os equipamentos produtivos tecnicamente semelhantes ou dispondendo das mesmas funções. Em situações intermédias, podem ser usadas implementações mistas ou implementações celulares, onde os produtos podem ser agrupados pelas suas similaridades e ser-lhes atribuída uma “célula” com recursos necessários à sua fabricação.

Um caso particular da implantação dos sistemas produtivos é a normalmente denominada implantação ou disposição fixa. Uma disposição fixa normalmente utiliza-se na produção de produtos unitários. Neste caso, a produção é de apenas um produto de cada vez, onde são as máquinas que se deslocam até ao local da construção e não o inverso (por exemplo, a construção de navios e aviões).

¹ Designação comumente usada para referir o conjunto e sequência de operações associadas/necessárias à realização de um produto.

2.1.1.3 Classificação quanto ao grau de continuidade do processo

No âmbito desta perspectiva de classificação dos sistemas produtivos, três grandes tipos de produção podem ser distinguidos, nomeadamente a produção contínua, a produção descontínua e a produção por projecto.

Naturalmente que a classificação dos sistemas de produção não se resumem, no âmbito da perspectiva de continuidade do processo, unicamente aos tipos apresentados. Situações existem em que são consideradas configurações mistas ou mesmo a coexistência, no mesmo sistema de produção de mais do que um tipo de processo de produção.

A produção contínua é aquela associada à produção de quantidades significativas de um dado produto ou de uma família de produtos. Caracteriza-se, em termos genéricos, pela ausência de pontos intermédios de armazenamento e pelo facto das operações sucederem-se continuamente, e em sequências bem determinadas (é habitual este tipo de “ambiente” produtivo ser denominado de *flow shop* na literatura específica da área).

Este tipo de produção exige um balanceamento adequado entre operações. Uma vez que as operações têm um elevado grau de inter-relação, estas não se podem desenvolver de forma isolada. O desequilíbrio ou interrupção de uma operação conduz normalmente à paragem do próprio processo.

Atendendo ao elevado grau de especialização que este tipo de processo de produção apresenta, a flexibilidade do mesmo é geralmente reduzida, sendo mesmo nula em alguns casos.

A figura 2.1 ilustra de forma simplificada este tipo de produção.

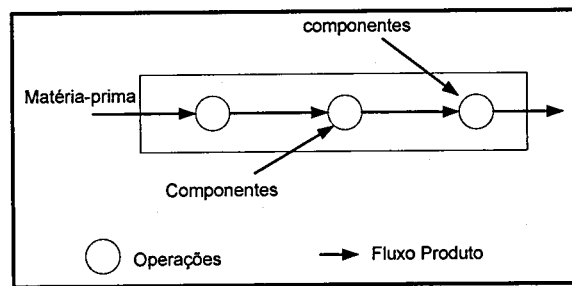


Figura 2.1 – Fluxo contínuo

A produção descontínua é caracterizada por um ambiente produtivo em que coexistem uma elevada diversidade de produtos produzidos em baixos volumes. Cada produto tem a sua gama de operações própria. Neste tipo de produção, vários produtos disputam os meios de produção, gerando-se filas de espera a montante de cada posto de trabalho. Uma implicação imediata deste ambiente produtivo é a dificuldade de conhecer com rigor a posição de cada produto num determinado instante; uma outra implicação, não menos importante, tem haver com o tempo total de produção associado a cada produto. Na verdade, o tempo que decorre desde o início da produção dum produto até que fique pronto é longo e muito maior do que a soma do tempo associado ao conjunto das operações a que está sujeito. Estas características originam uma elevada complexidade de gestão e requer sistemas bem concebidos, nomeadamente ao nível das actividades de seguimento e controlo. A produção descontínua é muito flexível, podendo gerar saídas muito diversificadas.

A produção por projecto está normalmente associada com a produção de uma única unidade de produto ou serviço e o processo de produção é representado por uma sequência de operações que só acontecem uma vez no projecto.

A produção mista (ou híbrida) caracteriza-se, em termos genéricos, pela coexistência de um ambiente de produção, tipo de produção contínua e descontínua. Este tipo de produção é muito comum na indústria de produção discreta, dado que na prática, muitas empresas possuem áreas de produção que funcionam “paralelamente” com os dois sistemas.

Cada tipo de produção possui vantagens e inconvenientes. Para volumes reduzidos, uma produção por projecto é mais vantajosa, pois o custo de produção é

menor; no entanto, se o volume aumenta uma produção descontínua passa a ser melhor. Para elevados volumes de produção um sistema de produção baseado num modelo de produção contínua será porventura mais adequado.

2.1.1.4 Classificação quanto ao tipo de relacionamento com o cliente

Neste tipo de classificação distinguem-se usualmente quatro tipos de produção: a *produção para stock – MTS (make to stock)*, a *produção por encomenda – MTO (make to order)*, a *montagem por encomenda – ATO (assembler to order)* e a *engenharia por encomenda – ETO (engineer to order)* [Azevedo A. L., (1999)].

A escolha do modelo *MTS* é feita quando a personalização do produto/serviço é baixa. Neste tipo de modelo, produz-se para stock e não para satisfazer directamente um pedido de um cliente, ou seja, o cliente adquire produtos já existentes em stock. Este tipo de produção é utilizado quando os prazos de entrega exigidos pelo cliente não poderiam ser cumpridos, e neste caso, produz-se em avanço para satisfazer o cliente apoiando-se em previsões.

No modelo *MTO* a produção da encomenda é apenas iniciada a partir do momento em que se dispõe de um compromisso por parte do cliente, ou seja, neste tipo de modelo, produz-se para satisfazer directamente os pedidos dos clientes, evitando-se desta forma o stock de produtos acabados e consequentemente os custos financeiros associados..

O tipo de produção *ATO* situa-se entre os dois modelos descritos anteriormente, isto porque se fabrica para stock sub conjuntos normalizados para depois serem montados em função das encomendas dos clientes. Este tipo de produção permite reduzir de um modo significativo, o prazo entre a recepção da encomenda e a entrega do produto acabado.

O modelo *ETO* é adequado quando as especificações do cliente requerem um projecto personalizado, originando uma personalização significativa. Neste tipo de produção o cliente terá um grande envolvimento no processo.

A figura 2.2, representa os quatro tipos de produção descritos anteriormente e procura evidenciar o posicionamento do ponto de desacoplamento verificado entre uma produção orientada para stock e uma produção para encomenda.

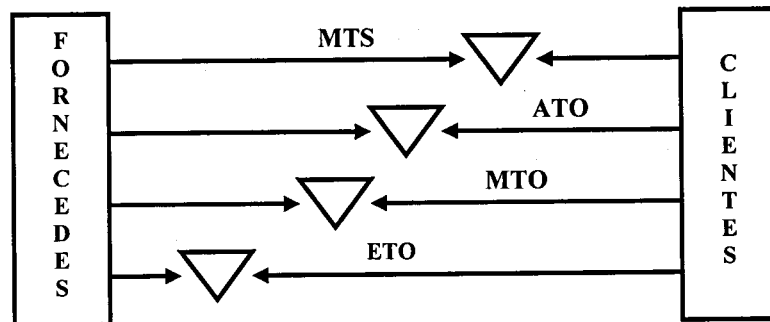


Figura 2. 2 – Modelos de Negocio (Adaptado por Higgins et al, 1996)

É de salientar que a relação existente com o cliente vai condicionar o tempo de ciclo ou de resposta na entrega do produto encomendado; ou seja, quanto maior for a interacção do processo produtivo com o cliente (no caso do MTO, por exemplo), maior será o deslocamento para o lado dos fornecedores, e quanto menor a interacção com o cliente (no caso do MTS, por exemplo) maior será o deslocamento para o lado dos clientes [Azevedo, Américo (1999)].

2.1.2 Evolução dos sistemas de produção

As evoluções verificadas ao nível das estruturas das organizações surgiram não só apenas devido à evolução dos seus objectivos e desafios, como também devido ao desenvolvimento de novos modelos de produção e de novos modelos de negócio. A figura 2.3 ilustra a evolução temporal do processo produtivo até aos dias de hoje.

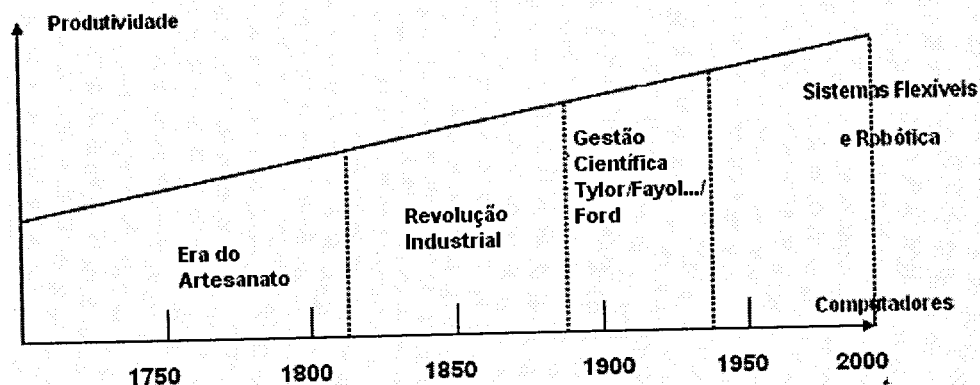


Figura 2.3 - Evolução do Processo Produtivo

Foi no início do século XX que se desenvolveu os sistemas de produção em massa assistindo-se à sua consolidação após a segunda guerra mundial. Só na última década do século é que se assiste ao desenvolvimento de modelos de produção orientados ao cliente. Estes modelos, comumente designados modelos de personalização em massa são adequados à satisfação de mercados dinâmicos procurando satisfazer solicitações de produtos de grande variedade e personalização através de implantações flexíveis e ciclos de produção reduzidos. A tendência é a integração do cliente final com o produtor para satisfazer exigências ao nível de prazos de entrega e especificidade dos produtos solicitados.

No quadro da figura 2.4 é feita uma breve comparação entre estes dois tipos de produção.

Produção em Massa	Produção Flexível
Produção de produtos em grandes quantidades	Produção de produtos de alta qualidade
Baixo nível de inovação	Alto grau de inovação
Concorrência de preços	Concorrência de qualidade, individualização e prazos
Produtos standarizados	Produtos variados
Grandes unidades de produção	Pequenas unidades de produção
Organização burocrática (hierarquizada e centralizada)	Organização – flexível (policentrada)
Forte divisão do trabalho	Fraca divisão do trabalho
Actividades de investigação e desenvolvimento	Intensa actividade de I&D
Maquinas especializadas	Maquinas multifuncionais programáveis
Operários pouco ou não qualificados	Operários qualificados
Especialização de competências	Polivalência

Figura 2.4 – Comparação da produção em massa e flexível

Os sistemas produtivos têm que se adaptar a um mercado cada vez mais exigente e dinâmico. Cada vez há mais necessidade de se produzir em prazos cada vez mais reduzidos, em menor quantidade e com maior variedade de produtos; desta forma é extremamente importante que o sistema produtivo tenha facilidade em mudar de um produto para outro sem perda significativa de capacidade produtiva. Dentro deste novo paradigma e segundo a literatura, as respostas aos consumidores e o ambiente de produção são determinados basicamente por três dimensões básicas, nomeadamente, a procura por pequenos lead times (respostas rápidas), o grau de personalização do produto e o estágio da produção onde a personalização deve ocorrer.

2.1.3 Produção de produtos complexos

Os sistemas de produção de produtos complexos, apresentam múltiplas inter-relações, complexas, entre as suas peças e os seus componentes, uma vez que a produção de um item final depende do fabrico dos componentes e subconjuntos que incorpora. No caso geral, estes sistemas apresentam custos unitários elevados, envolvem pequenos lotes de produção, exigem grande diversidade de capacidades e conhecimentos requeridos para a sua realização e são produzidos de acordo com requisitos específicos de cada cliente, o que reflecte a “customização” associada ao seu processo produtivo.

No caso geral, em qualquer sistema produtivo verifica-se a existência de hierarquia ao nível dos produtos e componentes produzidos. Um dos factos diferenciados num sistema de produtos complexos é a complexidade dessa hierarquia. Neste tipo de sistemas de produção exige-se um grande esforço de coordenação entre todas as actividades individuais requeridas na produção dos produtos, nomeadamente, as actividades associadas à execução dos componentes, às sub-montagens e montagens e até à entrega do produto final ao cliente.

A nível global, um sistema de produção de produtos complexos apresenta dificuldades acrescidas relativamente aos problemas habituais, principalmente em

resultado de factores como os seguintes:

- Multiplicidade de equipamentos produtivos envolvidas no processo produtivo;
- Dificuldade em quantificar a capacidade produtiva, devido à grande variedade de equipamentos e à interdependência dos tempos de ciclo e do nível de carga dos recursos.

Alguns dos factores que contribuem para a dificuldade do processo de planeamento e escalonamento das actividades produtivas são nomeadamente, a complexidade do processo em si, as restrições temporais e de capacidade inerente aos recursos envolvidos e a incerteza do próprio processo de tomada de decisão, [Cavaco, Ismael (1985)]. Na realidade, a complexidade existente, deve-se à quantidade de tarefas com diferentes gamas de processamento e à quantidade de recursos para as processar. As restrições podem ser divididas em temporais e físicas. As temporais dizem respeito a datas de entrega, precedência de operações e tempos de preparação das máquinas; as físicas dizem respeito à capacidade dos recursos e à capacidade do nível de stock. Por fim o factor de incerteza, diz respeito às decisões que têm que ser tomadas muitas vezes com informação incompleta e imprecisa sobre o estado futuro do ambiente de fabrico.

Neste sentido, o planeamento das actividades de produção de produtos complexos, requer uma elevada integração e comunicação de dados e com isto um sistema de informação bem definido.

2.2 Gestão da produção: planeamento e controlo

Os sistemas produtivos pressupõem uma determinada organização e funcionalidade que, por forma a manter a eficiência e a eficácia pretendida, necessitam de forma contínua de ser geridos, [Almeida, Ana (1995)]. Neste contexto, a gestão do sistema produtivo compreende processos/actividades de planeamento e processos/actividades de controlo.

Entre inúmeras definições possíveis, para Baranger *et al* (1993), a gestão é considerada a realização de actos criativos, a níveis diversos, em toda a organização. Ainda segundo Baranger, gerir implica a capacidade de ajuizar o fundamento correcto das decisões que convém tomar, graças a recolhas de informações rápidas, completas, claras e abundantes quanto possível.

A gestão da produção significa então, gerir os recursos directos da empresa, nomeadamente, os recursos humanos, os materiais, a capacidade da planta fabril, e os processos de fabrico, envolvendo duas grandes actividades: planeamento da produção e controlo da produção. O conjunto destas duas acções é que permite a realização de uma acção de gestão. O planeamento da produção foca a sua atenção no planeamento dos produtos que a empresa produz e no planeamento das capacidades disponíveis, isto é, dirige a sua atenção para as actividades associadas ao fabrico. O controlo da produção foca a sua atenção no seguimento permanente do estado de avanço da produção em relação ao programa previsto.

2.2.1 Planeamento da Produção

No âmbito das actividades de planeamento da produção podem ser identificados desde procedimentos complexos e formais a outros simples e informais. Embora a forma de planeamento varie de organização para organização, a sua essência é a mesma. Planear é prever os meios necessários a uma determinada actividade, identificada com os objectivos da empresa, implicando isto a elaboração de planos de actuação, que calendarizam as diferentes actividades da empresa e a utilização dos recursos disponíveis.

A maioria das empresas consideram geralmente as actividades de planeamento estruturadas em três níveis hierárquicos distintos, dependendo esta divisão do tipo de produção, dimensão da empresa, da estabilidade do mercado em que operam, do grau de rigor possível a considerar a esse planeamento, etc. Este desdobramento origina três tipos de planeamento da produção, nomeadamente, o planeamento estratégico ou planeamento a longo prazo, o planeamento tático ou

planeamento a médio prazo e o planeamento operacional ou planeamento a curto prazo. Os diferentes tipos de planeamento estão representados na figura 2.5 (optou-se na figura por pôr antes os acrónimos das designações anglo-saxónicas devido à familiaridade com que geralmente são consideradas neste domínio).

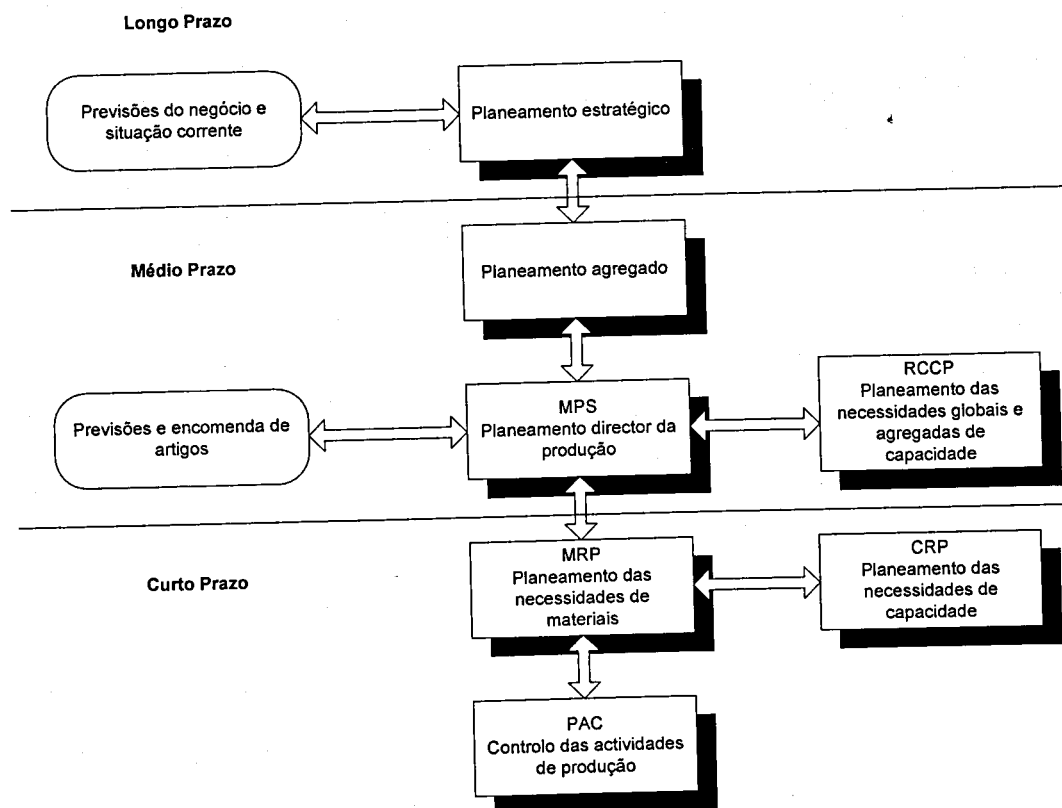


Figura 2. 5 – Níveis do planeamento da produção (Adaptado por (Higgins et al, 1996))

Em termos gerais, o *planeamento estratégico* tem como principal objectivo definir as políticas de investimento e evolução de uma organização em termos de objectivos a atingir, quer ao nível da satisfação do seu mercado, quer ao nível do sistema de produção; ou seja, é a este nível que se determina a forma como a organização interage com o seu ambiente económico global. O horizonte de planeamento é longo, variando normalmente de um a cinco anos.

O *planeamento tático* tem como objectivo gerir o sistema de produção num horizonte de planeamento a médio prazo. É neste nível que é feito um planeamento

das diferentes actividades produtivas, da sua inter-relação e da sua calendarização ao longo do tempo. O planeamento a médio prazo inclui geralmente as actividades ligadas ao planeamento agregado, à previsão de vendas de produtos, à elaboração de planos directores da produção – PDP² e ao planeamento das necessidades globais de capacidade - RCCP (*Rough Cut Capacity Planning*).

Por último, o *planeamento operacional* ou planeamento a curto prazo coloca a ênfase na coordenação das actividades directamente envolvidas na realização do(s) produto(s) ou serviços. É neste nível de planeamento, que se trata do planeamento das necessidades de materiais do planeamento das necessidades de capacidade e do controlo das actividades de produção.

É nossa opinião, e em consonância com a significativa concordância de opiniões expressas na vasta literatura da área, que as vantagens de haver diferentes níveis hierárquicos são fundamentalmente a redução de complexidade e a agregação progressiva de informação dos níveis inferiores para os superiores. Em cada um destes níveis, as decisões são tomadas de modo a otimizar o modelo considerado nesse nível e tendo em conta as decisões nos níveis superiores (propagação de restrições e coerência de decisões).

2.2.2 Planeamento Agregado

O planeamento agregado procura igualar o resultado da produção ao longo de um determinado horizonte de planeamento com os níveis de procura no mesmo período temporal. Geralmente, o horizonte de planeamento é anual. Planeamento Agregado significa que o planeamento é efectuado com base numa única medida de resultado produtivo – produto ou poucas famílias de produtos, [Lopes, Manuel (2000)].

As entradas do planeamento agregado são as previsões de vendas, as encomendas e as previsões de capacidade definidas a longo prazo e a sua saída

² Na literatura anglo-saxonica este assunto é referido como MPS – Master Production Scheduling

alimenta o plano director de produção (figura 2.6).

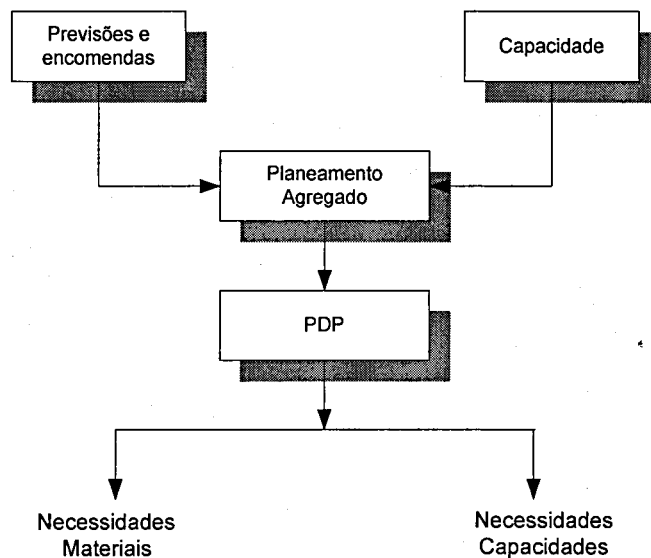


Figura 2. 6 – Planeamento Agregado

2.2.3 Planeamento director da produção

O planeamento director da produção dá origem a um plano de produção – plano director de produção (PDP) em que se define de forma calendarizada, as quantidades de cada produto final que se deseja produzir. Enquanto o planeamento agregado especifica as necessidades de famílias de produtos, o PDP trata os produtos finais ou eventualmente subconjuntos funcionais de maior importância, ou seja, o PDP converte o plano de necessidades agregadas num plano mais detalhado que especifica as necessidades de produtos individuais.

Geralmente um PDP considera três segmentos distintos ao nível do horizonte de planeamento, de acordo com o grau de aceitação de modificações permitidas. O primeiro destes segmentos, respeitante a um horizonte em que as modificações não são recomendáveis, deve ser estabelecido por forma a contemplar os tempos de produção e compra (*lead times*) globais médios dos produtos a produzir. O segundo segmento respeita a um horizonte em que as modificações podem ser negociáveis, isto é, só serão possíveis depois da verificação da disponibilidade dos componentes e

da existência de capacidade disponível. Por último, o terceiro segmento respeita a um horizonte em que as modificações já são aceitáveis.

2.2.4 Planeamento das necessidades globais de capacidades

É o planeamento das necessidades globais de capacidade³ (RCCP) que faz a verificação rápida da capacidade de alguns recursos críticos, por exemplo, um centro de trabalho que potencialmente pode condicionar os níveis de produção. Deste modo, garante que o MPS seja possível de realizar do ponto de vista da capacidade disponível. Para cada artigo é especificada a capacidade necessária em termos dos recursos considerados. Se o RCCP considerar que o MPS proposto não é possível de realizar, então tem que se rever o MPS ou então aumentar a capacidade disponível.

2.2.5 Gestão de materiais e de stocks

Foi Joseph Orlicky (1975), que evidenciou a divisão das necessidades da empresa em dois tipos fundamentais, nomeadamente em necessidades independentes e dependentes. Segundo este autor, as necessidades independentes são aquelas que provêm do exterior da empresa, ou seja, produtos acabados e peças de substituição adquiridas pelos clientes da empresa, e as necessidades dependentes são aquelas que são geradas no interior da empresa, como é o caso de componentes e matérias primas que entram na composição dos produtos vendidos.

O modo de gerir estes dois tipos de necessidades são muito diferentes. As necessidades independentes têm por base os métodos de previsão da procura e é tratado pela gestão de stocks, enquanto que as necessidades dependentes baseiam-se no cálculo das necessidades, que são tratadas por sistemas baseados na metodologia MRP.

A gestão de stocks tem por objectivo garantir que os materiais, de procura

³ Na literatura anglo-saxónica é referido como RCCP – *Rough Cut Capacity Planning*

independente, existam sempre na empresa de modo a responder à procura em qualquer momento. Para atingir estes objectivos, a gestão de stocks utiliza, por exemplo, os conceitos da classificação ABC⁴ e da Quantidade Económica de Encomenda⁵ - EOQ.

2.2.6 Informações necessárias ao planeamento da produção

Para que o planeamento da produção atinja os seus objectivos, nomeadamente ao nível do cumprimento das datas de entrega, é imperativo garantir a disponibilidade de inúmera informação quer dinâmica quer estática.

O diagrama ilustrado na figura 2.7 sintetiza as principais entradas e saídas de informação tradicionalmente associados à actividade de planeamento.

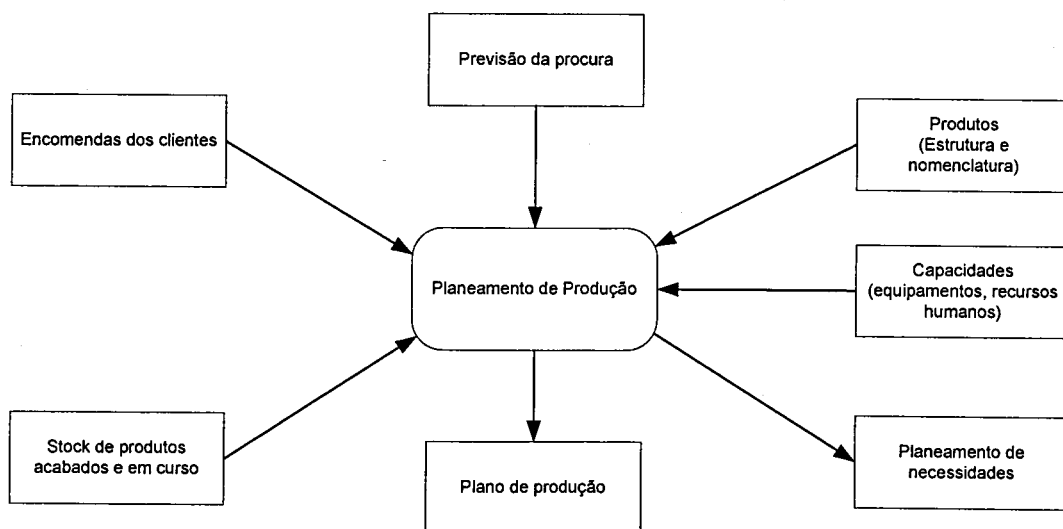


Figura 2. 7 – Fluxo de informação do planeamento da produção (Adaptado de Rascão J., 2001)

⁴ A classificação ABC consiste na separação dos itens de stocks em três grupos, de acordo com o valor de procura anual, quando se tratam de produtos acabados, ou do valor de consumo anual quando se tratam de produtos em processos ou matérias-primas (A. Courtois *et al* , 1997)

⁵ Na Quantidade Económica de Encomendas – EOQ (*Economic Order Quantities*) qualquer item em stock é analisado pelo seu custo face a pedidos/ordens de encomendas e pelo custo de armazenagem (A.Courtois *et al*, 1997)

Entre a inúmera informação envolvida na actividade de planeamento da produção, a respeitante à estrutura do produto e a rota de produção (sequência de operações realizadas nos centros de trabalho/máquinas com determinados tempos de entrega) apresenta uma relevância significativa na obtenção de planos realistas e por isso executáveis.

2.2.6.1 Estruturas de Produtos

Na estrutura de produtos (BOM⁶) estão descritas todas as sub-montagens, componentes intermediários, matérias-primas e itens comprados que serão utilizados na fabricação e/ou montagem de um produto, mostrando as relações de precedência e quantidade de cada item necessário. A BOM é baseada numa relação pai/filho entre itens. O item que está a ser produzido é chamado de pai e os itens utilizados na sua produção são chamados de filhos ou componentes. A figura 2.8 apresenta um exemplo de uma estrutura de produtos multinível, estando também destacada uma estrutura com apenas um nível.

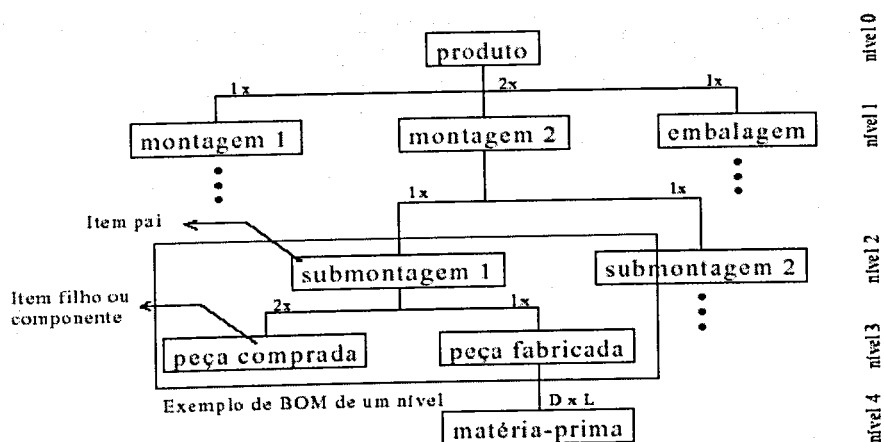


Figura 2. 8 – Estrutura de produto multinível

⁶ Na literatura anglo-saxónica a estrutura de produtos é designada por *Bill of material* - BOM

2.2.6.2 Rotas de Produção

A rota de produção é outra das informações relevantes ao planeamento da produção, uma vez que especifica a sequência de operações que devem ser realizadas sobre um produto final e os seus componentes.

2.2.7 Planeamento das necessidades de materiais - MRP

O planeamento das necessidades de materiais – MRP (*Material Requirements Planning*) é um sistema de gestão da produção que surgiu na década de 60 com o objectivo de efectuar o cálculo das necessidades dos materiais ao longo do tempo em função de um plano de produção. Esse plano, especifica as quantidades e as datas de entrega de produtos finais e dos seus componentes. Segundo opiniões expressas na vasta literatura da área este sistema de gestão revelou-se eficaz na redução da quantidade de produtos em armazém e dos tempos de produção e distribuição. Tal deve-se ao melhoramento da coordenação e da diminuição de atrasos. No entanto, apesar do sucesso alcançado, este sistema não entrava em consideração com a capacidade dos centros de produção.

Foi neste contexto, que nos anos 70, aparece o *Closed Loop MRP*. Semelhante ao MRP, esta nova técnica introduziu informação adicional para planear e controlar as capacidades de produção. Neste sistema, não só se incluiu o módulo de planeamento de capacidades - CRP⁷ como também, módulos de execução (controlo de oficina e controlo de compras) com possibilidade de realimentação de informação entre o módulo de execução e o de planeamento. Para além disso, a análise da capacidade é verificada em dois momentos diferentes. Num primeiro momento, quando se procura estabelecer uma relação directa entre o plano director da produção e a carga dos centros produtivos é feita uma análise global da capacidade através do módulo RCCP. Num segundo momento, determina-se a capacidade de uma forma mais precisa para cada recurso do centro de produção, através do módulo CRP.

⁷ Na literatura anglo-saxónica, CRP é referido como Capacity Requirements Planning

A figura 2.9 ilustra um fluxograma do Closed loop MRP onde é possível identificar os dois momentos da análise da capacidade.

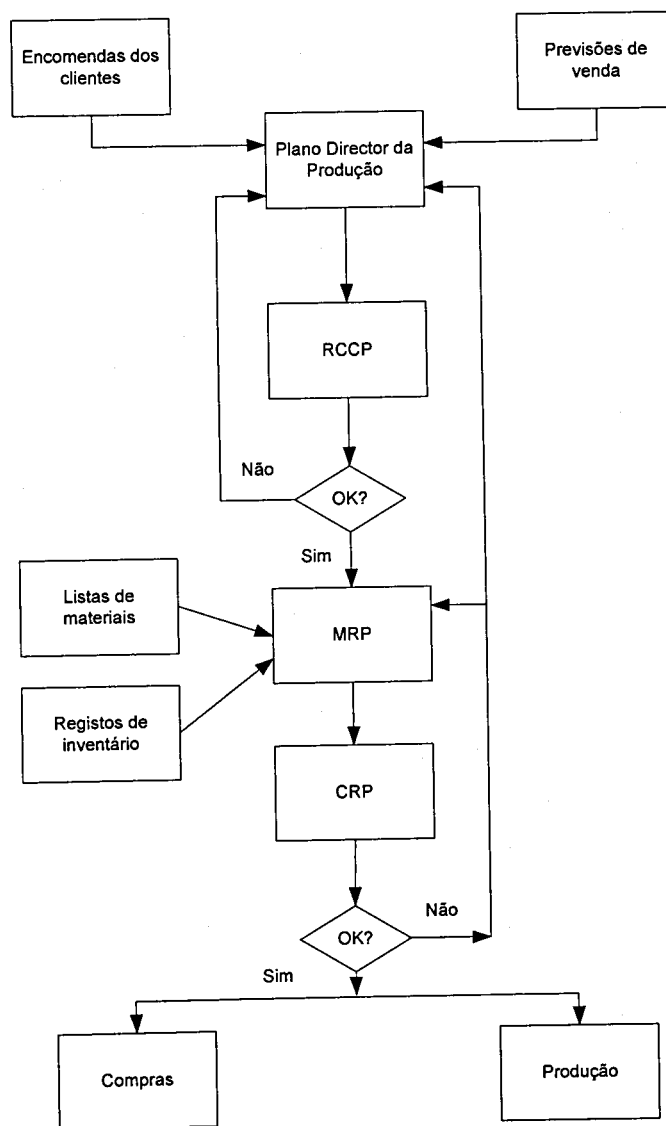


Figura 2. 9 – Fluxograma do Closed Loop MRP

2.2.8 MRP-II

Os sistemas MRP-II (*Manufacturing Resources Planning*) surgem um pouco mais tarde, na década de 80, com a adição de um conjunto de funções financeiras e de vendas ao sistema *Closed Loop MRP*. O seu princípio baseia-se no calculo das

necessidades, das quantidades e dos momentos em que são necessários os recursos (materiais, recursos humanos, equipamentos, etc.) no fabrico, mas tentando manter os stocks e os materiais em trânsito de fabrico na quantidade mínima desejável. A figura 2.10 ilustra a abrangência destes sistemas e dos sistemas MRP.

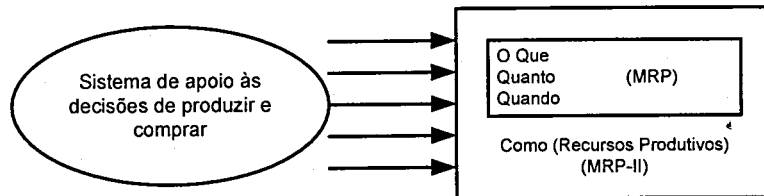


Figura 2. 10 – Abrangência do MRP e do MRP-II

Nos sistemas MRP-II os planos de produção de longo prazo ou agregados, são sucessivamente detalhados, com uma sequência hierárquica de cálculos, verificações e decisões até chegar ao nível do planeamento de componentes e máquinas específicas que sejam viáveis, tanto ao nível de disponibilidade de materiais como de capacidade produtiva.

O calculo das necessidades liquidas por período para cada produto e a determinação das datas para o lançamento de ordens de aprovisionamento e de fabrico é conseguido com base nas informações seguintes:

- Plano director de produção;
- Registo de inventário;
- Estrutura de produtos.

O plano director de produção fornece ao MRP informação sobre a quantidade de produtos finais a produzir. O registo de inventário contém informação sobre a existência em armazém (quantidades projectadas que devem estar disponíveis no fim de cada período), as necessidades brutas (quantidades previstas a entregar em cada período), os recebimentos programados (quantidades de ordens já lançadas que é previsto receber em cada período), os lançamentos de encomendas/ordens de fabrico de produtos, a dimensão dos lotes, os tempos de entrega (*lead times*), os níveis de

stocks de segurança e uma actualização diária. Finalmente, a estrutura dos produtos contém informações (descrição e quantidades) sobre cada componente ou conjunto de componentes, necessário para o fabrico de produtos finais. A descrição detalhada de todos os componentes dos produtos finais é designada por “Explosão das necessidades”.

O sistema MRP-II especifica quando deve estar finalizada uma ordem de fabrico, mas não indica os tempos de início e de fim para cada uma das operações necessárias para o processamento da ordem de fabrico, nem qual a sequência de operações numa mesma secção. No entanto, é a partir da informação proveniente do MRP que poderão ser atribuídas as ordens a centros de produção assim como a sua sequência de processamento.

Métodos de cálculo do MRP-II

De forma a executar o planeamento da produção, o MRP-II possui dois métodos básicos: o método regenerativo e o método *net change*. Estes dois métodos diferem na maneira como é feito o planeamento das necessidades de materiais a partir de mudanças no ambiente produtivo (alterações de procura, chegadas de materiais, complemento de ordens de produção, etc.).

No método *regenerativo*, o sistema parte do plano director de produção e volta a “explodir” as necessidades dos produtos em necessidades de materiais. As necessidades liquidas são completamente recalculadas e todas as ordens de produção e compras são novamente geradas. É um método que envolve um volume (e correspondente tempo) de processamento considerável, sendo por este motivo feito pela maioria das empresas em cada semana (para situações em que as alterações no ambiente produtivo são muito frequentes), quinzena ou mesmo mês (para ambientes menos dinâmicos).

O método *net change* é diferente. Neste caso, sempre que ocorre pelo menos uma alteração com referencia a um item, este é “marcado” pelo sistema. Estas marcas vão servir de base para que o processamento *net change* recalcule as necessidades e as ordens apenas dos itens marcados. Desta forma, o tempo de

processamento fica muito mais reduzido, uma vez que apenas os itens que sofreram alterações naquele período são recalculados.

2.2.8.1 Planeamento das necessidades de capacidades

O planeamento das necessidades de capacidades (CRP), é uma técnica que determina as capacidades (em termos de recursos humanos e, equipamentos) necessárias para cumprir com os objectivos definidos pelo PDP e pelo MRP. Utilizando os resultados do MRP, nomeadamente o planeamento das ordens de produção e de compra, o CRP converte as ordens planeadas e lançadas, em carga dos vários centros de produção, usando informação sobre os centros de produção e sobre as rotas de produção dos artigos.

É importante salientar que o MRP assume que a capacidade de um centro de produção está disponível quando é necessária, a não ser que seja indicado o contrário. Situações de avarias e manutenções preventivas, falta de entrega antecipada de materiais, etc. são factores que impedem que a capacidade seja considerada infinita.

No planeamento de capacidade, o escalonamento (*scheduling*) das encomendas pode ser feito utilizando duas regras simples, o escalonamento para trás - *Backward Scheduling* e o escalonamento para a frente - *Forward Scheduling*.

No escalonamento para trás, planeia-se do fim para o principio. Identifica-se a data de entrega da ordem à qual se subtrai o tempo de entrega, calculando assim a data de início mais tarde da ordem. Neste caso existem por vezes situações em que uma tarefa teria que ter sido iniciada há já algum tempo. Através da figura 2.11 é possível verificar que as tarefas 1 e 3 conseguiriam ser iniciadas a tempo ao passo que a tarefa 2 teria que já ter sido iniciada.

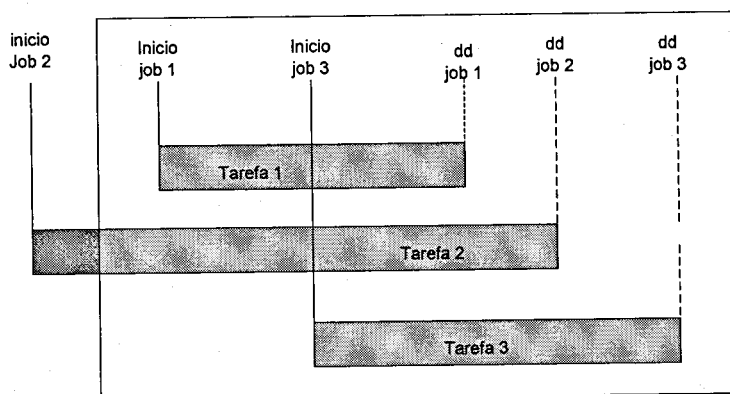


Figura 2. 11 – Escalonamento para trás

No escalonamento para a frente, a realização do plano é sempre possível mas nem sempre se consegue a sua conclusão antes da data de entrega (*due date*). Na figura 2.12 é possível visualizar que a tarefa 1 (job1) termina antes da sua data de entrega (dd job1), enquanto que a tarefa 2 (job2) excede essa data e a tarefa 3 (job3) terminará mesmo na data.

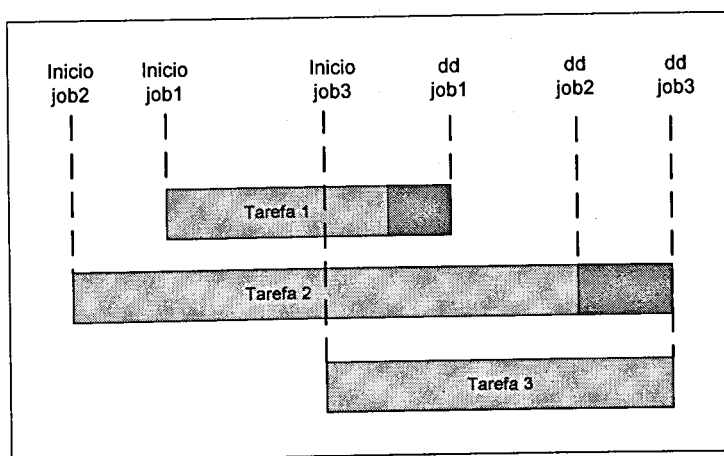


Figura 2. 12 – Escalonamento para a frente

No primeiro caso, atrasa-se o mais possível os investimentos em stocks e no segundo caso garante-se uma margem de segurança na entrega da encomenda.

2.2.9 Benefícios e limitações dos sistemas MRP-II

Segundo vários autores, nomeadamente P.L.Primrose (1990), Brian H. Maskell (1993) e Braglia M. et al (1999), os sistemas MRP-II obtiveram resultados bastante significativos ao nível da redução dos níveis de stocks, do aumento da produtividade através da redução dos custos de produção e igualmente aumento do serviço aos clientes através do cumprimento dos prazos de entrega e com determinadas especificações.

De facto, os sistemas MRP-II são bons instrumentos de planeamento, uma vez que permitem fazer o planeamento das compras, das necessidades de equipamentos e de todos os demais requisitos produtivos; são também bons instrumentos para as tomadas de decisões, uma vez que permitem fazer simulações de diferentes situações e cenários de modo a que os seus efeitos possam ser analisados; e podem ainda ser usados no cálculo detalhado do custo dos produtos, uma vez que estes sistemas se baseiam na descrição detalhada de todos os seus componentes [Braglia M. et al, (1999)].

No entanto, apesar dos benefícios que trouxeram para o planeamento e controlo de produção das empresas, estes sistemas têm também limitações que podem condicionar a sua implementação em certos ambientes de fabrico.

Junior A.M. (1996), Bob Millard (1996), Braglia M. et al (1999) e Petroni A. (2002) são alguns dos muitos autores que consideram que o sistema MRP-II apresenta limitações significativas. Segundo estes autores, nestes sistemas o poder de decisão encontra-se muito centralizado, podendo influenciar a capacidade de resolução local de problemas, para além de não criarem um ambiente adequado para o envolvimento e comprometimento da mão de obra na resolução de problemas; são sistemas de planeamento “infinito”, ou seja, não entram em consideração com as restrições de capacidade dos recursos; os *lead times* são dados de entrada do sistema e são considerados fixos para efeito de programação; são sistemas que partem das datas solicitadas de entrega de pedidos e calculam as necessidades de materiais de modo a cumprir essas mesmas datas, programando as actividades da frente para trás no tempo (*Backward Scheduling*), com o objectivo de as realizar sempre na data

mais tarde possível (o que nem sempre é eficaz uma vez que torna o sistema mais susceptível a factores como atrasos e problemas de qualidade).

Também Paul Higgins *et al* (1996), Daniel Sipper (1998) e Koh S.C. (2000) consideram que vários problemas associados a estes sistemas os torna inadequados como técnica de planeamento e controlo de produção. Segundo estes autores, alguns destes problemas estão associados à falta de formação dos utilizadores, enquanto outros dizem respeito a questões de natureza mais técnica, nomeadamente os a seguir referidos.

O longo horizonte de planeamento

O extenso horizonte de planeamento existe devido a *lead times* “empolados”. De facto, como os sistemas MRP-II dividem as listas de materiais em principais, sub, sub-sub,...níveis de montagem e fabrico, estimam os *lead times* para cada nível e somam-nos por fim, para estabelecer os *lead times* para efectuar encomendas, provocando um aumento dos *lead times* e *stocks*. Esta determinação dos *lead times* é vista, por estes autores, como a principal desvantagem dos sistemas MRP-II.

De um ponto de vista de integração, a filosofia do MRP-II parece aceitar os longos *lead times* como um dado adquirido não procurando reduzi-los.

Tamanho dos lotes – Batch or lot sizes

O tratamento do tamanho dos lotes é outra das dificuldades encontradas nos sistemas MRP-II. Na verdade, estes sistemas estabelecem tamanhos mínimos de lotes com o objectivo de reduzir os custos fixos envolvidos com o atendimento a uma ordem de compra ou de produção. No entanto trabalhar com lotes de produção grandes provoca um aumento dos níveis de *stock* em processo. Segundo estes autores, poder-se-ia dividir o tamanho dos lotes em porções mais pequenas de modo a que estes lotes fluíssem melhor dentro da produção, no entanto, os sistemas MRP-II não o fazem. Estes sistemas assumem que existe apenas um *batch* (não se sabe porquê) e apenas faz essa divisão em tarefas urgentes.

Capacidade disponível infinita

Os sistemas MRP-II assumem a capacidade disponível como sendo infinita. Quando o PDP é calculado, assume que todos os recursos usados na produção vão oferecer capacidade suficiente para cumprir o planeado. Isto é baseado na premissa de que o plano já teria passado por um planeamento de capacidade o suficientemente exigente, para que fosse realizável, o que na realidade não acontece.

Disponibilidade de dados

Estes sistemas assumem que os dados estão sempre disponíveis e são sempre precisos. Em muitas situações, as empresas não usam dados nos mesmos formatos e a precisão e manutenção de grandes quantidades de informação criam muitos problemas. Segundo estes autores esta é uma situação crítica nestes sistemas uma vez que não é dada prioridade a dados de alta importância.

Possibilidade de modificação de ambientes e procedimentos

A rigidez dos sistemas MRP-II não permite modificações de ambientes e procedimentos, inviabilizando-os de serem utilizados em alguns ambientes de fabrico. Segundo estes autores, os sistemas MRP-II deveriam ser flexíveis o suficiente para serem personalizados para lidar com o ambiente de fabrico em questão. Devido a todas estas limitações Higgins e Browne (1992), referem-se a estes sistemas como sistemas que necessitam de melhorias significativas.

No que diz respeito à formação dos utilizadores, Braglia et al (1999), através de estudos realizados em pequenas e grandes empresas constataram que o sucesso da implementação de um sistema MRP-II necessita de um grande envolvimento e comprometimento por parte dos operários. Pela análise de inquéritos feitos em várias empresas, estes autores concluíram que após uma boa formação dos operários, as suas atitudes em relação à implementação do MRP-II melhorou drasticamente. Através dos gráficos das figuras 2.13 e 2.14 é possível verificar que antes da

implementação do MRP-II a atitude dos operários era na maioria neutra nas grandes empresas e negativa nas pequenas empresas; e após a implementação e face à formação que tiveram, passaram a ter uma atitude francamente positiva quer nas pequenas como nas grandes empresas.

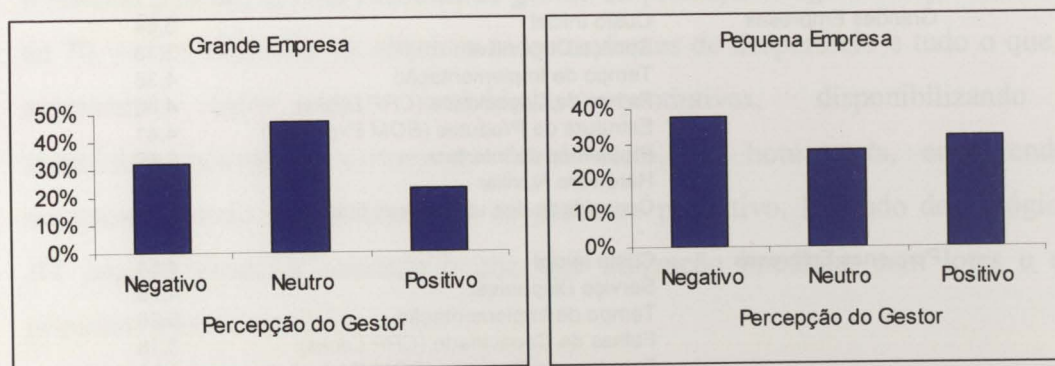


Figura 2. 13 – Atitude dos operários antes da implementação do MRP-II [Adaptado de Braglia M. et al, (1999)]

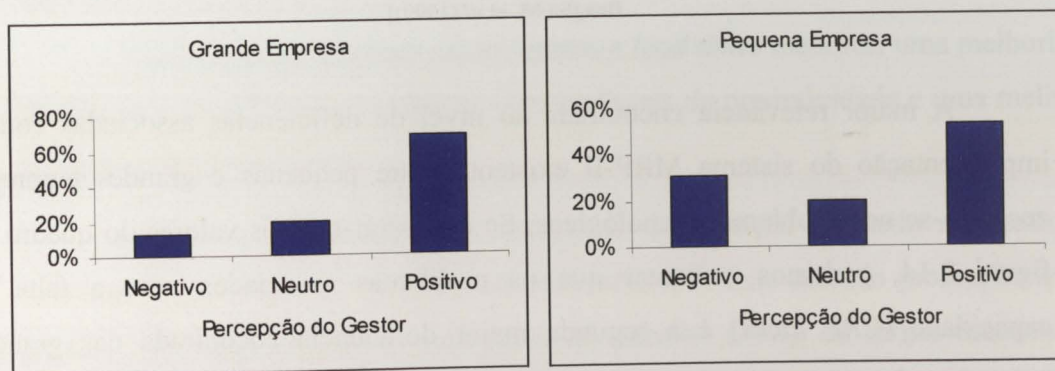


Figura 2. 14 – Atitude dos operários após implementação do MRP-II [Adaptado de Braglia M. et al, (1999)]

É importante salientar que a maior ou menor importância dada às deficiências associadas com a implementação dos sistemas MRP-II varia se estamos perante uma pequena ou uma grande empresa. Facilmente se compreende que a importância dada ao custo de implementação do sistema MRP-II numa pequena empresa é muito mais relevante do que numa grande empresa. Exemplos de algumas dessas deficiências

são apresentadas na tabela da figura 2.15. onde estão apontadas numa escala de zero a sete pontos.

Tamanho Empresa		Escala
Grandes Empresas	Custo Inicial	3,64
	Serviço Disponível	3,18
	Tempo de Implementação	4,36
	Falhas de Capacidade (<i>CRP Lacks</i>)	4,86
	Estrutura de Produtos (<i>BOM Explosion</i>)	4,41
	Problemas de Interface	3,59
	Hardware Auxiliar	2,16
Pequenas Empresas	Capacidade dos utilizadores finais	4,95
	Custo Inicial	4,54
	Serviço Disponível	4,79
	Tempo de Implementação	5,26
	Falhas de Capacidade (<i>CRP Lacks</i>)	3,18
	Estrutura de Produtos (<i>BOM Explosion</i>)	3,18
	Problemas de Interface	2,72
	Hardware Auxiliar	3,85
	Capacidade dos utilizadores finais	5,90

Figura 2. 15 – Deficiências associadas com a implementação do sistema MRP-II [Adaptado de Braglia M. et al (1999)]

A maior relevância encontrada ao nível de deficiências associadas com a implementação do sistema MRP-II existente entre pequenas e grandes empresas encontra-se nos problemas tecnológicos. Se compararmos os valores do quadro da figura 2.14, podemos constatar que os problemas associados com a falta de capacidade (*CRP lacks*) é a segunda maior deficiência encontrada nas grandes empresa e é a sexta nas pequenas empresas. Outro problema que se faz sentir com maior significado nas grandes empresas é o da estrutura de produtos (*BOM explosion*), devido ao elevado número de componentes e sub-montagens que constituem um produto final.

No entanto, segundo o autor deste estudo, Braglia M. et al (1999), apesar de todas estas deficiências, a competência e a atitude positiva por parte dos utilizadores são os factores que mais afectam a implementação destes sistemas.

2.2.10 Outros sistemas de gestão da produção

2.2.10.1 O método JIT / KANBAN

O JIT - *Just In Time*, é uma filosofia de gestão de produção que engloba todo o sistema produtivo. Esta filosofia de gestão da produção surgiu no Japão na década de 70, com o objectivo de eliminar todas as fontes de desperdício e tudo o que não acrescente valor nas actividades produtivas, disponibilizando os materiais/componentes certos, no local certo, na hora certa, envolvendo e responsabilizando os trabalhadores no processo produtivo. Partindo desta lógica, o JIT procura produzir somente o que terá utilização imediata, com lotes o mais pequenos quanto possível.

O JIT afecta o *layout* da fabrica, uma vez que procura explorar as vantagens da tecnologia de grupo, reagrupando as máquinas segundo o produto e não segundo a operação, de modo a minimizar as perdas de tempo no transporte de componentes ou produtos.

Deste sistema, resultam *stocks*, custos e *lead times* menores, uma melhoria da eficiência e flexibilidade de fabrico, uma melhoria da produtividade e uma melhoria no retorno do investimento.

O método KANBAN⁸ é o sistema de informação utilizado na gestão de sistemas de produção a funcionar em ambiente JIT. Este método pressupõe que a procura puxa a produção de cada posto de trabalho (*Pull*), de forma encadeada e sequencial, limitando-se assim os níveis de *stocks* entre cada dois postos de trabalho.

⁸ Kanban é uma palavra japonesa que significa “cartão”, no sentido de uma ficha de requisição de produtos.

2.2.10.2 MRP-II versus JIT

Do descrito anteriormente, pode-se constatar que os sistemas MRP-II e JIT são sistemas com abordagens diferentes na coordenação das actividades nos centros de produção. Nos sistemas JIT a empresa responde rapidamente aos pedidos dos clientes, enquanto que nos sistemas MRP-II isto não acontece, uma vez que a procura é “empurrada” por um plano de produção. É por este motivo que se diz-se que os sistemas JIT utilizam o método de produção *Pull* (fluxo puxado através de Kanban) e os sistemas MRP-II utilizam o método *Push* (fluxo empurrado de um estágio para o outro).

Em termos gerais, a produção do tipo *Pull* é caracterizada por um ambiente dinâmico e por um planeamento baseado em encomendas (produção por encomenda) enquanto que a produção do tipo *Push* é caracterizada por um ambiente estático e por um planeamento baseado em previsões (produção para stock).

2.2.10.3 O método OPT

A tecnologia de produção otimizada - OPT⁹ baseia-se na gestão da empresa a partir dos seus gargalos de estrangulamento. Um gargalo de estrangulamento é um recurso (uma máquina ou uma oficina) cuja capacidade real de produção é inferior à exigida. Os gargalos de estrangulamento definem as condições de produção numa empresa, o que significa que é necessário toma-los em consideração para melhor gerir a produção. Na necessidade de definir um plano de produção, o método OPT, procura inicialmente identificar com clareza todos os recursos a serem utilizados nos processos de produção, sejam eles externos ou não (por exemplo, matéria prima, equipamentos, etc.) e quais as restrições existentes, quer se refiram ao limite da capacidade de produção, quer à procura de mercado ou até mesmo a restrições impostas pela própria empresa.

De modo a prevenir atrasos provocados por problemas relacionados com os

⁹ Na literatura anglo-saxónica a tecnologia OPT é referida como *Optimized Production Technology*

equipamentos ou com o fornecimento de materiais, este método cria depósitos de segurança (*buffers*) de modo a conseguir um fluxo de produção contínuo.

Segundo várias opiniões expressas na vasta literatura da área, os resultados da implementação deste método fazem-se notar rapidamente, uma vez que o esforço de implementação é menor do que em qualquer outro método, devido à focalização da atenção em poucos pontos considerados críticos. No entanto, como qualquer outro método, este método também tem limitações/dificuldades. Uma das principais dificuldade do método OPT é a identificação dos recursos gargalos, já que muitos factores podem contribuir para “mascarar” gargalos verdadeiros, como por exemplo, os lotes excessivos e as práticas tradicionais na produção. Se o gargalo for erradamente identificado, o desempenho do sistema ficará comprometido.

2.2.10.4 O método OPT , JIT e os sistemas MRP-II

O OPT e o MRP-II são dois métodos centrados no planeamento prévio da produção. No entanto, enquanto que o MRP-II se baseia numa filosofia tradicional de produção, o OPT traz elementos novos aos processos de planeamento, nomeadamente: o conceito de restrição e à inclusão de medidas de desempenho. Um grande benefício do método OPT é o de levar em consideração as restrições do sistema de produção no planeamento das actividades da fábrica.

Os sistemas OPT e MRP-II, têm mais facilidade para trabalhar em ambientes onde os fluxos de produção sejam compostos por rotas de produção muito diferentes (típicos dos ambientes tipo job-shop), mudanças constantes na engenharia dos produtos e procura flutuante no mercado, do que os sistemas JIT, levando vantagem na introdução de novas famílias de produtos. Enquanto que o sistema JIT procura um rearranjo dos recursos produtivos e uma nova linha ou “célula” para os acomodar, os sistemas OPT e MRP-II farão apenas uma reprogramação baseada nas rotas de produção dos novos produtos.

Capítulo 3

Identificação e Especificação de Requisitos

- 3.1 Engenharia de Requisitos
- 3.2 Produção de Produtos Complexos – Análise do Problema
- 3.3 Identificação de Requisitos
- 3.4 Sistema de Apoio à Decisão

3 IDENTIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

Este capítulo tem como principal objectivo identificar e especificar os requisitos para um sistema de informação de suporte à produção de produtos complexos. No início do capítulo é feita uma breve descrição da engenharia de requisitos, com o propósito de clarificar alguns dos conceitos fundamentais associados, nomeadamente: requisitos funcionais, não funcionais e análise e especificação de requisitos. Segue-se uma análise aos problemas encontrados no planeamento de produção de produtos complexos aquando da utilização dos sistemas MRP-II. Após esta análise são identificados requisitos para um sistema de informação de suporte ao planeamento de produção de produtos complexos. Conclui-se o capítulo com a descrição da arquitectura lógica proposta e com os principais cenários de utilização do novo sistema.

3.1 Engenharia de Requisitos

A engenharia de requisitos é o processo sistemático de desenvolvimento de requisitos de sistemas. Este processo é composto por diversas actividades, que recorrem na sua execução à utilização de um conjunto de técnicas e modelos que tornam sistemática e repetitiva a execução dessas mesmas tarefas. As duas actividades principais são a análise do problema e a especificação de requisitos. Estas duas actividades são interdependentes e devem ser realizadas conjuntamente. A análise e especificação de requisitos envolvem as actividades de determinar os objectivos de um sistema e as restrições associadas a ele, assim como, estabelecem o relacionamento entre esses objectivos e restrições e a especificação precisa do sistema, nomeadamente, descrições acerca das propriedades do sistema e descrições associadas a restrições ou condicionantes no seu desenvolvimento.

O processo de engenharia de requisitos resulta num modelo do sistema a ser desenvolvido, modelo esse suportado por um documento de requisitos, onde se

encontra descrito o comportamento desejado para o sistema. Neste âmbito, é habitual considerar-se o documento de requisitos estruturado segundo dois tipos de requisitos principais: requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais fazem uma descrição dos serviços que o sistema deve fornecer, nomeadamente, como deve o sistema reagir a solicitações dos utilizadores e como deve o sistema comportar-se em casos específicos (eventos, por exemplo). Os requisitos não funcionais descrevem as restrições sobre os serviços e funções de um sistema, tais como restrições temporais, restrições associadas ao próprio processo de desenvolvimento, requisitos de segurança, etc.

3.2 Produção de produtos complexos - análise do problema

Os sistemas de produção orientados a produtos complexos e em pequenas séries, envolvem geralmente produtos constituídos por um número significativo de sub-produtos ou componentes (*artigos*) agrupados eventualmente em diversos conjuntos e sub-conjuntos. Consoante a complexidade associada à constituição do produto e ao próprio sistema de produção, poderá ser desejável a consideração de variados níveis de agregação para os diferentes componentes (*artigos*) que constituem o produto final. No caso geral, existem diversos níveis hierárquicos para a inclusão de cada *artigo* na estrutura do *artigo* final, implicando a complexidade do produto por si só. Para além disto, existe simultaneamente a necessidade de serem consideradas inúmeras operações, associadas ao fabrico do artigo, agrupadas em diversas gamas operatórias (conjunto de operações). Para além da diversidade de artigos que compõem o produto final e igualmente da diversidade de operações associadas ao seu fabrico, a coexistência de diferentes tecnologias, nomeadamente tecnologias gerais e específicas, contribui decisivamente para o aumento da complexidade das actividades de fabrico originando consequentemente inúmeras dificuldades nos processos de planeamento associados.

Para além do estudo e revisão da literatura da área na qual se desenvolveu o presente trabalho, tivemos oportunidade de analisar um caso real que, em nossa opinião, é exemplificativo de uma situação tipo de produção de produtos complexos,

constituindo, por isso, uma ilustração de factos e do respectivo contexto deste tipo de “ambiente produtivo”. No Anexo A apresenta-se com algum detalhe a empresa industrial considerada no estudo efectuado.

O caso analisado diz respeito a uma empresa industrial, do segmento de produção de bens de equipamento, que possui uma “carteira” de produtos de cerca de três dezenas de equipamentos (máquinas industriais). No fabrico dos equipamentos estão envolvidas diversas tecnologias, nomeadamente:

- Tecnologia mecânica – tecnologia da fundição, maquinagem (torneamento, rectificação de superfícies, etc.), sub-montagem e montagem mecânica;
- Tecnologia hidráulica e pneumática – circuitos hidráulicos e pneumáticos, cilindros, válvulas, bombas, etc.;
- Tecnologia eléctrica e de automação – sensores e actuadores, cablagem, quadros eléctricos de potência e de comando, etc..

Em termos médios, um produto final envolve cerca de 400 a 700 artigos elementares que pressupõem no seu fabrico cerca de 3000 a 6000 operações distribuídas por dezenas de recursos produtivos e envolvendo cerca de quarenta operadores especializados.

Em termos globais, cada produto final dá origem a cerca de 300 a 400 ordens de fabrico dependendo significativamente do número de componentes normalizados (comprados) incorporados no equipamento, isto é, quanto maior o número de componentes normalizados incorporados no equipamento menor o número de ordens de fabrico emitidas.

Decorrente do plano de produção em execução, poderão coexistir na planta fabril, em simultâneo, cerca de 4000 a 5000 ordens de fabrico (ordens de fabrico activas). Na verdade o número de ordens de fabrico depende directamente da “variedade” da constituição do plano de produção (*mix* de produtos planeados).

Na verdade, da análise do processo de produção poderemos verificar que as actividades de planeamento e controlo de produção são significativamente complexas devido a variados factores, nomeadamente:

- Reduzida “visibilidade” do estado do próprio processo produtivo;
- Fluxos de produção “não lineares” em virtude da organização da planta fabril seguir uma implantação funcional e consequentemente o processo produtivo ser do tipo “job-shop”;
- Alterações frequentes do trabalho em curso, quer pelo aparecimento de novas ordens com carácter de urgência quer por alterações ao nível das prioridades das ordens em execução;
- Alterações da capacidade produtiva de forma aleatória e por isso de grande imprevisibilidade (avaria de equipamentos, falta de assiduidade, etc.);
- Inclusão frequente de operações inicialmente não previstas essencialmente devido a alterações tecnológicas;
- Elevada variabilidade dos tempos de produção associados às diferentes operações. Existe na verdade uma gama de tempos desde alguns segundos até dias (fundamentalmente operações de montagem final). Consequentemente, o “lead time” global para os equipamentos produzidos é muito longo, estando tipicamente compreendido entre um a três meses desde o lançamento da ordem de fabrico em produção até à validação final do produto pelo processo de inspecção final;
- Situação frequente de re-trabalho motivada fundamentalmente por problemas de qualidade.

Uma análise empírica do caso aqui brevemente apresentado permite inferir no imediato, e decorrente da proliferação de um elevado número de ordens de fabrico na planta fabril, as seguintes dificuldades principais:

- Dificuldade de visualizar o estado real da produção e consequentemente inferir acerca dos efeitos decorrentes da tomada de decisões em eventuais alterações na “movimentação” de ordens de fabrico;
- Dificuldade de avaliar cenários de produção alternativos;
- Dificuldade de actualizações dos planos de produção por inclusão de informação mais actual;

- Gestão complexa da informação de produção.

Em termos genéricos, a produção de produtos complexos, consome muito tempo na execução de um pedido à produção, originando vários problemas que resultam em atrasos frequentes nos prazos de entrega e igualmente em reprogramações frequentes de trabalho.

Tradicionalmente, neste tipo de ambiente produtivo, o planeamento e controlo da produção tem por base o sistema MRP-II. Segundo a vasta literatura existente na área sobre estes sistemas, constata-se que existem certos requisitos necessários para o seu funcionamento/utilização que não se adequam de uma forma muito satisfatória à produção de produtos complexos [Paul Higgins et al, (1996)].

Destes requisitos destacam-se os seguintes:

- O significativo grau de detalhe e de precisão na elaboração do PDP;
- A definição exaustiva da estrutura de produtos associada a cada artigo;
- Inúmera informação relativa à disponibilidade de cada artigo, nomeadamente: existências físicas, quantidade reservada para ordens de fabrico criadas, quantidades esperadas de produção, etc.;
- A especificação de um tempo de entrega¹ (*lead-time*) para cada artigo fabricado ou comprado;

Confrontando estes requisitos com o ambiente de produção de produtos complexos, é nossa opinião, e em consonância com a significativa concordância de opiniões expressas na vasta literatura da área, que estes sistemas transformam os problemas da produção complexa em problemas ainda mais complexos.

¹ O tempo de entrega para um artigo fabricado é o tempo total requerido para fabricar o artigo e inclui o tempo de setup, o tempo de processamento (que varia com a quantidade do lote), o tempo de transporte e o tempo de espera. O tempo de entrega de um artigo comprado é o tempo total requerido para comprar um artigo e inclui o tempo de consulta, tempo de entrega do fornecedor, tempo de transporte, recepção, inspeção e armazenamento.

Como já referido, um dos problemas da utilização dos sistemas baseados no MRP-II na produção de produtos complexos reside no facto de estes sistemas exigirem inúmera informação associada ao fabrico de um artigo². Isto agrava-se significativamente quando a informação envolvida não é “precisa”, isto é, quando não apresenta um nível de qualidade adequado. Na verdade um dos pontos fracos dos sistemas de planeamento baseados no MRP-II é precisamente um comportamento “nervoso” relativamente à qualidade da informação³. Quando se trata de produtos complexos, o número de artigos envolvidos é, como já referido, muito grande, dificultando o planeamento de produção de cada item final. Para além disso, se for mantida uma estrutura de produtos para cada configuração diferente do produto, o espaço requerido para armazenagem bem como fundamentalmente a sua manutenção originarão custos significativos.

Para além das questões já referidas, identificam-se outros problemas que condicionam significativamente a utilização dos sistemas de gestão da produção, baseados no MRP-II, em ambientes de produção de produtos complexos. Um dos problemas principais diz respeito ao facto dos sistemas baseados no MRP-II considerarem a gestão dos recursos produtivos num quadro de capacidade infinita, isto é, consideram que não existe qualquer limite de capacidade produtiva (situação naturalmente irreal). Uma outra questão, igualmente relevante no contexto do nosso trabalho, tem a ver com o facto de estes sistemas não permitirem, de forma directa, a diferenciação dos recursos produtivos (por exemplo, atribuição de prioridades, regras de afectação, etc.).

Como já referido anteriormente, a avaliação da capacidade produtiva é uma questão problemática num sistema de produção de produtos complexos. Todos os sistemas de produção têm capacidades limitadas; quando se considera capacidade infinita, verifica-se frequentemente um desajustamento entre o prazo de entrega do

² Para além de outra informação, necessitam de informação relativa a tempos de preparação, tempos de produção, tempos de movimentação, tempos de espera, etc.

³ De acordo com Henrique Rozenfeld (1999), a utilização de sistemas MRP-II para os quais o “nível” de precisão relativa a qualidade da informação associada à estrutura de produtos é inferior a 98% conduzem sistematicamente ao insucesso das actividades de planeamento.

produto previsto pelo planeamento e o prazo real obtido. Quando se fala em capacidade produtiva, tem que se pensar na aptidão que um sistema tem em produzir uma determinada quantidade de produtos diferentes (*mix* de produtos) a uma determinada taxa de produção e num determinado período de tempo. No contexto actual poderá não ser adequado pensar em capacidade, como a quantidade de saída que pode ser obtida num processo num período de tempo [Vollmann, T. (1997)]. Esta definição, tradicionalmente utilizada, não se adequa igualmente, na nossa opinião, à produção de produtos complexos.

De acordo com o referido anteriormente, é nossa opinião, que um sistema de produção orientado à produção de produtos complexos deverá ser gerido por um sistema de apoio à decisão intuitivo e flexível, com planeamento à capacidade finita e pressupondo uma estrutura de produtos simplificada. Para além disso, deve ter um comportamento significativamente menos dependente da qualidade de informação utilizada (comportamento “nervoso” geralmente atribuído aos sistemas de planeamento baseados no MRP-II).

3.3 Identificação de requisitos

Considerando todos os problemas e características da produção orientada a produtos complexos e dos sistemas baseados no MRP-II, o sistema de informação de suporte ao planeamento de produção de produtos complexos proposto, deverá respeitar um conjunto de requisitos, funcionais e não funcionais, de modo a que se possam ver concretizadas algumas das funcionalidades que os utilizadores gostariam de encontrar num sistema de planeamento deste tipo, para além da redução de muitas das suas limitações.

Desta forma, é nossa opinião, que o sistema a desenvolver deverá permitir:

- Diminuir a complexidade e o detalhe da estrutura de produtos e das rotas de produção associadas, especificando-se para isso, macro-operações a serem realizadas em recursos críticos;
- Dispor de mecanismos de actualizações (expeditos) dos planos em curso;

- Criar regras de gestão da capacidade, modo a que o sistema não considere a gestão dos recursos produtivos de capacidade infinita, mas sim finita;
- Diferenciar os recursos produtivos críticos, nomeadamente os recursos que possam “estrangular” o processo produtivo (recursos *bottlenecks*);
- Avaliar cenários de produção alternativos;
- Reavaliar a calendarização das ordens de fabrico geradas por sistemas externos (por exemplo, MRP-II).

Requisitos funcionais

O sistema deverá satisfazer os seguintes requisitos:

- a) Possibilidade de definir o modelo de produção – definição de recursos produtivos principais (recursos críticos ou macro-recursos); definição de regras simples de alocação das ordens de produção aos recursos – diferentes possibilidades de gestão da capacidade de cada recurso (regras de negócio, filas de espera, etc.);
- b) Possibilidade de definir produtos tipo – definição de macro-estruturas e macro-operações; definição de operações críticas (tempo, capacidade, tecnologia); definição de rotas de execução;
- c) Possibilidade de definir planos tipo – definição de regras de criticidade consoante o mix de produtos tipo (recursos críticos “gargalos” e recursos críticos candidatos a gargalos);
- d) Possibilidade de definir calendário industrial geral e específico a cada recurso crítico;
- e) Permitir avaliar o efeito das ordens de produção geradas no conjunto de recursos definidos como críticos.
- f) Avaliar o efeito de inclusão de novas ordens de produção no plano em curso;
- g) Gerar planos/cenários alternativos.

Requisitos não funcionais

- a) O sistema deve ser intuitivo na sua utilização ao nível do desenho das interfaces com os utilizadores, nomeadamente quanto à disposição da informação e das acções de controlo;
- b) O sistema deve suportar um mecanismo automático de importação e exportação de dados, isto é, deve ser integrado com sistemas legados (sistema de gestão de produção externo);
- c) Não é exigido ao sistema ambiente de Internet / Intranet (o âmbito do sistema é local);
- d) O sistema deve suportar problemas de grande dimensão (milhares de ordens de produção);
- e) O desempenho deve ser o maior possível em termos de tempos de resposta à avaliação de cenários.

Actores e papeis

Face aos requisitos propostos poderemos identificar para o novo sistema de informação quatro actores principais: o planeador, o configurador, o utilizador e os sistemas legados. O quadro seguinte descreve o papel de cada um desses actores no sistema.

Actor	Papel
 Planeador	Interage com o sistema para criar, consultar, avaliar e validar os planos de produção e cenários alternativos.
 Configurador	Interage com o sistema para definir as entidades estruturais do sistema de produção: macro-operações, <i>bottlenecks</i> , candidatos a <i>bottlenecks</i> , operações críticas, calendário de produção, regras de alocação das ordens de produção aos recursos, rotas de execução, produtos tipo, etc.
 Utilizador	Interage com o sistema essencialmente para consultar planos em curso, análise de cargas e capacidade e geração de relatório.
 Sistemas legados	Interage com o sistema para fornecimento de informação relativa a recursos produtivos e ordens de fabrico.

Os diagramas de “casos de uso” ou “casos de utilização” são um dos diagramas do UML⁴ que permitem representar a funcionalidade de um sistema em termos de “transacções” com significado para quem interacciona com o sistema (actores – entidades externas ao sistema), [Mauro Nunes et al, (2001)]. Neste sentido, o resultado do levantamento de requisitos propostos para o sistema de informação pode

⁴ UML – linguagem de modelação visual – é um acrónimo de Unified Modelling Language. É uma linguagem que utiliza uma notação padrão para especificar, construir, visualizar e documentar sistemas essencialmente baseados em software.

ser representado pelo diagrama de casos de uso ilustrado na figura seguinte.

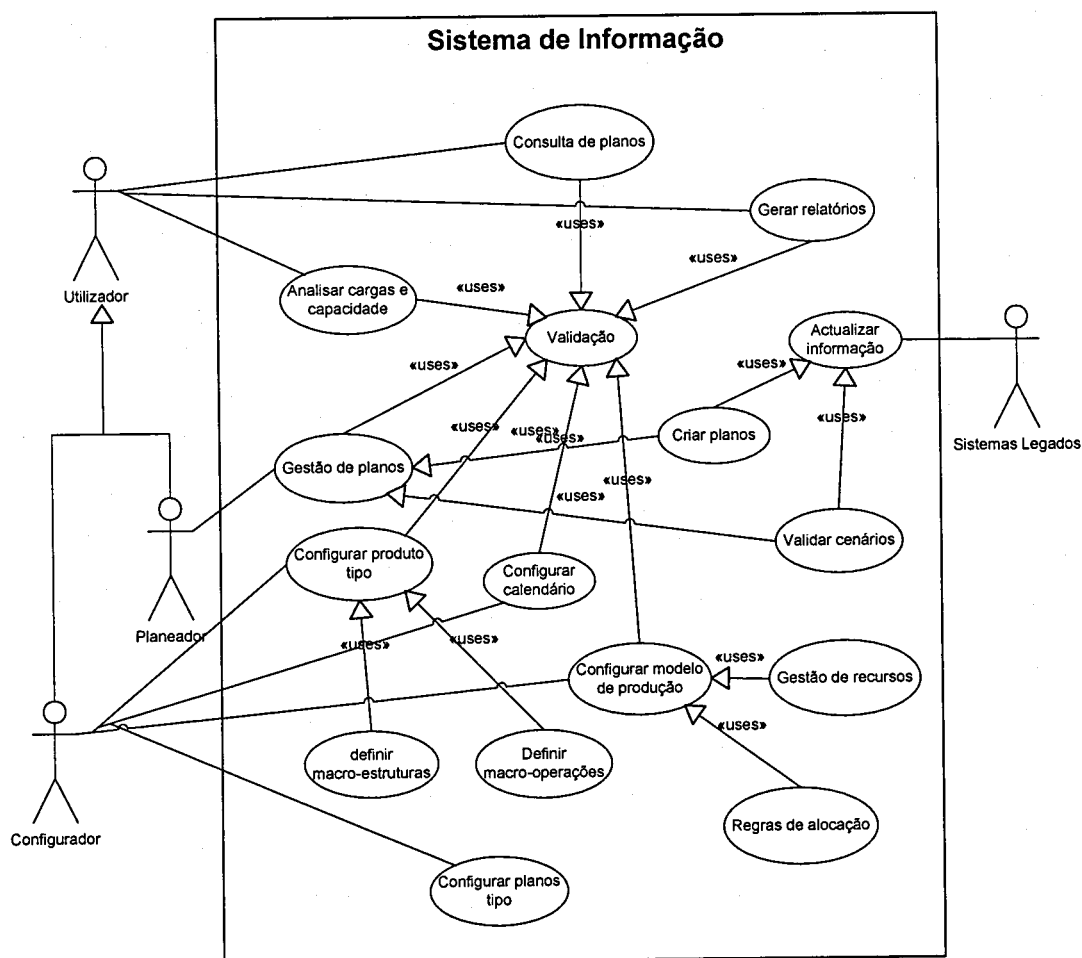


Figura 3.1 – Diagrama de casos de uso do sistema de informação

O conjunto de funcionalidades consideradas, e ilustradas no diagrama de casos de uso apresentado, poderá ser enquadrado num sistema de informação que terá o propósito principal de apoiar a tomada de decisão em problemas do domínio do planeamento da produção. Neste sentido, é apresentada na secção seguinte a antevisão de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) que satisfaz os requisitos considerados.

3.4 Sistema de apoio à decisão

Nos dias de hoje e cada vez mais as decisões são tomadas em ambientes cada vez mais complexos e dinâmicos. A imensa informação existente e o aumento da concorrência faz com que erros nas tomadas de decisões possam ter consequências muito graves para as empresas. Os agentes de decisão devem, por isso, ter acesso a ferramentas que lhes possibilitem analisar diferentes cenários, eventualmente alternativos, num quadro essencialmente situado a um nível tático. Neste contexto, os sistemas de apoio à decisão (SAD), fornecem capacidade de modelização de situações reais, podendo-se abordar problemas, mais ou menos complexos, através da análise de cenários alternativos.

No âmbito do trabalho realizado, e procurando satisfazer os requisitos identificados, procedeu-se ao desenvolvimento de um SAD de modo a que o agente de decisão (planeador) tenha as suas tarefas de decisão de planeamento mais simplificadas e consiga igualmente ultrapassar as limitações principais geralmente associadas aos sistemas de planeamento da produção baseados no MRP-II.

3.4.1 Os processos de tomada de decisões e o SAD

Para desenvolver um sistema informático que pudesse apoiar os agentes de decisão no planeamento de produção de produtos complexos, tivemos em conta os três níveis hierárquicos tradicionalmente considerados no âmbito do planeamento de produção: planeamento estratégico, tático e operacional.

É principalmente no nível tático e operacional que o SAD vai actuar. Note-se, que é ao nível tático que existe a responsabilidade da alocação dos recursos disponíveis e a exploração da forma mais eficiente possível do potencial existente na empresa e é ao nível operacional que compete tirar o máximo rendimento dos recursos existentes e nomeadamente quanto à sua sincronização e coordenação.

O SAD proposto, apesar de autónomo, funciona acoplado ao sistema de gestão MRP-II (a partir deste instante denominado sistema informático base - SIB).

Procura-se com esta abordagem que por um lado todos os dados necessários para o planeamento disponíveis pelo SIB sejam disponibilizados ao SAD (nomeadamente, informação estática e dinâmica) e por outro lado, que todos os resultados provenientes do SAD sejam recebidos pelo SIB.

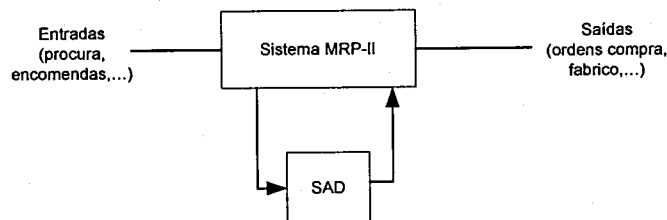


Figura 3.2 – Interação do SAD com o sistema legado (MRP-II)

A figura 3.2 ilustra a interligação entre o SAD proposto e o SIB. Ao nível mais alto o SAD pode ser visto como um ‘add-on’ ao sistema de informação de base.

3.4.2 Interação entre SAD e SIB

Na figura 3.3 estão representadas as ligações existentes entre o sistema SAD e o SIB. O sistema SAD encontra-se estruturado em dois níveis; o primeiro nível é composto pelo módulo de configuração do sistema e o segundo nível é composto pelo módulo de avaliação e planeamento.

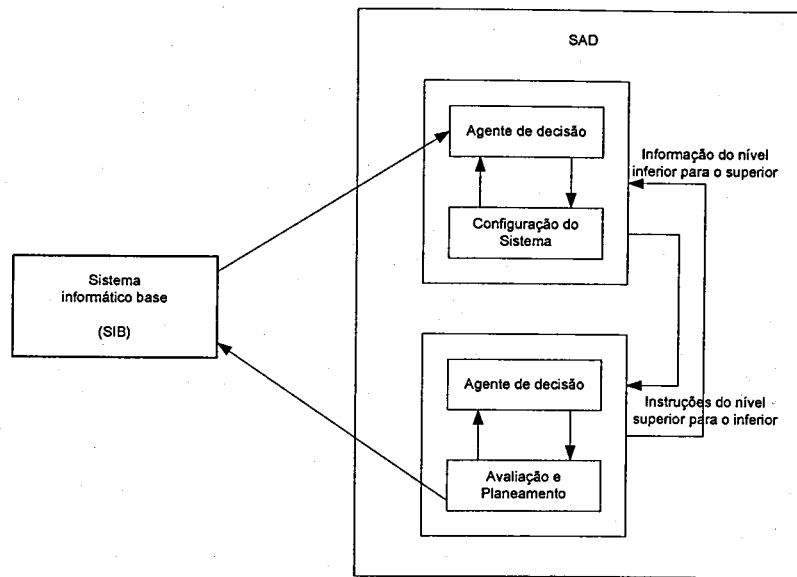


Figura 3.3 – Ligações existentes entre o SAD e o SIB

De forma a elaborar a configuração do sistema, o SIB fornece ao SAD diversa informação (estática e dinâmica), nomeadamente:

- Calendários da produção;
- Encomendas firmes e previsionais;
- Ordem de produção planeada;
- Rotas de produção associadas às ordens;
- Informação relativa a recursos produtivos;
- Stock existente de produtos acabados e em curso;
- Capacidade de produção associada aos diversos recursos;
- Estrutura de produtos.

Com base nestas informações, o configurador poderá então definir o modelo de produção, os produtos tipo, os planos tipo e o calendário geral e específico a cada recurso crítico.

No segundo nível do SAD encontra-se o módulo de avaliação e planeamento do sistema. É neste módulo que o planeador poderá comparar e analisar várias soluções

possíveis para o plano de produção através da construção de cenários alternativos e igualmente poderá despoletar o processo de optimização das ordens de fabrico planeadas ou geradas no SIB.

3.4.3 Arquitectura lógica do SAD desenvolvido

A arquitectura lógica permite evidenciar as propriedades funcionais do sistema satisfazendo os requisitos considerados. A figura 3.4 ilustra a decomposição horizontal do SAD em camadas. Propõe-se para este sistema, uma arquitectura com três camadas: a camada de interface com o utilizador, a camada de regras e modelos e a camada da base de dados.

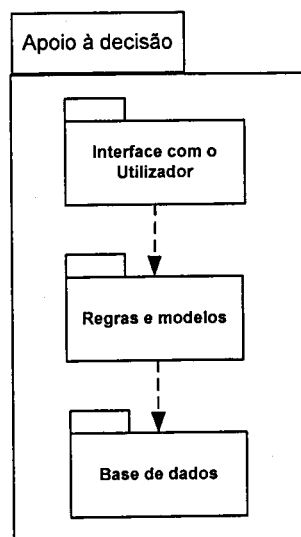


Figura 3.4 – Arquitectura lógica do sistema

A arquitectura em três camadas permite o necessário desacoplamento entre a lógica de funcionamento de aplicação propriamente dita e a informação utilizada. Por outro lado esta arquitectura não restringe a evolução futura do sistema.

A decomposição do sistema em módulos funcionais (representados por packages em UML) é ilustrada na figura 3.5. Cada um desses módulos será descrito em seguida.

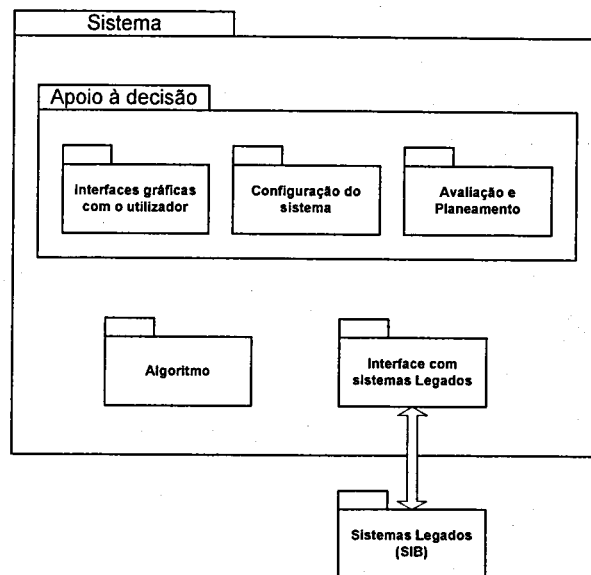


Figura 3.5 – Módulos funcionais do sistema

- **Módulo de interfaces gráficas**

Permite que sejam disponibilizadas informações relativas à calendarização das ordens de produção, lista de encomendas e indicações da grande ocupação da capacidade e de atrasos existentes na produção. No interface gráfico a desenvolver a interação entre o utilizador e o sistema será amigável, simples e projectada de forma a minimizar o esforço de aprendizagem por parte do utilizador.

- **Módulo da configuração do sistema**

É neste módulo que se faz toda a configuração do sistema, definindo-se o modelo do processo de produção, os produtos tipo e o calendário geral e específico a cada recurso crítico.

- **Módulo de avaliação e planeamento**

Este módulo permite que o agente de decisão compare e analise as várias soluções possíveis para o plano de produção, resultantes dos diversos cenários de planeamento.

- **O módulo de algoritmo**

Este é o módulo onde se encontra o algoritmo a utilizar no contexto das

actividades de planeamento (geração de novos planos de acordo com os cenários considerados, optimização dos planos de produção correntes – re-calendarização das ordens de produção).

- **O módulo de interface com sistemas legados**

Este módulo é o responsável pela integração do SAD com sistemas legados, nomeadamente o SIB com o propósito da obtenção de informação necessária à configuração do sistema, nomeadamente, da estrutura produtiva e informações relativas a ordens de produção.

3.4.4 Principais cenários de utilização do sistema

O sistema de apoio à decisão terá como principais cenários de utilização, o cenário de optimização dos planos de produção gerados no SIB, o de planeamento de novas encomendas e o de construção de planos alternativos.

- **Optimização dos planos de produção gerados no SIB**

É um cenário no qual os planos de produção gerados pelo SIB são importados para posterior optimização. Essa optimização pode passar pela re-calendarização do plano e pela especificação de recurso críticos.

- **Planeamento de novas encomendas**

Neste cenário de utilização o agente de decisão analisa o efeito de uma encomenda no sistema de produção. Determina se é possível satisfazer a encomenda com recurso à capacidade instalada, sem exceder restrições de capacidade nem alterar de forma significativa a data de entrega ao cliente.

- **Construção de planos alternativos**

É a partir de informações provenientes das previsões comerciais e da lista de encomendas que o agente de decisão elabora o planeamento da produção para um determinado período ou horizonte de planeamento. Para esse horizonte de planeamento são disponibilizadas estimativas de capacidade produtiva assim como

estimativas de quantidades de matéria-prima e composição de stocks iniciais. Através destes elementos, o agente de decisão tem a possibilidade de construir cenários previsionais para os quais procura obter planos de produção satisfatórios. Os diversos planos, sobre os diversos cenários, são avaliados comparativamente ao nível da rentabilidade, de prazos de entrega e grau de satisfação com as especificações das encomendas. Na sequência desta avaliação o agente pode se entender, fazer ajustes correctivos. Através da avaliação e ajuste destes planos é possível também, realizar ajustes na área da produção relativamente ao planeamento da capacidade produtiva.

Capítulo 4

Modelação de um SGP Orientado à Produção de Produtos Complexos

- 4.1 Desenvolvimento do Modelo Proposto
- 4.2 Modelação dos sistemas MRP-II

4 MODELAÇÃO DE UM SGP ORIENTADO À PRODUÇÃO DE PRODUTOS COMPLEXOS

Este capítulo tem como principal objectivo a modelação do sistema de informação de suporte ao planeamento de produção de produtos complexos. No início do capítulo é feita uma descrição do SAD e algumas comparações com o seu sistema de base – MRP-II. Segue-se a apresentação da sua arquitectura geral e o algoritmo para a avaliação da capacidade. Conclui-se o capítulo com a modelação do novo sistema. Nesse sentido, serão apresentados diagramas de casos de uso, de classes e de actividades, de modo a ser feita uma análise detalhada do sistema.

4.1 Desenvolvimento do modelo proposto

O SAD proposto neste trabalho de investigação tem como base, o fluxo de informação de produção dos sistemas MRP-II. De forma a compreender com clareza as vantagens do SAD proposto parece-nos importante salientar as funcionalidades e as classes do domínio no qual tradicionalmente o sistema MRP-II opera. Para tal, foram elaborados, de modo simplificado, os diagramas de casos de uso e o de classes ilustrados nas figuras 4.1 e 4.2 respectivamente.

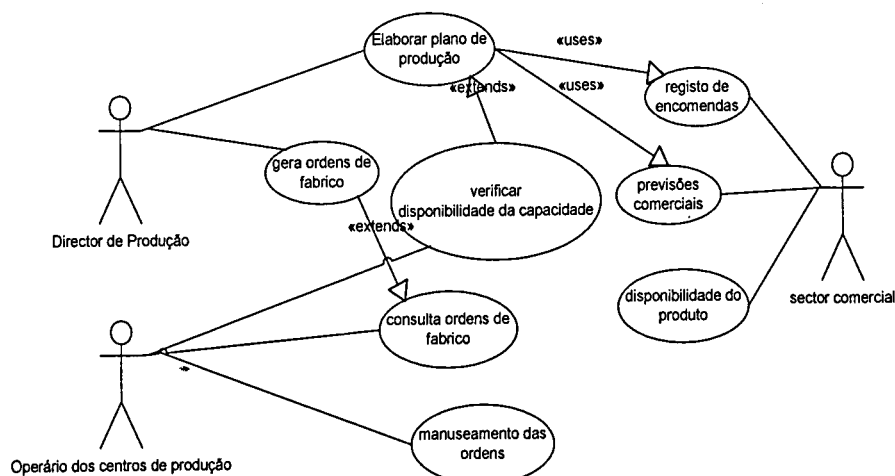


Figura 4.1 – Diagrama de caso de uso do sistema MRP-II

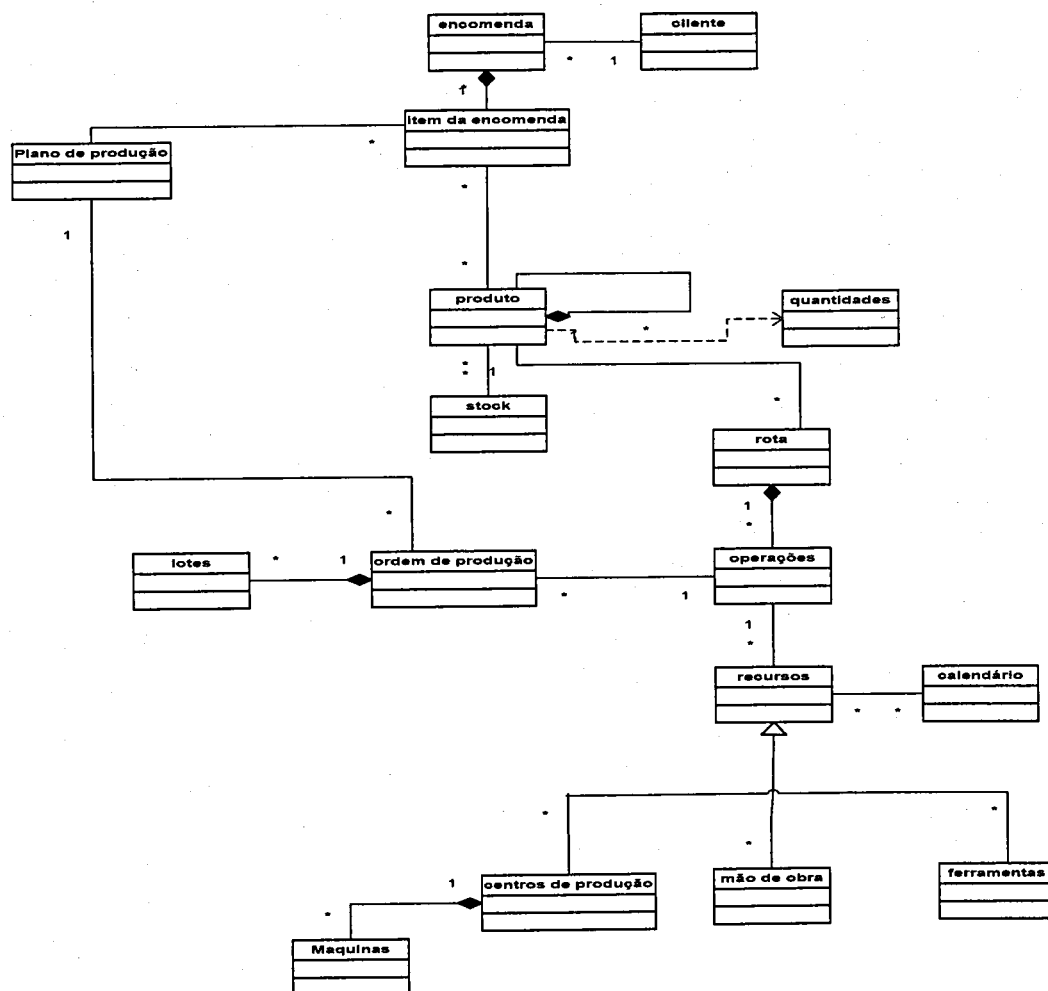


Figura 4.2 – Diagrama de classes do sistema MRP-II (modelo de dados)

Identificam-se através da figura 4.1, os três actores do sistema: sector comercial, director de produção, operário do centro de produção e as tarefas associadas a cada actor. Através da figura 4.2, identificam-se as relações existentes nas classes consideradas no sistema. Note-se que para cada cliente são estabelecidas relações com encomendas, compostas por diversos itens (item da encomenda) e que o plano de produção vai, por um lado, estabelecer relações com o item de encomenda e por outro, com a ordem de produção. Relacionado com o item de encomenda existem os produtos que por sua vez estabelecem relações com a rota planeada para a

sua execução.

A rota é constituída por uma ou mais operações estabelecendo relações com a ordem de produção e com os vários recursos existentes.

Feita esta pequena análise às principais funções e às principais entidades de informação no qual o sistema MRP-II se baseia, propomos então para o novo sistema uma estrutura em dois níveis: o primeiro associado ao processo de planeamento e o segundo associado à avaliação da capacidade.

Pretende-se com estes dois módulos fazer um planeamento do processo produtivo através de uma correspondência directa entre o planeamento e a capacidade (figura 4.3); desta forma, a partir do momento em que os pedidos dos clientes (encomendas) entram no sistema, será feito um planeamento do processo produtivo considerando vários cenários possíveis, nomeadamente cenários de calendários de capacidade das unidades produtivas e associações de macro-operações a unidades produtivas, de modo a que se possa avaliar as consequências que têm na produção.

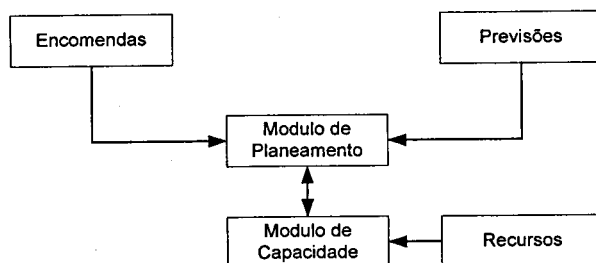


Figura 4.3 – Modelo do planeamento da produção

É importante salientar, que nos sistemas MRP-II esta correspondência directa não existe. Na verdade, o módulo de planeamento apenas interage com o módulo de capacidade quando o planeador necessita de refazer o plano em virtude de eventuais alterações de quantidades, datas de início ou de conclusão associadas às encomendas.

Outra das desvantagens do sistema MRP-II já referida anteriormente,

consiste no facto de possuir uma estrutura de produtos muito complexa dado o número de operações necessárias ao fabrico de um produto final. Desta forma, foram consideradas associações de operações em macro-operações, diminuindo-se assim a complexidade e o detalhe da estrutura de produtos e das rotas de produção. A figura 4.4 ilustra o modelo proposto no SAD para diminuição da complexidade da estrutura de produtos.

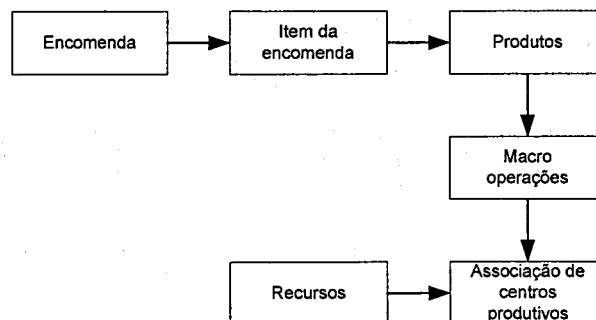


Figura 4.4 – Modelo simplificado da estrutura de produtos

Outro requisito que se pretende atender com o SAD consiste em definir recursos críticos denominados por *bottlenecks* do sistema produtivo, de forma a que se possa fazer um planeamento da capacidade com maior rigor, evitando os *lead times* fixos dos sistemas MRP-II. Para tal, no SAD proposto, a alocação das macro-operações às unidades de produção que constituem um centro de produção terão que ter em conta as capacidades das unidades de produção, assim como, os recursos críticos do sistema de produção.

4.1.1 Arquitectura geral do SAD

Com base nos requisitos propostos e no fluxo de informação do sistema MRP-II, o SAD será esquematizado da seguinte forma (figura 4.5):

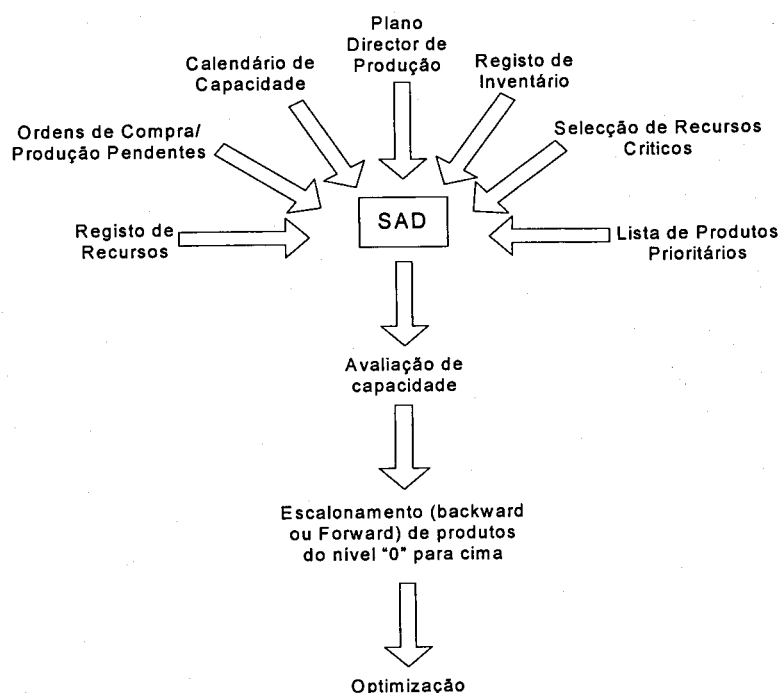


Figura 4.5 – Fluxo de Informações do SAD

Como se pode verificar pela figura 4.5, para que a capacidade da produção seja avaliada, tendo em conta os recursos críticos existentes, o novo sistema necessitará de informação adicional face aos sistemas MRP-II. Para tal, para além da informação proveniente do PDP, da estrutura de produtos, do registo de inventário e das rotas de produção, o SAD terá que ter também, informação necessária para poder fazer uma selecção de recursos críticos, uma lista de produtos prioritários e um calendário de capacidade.

Segundo Bastos *et al* (1998), um recurso crítico é um gargalo¹ no processo produtivo, ou seja, é um recurso que estrangula todo o processo produtivo, sendo por isso conveniente que seja optimizado de modo a maximizar os recursos e consequentemente aumentar a capacidade do processo produtivo. A selecção de um recurso crítico é, segundo Plenert G. (1999), baseada na contribuição que um dado recurso tem para a produção, ou seja, o recurso que for mais lucrativo e vantajoso

¹ Na literatura anglo-saxónica, um gargalo do processo produtivo é designado por *Bottleneck* do processo produtivo.

para o processo produtivo será considerado como recurso crítico.

A lista de produtos prioritários tem como propósito sequenciar todos os produtos que estão no mesmo nível de categoria para que possam ser os primeiros a serem escalonados. Como exemplo, temos os produtos que são considerados críticos, que podem ser críticos pelo facto de se querer atender mais rapidamente a um pedido de um cliente ou então pelo simples facto de possuírem um custo elevado para a produção.

O calendário de capacidade é mais um dado de entrada de grande importância para o sistema, uma vez que é baseado nele que o planeamento da produção é feito. É importante salientar mais uma vez, que nos sistemas MRP-II primeiro é feito o planeamento e só depois é verificada a capacidade dos vários recursos existentes, o que provoca muitas vezes atrasos de *lead times*.

A fluxograma da figura 4.6 ilustra, de uma forma mais detalhada, o modo de funcionamento do SAD.

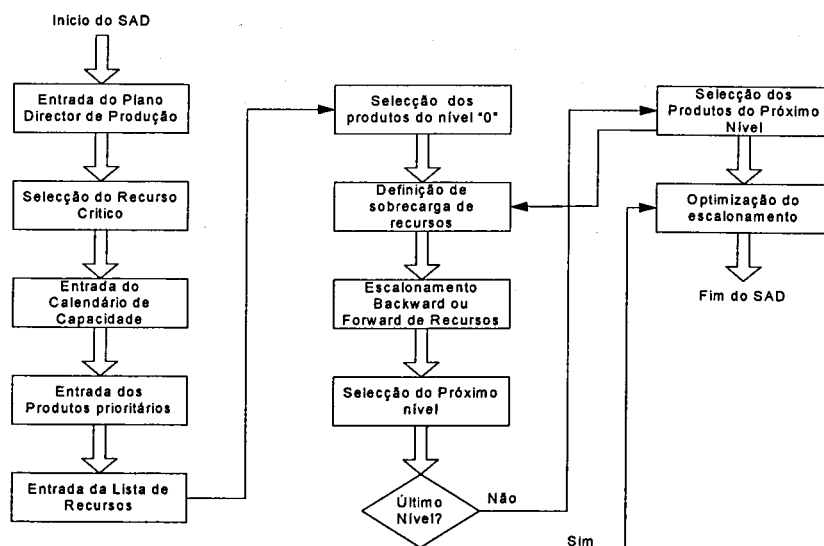


Figura 4.6 – Fluxograma do SAD

O processo começa com a entrada dos dados do PDP no sistema, dados esses que definem os pedidos feitos pelos clientes. Após a entrada desses dados será seleccionado o recurso crítico. Esta selecção será baseada no estrangulamento que um dado recurso provoque no processo produtivo.

Feita a identificação e selecção do recurso crítico dá-se a entrada do calendário de capacidade no sistema onde poderão ser focados alguns recursos, todos os recursos ou apenas o recurso crítico. A prioridade dos produtos é outro dado de entrada que o sistema terá; desta forma, os produtos que pertençam ao mesmo nível de categoria, os que são mais críticos ou aqueles que devem ser entregues primeiro para satisfazer um pedido de um cliente serão os primeiros a serem escalonados.

O próximo passo, será a entrada da lista de recursos no sistema. Esta lista identifica todos os recursos utilizados no processo produtivo, nomeadamente a lista de materiais, de máquinas, de operários, etc..

Após todas as entradas de dados no sistema, processam-se os itens do nível “0”. Caso não haja sobrecarga de nenhum recurso os itens podem ser escalonados, caso contrário, um algoritmo de re-escalonamento baseado no *backward scheduling* ou no *forward scheduling* será usado. Este processo será feito em todos os níveis existentes.

Feita esta análise da capacidade em todos os níveis, verifica-se se a capacidade total é suficiente para satisfazer todos os pedidos de encomendas. Se houver capacidade não existirá problema e todos os pedidos serão atendidos; caso contrário, poder-se-á optar por duas soluções: aumentar a capacidade ou otimizar o mix de produtos de encomenda à capacidade definida.

Poder-se-á então dizer, que o sistema proposto envolve componentes distintos que interagem de forma integrada. Os principais componentes considerados foram os seguintes:

- Modelo de configuração do sistema – configura os dados de entrada no sistema, como por exemplo, os recursos críticos e a lista de produtos prioritários.
- Modelo de avaliação e planeamento – avalia os cenários possíveis de produção sob o ponto de vista de capacidade, em cada uma das unidades produtivas do centro de produção.

A figura 4.7 ilustra a arquitectura geral do sistema.

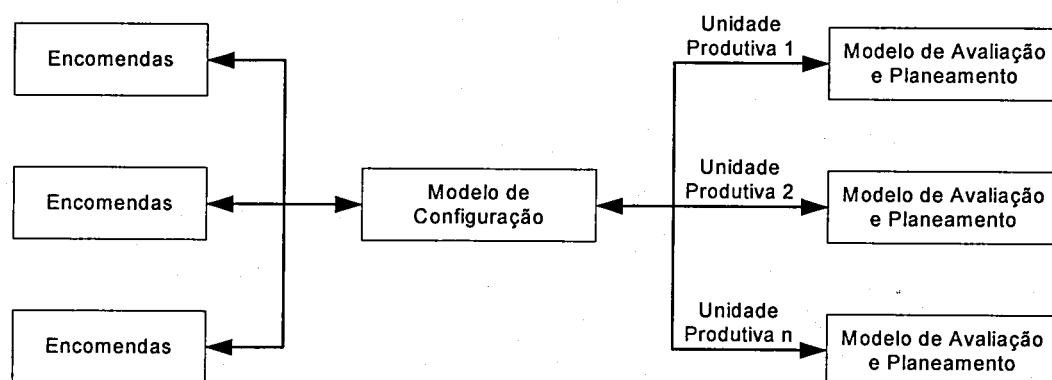


Figura 4.7 – Arquitectura geral do sistema

4.1.2 Algoritmo proposto para a identificação de recursos críticos

Num sistema de produção com produtos complexos, uma das dificuldades acrescidas relativamente aos problemas habituais de planeamento surge do facto da capacidade ser dependente do nível de *mix* de produtos. É por este motivo que a identificação de recursos críticos se torna numa tarefa tão complexa.

Uma outra dificuldade da identificação dos recursos críticos, reside no facto do processo de chegada das ordens de fabrico à oficina poder ser estático ou dinâmico. No caso de ser estático, o conjunto de ordens de fabrico chega simultaneamente à oficina, num determinado instante t e a partir desse instante t até ao fim do horizonte de planeamento, não se verifica a chegada de mais nenhuma ordem de fabrico. Quando o processo de chegada é dinâmico, a chegada de ordens de fabrico à oficina faz-se de uma forma intermitente. Ora, em situações em que o processo de chegada das ordens de fabrico é estático, a identificação dos recursos *bottlenecks* seria razoavelmente fácil de se fazer; em contrapartida, quando a chegada das ordens é intermitente, o processo de identificação torna-se bastante mais complexo.

Uma solução proposta para este problema, baseia-se no conceito de detecção dinâmica de *bottlenecks* proposto por Bastos (1998). Os *bottlenecks*, os gargalos do

processo produtivo, estrangulam o fluxo de materiais e recursos, sendo por isso conveniente, que sejam optimizados de modo a maximizar os recursos e consequentemente, aumentar a capacidade do processo produtivo. Neste sentido, o algoritmo proposto terá basicamente duas fases; numa primeira fase identificam-se os *bottlenecks* a serem optimizados; e numa segunda fase, para as operações que antecedem os *bottlenecks* utilizará um escalonamento para trás e para as que estão posterior aos *bottlenecks* um escalonamento para a frente.

Nesta solução, existe a intervenção de um perito em planeamento, que define por defeito qual o recurso que para ele, se comporta como gargalo no processo produtivo, assim como, define também um conjunto de candidatos de recursos que poderão causar estrangulamentos. Após esta identificação o modelo de avaliação de capacidade através do recurso de *bottleneck* definido por defeito, está apto para avaliar a capacidade do processo produtivo quando há inserção de novas ordens, carregando o *bottleneck* definido por defeito e usando a sua capacidade para responder aos pedidos. Entretanto, o algoritmo carrega os candidatos a *bottlenecks* de uma forma mais rápida e agregada. Quando o modelo fica perto de atingir o máximo da capacidade, o mecanismo de detecção dinâmica de *bottlenecks* verifica se algum dos candidatos atingiu a condição de ser um *bottleneck* efectivo. Tal é feito verificando se a carga deste é maior ou menor da do *bottleneck* efectivo. Se essa condição se verificar, ou seja, se a carga do candidato for maior do que a do *bottleneck* efectivo, haverá uma troca entre o candidato e o *bottleneck* efectivo actual, passando então o candidato a ser o novo *bottleneck* efectivo. Com esta troca de *bottlenecks*, os recursos de capacidade serão agora computados pelo novo *bottleneck* efectivo. Este procedimento realiza assim uma pesquisa continua de *bottlenecks*, para todos os períodos de horizonte de planeamento.

A interacção do utilizador neste processo, tem um papel fundamental; é o utilizador do sistema, que através de interfaces gráficas faz a definição do *bottleneck* por defeito e dos respectivos candidatos.

4.2 Modelação do novo Sistema

Os casos de uso do novo modelo exprimem os requisitos propostos no capítulo três desta dissertação e podem ser divididos em dois tipos: os casos de uso de configuração do sistema e os casos de uso de Avaliação e planeamento (figura 4.8).

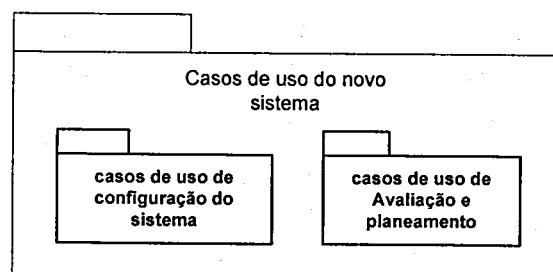


Figura 4.8 – Casos de uso do Novo SGP

Para uma melhor compreensão de todo o sistema, dada a sua complexidade, será feita uma análise detalhada para cada “caso de uso”.

4.2.1 Casos de uso de configuração do sistema

Na configuração do sistema (figura 4.9) existe apenas um actor: o configurador. Este actor tem responsabilidades ao nível da configuração do processo produtivo, da lista de produtos tipo, da lista de encomendas, e da configuração dos centros de produção.

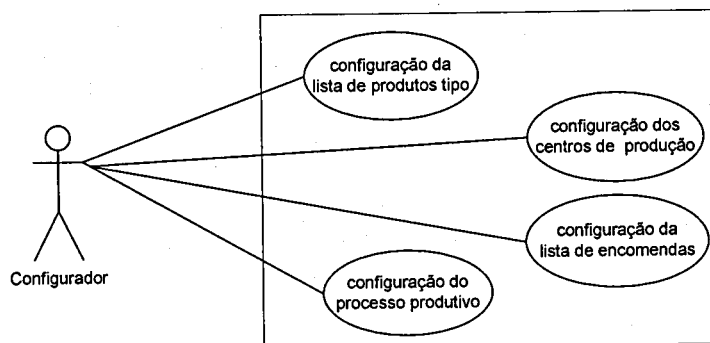


Figura 4.9 – Diagrama de caso de uso da configuração do sistema

4.2.1.1 Caso de uso configuração da lista de produtos

Uma das funções do configurador é a configuração da lista de produtos. Este caso de uso representa os processos de criação e manutenção dos dados dos vários produtos que constituem a lista de produtos dos processos produtivos, nomeadamente, as matérias primas, os produtos acabados e os produtos em fabrico.

Visão detalhada do caso de uso

Os casos de uso mais importantes na configuração da lista de produtos são a criação de novos produtos na lista de produtos já existente e a manutenção² dos dados dos produtos já existentes. As figuras 4.10 e 4.11 ilustram a estrutura dos casos de uso “Criar novos produtos” e “Manutenção dos produtos”, respectivamente.

² A manutenção dos dados engloba acções de manutenção e eliminação de dados.

Caso de Uso:	Criação de novos produtos tipo
Actores:	Configurador
Finalidade:	Registar no sistema a criação de novas encomendas
Pré-condições:	Não existem
Sequência Normal dos Eventos	
Ações dos Actores	Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende configurar a lista de produtos tipo.	
2. O configurador verifica se os produtos têm os elementos necessários para serem introduzidos no sistema.	
4. O configurador introduz os dados necessários para a criação do novo produto e confirma com a opção “Criar”.	3. O sistema apresenta um conjunto de campos editáveis relativos aos dados dos produtos a criar.
	5. O sistema cria e actualiza os dados na base de dados.

Figura 4.10 – Descrição estruturada do caso de uso “ Criação de novos produtos”

Caso de Uso:	Manutenção dos Produtos
Actores:	Configurador
Finalidade:	Modificar ou eliminar dados dos produtos existentes na lista de produtos
Pré-condições:	Não existem
Sequência Normal dos Eventos	
Ações dos Actores	Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende fazer a manutenção (modificação ou eliminação) dos dados dos produtos que constituem a lista de produtos	
	2. O sistema disponibiliza os dados dos produtos existentes
3. O configurador introduz alteração dos dados no sistema	
	4. O sistema actualiza os dados na base de dados.

Figura 4.11 – Descrição estruturada do caso de uso “ Manutenção dos produtos”

Cenário do caso de uso

Quando o configurador pretende configurar a lista de produtos, o sistema apresenta uma lista de produtos seleccionável a partir da qual, pode escolher o produto que deseja para manutenção. O sistema permite ainda que se possa criar, modificar e eliminar um determinado produto. Para cada um dos casos, os dados são guardados ou eliminados respectivamente, na base de dados. A figura 4.12 ilustra o diagrama de actividades³ deste caso de uso.

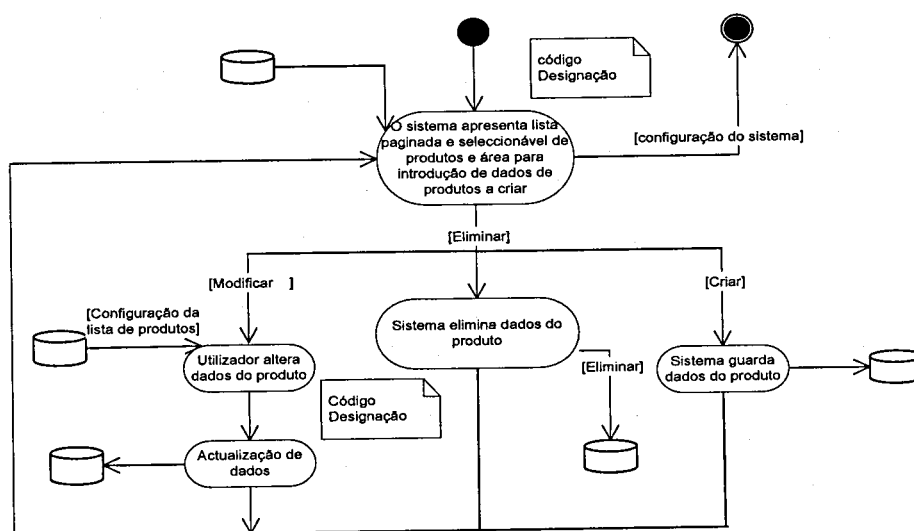


Figura 4.12 – Diagrama de actividades do caso de uso configuração da lista de produtos

4.2.1.2 Caso de uso configuração do centro de produção

Este caso de uso configura os vários dados do centro de produção do sistema produtivo; os dados dizem respeito à definição da calendarização da capacidade dos centros produtivos e das macro-operações que são executadas nesses centros.

³ O diagrama de actividades permite descrever fluxos de trabalho numa organização ou para detalhar operações de uma classe.

Visão detalhada do caso de uso

Na configuração dos centros de produção, os casos de uso mais importantes são a criação de novas unidades de produção, a manutenção dos dados dos produtos já existentes, a configuração da capacidade das unidades de produção e a associação de macro-operações à unidade de produção. As figuras 4.13, 4.14, 4.15 e 4.16 ilustram a estrutura dos casos de uso de “Criação de novas unidades de produção”, “Manutenção das unidades de produção”, “Configuração da capacidade das unidades de produção” e “Associação de macro-operações”, respectivamente.

Caso de Uso:	Criação de unidades de produção	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Registar no sistema a criação de novas unidades de produção	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores		Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende criar uma nova unidade de produção.		
2. O Director de produção verifica se tem todos os dados necessários para introduzir no sistema.		
4. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova unidade de produção		3. O sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à unidade de produção a criar.
		5. O sistema actualiza os dados na base de dados.

Figura 4.13 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de unidades de produção”

Caso de Uso:	Manutenção das unidade de produção	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Modificar ou eliminar dados das unidade de produção existentes nos centros de produção	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende modificar ou eliminar dados das unidades de produção		
	2. O sistema disponibiliza os dados gerais das unidades de produção existentes no centro de produção.	
3. O configurador selecciona a unidade de produção que pretende, para efectuar manutenção.		
4. O configurador introduz alteração no sistema	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.	

Figura 4.14 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção das Unidades de produção”

Caso de Uso:	Configuração da capacidade das unidades de produção
Actores:	Configurador
Finalidade:	Criação e/ou manutenção de versões de configuração de capacidade
Pré-condições:	Não existem
Sequência Normal dos Eventos	
Ações dos Actores	Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende configurar a capacidade das unidades produtivas	
2. O configurador poderá:	
a. Criar nova versão de capacidade;	
b. Modificar dados de uma versão já existente;	
c. Eliminar dados de uma versão já existente;	
d. Configurar o calendário de capacidade.	
	3. Se o configurador pretender criar nova versão de capacidade, o sistema

4. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova unidade de produção. 7. O configurador selecciona a partir da lista existente, a versão que pretende modificar ou eliminar. 8. O configurador introduz/elimina dados. 11. O configurador introduz dados no sistema.	disponibiliza os campos editáveis relativos à versão da capacidade. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o configurador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza lista das versões já existentes. 9. O sistema actualiza base de dados 10. Se o configurador pretender configurar o calendário da capacidade, o sistema disponibilizará os dados necessários para a configuração do calendário de capacidade. 12. O sistema actualiza os dados.
---	--

Figura 4.15 – Descrição estruturada do caso de uso “ Configuração da capacidade das unidades de produção”

Caso de Uso:	Associar Macro-operações	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Associar macro-operações às unidades de produção	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende associar macro-operações às unidades de produção. 2. O configurador poderá: a. Criar nova versão de capacidade; b. Modificar dados de uma versão já existente; c. Eliminar dados de uma versão já existente; .	3. Se o configurador pretender criar nova associação, o sistema disponibiliza os	

4. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova associação e indica ao sistema para proceder à criação. 7. O configurador selecciona a partir da lista existente, a versão que pretende modificar ou eliminar. 8. O configurador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.	campos editáveis relativos à versão da capacidade. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o configurador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza lista de dados correspondentes às associações existentes. 9. O sistema actualiza base de dados
--	---

Figura 4.16 – Descrição estruturada do caso de uso “ Associar macro-operação”

Cenário do caso de uso

É apresentado ao utilizador, uma lista de unidades de produção a partir da qual, pode ser escolhida a unidade que se pretende. O sistema permite ainda que se possa criar, modificar e eliminar uma determinada unidade de produção. Para cada um dos casos, os dados são guardados ou eliminados respectivamente na base de dados. A descrição de uma unidade de produção envolve um código, uma designação, as configurações do calendário de capacidade (a data de inicio, a duração e a capacidade) e a associação de macro-operações à unidade de produção em questão (caracterizadas pelo factor de carga⁴). A figura 4.17, ilustra o diagrama de actividade do caso de uso configuração do centro de produção.

O diagrama de actividades da configuração da capacidade, ilustrado na figura 4.18 apresenta também ao utilizador uma lista seleccionável de versões da

⁴ Ocupação de capacidade correspondente a uma execução elementar da macro-operação

configuração de capacidade do centro de produção, através da qual o utilizador pode escolher a que pretende. O sistema permite ainda que se possa criar, modificar e eliminar uma determinada configuração. Para cada um dos casos, os dados são guardados ou eliminados respectivamente na base de dados.

Nos diagramas da associação de macro-operações e da configuração do calendário de capacidade a filosofia é a mesma; é sempre apresentado uma lista seleccionável, onde o utilizador selecciona o que pretende, para que depois possa criar, alterar ou eliminar dados da base de dados. As figuras 4.19 e 4.20 representam respectivamente os diagramas de actividades da associação das macro-operações e da configuração do calendário de capacidade.

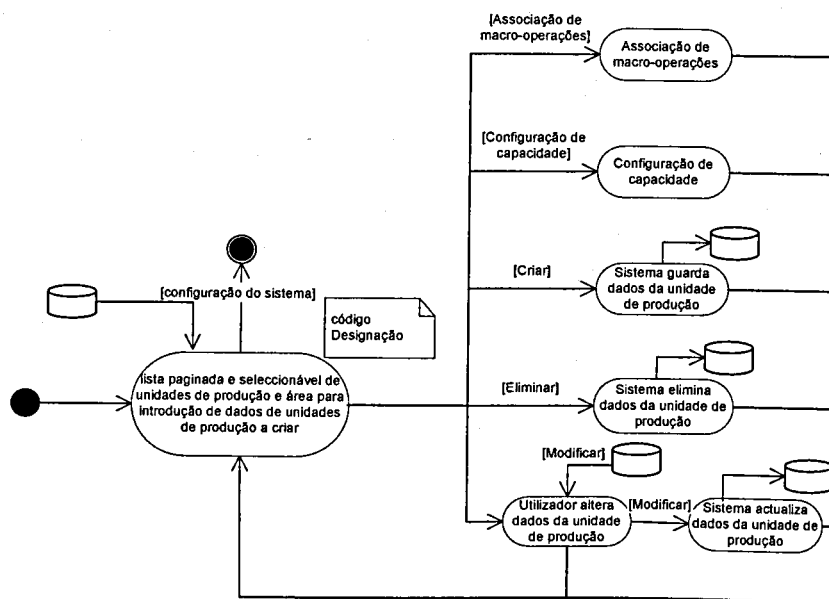


Figura 4.17 – Diagrama de actividades do caso de uso configuração do centro de produção

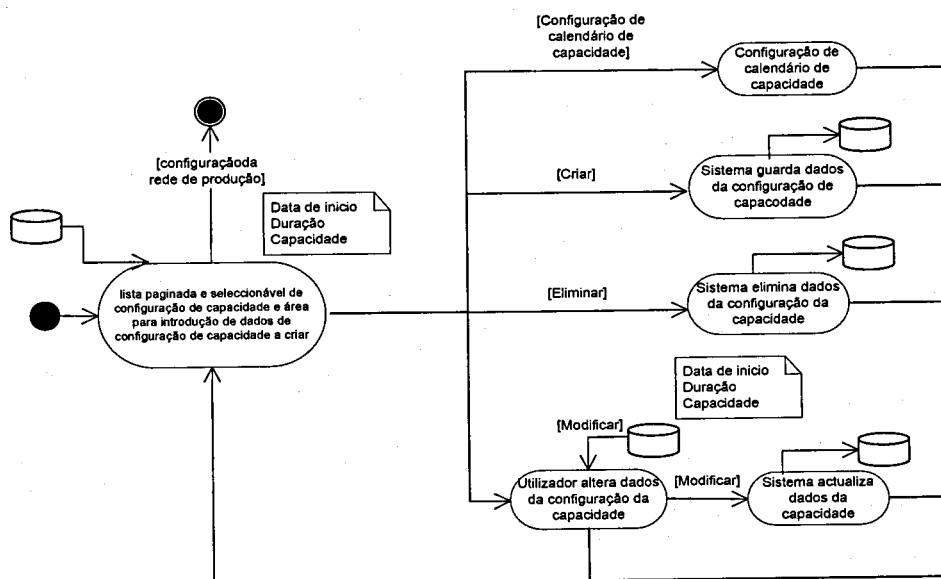


Figura 4.18 – Diagrama de actividades da configuração da capacidade

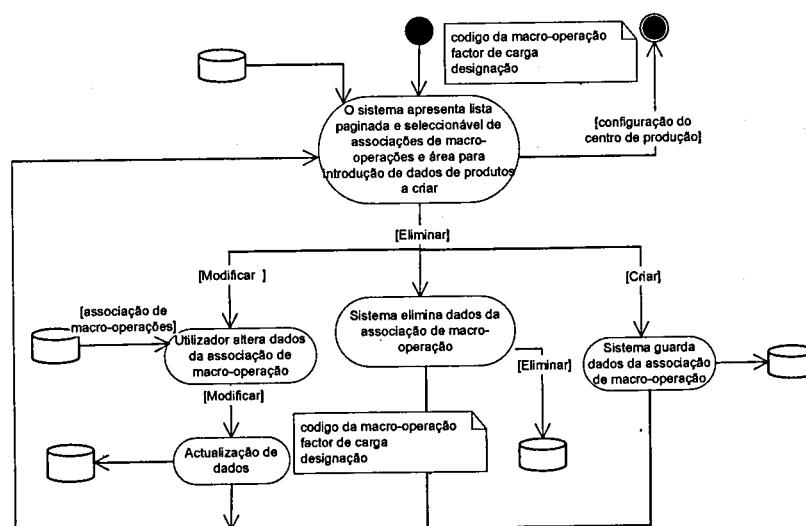


Figura 4.19 – Diagrama de actividades para a associação de macro-operações

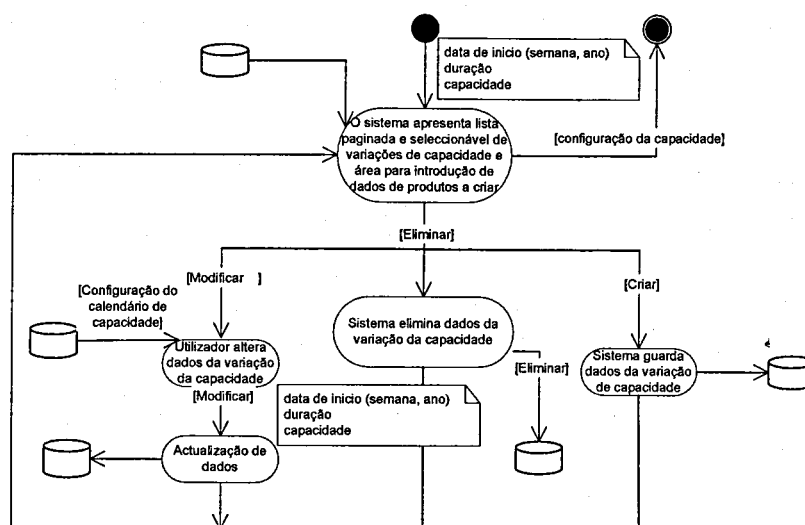


Figura 4.20 – Diagrama de actividades para a configuração do calendário de capacidade

4.2.1.3 Caso de uso configuração do processo produtivo

Este caso de uso representa os processos de criação e manutenção dos dados das macro-operações que compõem o processo produtivo considerado pelo sistema. Esses dados estão essencialmente relacionados com a caracterização das entradas e saídas das macro-operações (produtos e quantidades) e das unidades de produção em que a macro-operação é executável.

Visão detalhada do caso de uso

Os casos de uso mais importantes da configuração do processo produtivo são a criação de novas macro-operações, a manutenção⁵ dos dados das macro-operações já existentes, a configuração das entradas e saídas das macro-operações e a associação de unidades de produção à macro-operação. As figuras 4.21, 4.22, 4.23 e 4.24 ilustram a estrutura dos casos de uso “Criação de novas macro-operações”,

⁵ A manutenção dos dados engloba acções de modificação e eliminação de dados.

“Manutenção das macro-operações”, “Configuração das entradas/saídas” e “Associação de unidades de produção”, respectivamente.

Caso de Uso:	Criação de Macro-operações	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Registar no sistema a criação de novas Macro-operações	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores		Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende criar uma nova macro-operação.		
2. O configurador verifica se tem todos os dados necessários para introduzir no sistema.		
4. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova macro-operação		3. O sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à macro-operação a criar.
		5. O sistema actualiza os dados na base de dados.

Figura 4.21 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de macro-operações”

Caso de Uso:	Manutenção das macro-operações	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Modificar ou eliminar os vários dados que constituem as macro-operações	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende modificar ou eliminar dados das macro-operações.		
3. O configurador selecciona a macro-operação que pretende, para efectuar manutenção.	2. O sistema disponibiliza os dados gerais das macro-operações.	
4. O configurador introduz alteração no sistema	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.	

Figura 4.22 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção das macro-operações”

Caso de Uso:	Configuração das entradas e saídas	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Criação ou manutenção das entradas e saídas das macro-operações	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende configurar as entradas e saídas de uma macro-operação. 2. O configurador poderá: a) Criar nova entrada ou saída da macro-operação. b) Modificar/eliminar dados de uma entrada/saída já existente. 4. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova entrada/saída. 7. O configurador selecciona a partir da lista existente, a versão que pretende modificar ou eliminar. 8. O configurador introduz/elimina dados.	2. Se o configurador pretender criar nova entrada/saída, o sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à criação de uma nova entrada/saída. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o configurador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza uma lista com os dados das entradas/saídas já existentes. 9. O sistema actualiza base de dados	

Figura 4.23 – descrição estruturada do caso de uso “Configurar entradas/saídas”

Caso de Uso:	Associar unidades de produção
Actores:	Configurador
Finalidade:	Associar unidades de produção à macro-operação (unidades de produção nas quais a macro-operação é executável)
Pré-condições:	Não existem
Sequência Normal dos Eventos	
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende associar unidades de produção à macro-operação. 2. O configurador poderá: a) Criar nova associação. b) Modificar/eliminar dados já existentes; 3. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova associação e indica ao sistema para proceder à criação. 7. O configurador selecciona a partir da lista existente, a versão que pretende modificar ou eliminar. 8. O configurador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.	4. Se o configurador pretender criar nova associação, o sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à associação a criar. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o configurador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza lista de dados correspondentes às associações existentes. 9. O sistema actualiza base de dados

Figura 4.24 – Descrição estruturada do caso de uso “Associar Unidades de produção”

Cenário do caso de uso

O diagrama de actividades da figura 4.25 apresenta a configuração do processo produtivo. O sistema apresenta ao utilizador uma lista seleccionável de macro-operações. Após a escolha de uma, o utilizador pode criar, modificar ou eliminar dados dessas macro-operações; esses dados serão actualizados na base de dados. O diagrama de actividade de entradas e saídas da macro-operação assim como da associação das unidades de produção onde são executadas as macro-operações estão representados nas figuras 4.26 e 4.27 respectivamente. Para cada uma destas configurações existe também a possibilidade de criar, modificar ou eliminar os dados correspondentes das entradas e saídas das macro-operações assim como dos dados das associações de unidades de produção.

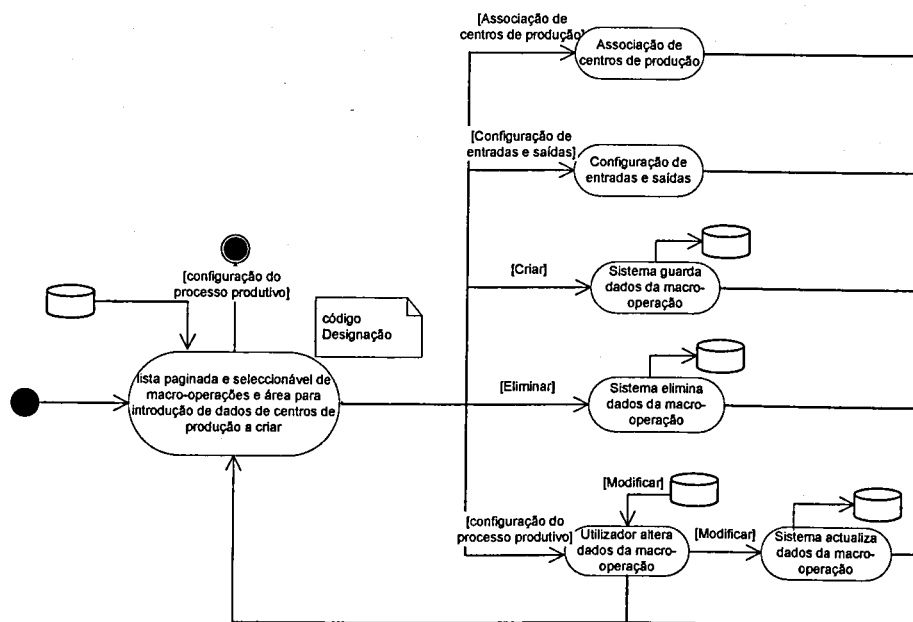


Figura 4.25 – Diagrama de actividades da configuração do processo produtivo

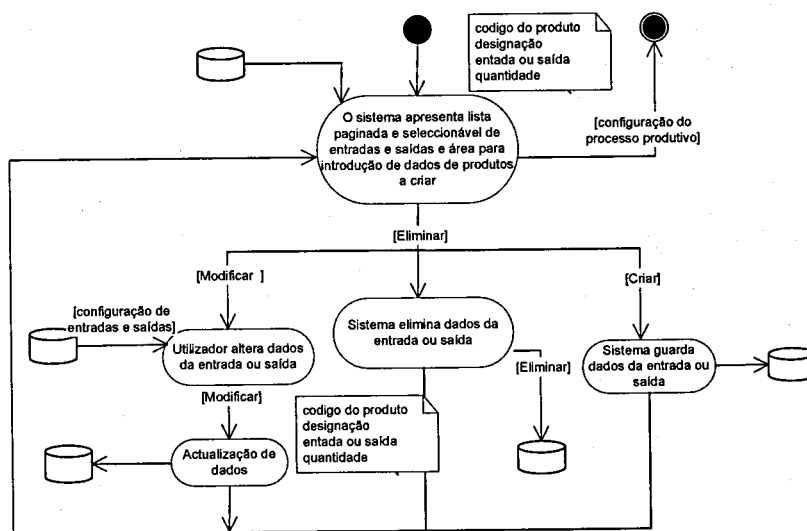


Figura 4.26 - Diagrama de actividades da configuração de entradas e saídas

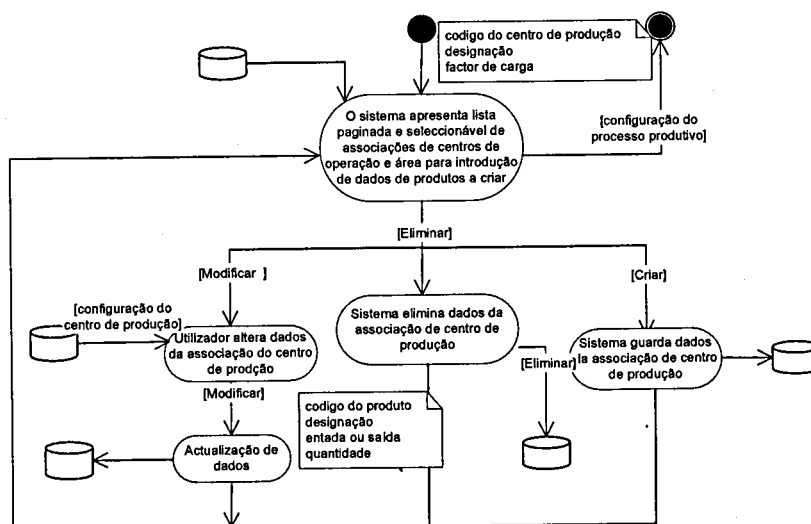


Figura 4.27 - Diagrama de actividades da associação de unidades de produção

4.2.1.4 Caso de uso da lista de encomendas

Este caso de uso é importante para o planeamento da produção, uma vez que representa o processo de criação e manutenção dos dados das encomendas que compõem a lista de encomendas da empresa. Esses dados estão essencialmente relacionados com as condições de entrega das encomendas (produtos, datas, quantidades).

Visão detalhada do caso de uso

Os casos de uso mais importantes da configuração da lista de encomendas são a criação de novas encomendas, a manutenção dos dados das encomendas já existentes no sistema e a caracterização das condições de entrega. As figuras 4.28, 4.29 e 4.30 ilustram a estrutura dos casos de uso “Criação de novas encomendas”, “Manutenção das encomendas” e “caracterização das condições de entrega” respectivamente.

Caso de Uso:	Criação de Encomendas	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Registar no sistema a criação de novas encomendas	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende adicionar novas encomendas à lista de encomendas já existentes no sistema		
2. O configurador verifica se tem todos os dados necessários para introduzir no sistema.		
4. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova encomenda.	3. O sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à encomenda a criar.	
	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.	

Figura 4.28 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de encomendas”

Caso de Uso:	Manutenção das encomendas	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Modificar ou eliminar os dados que constituem as encomendas já existentes no sistema	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o configurador pretende modificar ou eliminar dados das encomendas já existentes no sistema		
3. O configurador selecciona a encomenda que pretende, para efectuar manutenção.	2. O sistema disponibiliza uma lista de encomendas com os dados gerais que compõem uma encomenda.	
4. O configurador introduz/elimina dados.	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.	

Figura 4.29 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção de encomendas”

Caso de Uso:	Caracterização das condições de entrega	
Actores:	Configurador	
Finalidade:	Caracterizar as condições de entrega das encomendas aos clientes	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores		Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando se pretende caracterizar as condições de entrega de uma encomenda. 2. O configurador poderá: a) Criar novo conjunto de condições de entrega. b) Modificar/eliminar dados das condições de entrega já existentes; 4. O configurador introduz dados necessários para a criação da nova condição e indica ao sistema para proceder à criação. 7. O configurador selecciona a partir da lista existente, a condição que pretende modificar ou eliminar. 8. O configurador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.		3. Se o configurador pretender criar nova condição de entrega, o sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à condição a criar. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o configurador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza uma lista de dados correspondentes às condições de entrega existentes. 9. O sistema actualiza base de dados

Figura 4.30 – Descrição estruturada do caso de uso “Caracterização das condições de entrega”

Cenário do Caso de uso

O cenário descrito para o caso de uso “configuração da lista de encomendas” é ilustrado pelo diagrama de actividades da figura 4.31. Neste cenário o utilizador poderá seleccionar uma encomenda, poderá alterar ou eliminar os dados correspondentes a essa encomenda, poderá configurar as condições de entrega e poderá também criar uma nova encomenda. Na configuração das condições de entrega, diagrama de actividade ilustrado na figura 4.32, o utilizador para além de poder modificar ou eliminar dados, poderá também criar um novo conjunto de condições de entrega.

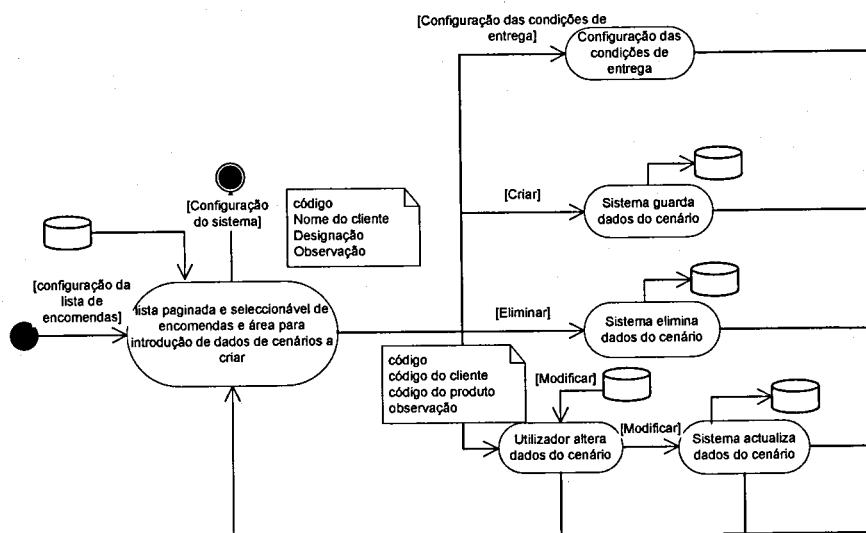


Figura 4.31 – Diagrama de actividades da configuração da lista de encomendas

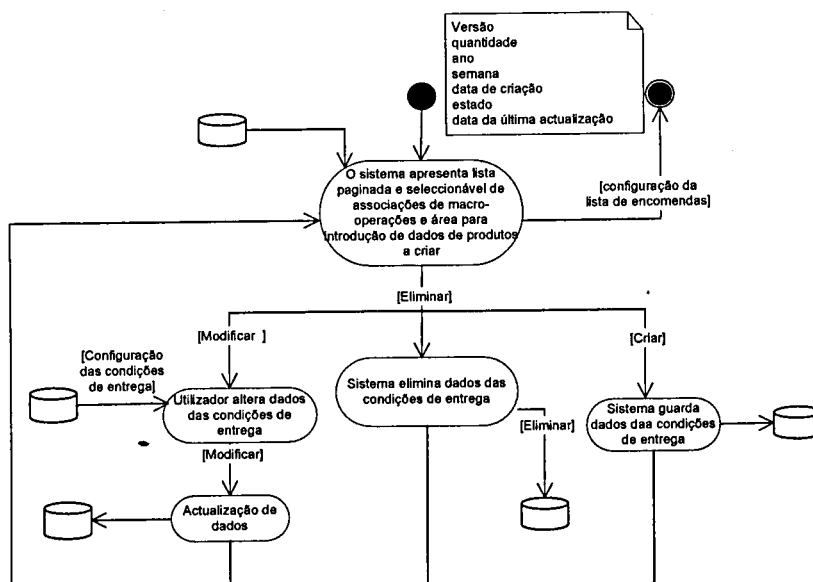


Figura 4.32 – Diagrama de actividades da configuração das condições de entrega

4.2.2 Casos de uso de avaliação e planeamento

Neste caso de uso o planeador é o actor. Tem como objectivo criar cenários de planeamento e o desenvolvimento de planos alternativos para os cenários desenvolvidos. A figura seguinte ilustra este caso de uso.

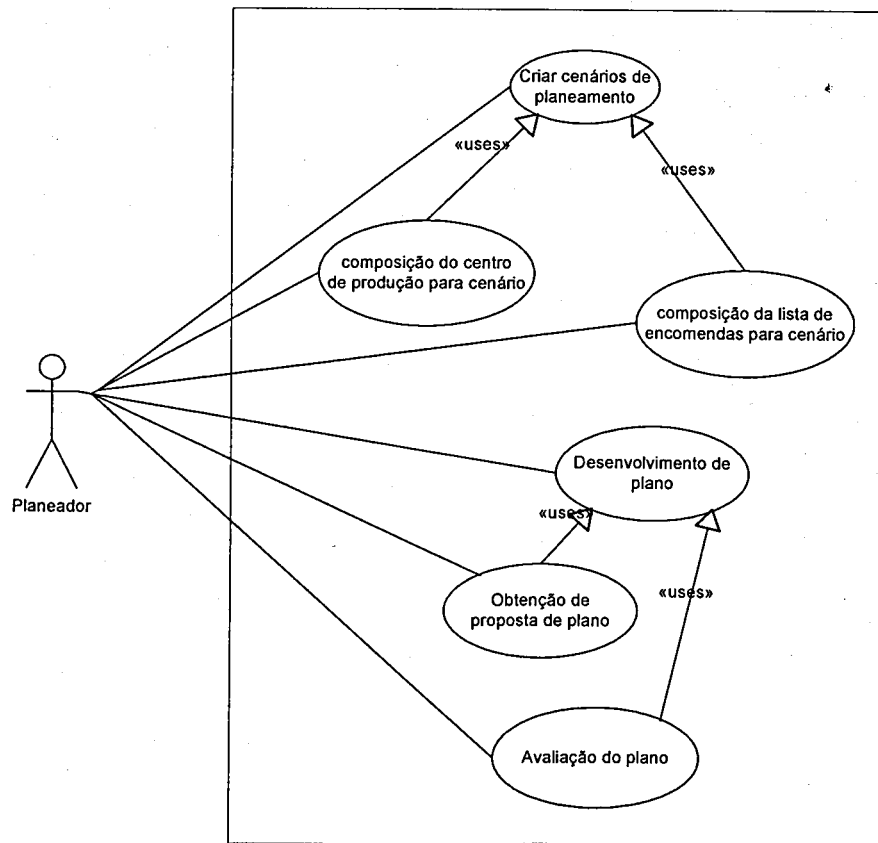


Figura 4.33 – Casos de uso de avaliação e planeamento

4.2.2.1 Caso de uso “criar cenários de planeamento”

Este caso de uso representa os processos de criação e manutenção dos dados de cenários a utilizar em actividades de planeamento tendo como actor o planeador. Esses dados estão essencialmente relacionados com a composição dos centros de produção, a evolução temporal da capacidade desses centros e as quantidades e datas de entrega de encomendas.

Visão detalhada do caso de uso

O caso de uso “criar cenários de planeamento” envolve um conjunto de configurações que são da responsabilidade do planeador, nomeadamente, configurações da composição do centro de produção para cenário, da composição dos recursos críticos para cenário e da lista de encomendas para cenário. As figuras 4.34, 4.35, 4.36, 4.37 e 4.38 ilustram as estruturas de cada um destes casos de uso.

Caso de Uso:	Criação de cenários de planeamento	
Actores:	Director de produção	
Finalidade:	Registar no sistema a criação de novos cenários a utilizar em actividades de planeamento	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador pretende criar um novo cenário de planeamento.		
2. O planeador verifica se tem todos os dados necessários para introduzir no sistema.		
	3. O sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à criação de um novo cenário.	
4. O planeador introduz dados necessários para a criação do novo cenário.		
	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.	

Figura 4.34 – Descrição estruturada do caso de uso “criação de cenários de planeamento”

Caso de Uso:	Manutenção de cenários	
Actores:	Planeador	
Finalidade:	Modificar ou eliminar os dados que constituem os cenários de planeamento já existentes no sistema	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador pretende modificar ou eliminar dados dos cenários já existentes no sistema		
3. O planeador selecciona o cenário que pretende, para efectuar manutenção.	2. O sistema disponibiliza uma lista de cenários com os dados gerais que compõem um cenário.	
4. O planeador introduz/elimina dados.		
	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.	

Figura 4.35 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção de cenários”

Caso de Uso:	Composição do centro de produção para cenário	
Actores:	Planeador	
Finalidade:	Especificar as unidades de produção e os respectivos calendários de produção para um cenário	
Pré-condições:	Seleção de um cenário de planeamento	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores		Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando se pretende especificar a unidade de produção para um cenário. 2. O planeador poderá: a) Criar nova unidade de produção para cenário. b) Modificar/eliminar dados das unidade de produção já existentes;		3. Se o planeador pretender criar uma nova

4. O planeador introduz dados necessários para a criação da nova unidade de produção e indica ao sistema para proceder à criação. 7. O planeador selecciona a partir da lista existente, a unidade de produção que pretende modificar ou eliminar. 8. O planeador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.	unidade de produção, o sistema disponibiliza um conjunto de campos editáveis relativos à unidade de produção a criar. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o planeador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza uma lista de dados correspondentes às unidades de produção já existentes. 9. O sistema actualiza base de dados
---	---

Figura 4.36 – Descrição estruturada do caso de uso “ Composição do centro de produção”

Caso de Uso:	Composição da lista de encomendas para cenário	
Actores:	Planeador	
Finalidade:	Especificar quais as encomendas e respectivas condições de entrega num determinado cenário	
Pré-condições:	Seleccção de um cenário de planeamento	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores		Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador recebe lista de encomendas do sector comercial e pretende especificar qual a encomenda e respectiva condição de entrega para um cenário. 2. O planeador poderá: a) Criar nova encomenda e respectivas condições de entrega. b) Modificar/eliminar dados de uma encomenda já existente.		3. Se o planeador pretender criar uma nova

4. O planeador introduz dados necessários para a criação da nova encomenda e indica ao sistema para proceder à criação. 7. O planeador selecciona a partir da lista existente, a encomenda que pretende modificar ou eliminar. 8. O planeador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.	encomenda, o sistema disponibiliza um conjunto de campos editáveis relativos à encomenda a criar. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o planeador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza uma lista das encomendas já existentes. 9. O sistema actualiza base de dados
---	---

Figura 4.37 – Descrição estruturada do caso de uso “Composição da lista de encomendas para cenário”

Caso de Uso:	Composição de recursos críticos para cenário	
Actores:	Planeador	
Finalidade:	Especificar os recursos críticos e os candidatos a recursos críticos para um cenário	
Pré-condições:	Seleccção de um cenário de planeamento	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores		Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador pretende especificar o recurso crítico e os candidatos a recursos críticos para um cenário 2. O planeador poderá: a) criar um novo recurso critico b) criar novos candidatos a recursos críticos. c) Modificar/eliminar recursos críticos já existente no sistema.		3. Se o planeador pretender criar um novo

4. O planeador introduz dados necessários para a criação do novo recurso crítico e candidatos e indica ao sistema para proceder à criação. 7. O planeador selecciona a partir da lista existente, o recurso que pretende modificar ou eliminar. 8. O planeador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.	recurso crítico ou novos candidatos a recursos críticos, o sistema disponibiliza um conjunto de campos editáveis relativos a estes fins. 5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados. 6. Se o planeador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza uma lista dos recursos considerados críticos. 9. O sistema actualiza base de dados
--	--

Figura 4.38 – Descrição estruturada do caso de uso “Composição de recursos críticos para cenário”

Cenário do caso de uso

O diagrama de actividades da figura 4.39 descreve o fluxo de actividades para o caso de uso da criação de cenários de planeamento. O planeador poderá seleccionar o cenário que pretende para eventuais manutenções, poderá alterar ou eliminar dados, assim como, criar um novo cenário. Para além disso, poderá especificar a composição do centro de produção, a lista de encomendas e os recursos críticos a considerar num determinado cenário.

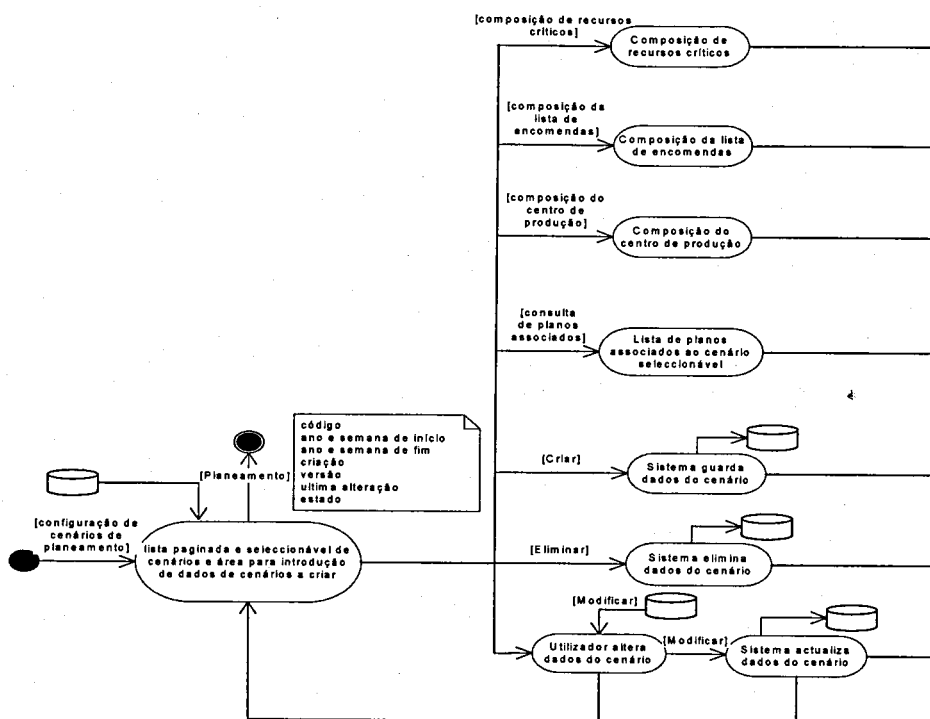


Figura 4.39 – Diagrama de actividade da configuração de cenários de planeamento

4.2.2.2 Caso de uso composição do centro de produção para cenário

Na composição do centro de produção, o planeador especifica quais as unidades de produção e quais os calendários de capacidade que são considerados para um cenário.

Cenário do caso de uso

O planeador pode escolher uma determinada unidade de produção e respectivos calendários de capacidade para manutenção. Pode também criar uma nova unidade, assim como pode modificar ou eliminar dados de uma unidade já existente. A figura 4.40 ilustra o diagrama de actividade deste caso de uso.

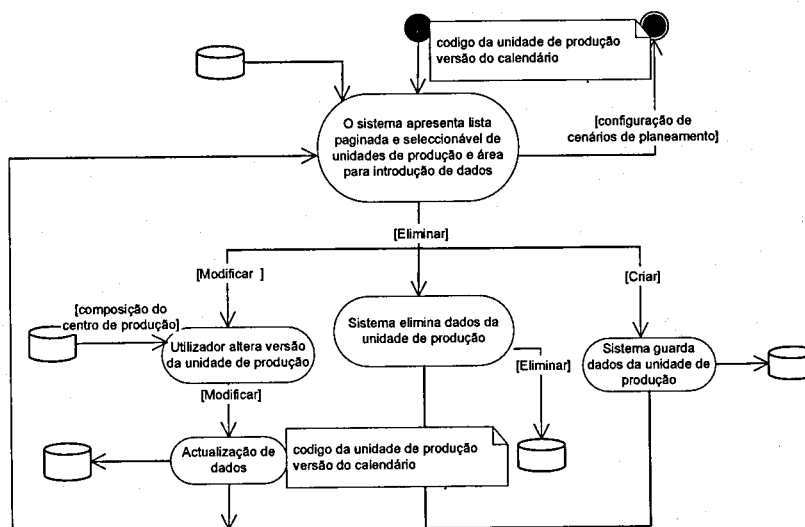


Figura 4.40 – Diagrama de actividade da composição de centro de produção

4.2.2.3 Caso de uso para a composição da lista de encomendas para cenário

A composição da lista de encomendas representa as encomendas e as condições de entrega para um determinado cenário. Por este motivo terá que se seleccionar primeiro um cenário de planeamento para que se possa proceder à sua composição.

Cenário do caso de uso

O diagrama de actividades da figura 4.41 ilustra o cenário deste caso de uso. O planeador terá a possibilidade de incluir uma nova encomenda, assim como de modificar e de eliminar dados de uma encomenda. Para cada um dos casos, os dados serão introduzidos ou eliminados respectivamente da base de dados.

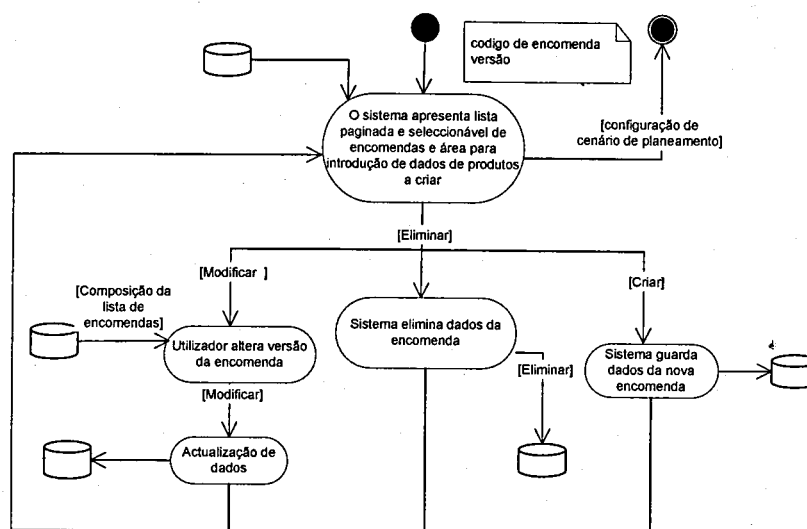


Figura 4.41 – Diagrama de actividade da composição da lista de encomendas para cenário

4.2.2.4 Caso de uso desenvolvimento de plano

Ao desenvolver um plano de produção, o planeador tem que ter em conta os dados relacionados com o escalonamento da execução de macro-operações e com as movimentações de produtos existentes entre macro-operações.

Visão detalhada do caso de uso

Os casos de uso mais importantes no desenvolvimento de um plano são o planeamento de execuções de macro-operações e o planeamento das movimentações de produtos. O planeador tem ainda como função a manutenção dos planos já existentes no sistema e a criação de um novo plano quando necessário. As figuras 4.42, 4.43, 4.44 e 4.45 ilustram a estrutura de cada um destes casos de uso.

Caso de Uso:	Criação de plano
Actores:	Planeador
Finalidade:	Registar no sistema a criação de um novo plano de produção
Pré-condições:	Não existem
Sequência Normal dos Eventos	
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador pretende criar um novo plano de produção.	
2. O planeador verifica se tem todos os dados necessários para introduzir no sistema.	
4. O planeador introduz dados necessários para a criação do novo plano.	3. O sistema disponibiliza os campos editáveis relativos à criação de um novo plano.
	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.

Figura 4.42 – Descrição estruturada do caso de uso “Criação de plano”

Caso de Uso:	Manutenção de plano	
Actores:	Planeador	
Finalidade:	Modificar ou eliminar os dados que constituem os planos de produção já existentes no sistema	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Ações dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador pretende modificar ou eliminar dados dos planos já existentes no sistema		
3. O planeador selecciona o plano que pretende, para efectuar manutenção.	2. O sistema disponibiliza uma lista de planos com os dados gerais que compõem um plano.	
4. O planeador introduz/elimina dados.	5. O sistema actualiza os dados na base de dados.	

Figura 4.43 – Descrição estruturada do caso de uso “Manutenção de plano”

Caso de Uso:	Planeamento da execução de macro-operações
Actores:	Planeador
Finalidade:	Elaborar um plano com as execuções das macro-operações
Pré-condições:	Não existem
Sequência Normal dos Eventos	
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador pretende planejar a execução de macro-operações	
2. O planeador poderá: a) criar uma nova execução b) Modificar/eliminar dados da execução já existente no sistema.	
4. O planeador introduz dados necessários para a criação da nova execução e indica ao sistema para proceder à criação.	3. Se o planeador pretender criar uma nova execução, o sistema disponibiliza um conjunto de campos editáveis relativos a esse fim.
	5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados.
	6. Se o planeador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza uma lista das execuções de macro-operações.
7. O planeador selecciona a partir da lista existente, a execução que pretende modificar ou eliminar.	
8. O planeador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.	
	9. O sistema actualiza base de dados

Figura 4.44 – Descrição estruturada do caso de uso “Planeamento de execução de macro-operações

Caso de Uso:	Planeamento de movimentações de produtos	
Actores:	Planeador	
Finalidade:	Elaborar um plano com as movimentações de produtos	
Pré-condições:	Não existem	
Sequência Normal dos Eventos		
Acções dos Actores	Suporte do Sistema de Informação	
1. Este caso de uso inicia-se quando o planeador pretende planear a movimentação de produtos		
2. O planeador poderá: a) criar uma nova movimentação b) Modificar/eliminar dados de uma movimentação já existente no sistema.		
4. O planeador introduz dados necessários para a criação da nova movimentação e indica ao sistema para proceder à criação.	3. Se o planeador pretender criar uma nova movimentação, o sistema disponibiliza um conjunto de campos editáveis relativos a esse fim.	
	5. O sistema cria e actualiza dados na base de dados.	
	6. Se o planeador pretender modificar ou eliminar dados, o sistema disponibiliza uma lista das movimentações de produtos.	
7. O planeador selecciona a partir da lista existente, a execução que pretende modificar ou eliminar.		
8. O planeador introduz/elimina dados, indicando ao sistema para proceder às alterações efectuadas.		
	9. O sistema actualiza base de dados	

Figura 4.45 – Descrição estruturada do caso de uso “Planeamento de movimentações de produtos”

Cenário do caso de uso

Neste caso de uso o planeador pode criar um novo plano e/ou pode, a partir de uma lista de planos, seleccionar um para manutenção. Para esta última situação, o planeador pode modificar ou eliminar os dados gerais de um plano, escalonar a execução de macro-operações, avaliá-lo, obter uma proposta do sistema ou consultar a sua avaliação nas perspectivas de ocupação de capacidade e datas de entrega. Para a descrição de um plano será necessário o código, o cenário, a versão e a data de criação do plano e as execuções de macro-operações. Para definir as execuções de macro-operações será necessário o código da execução, a macro-operação executada, o centro de produção na qual a macro-operação é executada e a carga correspondente à execução. A movimentação de produtos será caracterizada pelo código da movimentação, pelo produto movimentado, pela origem e destino do produto (de uma macro-operação). As figuras 4.46, 4.47 e 4.48 ilustram respectivamente o diagrama de actividades para o desenvolvimento de planos, o diagrama de actividades para o planeamento de execução de macro-operações e o diagrama de actividades para o planeamento de movimentações de produtos.

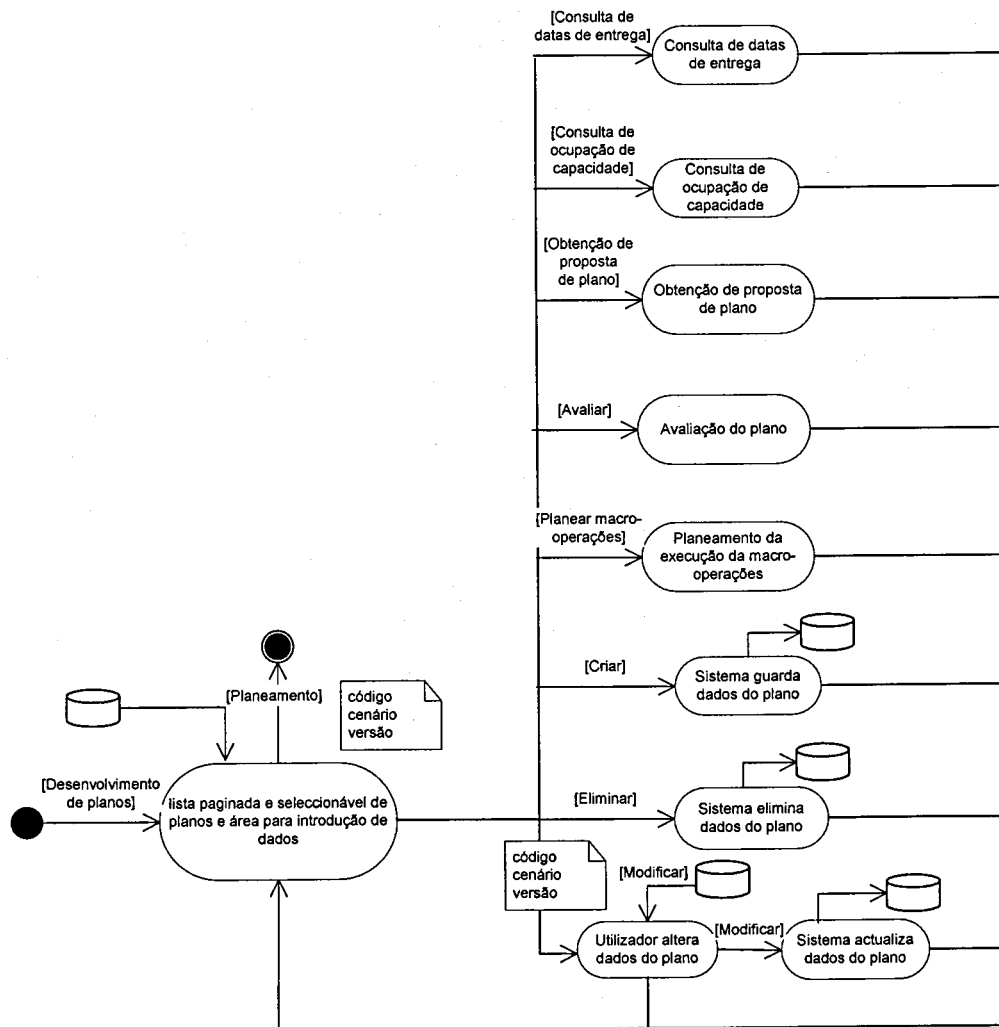


Figura 4.46 – Diagrama de actividades para o desenvolvimento de planos

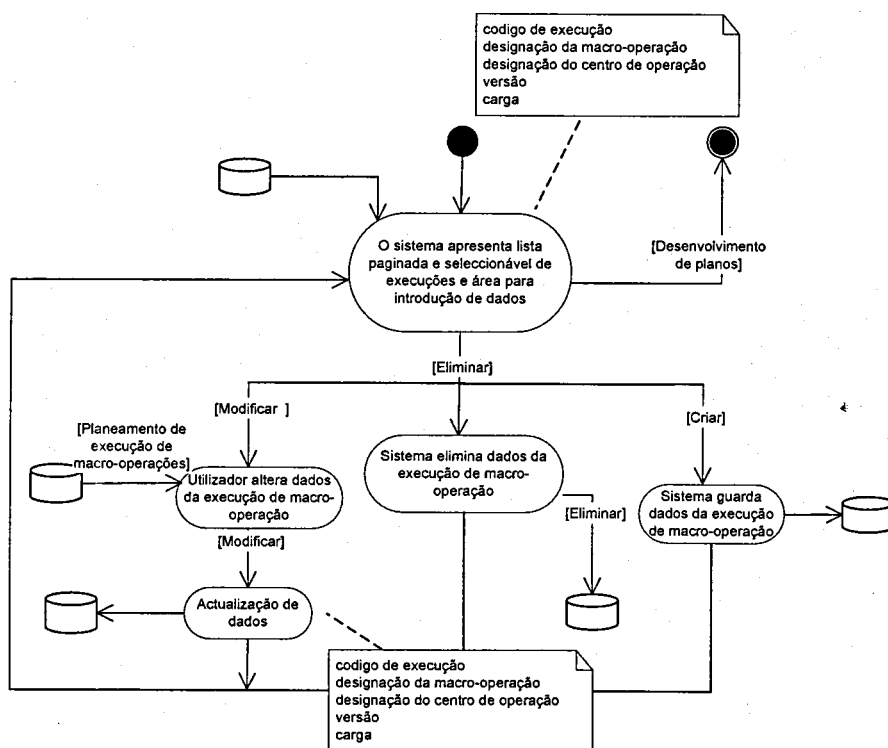


Figura 4.47 – Diagrama de actividades para o planeamento de execução de macro-operações

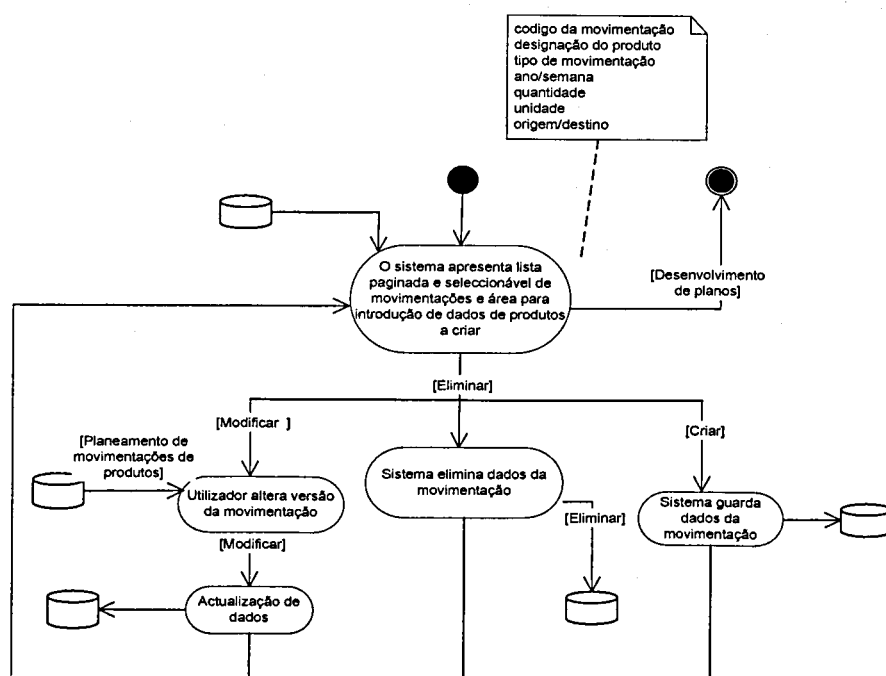


Figura 4.48 – Diagrama de actividades para o planeamento de movimentações de produtos

4.2.2.5 Caso de uso obtenção de proposta de plano

A geração de um plano de produção para um determinado cenário envolve processos que estão relacionados com a transferência e tradução de dados entre o algoritmo (proposto neste trabalho) e a base de dados do sistema. É neste contexto que este caso de uso surge, uma vez que é através dele que são representados todos os processos envolvidos na geração de um plano de produção agregado. Um possível formato intermédio que se poderá utilizar entre o algoritmo e a base de dados será o SQL.

Cenário do caso de uso

Para o cenário do plano considerado, o sistema exporta os dados relativos aos calendários de capacidade das unidades de produção, às encomendas e às macro-operações realizáveis nas unidades de produção. O algoritmo converte os dados do cenário para a sua representação e após a sua execução converte novamente os dados, que será a solução do algoritmo, para o formato SQL que será carregado na base de dados do sistema. A figura 4.49 ilustra o diagrama de actividades deste cenário.

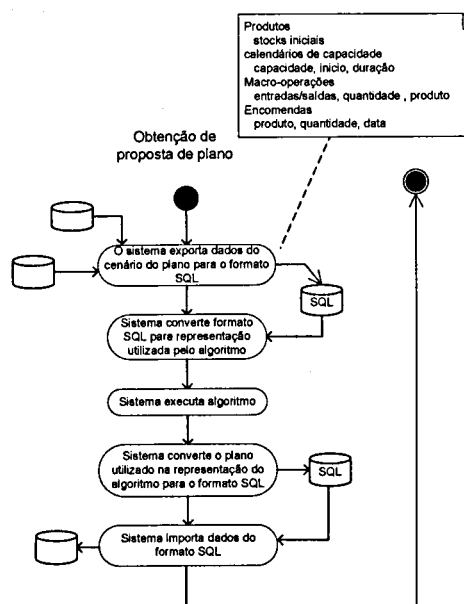


Figura 4.49 – Diagrama de actividades para a obtenção de proposta de plano

4.2.2.6 Caso de uso avaliação do plano

Este caso de uso está relacionado com a execução da avaliação de um plano e com a consulta dos dados relativos a essa avaliação, nomeadamente, dados sobre a evolução da ocupação de capacidade do centro de produção (e respectivas unidades de produção) e sobre as datas de entrega de encomendas.

Cenário do caso de uso

Através da selecção de um plano, o sistema elimina dados de avaliação já existentes e depois cria os componentes de avaliação para o plano seleccionado, nomeadamente, para a evolução da ocupação de capacidade dos centros de produção (com base nos dados de execução das macro-operações) e para os desvios de datas de entrega. A figura seguinte ilustra o diagrama de actividades para avaliação de plano.

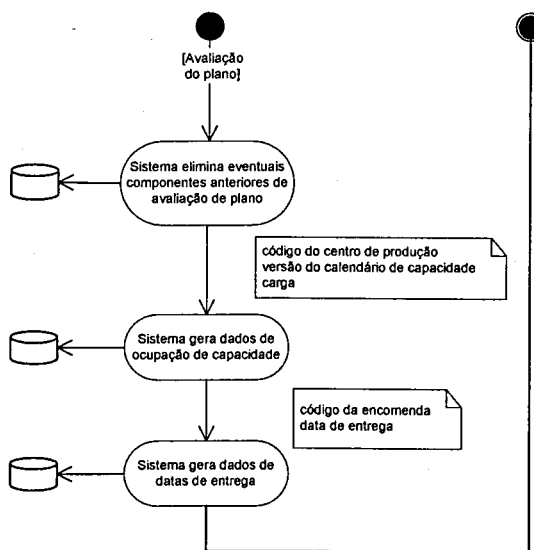


Figura 4.50 – Diagrama de actividade para avaliação de plano

4.2.3 Diagramas de classes do “novo” modelo

Os diagramas de classes a seguir apresentados descrevem o modelo geral de informação do novo modelo. Por forma a simplificar o modelo, dividiram-se os diagramas de classes em quatro blocos, nomeadamente, no diagrama de classes de configuração do sistema, de cenários de planeamento, de planos e de avaliação de planos. A figura 4.51 ilustra o conjunto destes diagramas.

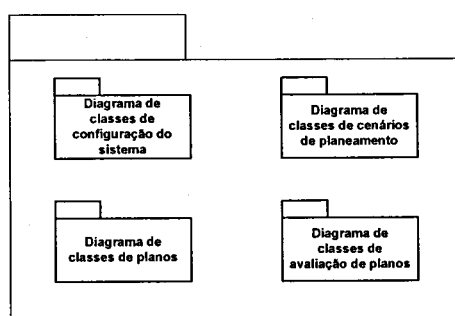


Figura 4.51 – Diagramas de classes do novo modelo

Os diagramas entidades e relacionamentos resultantes da análise dos diagramas de classes encontram-se no anexo C.

4.2.3.1 Diagrama de classes de configuração do sistema

O Diagrama de classes apresentado na figura 4.52 modela a configuração do novo sistema. Note-se que para cada cliente são estabelecidas relações com encomendas e a estas estão associados produtos. Até aqui nada de novo em relação ao diagrama de classes já modelado do sistema MRP-II. A novidade surge de aos produtos estarem associadas macro-operações em vez de operações. A macro-operação é constituída a um nível de agregação alto, inteiramente realizável num centro de produção e com uma definição muito bem clara de entrada e saída de produtos. A cada centro de produção é agregado o calendário de capacidade onde

está definida a evolução temporal da capacidade do centro, constituída por variações de capacidade.

Para cada classe do diagrama ilustrado na figura 4.52 são apresentados os atributos que as caracterizam. A classe cliente, por exemplo, tem como atributos, o nome, a morada, o contacto e um código (identificação única do cliente). Para as encomendas será necessário também um código; os produtos são definidos pelo código, pela sua designação e pela unidade (unidade de medida do produto); a macro-operação tem um código pelo qual é identificada e tem uma designação; as classes entrada e saída têm apenas como atributo a quantidade, traduzindo-se para o caso da entrada, na quantidade de produto de entrada absorvida numa execução elementar da macro-operação, e para o caso da saída, na quantidade de produto de saída resultante de uma execução elementar da macro-operação. O centro de produção tem como atributos o código de identificação, a designação do centro e a unidade de medida de capacidade do centro. A opção de produção que está associada entre a macro-operação e o centro de produção, exprime a possibilidade de a primeira poder ser realizada no segundo e tem apenas como atributo o factor de carga⁶. O calendário de capacidade, por sua vez, tem como atributos a versão de identificação, a data de criação (data em que se fez o calendário), a data da ultima actualização e o estado da sua evolução. Finalmente a classe de variação de capacidade tem como atributos o ano e a semana de início e a capacidade.

⁶ Factor de carga – carga de uma execução elementar da macro-operação no centro de produção

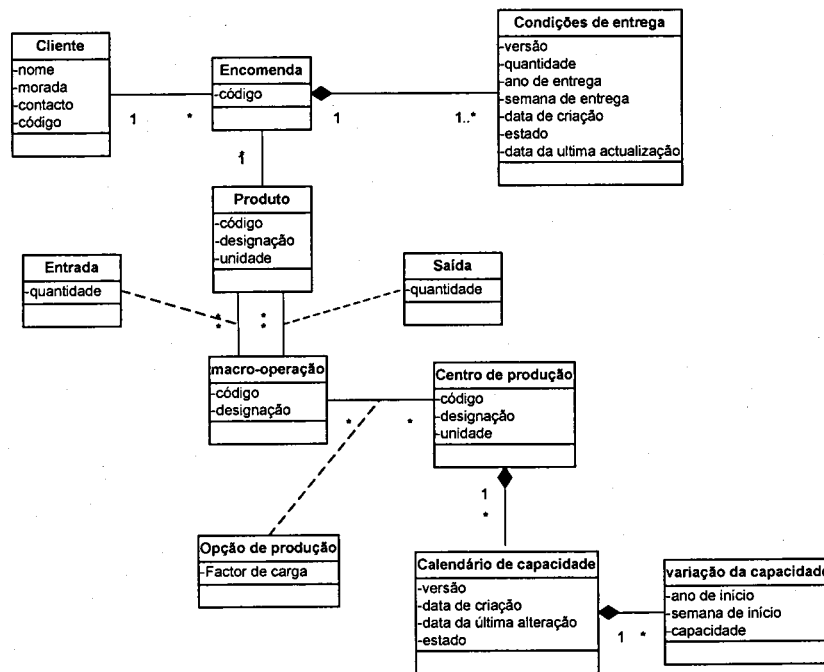


Figura 4.52 – Diagrama de classes da configuração do sistema

4.2.3.2 Diagrama de classes de cenários de planeamento

Num cenário, para cada encomenda é especificado o conjunto de condições de entrega a considerar e de forma idêntica, para cada centro de produção especifica-se o calendário de capacidade a considerar. O diagrama de classes representado na figura 4.53, modela um cenário de planeamento, particularizando o conjunto de encomendas a satisfazer e a parte do sistema produtivo a considerar para as satisfazer. O cenário tem como atributos o código de identificação, o ano e a semana de início do cenário, o ano e a semana de fim do cenário, o estado (estado da evolução na criação do cenário), a data de criação do cenário e a data da última actualização.

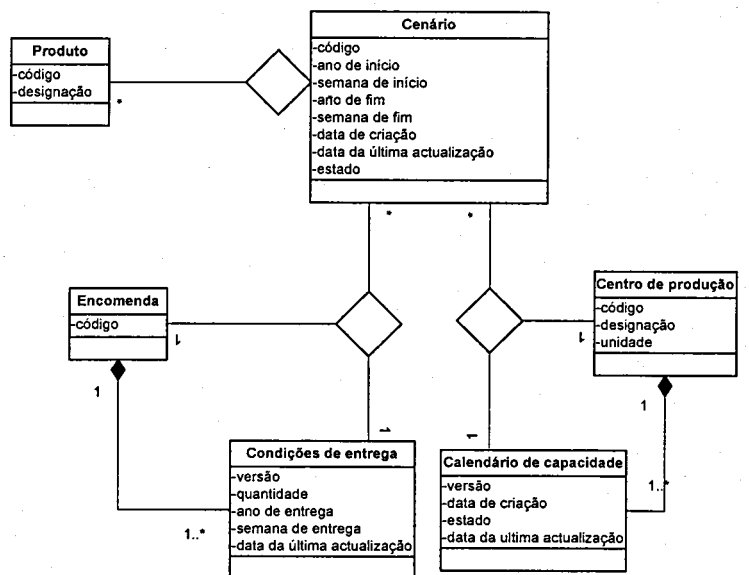


Figura 4.53 – Diagrama de classes de cenários de planeamento

4.2.3.3 Diagrama de classes de planos

O diagrama de classes representado na figura 4.54, ilustra o plano de produção relativo a um cenário de planeamento particular, incidindo sobre o escalonamento de macro-operações e movimentação de produtos. Como atributos o plano tem o código de identificação, a data de criação, a versão, o estado e a data da última actualização; a execução da macro-operação tem também um código de identificação, o ano e semana de execução e a carga da macro-operação a executar. A movimentação de produto⁷ é caracterizada pelo código, o ano e semana da movimentação e pela quantidade de produto a movimentar. As operações da classe plano encontram-se no anexo B.

⁷ Movimentação de produto – Movimentação directa de produto entre execuções de macro-operações realizadas no mesmo ano/semana

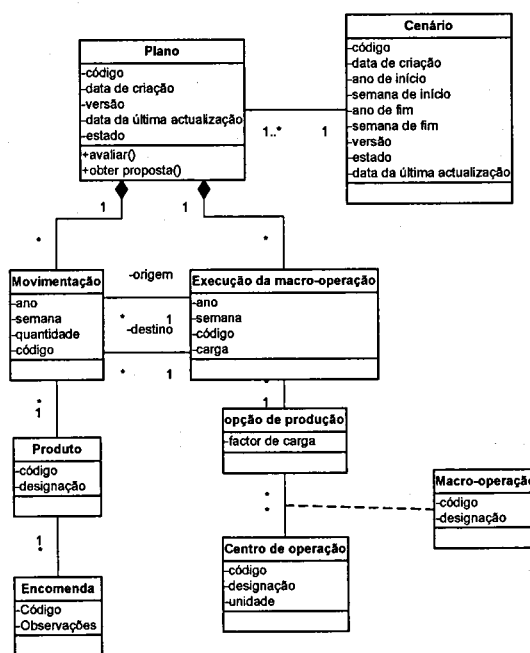


Figura 4.54 – Diagrama de classes de plano

4.2.3.4 Diagrama de classes de avaliação de planos

O diagrama de classes ilustrado na figura 4.55 representa a avaliação de um plano desenvolvido. Existe para esse plano relações com a ocupação de capacidade⁸ e com as condições de satisfação de entrega da encomenda ao cliente. A ocupação de capacidade tem como atributos, o ano e semana de ocupação e a carga (total de carga das macro-operações a executar no centro de produção). As condições de satisfação têm como atributos o ano e semana de saída da encomenda para o cliente.

⁸ Ocupação de capacidade - Total de carga das macro-operações a executar num centro de produção num dado período.

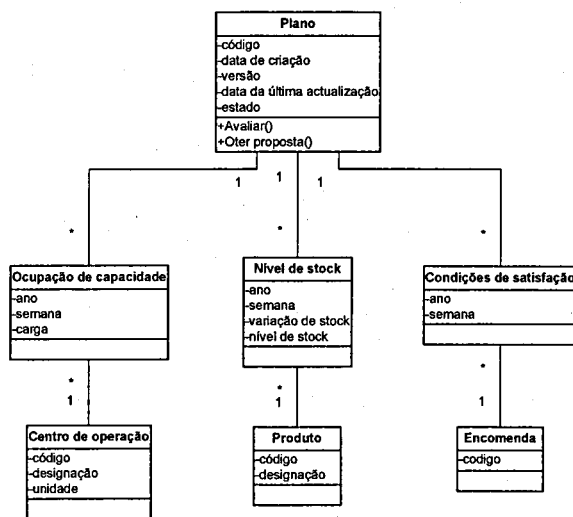


Figura 4.55 – Diagrama de classes de avaliação de planos

Capítulo 5

Utilização do Sistema

5.1 Interface Gráfica

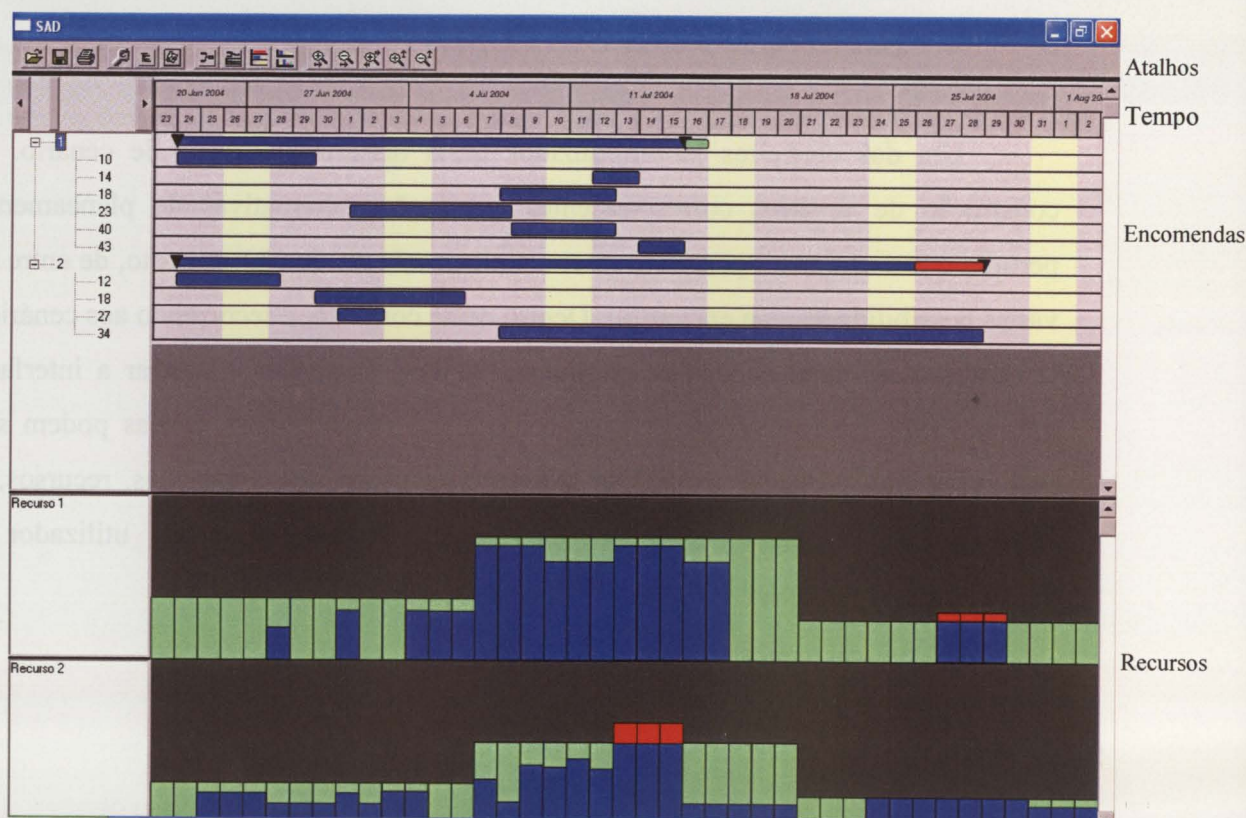
5 UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

Um dos conceitos já introduzidos nesta dissertação, foi o de cenário. A construção de cenários correspondentes a soluções alternativas de planeamento permite que o utilizador possa escolher a melhor solução de planeamento, de entre as várias possibilidades que encontrou. Dentro deste contexto, e recorrendo aos cenários já descritos no capítulo 4, este capítulo procurará descrever e ilustrar a interface gráfica usada para visualizar, avaliar e modificar planos. Estas tarefas podem ser realizadas, por exemplo, através da alteração de objectivos, operações, recursos, e restrições. A vantagem desta interface gráfica é possibilitar ao utilizador a incorporação do seu conhecimento e experiência nos planos.

5.1 Interface gráfica

No desenvolvimento da interface gráfica aqui descrita, baseamo-nos na interface descrita por Mendes, Magalhães (2003). A interface gráfica do SAD será constituída por quatro componentes (ver figura 5.1):

- Barra de Atalhos – componente que contém atalhos que permitem aceder às várias funcionalidades da interface gráfica;
- Barra de tempo – componente que permite identificar as datas de início e de fim das actividades, bem como, alterar a respectiva escala de tempo;
- Área das encomendas – componente que está associada às encomendas e permite visualizar a rede de operações, datas de início e de fim das mesmas, avaliação da qualidade dos planos e modificações destes.
- Área dos recursos – componente associada aos recursos permitindo a visualização dos recursos, bem como a modificação das respectivas capacidades.



5.1.1 Barra de Atalhos

A barra de atalhos, como o próprio nome indica, é uma barra onde contém os atalhos que permitem aceder às várias funções da interface gráfica. A figura 5.2 ilustra essa barra, identificando-se para cada atalho a respectiva função.



Indicam-se em seguida as funções incluídas na barra de atalhos:



Abrir Solução



Gravar Solução



Imprimir Solução



Configuração da Interface



Expandir/Comprimir Encomendas



Seleccção das Encomendas a Visualizar



Visualizar/Esconder Precedências



Visualização Área de Recursos



Visualização por Encomenda ou por Recurso



Zoom Horizontal



Visualização Global



Zoom Vertical

5.1.2 Barra de Tempo

Esta barra tem como objectivo facilitar a visualização das encomendas e dos recursos ao longo do tempo; permite ainda, ajustar de forma dinâmica, o período de tempo correspondente ao início (lado esquerdo) da barra de tempo e também a escala de tempo usada de modo a que o utilizador possa visualizar a região do plano que pretende analisar (ver figura 5.3).

20 Jun 2004				27 Jun 2004				4 Jul 2004				11 Jul 2004				18 Jul 2004				25 Jul 2004				1 Aug 2004																
23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2

Figura 5.3 – Barra de Tempo

5.1.3 Área das Encomendas

Esta área contém um conjunto de funções associadas às seguintes operações:

- Visualização de planos;
- Avaliação de plano;
- Modificação de plano.

5.1.3.1 Visualização de Planos

Visualizar/Esconder Precedências



Esta função tem como objectivo visualizar/esconder as precedências entre as operações. As relações de precedências entre operações são representadas por segmentos de recta, ligando o fim das operações precedentes ao início da operação precedida. As figuras seguintes ilustram respectivamente esta função, sendo no primeiro caso uma situação em que se encontram escondidas as relações de precedência e no segundo caso onde são visualizadas estas precedências.

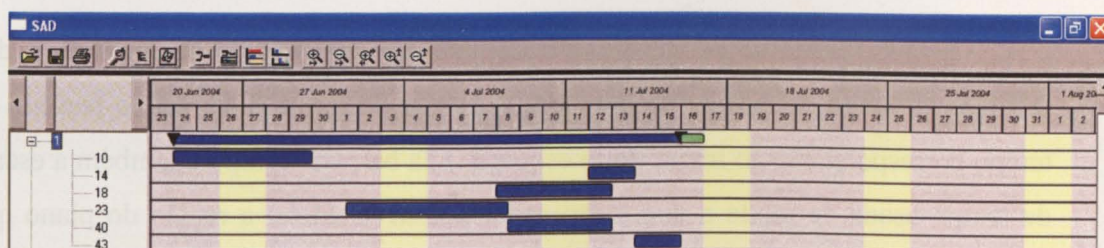


Figura 5.4 – Plano Sem Visualização de Precedências

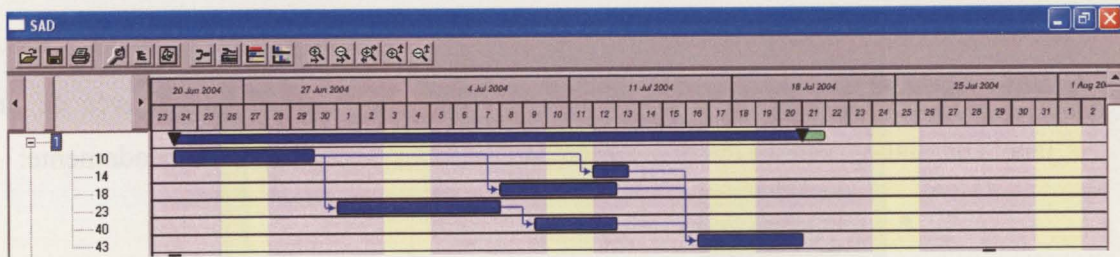


Figura 5.5 – Plano Com Visualização de Precedências

Visualização por Operação ou por Recurso



Esta função permite que possa ser visualizado um plano estando representado em cada linha horizontal uma operação ou um recurso. As operações e os recursos são representados por rectângulos com uma determinada cor e comprimentos proporcionais às respectivas durações. Existe também uma operação sumária que representa a duração total da elaboração da encomenda. A figura 5.6 e 5.7 ilustram a visualização por operação e por recurso respectivamente.



Figura 5.6 – Visualização por Operação

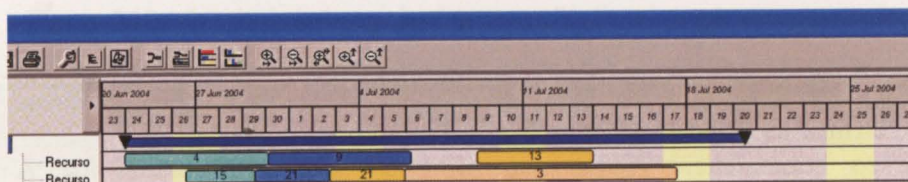


Figura 5.7 – Visualização por Recurso

Informação associada a uma operação

A informação associada a uma operação pode ser obtida através de uma janela de diálogo que se encontra dividida em quatro sub-janelas, nomeadamente:

- Geral
- Anteriores
- Seguintes
- Recursos

Na sub-janela “Geral” visualiza-se o número e o nome da operação, as datas de início e de fim, o recurso e a respectiva quantidade necessária e a encomenda à qual pertence, ver figura 5.8;

The image shows a Windows-style dialog box titled "Operação: 8". It has four tabs: "Geral" (selected), "Anteriores", "Seguintes", and "Recursos". The "Geral" tab contains the following fields:

ID	8			OK Cancelar
Nome	8			
Início	16	Fim	24	
Recurso	1	Qtd.	5	
Encomenda	3	Cor	Blue (dropdown)	

Figura 5.8 – Janela de informação Geral de uma operação

A sub-janela “Anteriores” permite visualizar cada operação anterior, datas de início e fim e as respectivas durações, ver figura 5.9;

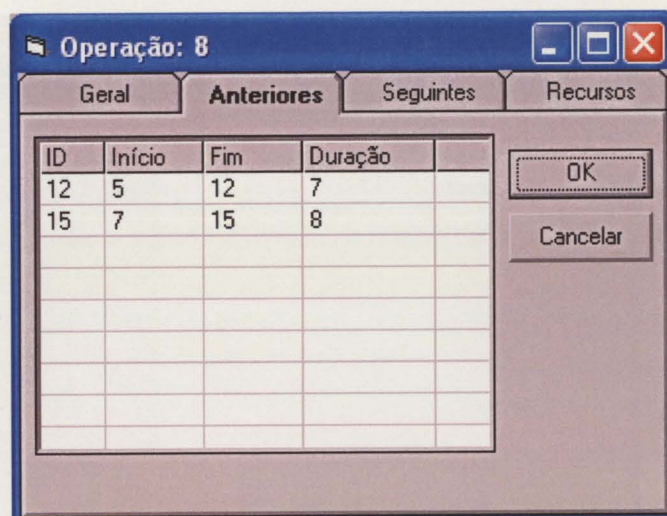


Figura 5.9 – Janela de informação das operações Anteriores de uma operação

Na sub-janela “Seguintes” visualiza-se cada operação seguinte, as respectivas datas de início e fim assim como as durações de cada operação, ver figura 5.10;

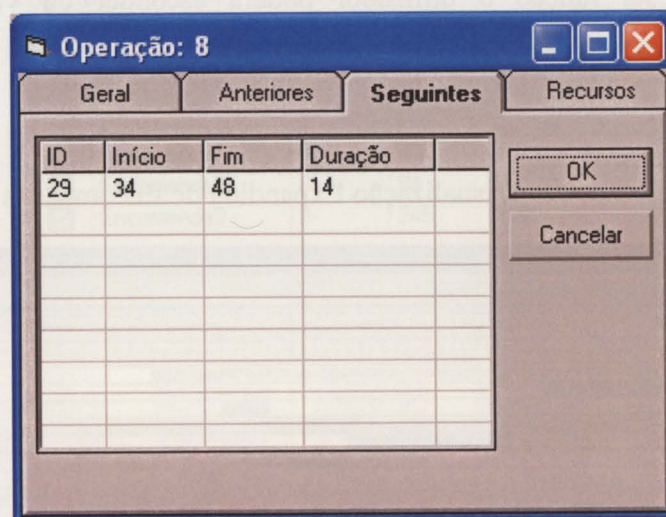


Figura 5.10 – Janela de informação das operações Seguintes de uma operação

A sub-janela “Recursos” permite que sejam visualizados os recursos utilizados e as respectivas quantidades, ver figura 5.11.

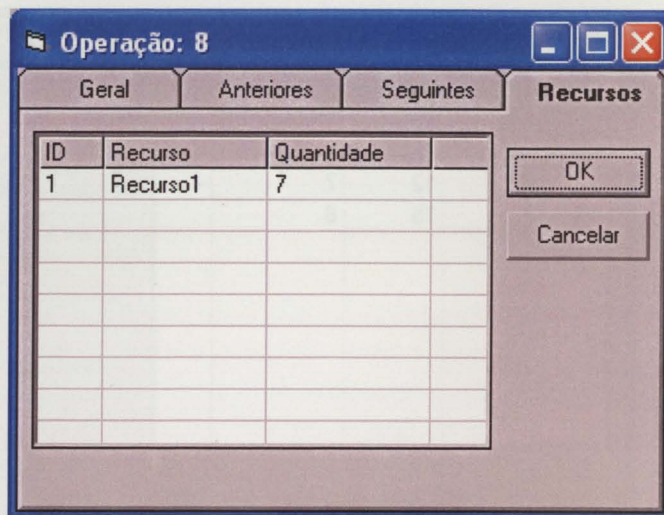


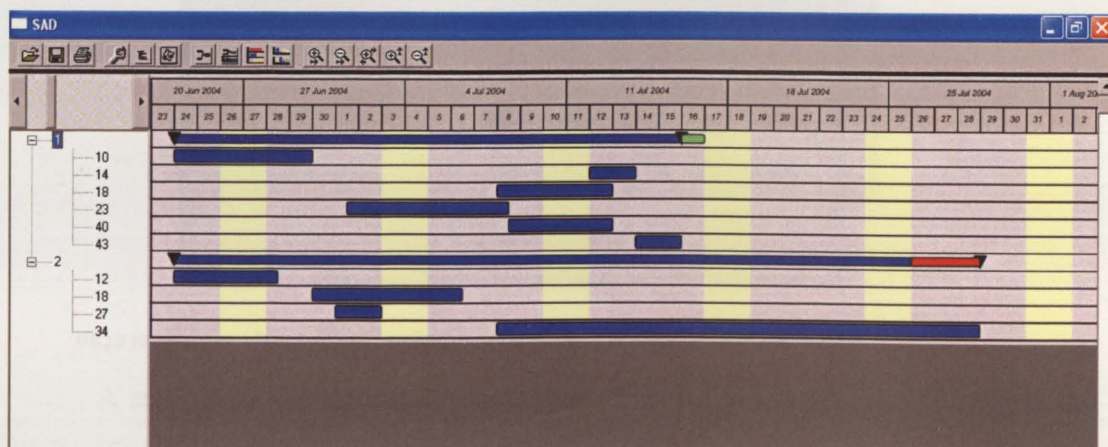
Figura 5.11 – Janela de informação dos recursos utilizados por uma operação

Expandir/comprimir Encomendas



Com esta função o utilizador poderá esconder ou visualizar todas as operações de todas as encomendas, ver figura E.

Visualização Expandida de Encomendas



Visualização Comprimida de Encomendas

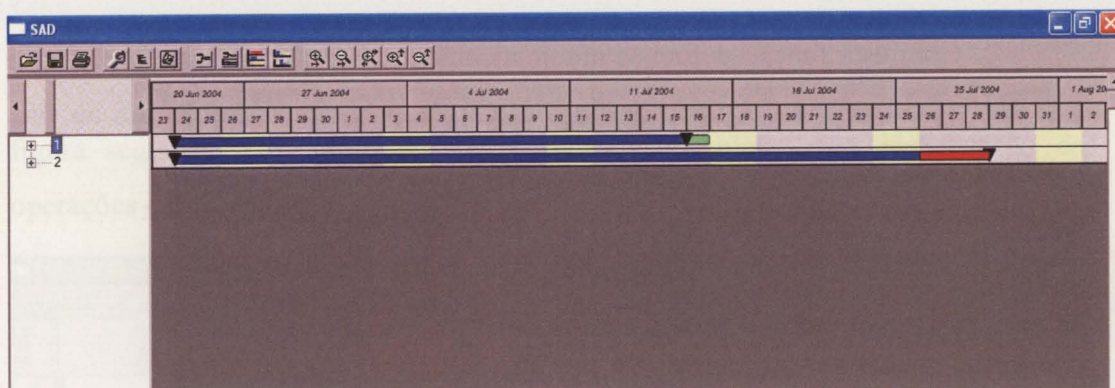


Figura 5.12 – Expandir/Comprimir Encomendas

Seleção das Encomendas a Visualizar



Premindo este botão é possível seleccionar as encomendas a visualizar. Por defeito, todas as encomendas estão seleccionadas.

Filtro de Encomendas				
Ver	Encomenda	Início	Fim	Operações
☒	Encomenda1	0	80	49
☐	Encomenda2	0	94	60
☒	Encomenda3	0	245	120

Figura 5.13 – Filtro de Encomendas a Visualizar

Zoom Horizontal



Esta função permite o aumento/redução da escala de tempo. Esta funcionalidade aplica-se em simultâneo à área das encomendas e à área dos recursos.

Visualização Global

Com esta função define-se automaticamente a escala apropriada para que se possa visualizar todo o plano desde o início da primeira operação até ao fim da última.

5.1.3.2 Avaliação de Planos

A função “Avaliação de Planos” pretende verificar se os prazos de entrega das encomendas são cumpridos ou não. Esta verificação é realizada a partir da área das encomendas premindo o botão com a função “Expandir/Comprimir encomendas”; poder-se-á visualizar uma barra sumário para cada encomenda que representa o seu início e fim. No final da barra de sumário pode ser visualizada uma barra de cor verde, no caso da encomenda estar em avanço em relação à data de entrega, ou uma barra de cor vermelha, no caso da encomenda estar atrasada em relação à data de entrega..

A figura seguinte apresenta um plano com 2 encomendas, onde uma está em avanço em relação à data de entrega e por isso encontra-se com a cor verde no final da barra de sumário. A outra está atrasada em relação à data de entrega, encontrando-se com a cor vermelha no final da barra de sumário.

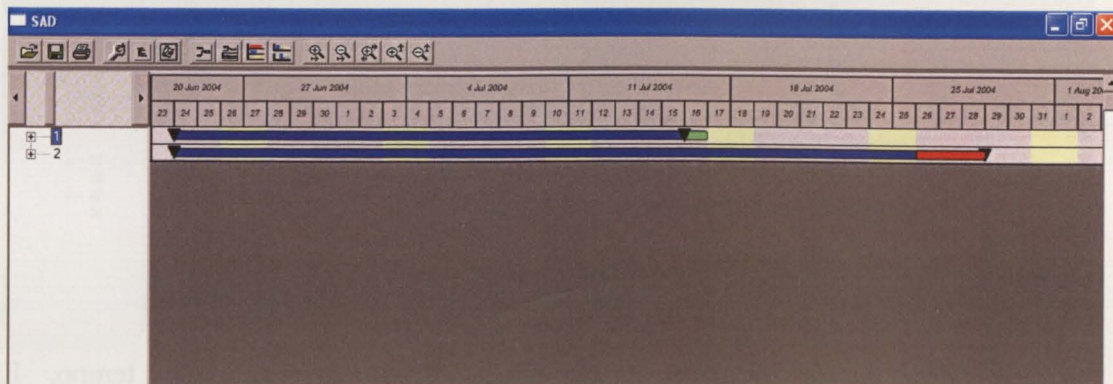


Figura 5.14 – Avaliação do Plano

5.1.4 Área dos Recursos



Este botão permite activar/desactivar a componente Área dos Recursos. A figura seguinte, 5.15, representa graficamente um plano com visualização das operações e dos recursos.

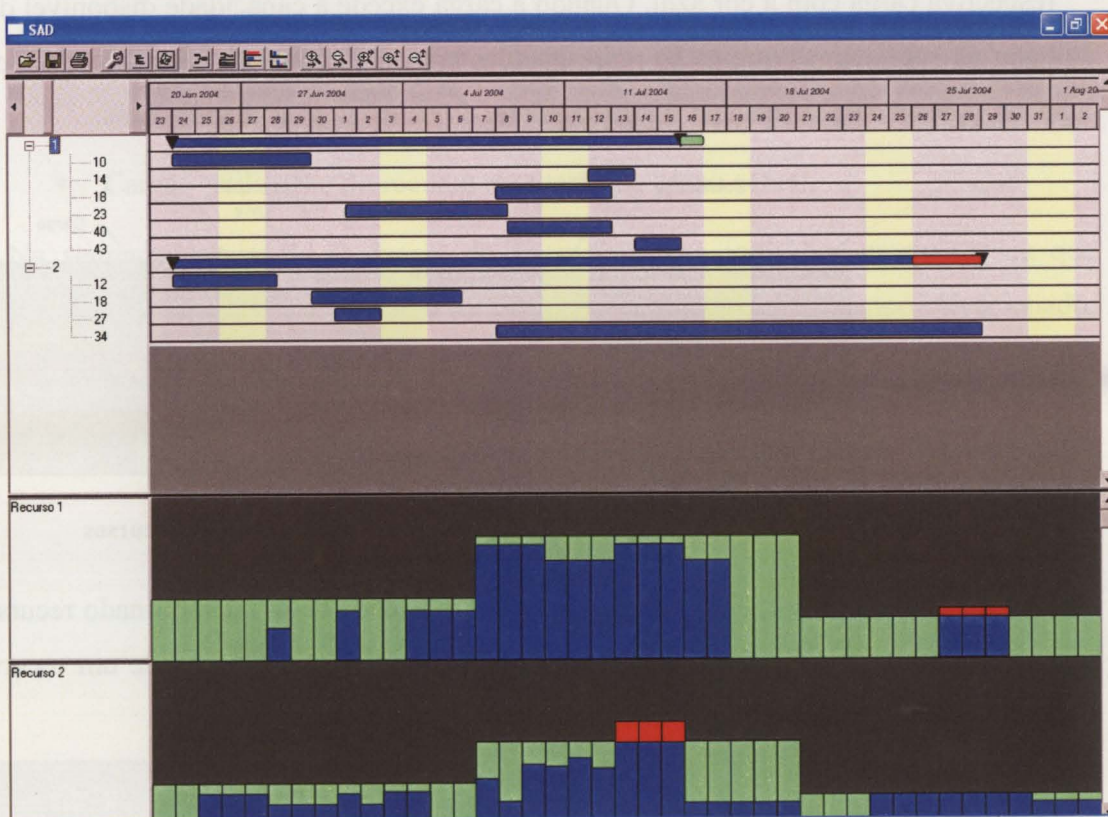


Figura 5.15 – Plano com Visualização das operações e recursos

A área dos recursos inclui funções associadas a dois tipos de operação:

- Visualização da carga/capacidade dos recursos;
- Modificação das capacidades associadas aos recursos.

5.1.4.1 Visualização da Carga/Capacidade dos Recursos

A operação de visualização da carga/capacidade dos recursos permite visualizar as cargas por recurso resultantes da plano que está a ser visualizado. O tempo livre de cada recurso está representado com uma cor verde, estando a respectiva carga com a cor azul. Quando a carga excede a capacidade disponível dão lugar às sobrecargas que estão representadas com uma cor vermelha. Um exemplo desta operação é ilustrada na figura seguinte.

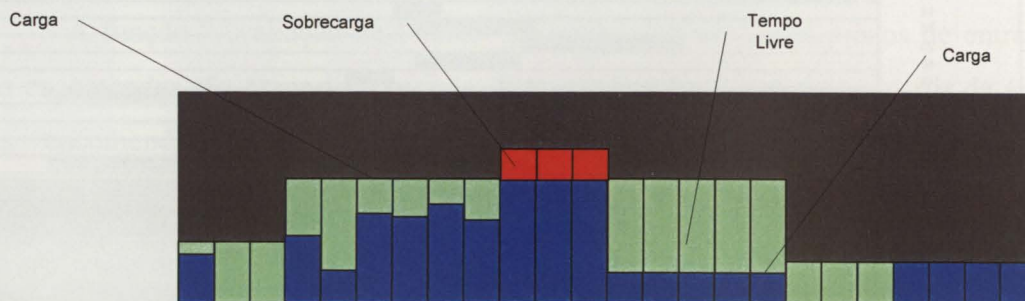


Figura 5.16 – Visualização da Carga, Sobrecarga e Capacidade dos Recursos

Para ter acesso à informação sobre a carga e capacidade de um determinado recurso, bastará premir duplamente o botão esquerdo do rato sobre a coluna de um recurso (correspondente a um período de tempo), ver figura 5.17

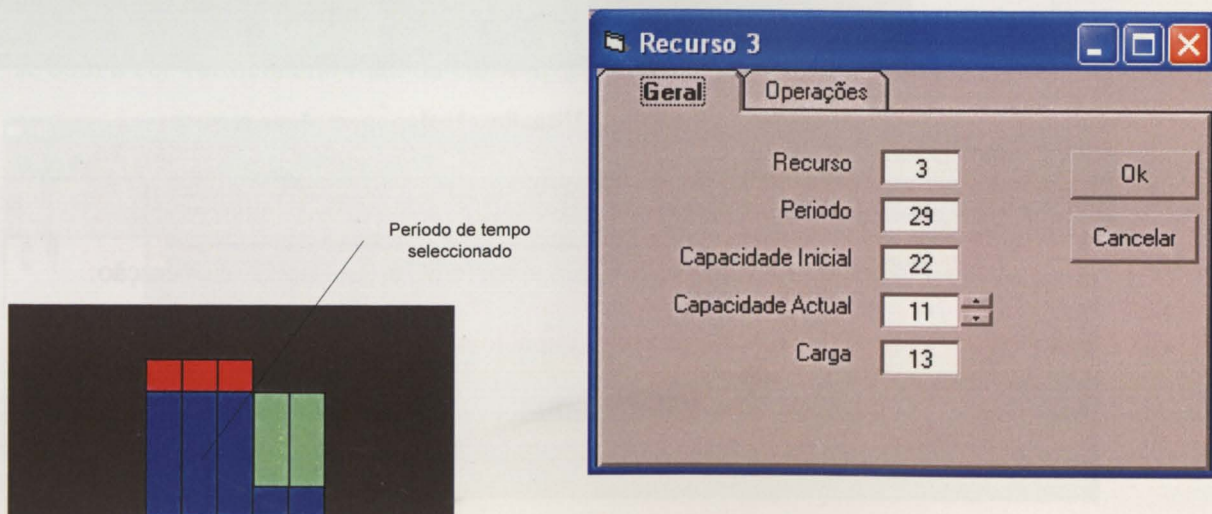


Figura 5.17 – Informação sobre carga e capacidade de um recurso

A janela apresenta duas sub-janelas, a geral e a de operações. Na primeira é apresentada a seguinte informação:

- Recurso – código do recurso a que se refere a informação;
- Período – período de tempo seleccionado;
- Capacidade inicial – capacidade com que se iniciou o plano;
- Capacidade actual – capacidade do recurso no período de tempo seleccionado;
- Carga – utilização do recurso resultante do plano actual.

Na segunda sub-janela, a janela de operações, são indicadas as operações que contribuem para a carga do recurso seleccionado no período de tempo seleccionado, ver figura 5.18

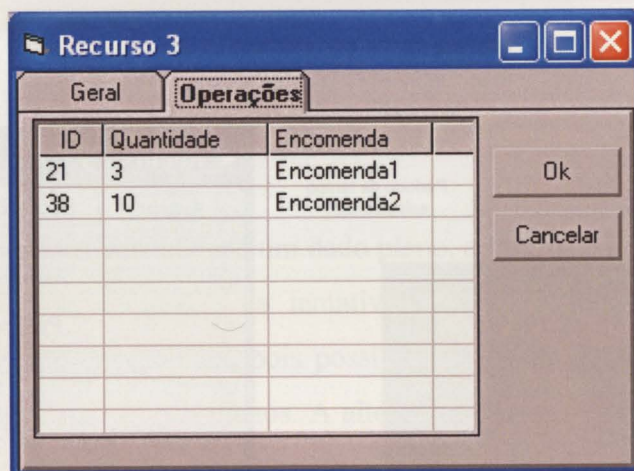


Figura 5.18 – Informação sobre as operações que contribuem para a carga de um recurso em determinado período de tempo

A informação apresentada nesta sub-janela é a seguinte:

- ID – código da operação que contribui para a carga do recurso;
- Quantidade – unidades de carga que a operação ID contribui para a carga do recurso no período de tempo seleccionado;
- Encomenda – encomenda a que pertence a operação ID.

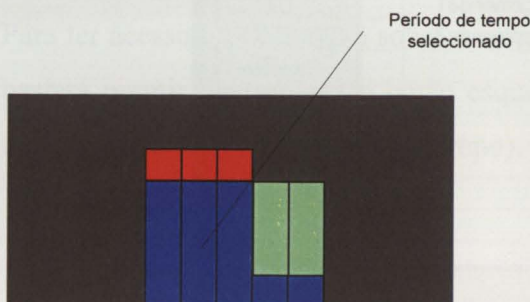
Zoom Vertical

Esta função permite o aumento/redução do espaço vertical associado a cada recurso.

5.1.4.2 Modificação das Capacidades Associadas aos Recursos

Uma outra operação que a área dos recursos tem é a de permitir modificar a capacidade associada a um dado recurso, quando existe sobrecarga. Esta modificação faz-se na sub-janela geral; bastará apenas ajustar o campo da ‘capacidade actual’ para a unidade desejada. Um exemplo desta modificação é ilustrado na figura 5.19.

Carga antes da alteração de capacidade



Recurso 3	
Recurso	3
Periodo	29
Capacidade Inicial	22
Capacidade Actual	11
Carga	13

Buttons: Ok, Cancelar

Carga após alteração de capacidade

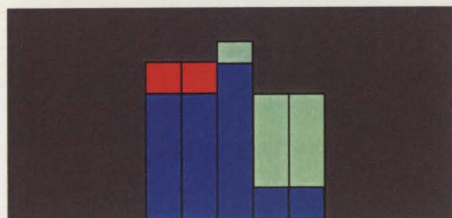
A screenshot of a software window titled "Recurso 3". It has two tabs: "Geral" (selected) and "Operações". The "Geral" tab contains several input fields: "Recurso" with the value "3", "Periodo" with "29", "Capacidade Inicial" with "22", "Capacidade Actual" with "19" (circled in red), and "Carga" with "13". To the right of these fields are "Ok" and "Cancelar" buttons.

Figura 5.19 – Modificação das Capacidades associadas aos Recursos

5.1.5 Edição de Planos

Para além da visualização de um dado plano, a interface gráfica deve permitir ao utilizador efectuar alterações na tentativa de obter melhores soluções. Esta operação é de grande importância, pois possibilita o utilizador de incorporar o seu conhecimento e experiência nos planos. A alteração dos planos pode ser obtida pela alteração das datas de início das operações; para isso o utilizador terá apenas de “arrastar” a operação pretendida para a data de início pretendida. O sistema automaticamente corrige o plano tendo em conta todas as restrições de precedência entre operações. Um exemplo desta operação é ilustrado na figura 5.20 e na figura 5.21. A figura 5.20 ilustra o plano antes de proceder ao movimento da operação e a figura 5.21 ilustra o plano após movimentar a operação.

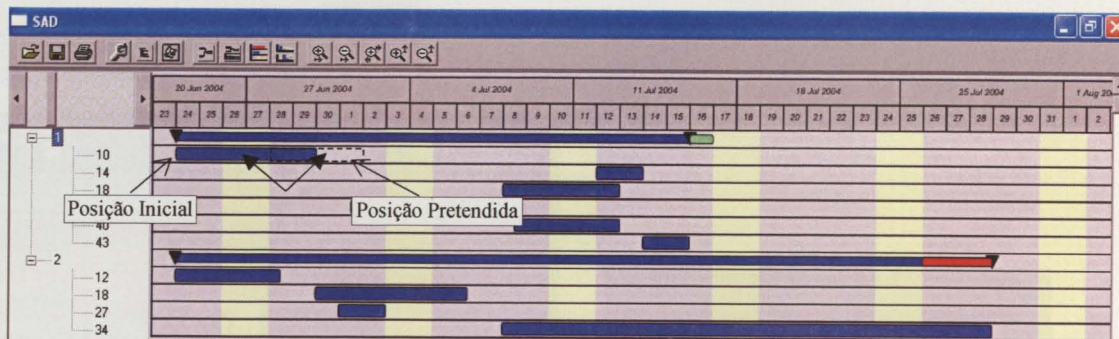


Figura 5.20 – Plano antes de proceder ao movimento da operação

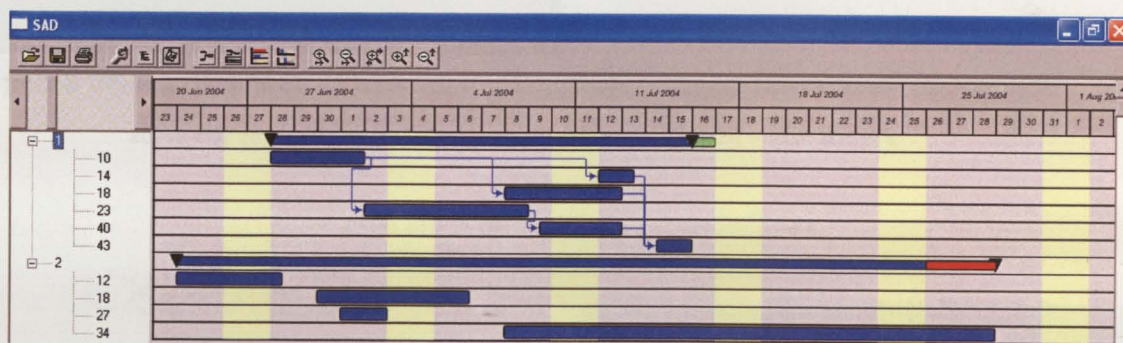


Figura 5.21 – Plano após movimento da operação

5.1.6 Outras Funções

Abrir Solução

Esta função permite abrir um novo plano guardado em ficheiro.

Gravar solução

Esta função permite gravar o plano que está a ser visualizado.

Imprimir solução

Esta função permite imprimir o plano que está a ser visualizado.

Configuração da interface

Esta função permite formatar o intervalo de tempo, o factor de zoom e a percentagem do ecrã atribuída à área das encomendas e à área dos recursos.

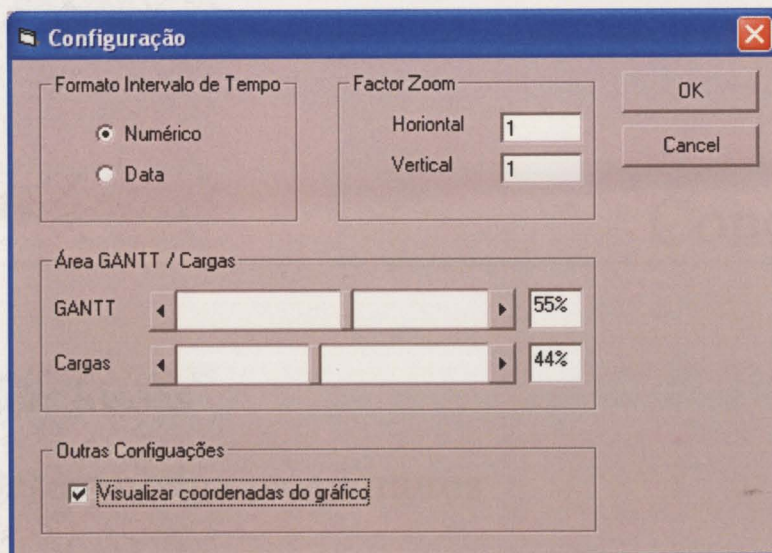


Figura 5.22 – Janela de Configuração da Interface

Capítulo 6

Conclusões

6.1 Conclusões

6.2 Desenvolvimentos Futuros

6 CONCLUSÕES

Este último capítulo é constituído por duas secções. Na primeira secção são apresentadas as conclusões que decorrem da análise do sistema de apoio à decisão proposto no âmbito deste trabalho. Na segunda secção são referidos os possíveis melhoramentos que poderiam ser implementados no SAD com vista a desenvolvimentos futuros.

6.1 Conclusões do trabalho

Nesta dissertação foi descrito um trabalho de investigação que assentou em duas linhas fundamentais: uma que consistiu na análise dos sistemas de planeamento baseados na metodologia MRP-II, de modo a identificar as suas principais funcionalidades, benefícios e limitações e uma outra que consistiu no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para apoiar o agente de decisão no processo de planeamento da produção de produtos complexos.

Pela análise feita aos sistemas MRP-II concluiu-se que estes sistemas têm uma lógica bastante rígida, funcionando de uma forma mais adequada em ambientes caracterizados por sistemas estruturados numa base previsional com planeamento periódico de necessidades em materiais. A partir desta análise, surgiu o interesse de propor um sistema de apoio à decisão para apoiar o agente de decisão no processo de planeamento da produção de produtos complexos tendo como base estes sistemas de planeamento. Pretendeu-se, acima de tudo, satisfazer requisitos de flexibilidade e de avaliação da capacidade produtiva de forma o mais real possível. Com este propósito procurou-se simplificar a estrutura de produtos e desenvolver um algoritmo para avaliação da capacidade produtiva de forma finita, tendo em consideração os recursos críticos inevitáveis em qualquer produção.

Estamos convictos que o desenvolvimento das ideias e conceitos apresentados nesta dissertação em casos concretos decerto trarão algum contributo na resolução de problemas no planeamento da produção de produtos complexos.

6.2 Desenvolvimentos futuros

Dada a natureza dos problemas analisados nesta dissertação, há naturalmente ainda muito trabalho a realizar no sentido de apoiar os processos de planeamento da produção de produtos complexos. No entanto, antes de se proceder ao desenvolvimento de novas funcionalidades, entende-se ser prioritário, implementar e validar este sistema e os desenvolvimentos conceptuais propostos ao longo da dissertação.

Numa fase seguinte, o trabalho pode ser melhorado e aprofundado com a introdução de novas funcionalidades, que se revelem necessárias aquando da sua implementação num caso real, nomeadamente ao nível das regras de planeamento e de alocação de capacidade produtiva.

Anexos

Anexo A – Caracterização Geral da Empresa Industrial

Anexo B – Pseudocódigo Elaborado

Anexo C – Modelo Relacional de Base de dados

Anexo A

Caracterização geral da empresa industrial SOMAQUINAS

A descrição apresentada neste anexo tem por base um documento fornecido pela empresa objecto de estudo. Por razões de confidencialidade, na descrição apresentada a seguir, optou-se por considerar um nome fictício para a empresa industrial objecto do estudo efectuado.

Caracterização geral da empresa

A empresa industrial SOMAQUINAS – Máquinas Sistemas e Equipamentos Industriais foi fundada em 1972, e tinha por objecto social a produção de equipamentos para o sector têxtil e calçado.

O evoluir dos negócios e a sua inserção numa região com inúmeras unidades industriais de diversas áreas (calçado, metalomecânica, madeira e cerâmica) permitiu a diversificação da sua actividade produtiva. Actualmente a SOMAQUINAS concebe, fabrica e instala uma extensa gama de equipamentos industriais de complexidade variada. A SOMAQUINAS vende directamente ao cliente final, não tendo por isso qualquer estrutura de distribuição para os seus produtos.

As instalações actuais ocupam uma área total de 4000m², sendo 2800m² de área coberta. Em termos de recursos humanos, a empresa conta, actualmente, com cerca de 60 colaboradores permanentes.

O conhecimento profundo das áreas de negócio em que actua permitiu à SOMAQUINAS desenvolver, para além de máquinas e equipamentos industriais, sistemas transportadores e de movimentação de produtos em curso de fabrico. A concepção dos produtos fabricados são da inteira responsabilidade da empresa, podendo ser contudo sub-contratadas tarefas específicas associadas a tecnologias que a empresa não possua ou domine.

Actualmente cerca de 80% da produção destina-se ao mercado nacional (principalmente na periferia geográfica da empresa). As exportações são efectuadas essencialmente para o mercado Europeu, havendo, no entanto, equipamentos no Brasil, Argentina e Chile.

O volume de facturação da empresa tem vindo a crescer significativamente tendo no ano de 2002 atingido o valor de 6 000 000 Euros. O valor da facturação resultou fundamentalmente do fabrico de novas máquinas (412) e na prestação de serviços de assistência externa e de reparação.

Presentemente a empresa encontra-se em fase de expansão resultante da sua estratégia de desenvolvimento que assenta em três pilares fundamentais: o desenvolvimento de novos equipamentos, cada vez mais adequados às necessidades e expectativas dos clientes; melhoria da qualidade e do serviço prestado e melhoria do sistema produtivo através da implementação de um sistema de gestão dos processos de planeamento e controlo da produção.

Organigrama Geral

A organização funcional e hierárquica da empresa pode representar-se de acordo com a ilustração apresentada na figura A.1.

Basicamente, encontra-se organizada em cinco departamentos principais: departamento administrativo, comercial, técnico, produção e departamento de qualidade.

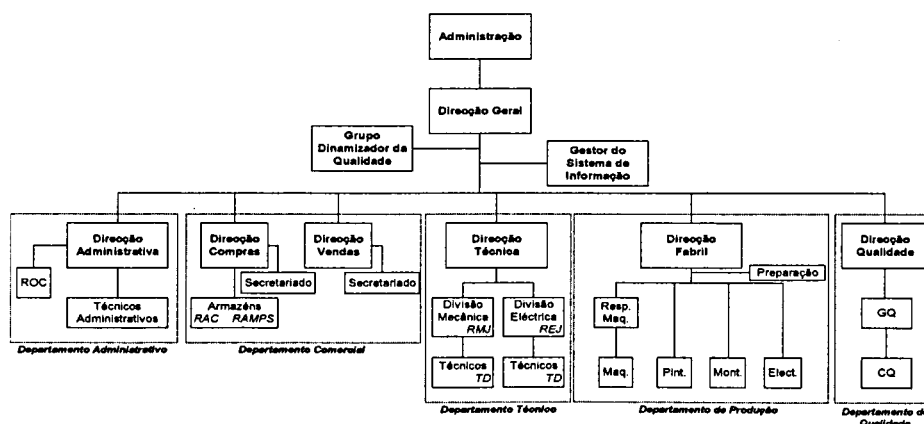


Fig. A.1 – Organigrama da SOMAQUINAS

Cada departamento tem uma direcção com a excepção do departamento comercial que apresenta uma direcção para as compras e uma direcção para as vendas. O director geral é o responsável máximo da empresa, ao nível da sua gestão operacional, desempenhando igualmente funções de director de vendas e de director técnico.

Atendendo à reduzida dimensão da empresa e aos escassos recursos ao nível de quadros médios e superiores, alguns colaboradores são directamente responsáveis por diferentes funções.

Caracterização da actividade

A SOMAQUINAS é uma empresa produtora de bens de equipamento destinados ao sector do calçado. A empresa é responsável pela concepção/desenvolvimento, produção, instalação e assistência após venda de máquinas, equipamentos e sistemas. Considerando que a maior parte dos produtos são máquinas industriais a sua complexidade é significativa atingindo com facilidade várias centenas de componentes envolvendo diversas tecnologias.

Tecnologias utilizadas

Ao nível da tecnologia envolvida nos produtos fabricados/ pela SOMAQUINAS, salientam-se as áreas seguintes:

- Tecnologia mecânica
 - Corte com serrotes de serra de fita e circular e corte por acetileno;
 - Construção soldada, peças e componentes em ferro fundido, em chapa metálica e inox;
 - Forneamento, fresagem e rectificação mecânica de superfícies;
 - Centro de maquinagem CNC.

- Tecnologia eléctrica, electrónica e de automação
 - Quadros eléctricos de comando (trifásicos/monofásicos);
 - Sistemas de comando e controlo (PLC, variadores de velocidade, sensores e actuadores);
 - Sistemas electrónicos dedicados.
- Tecnologia de accionamentos
 - Dispositivos hidráulicos, pneumáticos;
 - Motores especiais (servo-motores e motores passo-a-passo).
- Tecnologia informática
 - software de monitorização e controlo remoto;
 - sistemas de comando e controlo baseados em computador;
 - sistemas de processamento e análise de imagem.

Refira-se que nem todos os produtos envolvem o conjunto das tecnologias apresentadas. Uma parte significativa das máquinas envolve fundamentalmente tecnologia mecânica e eléctrica/electrónica.

A SOMAQUINAS recorre à sub-contratação nas áreas seguintes:

- fabrico de componentes em ferro fundido (fundição de areia);
- ‘quinagem’ e conformação de chapa;
- tratamentos de superfícies metálicas;
- placas de comando electrónicas e quadros especiais de comando;
- tecnologia informática (desenvolvimento de software para computador).

Layout fabril

A fábrica encontra-se organizada de forma funcional, destacando-se fundamentalmente a área de máquinas-ferramenta e a área de montagem/fabrico de componentes constituída por diversos postos de trabalho ('bancadas' de trabalho). O fluxo de produção é linear apresentando uma estrutura convergente.

As instalações fabris compreendem dois armazéns principais: armazém de componentes (produtos normalizados mecânicos, eléctricos, pneumáticos, etc) e armazém de matéria-prima (aços, perfis, componentes fundidos, chapa, etc).

As secções produtivas compreendem: a secção de corte e preparação de materiais, a secção de maquinagem (máquinas ferramenta), diversas secções de pré-montagem (associadas cada uma delas a grupos de produtos), secção de produção eléctrica, secção de pintura e secção de montagem final.

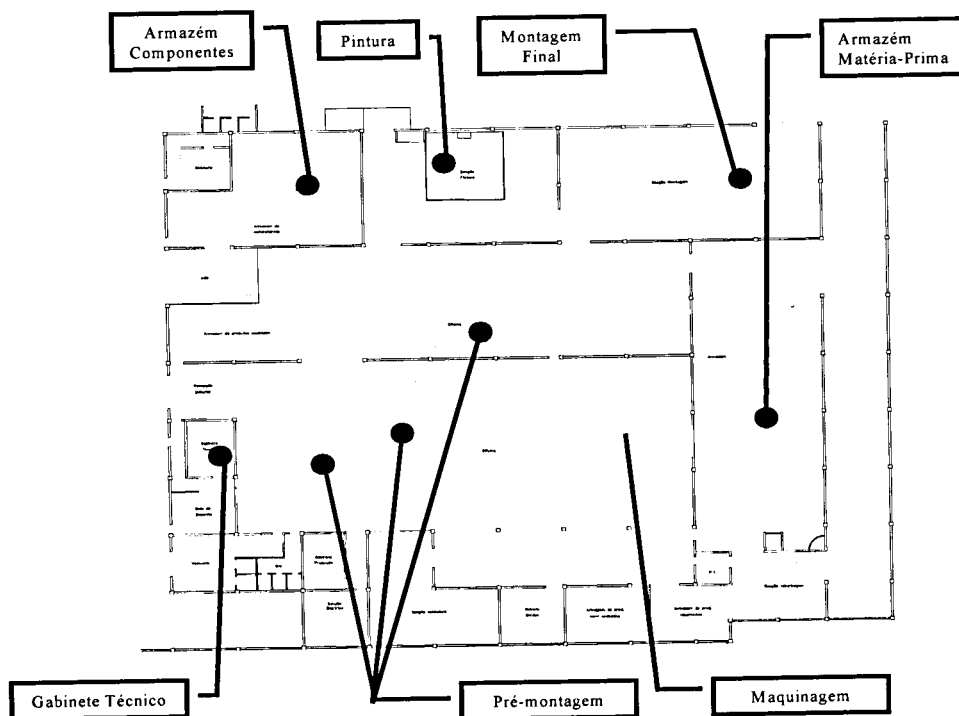


Fig. A.2 – Layout da SOMAQUINAS

Para além das áreas referidas, as instalações compreendem ainda uma área administrativa, uma área destinada aos serviços comerciais e uma área técnica (gabinete técnico – projecto mecânico e eléctrico).

Planeamento da produção

O sistema de produção da SOMAQUINAS é orientado à encomenda, isto é, é do tipo MTO (Make-to-Order).

A empresa planeia a sua produção em função das encomendas dos seus clientes e da capacidade fabril disponível, produzindo em pequenas séries (máximo de 15 a 20 unidades por produto).

Apesar de existirem diferentes configurações/dimensões para os principais produtos, pode-se considerar que os produtos a produzir encontram-se limitados ao ‘portfolio’ da empresa. Alterações ao produto podem ser por exemplo ao nível da cor, ao nível das especificações de alimentação eléctrica, etc. Existem, contudo, situações em que são feitos produtos específicos (exemplares únicos) a pedido de clientes.

O departamento de produção é responsável pela definição das especificações técnicas dos produtos a serem fabricados, de acordo com as encomendas dos clientes, assim como pela preparação de toda a informação de acompanhamento ao longo do processo de produção (desenhos, gamas operatórias, fichas de registo de componentes, fichas para ensaios e verificações, etc.). Refira-se, contudo, que quando são necessários desenhos adicionais ou novos é o gabinete técnico que é responsável pela sua elaboração.

No caso geral, o ciclo produtivo associado a uma máquina é longo. Tipicamente uma série de máquinas pode demorar cerca de 2-3 meses em produção, dependendo do tipo de produto e da quantidade. O planeamento da produção consiste em definir, a partir das encomendas firmes e de previsões de vendas, o tipo e quantidade de produtos a fabricar. Estes planos de produção, de produtos finais, dão origem a pedidos de produção/aprovisionamento às diferentes secções da produção (maquinagem, sector eléctrico, etc.).

Com frequência verifica-se a alteração das ordens de produção (trabalho em curso) em função da necessidade de adiantar entregas ou satisfazer encomendas pontuais consideradas estratégicas para a empresa.

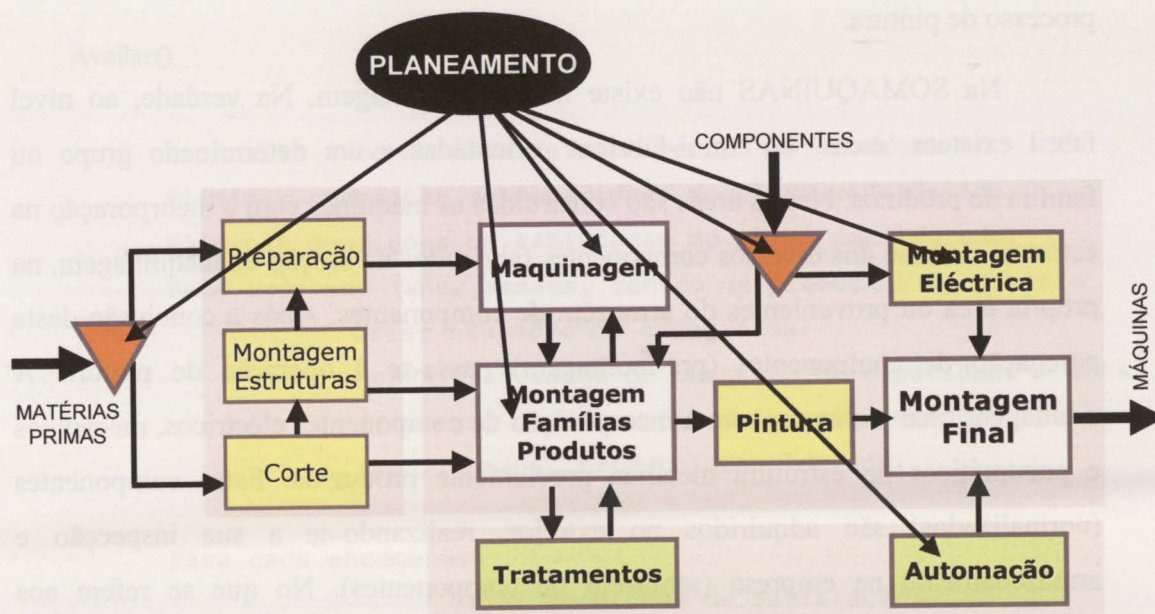


Fig. A.3 – Planeamento das operações fabris

A empresa tem implementado um sistema de recolha de informação, integrado com o sistema de gestão fabril, baseado em código de barras (as ordens de produção encontram-se integralmente codificadas com códigos de barras). O sistema de recolha é usado unicamente como meio de afectar a cada uma das ordens de produção os custos dos componentes e das matérias-primas assim como os custos de mão-de-obra e de máquina. Refira-se que as gamas operatórias estão totalmente codificadas com códigos de barras, isto é, o código da gama operatória assim como cada uma das actividades que a compõem.

Caracterização do Processo Produtivo

A SOMAQUINAS pode caracterizar-se como uma indústria de manufactura com modelo de produção discreta seguindo uma implantação funcional.

As matérias primas (ferro, tubo, aços, ferro-fundido, alumínio, etc), após inspecção e armazenamento na empresa, são submetidas a processos de corte, maquinagem e soldadura, dando origem aos vários componentes metálicos das máquinas em produção. Alguns desses componentes são ainda submetidos a um processo de pintura.

Na SOMAQUINAS não existe linha de montagem. Na verdade, ao nível fabril existem ‘áreas’ ou ‘mini-fábricas’ orientadas a um determinado grupo ou família de produtos. Nestas áreas são construídas as máquinas com a incorporação na estrutura de base dos diversos componentes fabricados na secção de maquinagem, na própria área ou provenientes do armazém de componentes. Após a conclusão desta agregação de componentes (pré-montagem) passa-se à operação de pintura. A montagem final realiza-se com a incorporação de componentes eléctricos, mecânicos e pneumáticos na estrutura metálica previamente produzida. Estes componentes (normalizados) são adquiridos no exterior, realizando-se a sua inspecção e armazenamento na empresa (armazém de componentes). No que se refere aos sistemas eléctricos a incluir nos equipamentos, a SOMAQUINAS na maior parte dos casos efectua a montagem do quadro eléctrico (comando e potência) numa secção própria (secção eléctrica) e procede posteriormente à sua integração no produto (a operação de integração do quadro eléctrico compreende uma operação precedente de cablagem eléctrica do equipamento).

Como já anteriormente referido, a SOMAQUINAS recorre à subcontratação para a realização de processos que não podem ser realizados dentro da empresa (tais como fundição ou trabalho da chapa) ou para a montagem de estruturas de máquinas, no caso de haver necessidade de aumentar a capacidade produtiva.

Na SOMAQUINAS cada produto tem um ‘dono’, isto é, a cada produto está associado um ou mais colaboradores especializados. Basicamente, durante o fabrico do produto (série limitada), o dono do produto é responsável por todas as actividades associadas ao produto de que é responsável (fabrico de componentes, integração de componentes maquinados, pré-montagem, montagem e ensaio funcional final). Mesmo as actividades de assistência/manutenção mecânica, externas ou internas, ao produto são desenvolvidas sempre pelo ‘dono do produto’.

Anexo B

Apresentam-se de seguida as duas operações da classe *plano*: a operação de avaliação de plano e a operação de obtenção de proposta, referidos no capítulo 4.

Avaliar()

```
/* Avalia a capacidade de cada centro de produção */  
Eliminar ocupações de capacidade do plano considerado;  
Eliminar condições de satisfação do plano considerado;  
Para cada ano (ano, semana, centro de produção) no cenário  
    Criar ocupação de capacidade;  
    Actualizar carga de ocupação de capacidade = total  
    de cargas de execuções de macro-operações, para o  
    (ano, semana, produto) considerado;  
  
Para cada encomenda  
    Criar condições de satisfação;
```

Obter Proposta()

```
/*Obtenção de proposta para plano de produção */  
Pré - processamento  
Exportar informação do cenário  
    Horizonte temporal de planeamento  
    Calendários de capacidade dos centros de operação  
    Encomendas  
    Macro-operações executáveis nos centros de operação  
Converter informação do cenário  
    Para cada centro de operação  
        Vector de capacidade nos vários períodos do  
        horizonte temporal de planeamento  
    Para cada macro-operação  
        Vector de entradas com (produto, quantidade)  
        Vector de saídas com (produto, quantidade)  
        Vector de opções de produção com (centro de  
        operação, carga)
```

Regra de planeamento

Inicializar matriz de capacidade disponível (centro de operação, período) com informação importada do cenário.
Inicializar lista de recursos críticos

Para cada encomenda

 Inicializar lista de execuções de macro-operações = {};
 Colocar (produto, quantidade, data) numa lista de necessidades;

 Fazer para cada item da lista

 Retirar o (produto, quantidade, data) à cabeça da lista;

 Para cada opção

 Identificar recurso crítico

 Para as operações anteriores ao recurso crítico:

 Ocupar a capacidade, recuando a partir da data pretendida, até preencher a carga necessária, determinando o número de períodos envolvidos, não considerando as que ultrapassem o início do horizonte temporal.

 Para as operações posteriores ao recurso crítico:

 Ocupar a capacidade, avançando a partir da data actual, até preencher a carga necessária, determinando o número de períodos envolvidos, não considerando as que ultrapassem o fim do horizonte temporal.

Enquanto houver alguma opção e o escalonamento estiver incompleto

 Escolher opção que permita um início mais tarde e um fim mais cedo e, entre

estas a que corresponda a uma maior capacidade disponível;

Para cada período

 Criar execução de macro-operação;

 Criar (produto, quantidade, data)

 na lista de necessidades para os produtos de entrada, com ordem

 EDD;

 Reduzir capacidade disponível;

Se o escalonamento estiver incompleto

 É necessário atrasar a encomenda;

Enquanto a lista não estiver vazia ou não for necessário atrasar a encomenda;

Se for necessário atrasar a encomenda

 Para cada execução de macro-operação

 Aumentar capacidade disponível;

 Eliminar execução de macro-operação;

 Inicializar lista de necessidades;

 Incrementar a data da encomenda;

 Incluir (produto, quantidade, data) na lista de necessidades;

 Regressar ao ciclo de escalonamento;

Pós-processamento

Eliminar execuções de macro-operações do plano considerado;

Eliminar movimentações do plano considerado;

Para cada execução de macro-operação

 Criar execução de macro-operação para a exportação;

Anexo C

Apresentam-se de seguida os modelos de dados referidos no capítulo 4

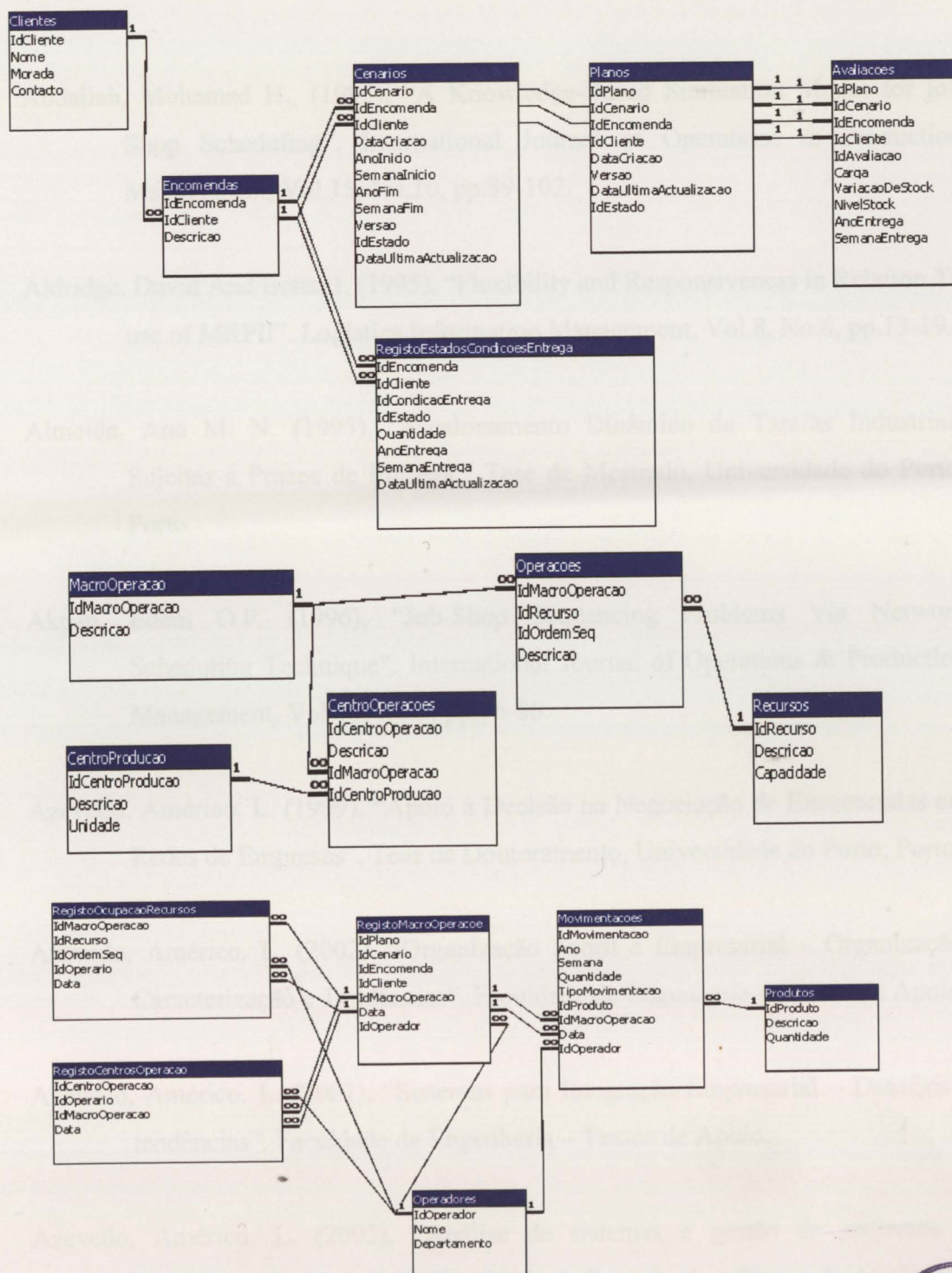


Figura A.4– Diagrama do modelo relacional de base de dados

Referências Bibliográficas

- Abdallah, Mohamed H., (1995), "A Knowledge-Based Simulation Model for job Shop Scheduling". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.15, No.10, pp.89-102.
- Aldridge, David And Betts, J. (1995), "Flexibility and Responsiveness in Relation To use of MRPII". *Logistics Information Management*, Vol.8, No.6, pp.13-19.
- Almeida, Ana M. N. (1995), "Escalonamento Dinâmico de Tarefas Industriais Sujeitas a Prazos de Entrega". Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto.
- Akpan, Edem O.P. (1996), "Job-Shop Sequencing Problems Via Network Scheduling Technique". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.16, No.3, pp.76-86.
- Azevedo, Américo. L. (1999), "Apoio à Decisão na Negociação de Encomendas em Redes de Empresas". Tese de Doutorado, Universidade do Porto, Porto.
- Azevedo, Américo. L. (2002), "Organização Fabril e Empresarial – Organização, Caracterização e Tendências". Faculdade de Engenharia – Textos de Apoio.
- Azevedo, Américo. L. (2002), "Sistemas para Integração Empresarial – Desafios e tendências". Faculdade de Engenharia – Textos de Apoio.
- Azevedo, Américo. L. (2002), "Análise de sistemas e gestão de projectos – Engenharia de requisitos". Faculdade de Engenharia – Textos de Apoio.

- Baranger, P., Helfer, J. P., Orsoni, J. and Peretti, J. M. (1993), "Gestão: As funções da Empresa". Edições Silabo.
- Bastos, J. A. And Sousa, J. P. (1998), "Capacity Modelling for Virtual Enterprises". Proceedings of the Tenth International IFIP WG 5.2/5.3 Conference, PROLAMAT.
- Béranger, P. (1987), "As Novas Regras de Produção", Lidel – Edições Técnicas.
- Bonney, Maurice (2000), "Reflections on Production Planning and Control – PPC". Gestão & Produção, Vol.7, No.3, pp.117-128.
- Bragança, A. M. T. (1997), "Sistema para Gestão Operacional de Processos – Uma Visão Global na Indústria e nos Serviços no Contexto dos Sistemas de Fluxo de Trabalho". Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto.
- Braglia, M. And Petroni, A. (1999), "Shortcomings and Benefits Associated with the Implementation of MRP Packages: A Survey Research". Logistics Information Management, Vol.12, No.6, pp.428-438.
- Browne, J. (1999), "Production Management Systems - An Integrated Perspective". Addison Wesley.
- Burcher, P. (1991), "Closing the Loop in Manufacturing Resource Planning Systems". FBPICS Control.
- Carravilla, M. A. S. L. (1996), "Modelos e Algoritmos para o planeamento Hierárquico da Produção – Aplicação a um Caso de Estudo". Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, Porto.
- Cavaco, Ismael (1985), "Controlo de Curto Prazo em Job Shop Aberto Assistido por Computador". Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.

- Cavaco, Ismael (2000), "Sistemas de Produção". Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Courtois, A., Pillet, M. And Martin, C. (1997), "Gestão da Produção". Edições Lidel.
- Donnelly, J., James, H. (2000), "Princípios de Gestão Empresarial". McGraw-Hill de Portugal.
- Exon-Taylor, M. (1995), "Beyond MRP: The Development of a Modern Scheduling System". *Logistics Information Management*, Vol.8, No.1, pp.17-23.
- Higgins, Paul And Browne, J. (1992), "Master Production Scheduling: A concurrent Planning Approach". *International Journal of Production Planning and Control*, Vol.3, pp.2-18.
- Higgins, Paul, Roy, P. L. and Tierney, L. (1996), "Manufacturing Planning and Control – Beyond MRP-II. Chapman & Hall.
- Ip, Wai Hung and Yam, Richard C.M. (1998), "The Successful Implementation of MRPII Via a Hierarchical Modelling Approach". *Logistics Information Management*, Vol.11, No.3, pp.160-170.
- Jonsson, Patrik and Mattsson, Stig-Arne (2003), "The Implications of Fit Between Planning Environments and Manufacturing Planning and Control Methods". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.23, No.8, pp.872-900.
- Junior, A. M. (1996), "Novas Tecnologias e Sistemas de Administração da Produção". Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina (<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/armando/index>)

- Koh, S. C., Jones, M. H., Saad, S. M., Arunachalam, S. and Gunasekaran, A. (2000), "Measuring Uncertainties in MRP Environments". *Logistics Information Management*, Vol.13, No.3, pp.177-183.
- Laurindo, F. B. And Mesquita, M.A. (2000), "Material Requirements Planning: 25 Anos de História". *Gestão & Produção*, Vol.7, No.3, pp.320-337.
- Leach, Nick (1997), "Capacity Modelling for the Virtual Enterprise". Imperial College of Science, Technology and Medicine Department of Mechanical Engineering, University of London.
- Lopes, Manuel (2000), "Aplicação do Método de Partição e Geração de Colunas ao Problema de Programação de Maquinas Paralelas Não - Idênticas". Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.
- Luscombe, Martyn (1994), "Customer-Focused MRPII". *Logistics Information Management*, Vol.7, No.5, pp.22-29.
- Madureira, Ana M. D. (1995), "Aplicações de Meta-Heurísticas em Problemas de Sequenciamento". Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto.
- Marques, M. A. P. (1993), "Programação de Operações Fabris em Ambientes de Job-Shop: Nova Abordagem". Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, Porto.
- Maskell, B. H. (1993), "Why MRP-II Has Not Created World Class Manufacturing And Where Do We Go From Here". *APICS – The performance Advantage Magazine*.
- Mendes, Jorge J. M. (1993), "Mestrado em Sistemas e Automação". Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra.

- Mendes, Magalhães J. J. (2003), “ Sistema de Apoio à Decisão para Planeamento de Sistema de Produção Tipo Projecto”. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, Porto.
- Millard, B. (1996), “Goodbye MRP”. APICS – The Performance Advantage.
- Monks, J.G. (1987), “Operations Management”. McGraw-Hill
- Naiburg, E. J., and Maksimchuk, R. A. (2001), “UML for Database Design”. Addison Wesley.
- Nunes, Mario, and O'Neill, H. (2001), “Fundamental de UML”. Editora FCA.
- Orlicky, Joseph. (1975), “Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management”. McGraw-Hill
- Petroni, A. (2002), “Critical Factors of MRP Implementation in Small and Medium-Sized Firms”, Vol.22, No.3, pp.329-348.
- Plenert, Gerhard (1999), “Bottleneck Allocation Methodology (BAM): An Algorithm. Logistics Information Management, Vol.12, No.5, pp.378-385.
- Primrose, P. L. (1990), “The Economics of MRP-II”, BPICS Control.
- Rascão, José (2001), “Sistemas de Informação para as Organizações”. Edições Sílabo.
- Rhodes, P. (1997), “The MRP-II Paradigm: Is It For You”. APICS – The Performance Advantage Magazine.

- Rodrigues, Maria de Fátima C. (1996), "Custeio Baseado em Atividades e Análise Usando Um Sistema Executivo de Informação". Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto.
- Salaheldin, Salahedin I. and Francis, A. (1998), "A Study on MRP Practices in Egyptian Manufacturing Companies". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.18, No.6, pp.588-611.
- Sipper, Daniel (1998), "Production: Planning, Control and Integration". McGraw-Hill
- Stoop, Paul M. (1996), "The Complexity of Scheduling in Practice". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.16, No.10, pp.37-53.
- Vollmann, T. E., Berry, W. L., and Whybark, D. C. (1997), "Manufacturing Planning and Control Systems". Irwin / McGraw-Hill
- Vonderembse, A. M. and White, P.G. (2000), "Principles of Manufacturing and Service Systems". Irwin / McGraw-Hill.
- Wortman, J. C., Euwe, M.J., Taal, M. and Wiers, V. C. S. (1996), "A Review of Capacity Planning Techniques within Standard Software Packages". *Production Planning and Control*, Vol.7, No.2, pp.117-128.



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000078336